

В.С. ПОПОВ, З.А. НИКОЛАЕВ

ЭЛЕКТРО- ТЕХНИКА

В. С. ПОПОВ ВА С. А. НИКОЛАЕВ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ИККИНЧИ НАШРИДАН ТАРЖИМА

БИБЛИОТЕКА

у/481

„ЎҚИТУВЧИ“ НАШРИЁТИ
ТОШКЕНТ — 1973

ОТЎСАН



Китобнинг мазмуни техникумларнинг янги техника масалалари — автомат қурилмаларнинг электр машиналари; электроавтоматика асослари; ҳисоблаш қурилмалари; электротехнология билан тўлдирилган электротехника курси программасига мос келади.

Китобда ўзгармас ва ўзгарувчан ток занжирларини ҳисоблашнинг асосий масалалари, электр ва ноэлектр катталикларни ўлчашнинг қисқача назарияси, нормал электр машиналар ва трансформаторлар, автоматик контрол ва ростлаш схемаларида ишлатиладиган электр машиналар қаралади.

Электрик юритма, автоматика, электр билан ёритиш, электр энергиясини узатиш ва тақсимлашнинг асосий масалалари баён этилади. Шунингдек, ҳисоблаш қурилмалари ва электротехнологиядан маълумотлар берилади.

Китоб электротехника ихтисослигидан бошқа ихтисосликлар берувчи техникумларнинг талабалари ва мустақил bilim олувчилар учун мўлжалланган.

Қўлингиздаги китоб электротехника ихтисослигидан бошқа ихтисосликлар берувчи техникумлар учун дарслик бўлиб, янги техниканинг электротехника программасига кирмайдиган масалалари (12, 15 — 17-боблар) билан тўлдирилган.

Бу китоб малака ошириш ва мустақил билим олиш учун ҳам қўлланма бўла олади.

Қитобнинг биринчи тўртта боби асосан физика курси материални ўз ичига олади; бу материал техникумлар учун ёзилган физика дарсликларида, масалан, Л. С. Жданов ва Н. И. Хлебников дарслигида ҳам (1961 йилги нaшри) яхши баён этилган бўлиб электротехникани ўрганишга киришaётган ўқувчилар бундан хабардор бўлишлари керак. Қитобдаги 1—9, 1—18, 1—19, 3—6, 3—13, 3—14, 4—6 ва 4 — 7-параграфлар бундан мустасно.

Авторлар ана шу бобларнинг материални жуда қисқа ҳолда баён этишни мақсадга мувофиқ деб ҳисоблайди; чунки бу тадбир электротехникани ўрганишдан аввал ўша материални такрорлаш ёки унинг бирор қисмини электротехниканинг бирорта бобини ўрганаётган вақтда такрорлаш учун ўқувчиларга имконият яратиб беради

Электротехника материалининг кўплиги ва ҳажми чегараланган бу китобга янги техника масалаларини: электроникани, автоматик қурилмаларнинг электр машиналарини, электроавтоматика асосларини, ҳисоблаш қурилмаларини, электротехнологияни ва ҳоказоларни киритиш зарурлиги материални қисқача баён этишни тақозо этди.

Бу китобда авторлар электротехника материалларини, хусусан, илгари нашр қилинган қатор дарсликларда баён этилмаган электроизоляция масалаларини ҳам қисқача ёритди.

Китобнинг русча иккинчи нашри унинг биринчи нашридан ундаги камчилик ва ноақиқликларнинг бартараф қилинганлиги билан фарқ қилади.

Авторлар А. Д. Смирновга китобнинг рус тилидаги нашрини таҳрир қилишда ва уни чиқаришда қилган катта меҳнатлари эвазига миннатдорчилик билдиради.

Авторлар китобнинг рус тилидаги биринчи нашрини жуда қунт билан қараб чиққан ва китобнинг иккинчи нашрини яхшилашга имкон берадиган жуда кўп фикр ва кўрсатмалар берган И. В. Антикаа чин қалбдан миннатдорчилик изҳор этади.

Авторлар

Совет Иттифоқи Коммунистик партияси Программаси электрлаштиришга мамлакатимиз ишлаб чиқариш кучларининг ривожланиши учун асосий шарт-шароит сифатида алоҳида эътибор беради.

Ҳозирги вақтда СССР электр энергия ишлаб чиқариш ва электр станцияларининг қуввати бўйича дунёда иккинчи ва Европада биринчи ўринда туради. Яқин ўн йилликлар ичида СССР да меҳнатнинг электр билан қуролланиш даражаси 3 марта ортиши керак.

ҚПСС программасида электр энергия ишлаб чиқаришнинг қуйидаги миқёсда ўсиши назарда тутилади: 1970 йилда — 900 — 1000 млрд. *квт-соат*, 1980 йилда эса 2700 — 3000 млрд. *квт-соат*. Электростанцияларнинг белгиланган қуввати 1980 йилда 540—600 млн. *квт* бўлиши керак, ҳолбуки 1960 йилда 66,7 млн. *квт* эди.

В. И. Ленин томонидан 1920 йилда «Коммунизм бу Совет ҳақимияти плюс бутун мамлакатни электрлаштиришдир» дейилган қонда Совет Иттифоқи Коммунистик партияси раҳбарлиги остида оғишмай амалга оширилмоқда.

Арзон электр энергиянинг кўп бўлиши, ишлаб чиқариш технологияси ва илғор фан ютуқларини ҳаётга жорий этиш масалаларини томомила янгича ҳал қилишга имконият яратиб беради.

Табиятнинг бепоеъ ва чексизлиги ҳақидаги В. И. Лениннинг башорати электрон техникасининг барча соҳаларида — чала ўтказгичлар электроникасида, молекуляр, квант ва плазма электроникасида тасдиқланмоқда.

Замонавий техника ҳозирги кунда мураккаб электр қурилмаларда юпқа қатламли микросхема кўринишида ясалган юз минглаб транзисторлар, диодлар, қаршилиқлар, индуктивликлар, конденсаторлар ва бошқаларни ишлатишга имкон беради. Ана шундай микро-

схемаларни ясашда электрон-нур ва лазер техникасидан фойдаланилади. Электрон технологияси вольфрам, молибден, тантал, ниобий ва шунга ўхшаш материалларни ўта соф ҳолда олишга имкон беради. Бундай материалларсиз ҳозирги замон техникасини кўз олдимизга келтириш жуда қийин.

Металларга ишлов беришга электрни бевосита татбиқ этиш технологиянинг янги соҳаси — электротехнологияни вужудга келтирди.

Электрон-ҳисоблаш техникасининг гуркираб ривожланиши фақат автоматика ва телемеханика қурилмаларини такомиллаштиришига имкон бериб қолмай, мислсиз халқ хўжалик аҳамиятига эга бўлган иқтисодий масалаларни ечишга ҳам имконият туғдиради.

Шу нарса табиийки, ҳозирги замон техникаси билан шунчаки танишиш учун ҳам амалий фанлар асосларини, хусусан, ҳозирги замон техникасида асосий фанлардан бири бўлган электротехникани мустаҳкам билиш зарур.

ЎЗГАРМАС ТОК ЭЛЕКТР ЗАНЖИРИ

1-1. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Ҳар қандай моддий жисм модданинг жуда кўп миқдордаги зарядланган электр заррачаларига—электр зарядларига эга. Электр нейтрал жисмда тенг миқдорда мусбат ва манфий заррачалар бўлади. Зарядланган жисмда ё мусбат, ё манфий зарядлар кўпроқ бўлади.

Заряднинг ўлчов бирлиги кулон (κ) дир. Модданинг жуда майда заррачасининг — электроннинг электр заряди $1,6 \cdot 10^{19}$ кулонга тенг.

Ҳар хил зарядланган жисмлар бир-бирига тортилса, бир хил зарядланганлари эса ўзаро итаришади. Зарядларнинг ўзаро таъсирлашуви уларнинг ҳар бири ҳам уни ўраб турган электр майдон билан узвий боғлиқ экани билан тушунтирилади. Шундай қилиб, зарядлар электр майдони воситасида ўзаро таъсирлашар экан. Электр майдони электр энергияга эга.

Зарядли заррачалар электр майдон кучлари таъсирида кўчирилганда майдон энергияси ҳисобига иш бажарилади.

Модданинг электр зарядланган заррачалари ва электр майдон материянинг иккита ўзаро узвий боғлиқ бўлган шаклидир.

Кўчмас зарядлар майдони электростатик майдон дейилади.

Электр майдонини унинг ҳар бир нуқтасида характерлайдиган катталик электр майдони кучланганлиги ($\mathcal{E}$) деб аталади.

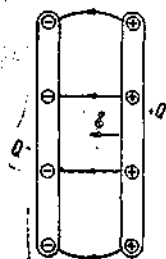
Майдон кучланганлиги майдон томонидан унинг берилган нуқтасига киритилган q нуқтавий синов зарядига кўрсатилаётган F кучнинг шу заряд катталигига нисбати билан ифодаланади, яъни

$$\mathcal{E} = \frac{F}{q}. \quad (1-1)$$

Агар $q = 1$ бўлса, $\mathcal{E}$ нинг сон қиймати F га тенг, демак, электр майдон кучланганлиги қиймат жиҳатидан бирлик электр зарядига таъсир этувчи кучга тенг.

Майдон кучланганлиги вектор катталикдир. Кучланганлик векторининг йўналиши майдоннинг берилган нуқтасида турган мусбат зарядга таъсир этувчи майдон кучи йўналиши билан устма-уст тушади.

1-1-расмда $+Q$ ва $-Q$ зарядли иккита параллел пластинкалар орасидаги электр майдон кучланганлиги вектори тасвирланган.



1-1-расм. турли исмли зарядлар билан зарядланган икки параллел пластинкалар орасидаги электр майдон.

Электр майдон график равишда электр майдон кучланганлиги чизиқлари орқали ифодаланади. Кучланганлик чизиғи ҳар бир нуқтада майдон кучланганлиги вектори шу нуқтага ўтказилган уринма бўйлаб йўналадиган қилиб ўтказилади. Электр майдон кучланганлиги чизиғи мусбат заряддан бошланиб манфий электр зарядда тамом бўлади, демак, у туташ эмас.

Агар чизиқ йўналишига перпендикуляр бўлган ҳар бир бирлик юза орқали майдоннинг шу қисмидаги кучланганликка тенг ёки пропорционал сондаги чизиқлар ўтказилса, у ҳолда кучланганлик чизиқлари зичлигидан майдон кучланганлигини баҳолашда фойдаланиш мумкин.

Агар майдоннинг барча нуқталарида кучланганлик векторлари бир-бирига тенг бўлса, у ҳолда майдон бир жинсли дейилади. Бир жинсли майдонга иккита параллел пластинкалар (1-1-расм) орасидаги пластинка қирғоқларидан етарлича ичкарида ётган майдон мисол бўла олади.

1.2. ЭЛЕКТР КУЧЛАНИШ

Агар бир жинсли электр майдонда мусбат текшириш заряди q (1-2-расм) майдон кучлари таъсирида M нуқтадан l масофада ётган N нуқтага майдон кучлари йўналиши бўйлаб кўчса, у ҳолда майдон кучлари

$$A = Fl,$$

иш, ёки (1-1) ни назарга олсак,

$$A = Fl = \varepsilon ql \quad (1-2)$$

иш бажарган бўлади.

Майдоннинг икки (M , N) нуқтаси орасида q зарядни кўчириш вақтида бажарилган ишнинг шу кўчирилган зарядга нисбати билан аниқланадиган катталик майдоннинг ўша (M ва N) нуқталари орасидаги электр кучланиш деб аталади.

Шундай қилиб, кучланиш

$$U = \frac{A}{q}.$$

Демак, икки нуқта орасидаги кучланиш миқдоран шу нуқталар орасида бирлик мусбат зарядни кўчириш вақтида майдон кучлари томонидан бажарилган ишга тенг экан.

(1-2) формуладан фойдаланиб, қуйидагини ёзиш мумкин:

$$U = \frac{A}{q} = \frac{qEl}{q} = \mathcal{E}l. \quad (1-3)$$

ГОСТ 9867—61 га мувофиқ СССР да 1963 йил 1 январдан бошлаб Халқаро бирликлар системаси (СИ ёки SI) ишлатилмоқда. Бу системада қуйидаги бирликлар қабул қилинган: узунлик—метр (m), масса—килограмм (kg), вақт—секунд (sec), куч—ньютон (N), иш—жоуль (J), электр заряди—кулон (C), электр кучланиш—вольт (V).

(1-3) ифодага биноан

$$1V = \frac{1J}{1C}.$$

(1-3) ифодадан электр майдон кучланганлиги

$$\mathcal{E} = \frac{U}{l}, \quad (1-4)$$

бундан майдон кучланганлиги бирлиги

$$[\mathcal{E}] = \frac{V}{m}.$$

Шундай қилиб, электр майдон кучланганлиги метрга вольтлар билан ўлчанар экан.

Электр майдонининг бирорта M нуқтаси билан ер сиртидаги нуқта орасидаги кучланиш майдоннинг шу M нуқтасининг ерга нисбатан потенциали дейилади. Потенциал φ ҳарфи билан белгиланади ва кучланганлик каби вольтларда ўлчанади.

Ердаги исталган нуқтанинг потенциали нолга тенг деб олинади. Майдон исталган нуқтасининг потенциали миқдоран мусбат бирлик зарядни шу нуқтадан ер сиртидаги бирорта нуқтага кўчириш вақтида электр майдон кучлари бажарган ишга тенг.

Агар майдоннинг икки M ва N нуқтаси φ_M ва φ_N потенциалларга эга бўлса, у ҳолда бирлик мусбат зарядни биринчи нуқтадан иккинчи нуқтага кўчириш вақтида майдон кучлари бажарган иш, яъни M ва N нуқталар орасидаги кучланиш потенциаллар айирмасига тенг яъни:

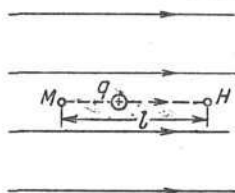
$$U_{MN} = \varphi_M - \varphi_N. \quad (1-5)$$

Ўша зарядни N нуқтадан ергача кўчиришда давом этсак, у ҳолда майдон кучлари бажарган иш φ_N га тенг бўлиб, бирлик зарядни M нуқтадан ерга қадар кўчириш учун майдон кучлари бажарган иш эса қуйидагича ифодаланиши мумкин:

$$U_{MN} + \varphi_N$$

ёки (1-5) ни ҳисобга олсак:

$$U_{MN} + \varphi_N = \varphi_M - \varphi_N + \varphi_N = \varphi_M.$$



1-2-расм. $+q$ электр зарядининг бир жинсли майдондаги ҳаракати.

Металл ўтказгичдаги эркин электронлар ва электролитлардаги ионлар тартибсиз ҳаракат ҳолатида бўлади. Бундай шароитда ўтказгичнинг бирор кўндаланг кесими орқали кўчиб ўтган электр миқдори ўртача нолга тенг бўлади.

Агар ўтказгичнинг учларига электр кучланиш берилса, у ҳолда зарядли заррачаларга ўтказгич бўйлаб йўналган электр майдон кучлари таъсир қила бошлайди ва бу заррачаларнинг тартибсиз ҳаракат тезликларига майдон кучлари билан бир хил йўналган ташкил этувчи тезлик ҳам қўшилади. Бу ҳолда ўтказгичнинг исталган кўндаланг кесими орқали маълум бир электр миқдори оқиб ўтади, яъни электр токи вужудга келади.

Зарядли заррачалар йўналган ҳаракати интенсивлигининг ўлчови ток кучи бўлиб, у ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали бир секундда оқиб ўтган электр миқдори билан ўлчанади. Агар бирор вақт давомида ток ҳам, катталиқ ҳам йўналиши жиҳатдан ўзгармаса, у ҳолда бундай ток ўзгармас ток дейилади ва ёзма I ҳарфи билан белгиланади.

Агар t вақт ичида ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали Q электр миқдори оқиб ўтса, у ҳолда ток кучи қуйидагича бўлади:

$$I = \frac{Q}{t}. \quad (1.6)$$

Халқаро бирликлар системаси (СИ) да ток кучи бирлиги қилиб ампер қабул этилган,

$$1 \text{ ампер} = \frac{1 \text{ кулон}}{1 \text{ секунд}} \quad \text{ёки} \quad 1a = 1 \frac{\kappa}{\text{сек}}.$$

Шундай қилиб, агар ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали 1 секундда 1 кулон заряд оқиб ўтса, ток кучи 1 амперга тенг бўлар экан.

Токнинг мусбат йўналиши учун мусбат зарядлар, кўчадиган йўналиш ёки электроннинг йўналишига тескари йўналиш қабул қилинган.

Ток кучининг ўтказгич кўндаланг кесимининг юзи (S) га нисбати ток зичлиги деб аталади.

Шундай қилиб ток зичлиги

$$\sigma = \frac{I}{S}. \quad (1.7)$$

1-4. ЭЛЕКТР ЗАНЖИРИ ВА УНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

Электр токи ҳосил қилиш учун электр занжири бўлиши шарт. Энг содда электр занжири учта асосий элементдан: ток манбаидан, электр энергияни қабул қилувчилар ёки истеъмолчилардан ва туташтирувчи симлардан ташкил топган бўлади.

1-3-расмда электр занжирининг схемаси, яъни график тасвири кўрсатилган. Ток манбаи (АГ) занжирнинг ички участкаси, қолган ҳамма қисми (АВВГ) эса ташқи участкаси деб аталади.

1-1-жадвалда ГОСТ 7624—62 га биноан электр схемаларида ишлатиладиган шартли график белгилар тасвирланган.

Ток манбаида энергиянинг у ёки бу турини электр энергияга айлантириш процессида электр юритувчи куч — э. ю. к. (E) уйғотилади.

Электр юритувчи куч қиймат жиҳатдан бирлик заряднинг манбанинг бир қисқичидан иккинчи қисқичига ташқи кучлар таъсирида кўчирилганда ҳосил бўлган энергияга тенгдир. Электр юритувчи кучни манбага истеъмолчилар уланмаган ёки манбага нагрузка берилмагандаги манба кучланиши сифатида аниқлаш мумкин.

Истеъмолчиларда электр энергия иссиқлик, механик ёки энергиянинг бошқа бирор турига айлантирилади. Бунда истеъмолчининг қисқичларидаги кучланиш U миқдоран бирлик зарядни истеъмолчи участкасида кўчириш учун сарфланган (бошқа турга айланган) энергияга тенгдир.

Электр юритувчи куч E билан кучланиш U орасидаги фарқ энергиянинг бирлик зарядини ток манбаи ичида кўчиришда йўқоладиган (бошқа турга айланган) қисмидан иборат бўлиб, ички кучланиш тушуви (U_0) деб аталади; шундай қилиб ушбунни ёзиш мумкин:

$$E = U + U_0. \quad (1-8)$$

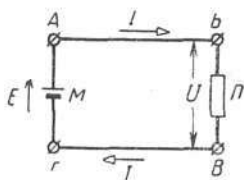
Энергия манбадан истеъмолчига симлар орқали узатилади. Баъзи ҳолларда, агар симлар узун бўлмаса, уларда йўқоладиган энергия ҳисобга олинмайди. Биз кўрсатган ҳолда ҳам худди шундай.

Кўпинча ток манбаи сифатида механик энергияни электр энергияга айлантирувчи электр генераторлари, шунингдек кимёвий энергияни электр энергияга айлантирувчи аккумуляторлар ва бирламчи элементлар ишлатилади.

Электр энергия истеъмолчиларига электр энергияни механик энергияга айлантирувчи электродвигателлар, қизитиш лампалари, электр энергияни иссиқлик энергияга айлантирувчи печкалар ва иситиш асбоблари, электр энергияни кимёвий энергияга айлантирувчи металл олиш ванналари киради.

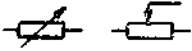
Электр занжирларда изоляцияланган ёки яланғоч, яъни изоляциясиз мис ёки алюмин симлар ишлатилади.

Электр занжирларда асосий элементлардан ташқари узувчи асбоблар, масалан рубильниклар, виключателлар, контакторлар, ҳимоя асбоблари, масалан, сақлагичлар ва автоматлар, ниҳоят контрол ўлчов асбоблари: амперметрлар, вольтметрлар, счётчиклар ва ҳоказолар ишлатилади.



1-3-расм. Электр занжирининг схемаси.

Электр схемаларда ишлатиладиган шартли график белгилар (ГОСТ 7624—62)

1	Гальваник (бирламчи) элемент ёки аккумулятор	
2	Ўзгармас ток генератори	
3	Ўзгармас ток электр двигатели	
4	Ёритиш лампаси	
5	Сим, кабель, электр заржири шинаси	
6	Электр уланш Разъёмли ва разъёмсиз уланш Разъёмли уланш	
7	Бир қутбли ва икки қутбли выключателлар	
8	Эрувчан сақлагич	
9	Қаршилик (энергия истеъмолчиси)	
10	Реостат	
11	Амперметр, вольтметр	

1-5. ОМ ҚОНУНИ

Ўтказгичдаги электр токининг зичлиги δ электр майдон кучланганлиги ($\mathcal{E}$) га пропорционал, яъни

$$\delta = \gamma \mathcal{E}.$$

Катталик γ — солиш тирма ўтказувчанлик деб аталди. У сим ясалган материалнинг хоссаларига ва унинг температурасига боғлиқдир.

Бир жинсли электр майдон учун

$$\mathcal{E} = \frac{U}{l},$$

Сундан

$$\delta = \gamma \mathcal{E} = \gamma \frac{U}{l}.$$

$\delta = I/S$, эканлигини ҳисобга олиб формулани қуйидагича ёзишимиз мумкин.

$$\frac{I}{S} = \gamma \frac{U}{l},$$

ёки

$$I = \frac{U}{\frac{l}{\gamma S}} = \frac{U}{r}. \quad (1-9)$$

$$r = \frac{l}{\gamma S} \quad (1-10)$$

катталик электр қаршилик деб аталади.

Шундай қилиб, ўтказгичдаги ток кучи унинг учларидаги кучланишга тўғри пропорционал, ўтказгичнинг қаршилигига эса тескари пропорционал экан.

(1-9) ифода Ом қонуни деб аталади.

Энергия истеъмолчисининг қаршилигини r билан (1-4-расм), ток манбаининг ички қаршилигини r_0 билан белгиласак, у ҳолда 1-4-расмда тасвирланган занжир учун Ом қонунига мувофиқ ушбунни ёзиш мумкин:

$$U = Ir \text{ ва } U_0 = Ir_0,$$

ёки (1-8) га мувофиқ,

$$E = U + U_0 = Ir + Ir_0 = I(r + r_0). \quad (1-11)$$

Бундан занжирдаги ток учун

$$I = \frac{E}{r + r_0}. \quad (1-12)$$

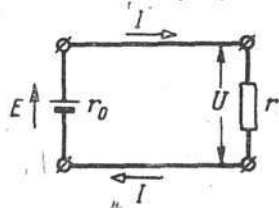
Бу формула электр занжири учун Ом қонунини ифодалайди.

Занжир берк бўлганда ток манбаининг қисқичларидаги кучланиш

$$U = E - U_0 = E - Ir_0. \quad (1-13)$$

Узилган занжирда, демак, ундаги ток нолга тенг бўлганда худди ўша манбаининг қисқичларидаги кучланиш манбаининг э. ю. к. га тенг бўлади, чунки

$$U = E - Ir_0 = E.$$



1-4-расм. Электр занжир.

(1-9) ифодадан қаршилик ушбуга тенглиги ҳосил бўлади:

$$r = \frac{U}{I}. \quad (1-14)$$

$U = 1$ в ва $I = 1$ а деб олсак, қаршиликнинг ўлчов бирлигини топамиз:

$$\frac{1\text{ в}}{1\text{ а}} = 1 \frac{\text{в}}{\text{а}} = 1 \text{ ом}.$$

Қаршилик бирлиги ом д-р.

1 ом қаршилик бу шундай ўтказгичнинг қаршилигики, унинг учларидаги кучланиш 1 вольтга тенг бўлганда ундан 1а ток ўтади.

Қаршиликнинг қабул қилинган шартли белгилари 1-1- жадвалда келтирилган.

Қаршиликка тескари

$$g = \frac{1}{r} = \frac{\gamma S}{l} = \frac{I}{U} \quad (1-15)$$

катталик электр ўтказувчанлик дейилади. Бу катталик ўтказгичнинг электр майдон таъсирида электр токи ўтказиш қобилиятини характерлайди.

Ўтказувчанлик бирлиги — 1 омга тескари, яъни 1/ом катталик-дир, у сименс (сим) деб аталади.

Солиштирма ўтказувчанликка тескари катталик

$$\rho = \frac{1}{\gamma} \quad (1-16)$$

солиштирма қаршилик дейилади.

Шундай қилиб, қаршилик қуйидагича ифодаланиши мумкин

$$r = \frac{l}{\gamma S} = \rho \frac{l}{S}. \quad (1-17)$$

Солиштирма қаршилик эса

$$\rho = \frac{rS}{l}. \quad (1-18)$$

Солиштирма қаршилик солиштирма ўтказувчанликка тескари бўлганлиги учун солиштирма ўтказувчанлик (1-5- §) қандай катталикларга боғлиқ бўлса, ўша катталикларга, яъни материалнинг хос-сасига ва унинг температурасига, қаршилик эса улардан ташқари яна симнинг узунлиги ва кўндаланг кесими-га ҳам боғлиқ бўлади.

Одатда симнинг қаршилиги омларда, кўндаланг кесими квадрат миллиметрларда, узунлик эса метрларда, демак (1-18) га мувофиқ солиштирма қаршилик ом·мм²/м ларда, солиштирма ўтказувчанлик эса солиштирма қаршиликка тескари катталик сифатида м/ом·мм² ларда ўлчанади.

Бир қатор материалларнинг солиштирма қаршиликлари ва ўтказувчанлик қийматлари 1-2-жадвалда берилган.

Қаршилиқ термини икки хил маънода ишлатилишига эътибор бермоқ керак.

1. 1-5- ва 1-6- § ларга биноан қаршилиқ симнинг, занжир участкасининг ёки истеъмолчининг электр хоссаларидан биттасини характерловчи параметр экани кўринади. Шу маънода энергия истеъмолчисининг қаршилиғи 30 омга ёки симнинг қаршилиғи 0,1 омга тенг деб айтиш мумкин.

2. Қаршилиқ (резистор) деб юқорида эслатилган параметрларга эга бўлган ва занжирдаги токни чегаралаш ёки камайтириш мақсадида электр занжирига улаш учун мўлжалланган асбобга ҳам айтилади.

1-2-жадвал

Баъзи электротехник материалларнинг хоссалари

Материал	Эңилти. $\frac{1}{\Omega \cdot \text{см}^2}$	Эркин температураси $^{\circ}\text{C}$	Узунлигига инебаган мустақкам-лиги, $\text{кг}/\text{мм}^2$	20 $^{\circ}\text{C}$ даги солиштирма электр қаршилиғи, ом/мм ² /м	Қаршилиқ температура коэффициентининг ўртача қиймати (0 дан 100 $^{\circ}\text{C}$ га-ча), $1/\text{град}$
Алюминий	2,7	657	14—22	0,029	0,004
Бронза	8,8—8,9	900	50—60	0,021—0,4	0,004
Вольфрам	18,7	3370	415	0,056	0,00464
Константан	8,8	1200	40	0,4—0,51	0,000005
Жез	8,1	900	40	0,07—0,08	0,002
Манганин	8,1	960	55	0,42	0,000006
Мис	8,8	1083	25—40	0,0175	0,004
Нихром	8,2	1360	70	1,1	0,00015
Пўлат	7,8	1400	80—150	0,13—0,25	0,006
Фехраль	7,6	1450	—	1,4	0,00028
Хромаль	7,1	1500	80	1,3	0,00004

Реостат деб аталувчи ўзгарувчан қаршилиқ занжирдаги токни сошлаш учун мўлжалланган.

Қаршилиқлар симли ёки симсиз бўлади.

Реостатлар симли, суяқликли ва симсиз бўлади. Симли реостатлар текис ва сакраб-сакраб созланадиган қилиб ясалади.

Текис созланадиган симли реостат изоляцияловчи материалдан ясалган ғалтакка ўралган симли спираль шаклида бўлади. Реостатнинг электр занжирига уланган спиралининг бир учи билан сирпангич орасидаги қаршилиғини сирпангични ҳаракатлантириш билан ўзгартириш мумкин.

1-1- мисол. Кучланиш $U = 110$ в бўлган электр тармоққа қаршилиғи $r = 200$ ом чўланма лампо-чка уланган. Лампадаги ток кучини аниқланг.

Ток кучи

$$I = \frac{U}{r} = \frac{110}{220} = 0,5 \text{ а.}$$

1-2- мисол. Агар иситиш асбобидаги ток кучи $I = 5a$, унинг қаршилиги $r = 45$ ом бўлса, унинг қисқичларидаги кучланишни аниқланг.
Қисқичлардаги кучланиш

$$U = Ir = 5 \cdot 45 = 225 \text{ в.}$$

1-7. ЭЛЕКТР ҚАРШИЛИКНИНГ ТЕМПЕРАТУРАГА БОҒЛИҚЛИГИ

Металл ўтказгич температурасининг ортиши эркин электронларнинг атомлар билан тўқнашиш сонни орттириб юбориши туфайли электронлар йўналган ҳаракатининг ўртача тезлиги камайиб кетади, бу эса қаршиликнинг ортишига сабаб бўлади. Шундай қилиб, ўтказгич қаршилигининг температурага боғлиқ равишда ўзгариши ўтказгич материалнинг тузилишига боғлиқ экан.

Қўпчилик металл ўтказгичлар учун температура 100°C чегарасида ўзгарганда қаршиликнинг нисбий ортиши температуранинг ўзгаришига пропорционал бўлади.

Шундай қилиб,

$$\frac{\Delta r}{r_1} = \frac{r_2 - r_1}{r_1} = \alpha (\theta_2 - \theta_1), \quad (1-19)$$

бундан

$$r_2 = r_1 + r_1 \alpha (\theta_2 - \theta_1),$$

ёки узил-кесил

$$r_2 = r_1 [1 + \alpha (\theta_2 - \theta_1)], \quad (1-20)$$

бу ерда r_1 ва r_2 θ_1 ва θ_2 температуралардаги қаршиликлар.

α — қаршиликнинг температура коэффиценти — температура 1°C га кўтарилганда қаршиликнинг нисбий ўзгариши.

Миснинг температура коэффиценти $\alpha = 0,004$ $1/град$. Бу мис симнинг температураси 1°C га ўзгарганда унинг қаршилиги 0,4 % ўзгаришини англатади.

Температура коэффицентининг қийматлари 1-2- жадвалда келтирилган

(1-19) формуладан симнинг (машина гулғамининг) температураси (θ_2) ни аниқлаш учун фойдаланиш мумкин, бунинг учун r_1 , α ва θ_1 нинг маълум қийматларида r_2 қаршиликни ўлчаш ва қидирилатган температуранинг қуйидаги формуладан топиш керак:

$$\theta_2 = \frac{r_2 - r_1}{\alpha r_1} + \theta_1. \quad (1-21)$$

(1-21) формула унча мураккаб бўлмаган ўзгартиришлар ёрдамида (1-19) формуладан ҳосил қилинган.

1-3- мисол. Агар симларнинг кўндаланг кесими $S = 10$ мм² ва линиянинг узунлиги 200 м бўлса, ҳаво линияси симларининг $+20^\circ\text{C}$ ва -10°C температуралардаги қаршилиги топилин.

Линиядаги иккита симнинг $+20^\circ\text{C}$ даги қаршилиги:

$$r_1 = \rho \frac{l}{S} = 0,0175 \cdot \frac{2 \cdot 200}{10} = 0,7 \text{ ом.}$$

Ўша симларнинг -10°C температурадаги қаршилиги

$$r_2 = r_1 [1 + \alpha (\theta_2 - \theta_1)] = 0,7 [1 + 0,004 (-30)] = 0,616 \text{ ом.}$$

1-4- мисол. Электр двигателъ мис чулғамининг $\theta_1 = 20^{\circ}\text{C}$ температурадаги қаршилиги $r_1 = 2,24 \text{ ом}$. Электр двигателъ икки соат ишлагандан кейин ўша чулғамнинг қаршилиги $r_2 = 2,8 \text{ ом}$ га кўтарилган. Чулғамнинг электр двигателъ икки соат ишлагандан кейинги температурасини аниқланг:

$$\theta_2 = \frac{r_2 - r_1}{\alpha r_1} + \theta_1 = \frac{2,8 - 2,4}{0,004 \cdot 2,4} + 20 \approx 62^{\circ}\text{C}.$$

1-8. ЭЛЕКТР ЎТКАЗУВЧАНЛИК

Исталган модданинг таркибидаги кимёвий элементлар атомлари мусбат зарядланган ядро билан ядро атрофида айланиб юрувчи манфий зарядланган электронлардан ташкил топган бўлади.

Одатда атомлар электрик нейтралдир, чунки ядронинг заряди электронлар зарядлари йиғиндисига тенг.

Агар электрик нейтрал атомдан (молекуладан) электрон ажралиб чиқса, у ҳолда атом мусбат ионга айланиб қолади. Атомдан ажралган электрон бошқа нейтрал атом билан қўшилиб, манфий ион ҳосил қилиши ёки эркин ҳолда қолиши мумкин. Ана шундай электронлар ўтказувчанлик электронлари, ионларнинг ҳосил бўлиш процесси эса ионланиш деб юритилади. Ҳажм бирлигидаги эркин электронлар ёки ионлар миқдори эркин зарядланган заррачалар концентрациясини аниқлайди.

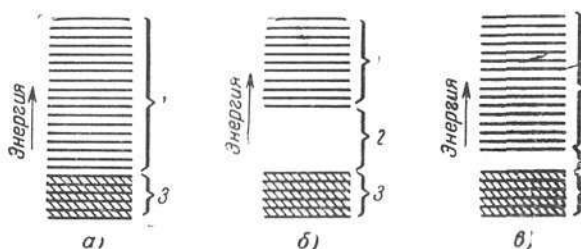
Атомдаги ҳар бир электрон маълум қийматдаги энергияга эга бўлиши, яъни фақат рухсат этилган энергетик ҳолатларда ёки сатҳларда туриши мумкин, холос, чунки электрон энергияси маълум порциялар — квантлардагина ўзгариши мумкин. Электрон юқорироқдаги сатҳга ўтиши учун энергия сарфланиши керак. Электрон пастроқдаги сатҳга ўтганда эса атом ортиқча энергияни нурлантириб чиқаради.

Атомлар йиғиндисидан ташкил топган моддаларда қўшни атомларнинг ўзаро таъсири туфайли энергетик сатҳлар бир қадар ўзгариб, энергетик зоналар ҳосил қилади. Бу зоналарни электронлар мавжуд бўла олмайдиган ва ман қилинган зона деб аталувчи соҳа ажратиб туради. Рухсат этилган сатҳларга мос келувчи энергетик зоналар тўлган ва бўш зоналарга ажралади.

Электр ўтказувчанлик ҳосил бўлиши учун тўла зона электронларининг бир қисми бўш зонага ўтмоғи зарур. Ана шундай ўтишнинг амалга ошиши ёки ошмаслиги ман қилинган зонанинг кенглигига боғлиқ; бу зонанинг кенглиги электрон ана шундай ўтиши учун сарфланадиган энергияга пропорционал бўлади.

Ўтказгичлар, чала ўтказгичлар ва диэлектриклар ўтказувчанлигининг турлича бўлиши улар тузилишидаги ўзига хос хусусиятларга боғлиқ. Қаттиқ жисм зона назариясига биноан металл ўтказгичлардаги юксак ўтказувчанлик улардаги тўла зонанинг бўш зонага жуда яқин жойлашишида экан (1-5- а расм).

Ана шу сабабга кўра металлдаги электронлар тўла зона сатҳларидан бўш зона сатҳларига ўта олади. Бошқача айтганда, электронлар ядродан камроқ узоқликдаги орбиталардан узоқроқдаги орбиталарга ўта олиши ёки атомнинг чегарасини ташлаб кетиб эркин электронга айланиб қолиши мумкин: бу эркин электрон ўтказгич учларига берилган кучланиш юзага келтирган электр майдонининг заиф кучланишлари таъсирида бир атомдан иккинчи атомга кўчиб юради.



1-5- расм. Энергия сатҳлари

а—ўтказгич; б—диэлектрик; в—чала ўтказгич; 1- бўш зона, 2- ман қилинган зона; 3- тўлган зона.

Агар берилган моддада эркин зона тўла зонадан етарли даражада кенроқ бўлган, ман қилинган зона орқали ажралган бўлса, (1-5- б расм), у ҳолда шунга мос равишда модданинг ўтказувчанлиги жуда заиф бўлади ва бундай модда диэлектрик бўлади.

Чала ўтказгичларда ман қилинган зонанинг кенлиги диэлектриклардагига қараганда торроқ (1-5- в расм), ана шунга мос равишда электронлар эркин зонага ўтиши учун заиф уйғониш ҳам кифоя қилади (масалан, бундай уйғонишни температурани кўтариш йўли билан атомларнинг иссиқлик ҳаракатининг ортиши ҳисобига амалга ошириш мумкин); шунинг учун ҳам чала ўтказгичларнинг ўтказувчанлиги ўтказгичлар билан диэлектриклар ўтказувчанликларининг орасида ётади.

Ўтказгичлар икки турга бўлинади. Биринчи тур ўтказгичларда (уларга кўпинча металллар ва уларнинг қотишмалари киради) ток фақат электронларнинг ҳаракати туфайли юзага келади (электрон ўтказувчанли ўтказгичлар).

Иккинчи тур ўтказгичларда — электролитларда (уларга кислота ва тузларнинг сувдаги эритмалари киради) электр ток эритувчи таъсирида модда молекулаларининг парчаланиши натижасида пайдо бўлган манфий ва мусбат ионларнинг ҳаракати туфайли юзага келади (ион ўтказувчанли ўтказгичлар).

1-9. ЎТКАЗГИЧ МАТЕРИАЛЛАР

Электротехникада ишлатиладиган ўтказгич материалларни икки гуруҳга ажратиш мумкин. Биринчи гуруҳга солиштирма ўтказувчанлиги юқори бўлган, иккинчи гуруҳга эса солиштирма қаршилиги нисбатан юқори бўлган материаллар киради.

Биринчи гуруҳ материаллар қуйидаги хоссаларга эга бўлиши: солиштирма ўтказувчанлиги юксак, қаршилиқ температура коэффициентлари кичик, механик пухталиги етарли, коррозияга нисбатан турғун бўлиши керак.

Материал қандай мақсадлар учун мўлжалланганлигига қараб, унинг юқорида кўрсатилган хоссаларидан бирига ортиқча талаб қўйилса, бошқа хоссаларига нисбатан эса, аксинча, камроқ талаб қўйилади. Масалан, электр машиналари ўрамларининг механик пухталиги узилиб ва ишқалиб ишлайдиган контакт симларининг механик пухталигига нисбатан анча паст бўлиши мумкин. Ҳар қандай аралашма ўтказувчанликни камайтирганлиги сабабли соф металллар энг юқори ўтказувчанликка эга бўлади.

Мис Мис солиштирма қаршилиги ($\rho = 0,0175 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$) кичиклиги, етарли даражада механик пухталиги, ишлов бериш осонлиги ва коррозияга етарли даражада турғунлиги туфайли ўтказгич материал сифатида кенг тарқалган.

Прокат ёки чузиш йўли билан мисдан сим, шиналар, тасмалар, масалан, коллектор пластинкалари учун понасимон кесимли тасмалар ва ҳоказолар ясаш мумкин.

Одатда таркибда 0,1% дан кам аралашмалари бўлган электролитик мис ишлатилади. Мис икки хил: МТ маркали юмшатилмаган ва ММ маркали юмшатишган бўлиши мумкин.

Қаттиқ мис масалан, контакт симлар (электр кучи билан тортиш), коллектор пластинкалар (электр машиналар) ва ҳоказоларда ишлатилади. Юмшоқ мис электр машиналарнинг ва турли электромагнит аппаратлар ва асбобларнинг ўрамларини ясаш учун ишлатиладиган симлар тайёрлашда кенг қўлланилади.

Соф мисдан ташқари унинг бошқа металллар — бронза ва жезлар билан қотишмалари ҳам ишлатилади.

Ҳамма бронзаларнинг ҳам механик пухталиги юқори ва солиштирма қаршилиги катта бўлади.

Кадмийли бронза ($\text{Cd} — 0,9\%$), коллектор пластинкалари ва троллей симлари тайёрлаш учун ишлатилади.

Бериллийли бронза ($\text{Вl} — 2,2\%$) ток узатувчи пружиналар, сирпанувчи контактлар, шчётка тутқичлар ясаш учун ишлатилади.

Жез ($\text{Zn} — 30\%$) электр аппаратлар ва асбоблар ясашда кенг қўлланилади.

Алюминийнинг электр ($\rho = 0,0495 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$) ва механик хоссалари мисга нисбатан ёмонроқ бўлса ҳам электротехникада кўп ишлатилади. Соф алюминий — юмшоқ бўлиб, унинг механик пухталиги паст. Қаттиқлигига қараб алюминий икки хил бўлади: АМ маркали юмшатишган алюминий ва АТ маркали юмшатилмаган алюминий.

Мис симларнинг ўрнига алюминий симлар ишлатилган вақтда мис сим билан бир хил қаршилиқ ва узунликдаги алюминий симнинг кўндаланг кесими 60% ортиқ, аммо оғирлиги эса мис сим оғирлигининг 48% ни ташкил қилади.

Электр узатиш линиялари сими учун алюминий қотишмалари масалан механик пухталиги етарли ва ўтказувчанлиги яхши ($\rho = 0,032 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$) бўлган алдрей (1—1,5 % Mg, Si, Fe аралашмаларига эга) ишлатилади.

Шунингдек, ички пўлат симлари устидан ташқи аллюминий симлар билан ўралган пўлат алюминий симлар ҳам ишлатилади.

Пўлат (темир) нинг солиштирма қаршилиги анчагина ($\rho = 0,13 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$) бўлиб, коррозияга турғунлиги кам. Шу сабабли пўлат ҳаво линияларида фақат кичик қувватлар узатишдагина ишлатилади, чунки бу ҳолда симларнинг кўндаланг кесими уларнинг электр қаршилиги билан эмас, балки механик пухталиги билан белгиланади. Коррозиядан сақлаш учун рух қоплама (рухланган симлар) қўлланилади.

Ўтказгич материалларнинг иккинчи гуруҳига солиштирма қаршилиги юқори бўлган материаллар киради. Булар асосан қотишмалардир: никель—хром—темир (н и х р о м); темир—хром—алюминий (фехраль) ва бошқалар. Улар иситиш асбоблари, аппаратлар, реостатларга ўрамлар ясаш учун ишлатилади. Бу материаллар юқори температурага (тахминан 1000°C) чидайди. Уларнинг солиштирма қаршилигининг юқори бўлиши бу материаллардан қисқа ва ихчам ўрамлар ясаш имконини беради.

Манганин — 86 % мис, 12 % марганец ва 2 % никелнинг қотишмасидир. Унинг солиштирма қаршилиги юқори ва температура коэффиценти кичик (тахминан $1 \cdot 10^{-5} \text{ 1/град}$) бўлганлиги учун шунтлар, қўшимча қаршилиқлар ва намунавий қаршилиқ ғалтаклари тайёрлашда ишлатилади.

Кавшар ва флюслар. Кавшар — кичик қаршиликли электр кавшарлар ҳосил қилиш учун ишлатиладиган қотишмадир.

Қизитилган пайтда кавшар эриб уланаётган металл қаттиқлигича қолиши учун кавшарнинг эриш температураси туташтирилаётган деталлар (симлар) никидан анча паст бўлиши керак. Кавшар уланаётган деталларнинг сиртини қоплайди ва улар орасидаги тирқишларга кириб, уларни тўлдиради. Кавшар деталларни металлга диффузиялайди, натижада оралиқ қатлам ва туташтирилаётган деталлар совиғандан сўнг бир бутун нарсага айланади.

Амалда юмшоқ (таркибида 18 % дан то 90 % гача қалайи бўлган) қалай — қўрғошинли ва қаттиқ (таркибида 36 % дан то 55 % гача мис бўлган) мис — рухли кавшарлар ишлатилади.

Алюмин симларни кавшарлаш учун рух-қалайли (таркибида 56 % рух, 42 % қалайи ва 2 % мис бўлган) ёки рух-алюминийли (таркибида 80 % рух, 12 % алюминий ва 8 % мис бўлган) кавшарлар ишлатилади.

Ўзаро кавшарланаётган деталларни пухта ва ишончли қилиб туташтириш учун ёрдамчи моддалар — флюслар қўлланилади. Улар асосан кавшарланаётган участкалар сиртидаги оксидлар ва ифлосликларни эритиш ва кеткизиш учун хизмат қилади.

Флюс сифатида кўпинча канифоль ишлатилади.

Алюмин симларни кавшарлашда оғирлик бўйича 100 қисм денатурланган спирт билан 20 қисм канифолдан ясалган флюс ишлатилади.

Электротехник кўмир. Электротехник кўмирга асос қилиб углероднинг турлари — графит билан кўмир олинади. Улар майда кукунга айлантирилиб, қўшимча компонентлар, масалан, мис кукун билан тошкўмир ва мумлар кукунлари ёрдамида ишлатилиб шакл берилади ва қизитиб ишланади.

Электротехник кўмир электр машиналарга ичёткалар, печларга, электр пайвандга, электролитик ванналарга электродлар тайёрлашда, симсиз қаршиликлар ясашда, электровакуум асбобларга, гальваник элементларга деталлар тайёрлашда ва ҳоказоларда ишлатилади.

1-10. ИШ ВА ҚУВВАТ

Ток манбаи билан энергия истеъмолчисидан иборат туташ электр занжирда (1-3- расм) ток манбаининг электр юритувчи кучи таъсирида зарядлар узлуксиз ажралиб туради.

Юқорида (1-2- § да) баён этилганларга кўра ток манбаида q электр зарядни кўчириш учун t вақт ичида ташқи кучлар томонидан бажарилган иш, ёки бошқа бирор турдаги энергияни айлантириш ҳисобига олинган электр энергия қуйидагига тенг экани келиб чиқади:

$$A_m = W_m = Eq = EIt. \quad (1-22)$$

Энергиянинг сақланиш қонунига биноан олинган электр энергия худди ўша вақт ичида занжирнинг барча қисмларида, яъни биз текшираётган ҳолда энергия истеъмол қилувчи билан ток манбаида (симларда энергиянинг бошқа турга айланишини ҳисобга олмаймиз), энергиянинг бошқа турларига айланади.

Истеъмолчида зарядни кўчиришда бажарилган A_n иш ёки истеъмолчида энергиянинг бошқа турига айлантириладиган ва A_n ишга тенг бўлган W_n энергия қуйидагича топилади:

$$A_n = W_n = U_n q = U_n It; \quad (1-23)$$

бу ерда U_n — приёмник (истеъмолчи) даги кучланиш.

Энергиялар айирмаси

$$W_m - W_n = W_0$$

ток манбаида иссиқликка айланадиган энергиядан иборатдир.

Бу энергия (1-22) ва (1-23) ларга биноан қуйидагича ифодаланиши мумкин:

$$(E - U_n) It = W_0 = UIt,$$

бундан

$$U_0 = E - U_n$$

1-4- § да айтилган кучланишнинг ички тушувидан иборатдир.

Бажарилган ишнинг шу ишни бажариш учун сарфланган вақтга нисбати

$$P = \frac{A}{t} \quad (1-24)$$

қувват деб аталади. Шундай қилиб, қувват — энергиянинг бир турдан бошқа турга айланиш тезлиги экан.

Манбада бирор турдаги энергиянинг электр энергияга айланиш тезлиги манбанинг (генераторнинг) қуввати дейилади:

$$P_{\text{и}} = \frac{E_{\text{и}}}{t} = EI. \quad (1-25)$$

Истеъмолчида электр энергиянинг бошқа турдаги энергияга айланиш тезлиги истеъмолчининг қуввати дейилади:

$$P_{\text{и}} = \frac{U_{\text{и}}It}{t} = U_{\text{и}}I. \quad (1-26)$$

Манбада электр энергиянинг фойдасиз сарф бўлиш тезлиги йўқотиладиган қувват дейилади:

$$P_0 = U_0I. \quad (1-27)$$

Энергиянинг сақланиш қонунига мувофиқ ток манбанинг (генераторнинг) қуввати истеъмолчининг қуввати билан генератордаги йўқотилган қувват йиғиндисига тенг; шундай қилиб

$$P_{\text{м}} = P_{\text{и}} + P_0. \quad (1-28)$$

Халқаро бирликлар системасида (СИ) қувват бирлиги ваттдир (*вт*); бу шундай қувватдирки, унда ҳар бир секундда 1 ж иш бажарилади, ёки унда ҳар бир секундда 1 ж электр энергия бошқа турдаги энергияга айланади; шундай қилиб

$$1 \text{ вт} = \frac{1 \text{ ж}}{1 \text{ сек}},$$

бундан

$$1 \text{ ж} = 1 \text{ вт} \cdot 1 \text{ сек} = 1 \text{ вт} \cdot \text{сек};$$

демак, 1 жоуль 1 ватт = секундга тенг.

1-2-§ дан маълумки,

$$1 \text{ ж} = 1 \text{ в} \cdot 1 \text{ к};$$

шундай қилиб,

$$1 \text{ вт} = \frac{1 \text{ ж}}{1 \text{ сек}} = \frac{1 \text{ в} \cdot 1 \text{ к}}{1 \text{ сек}} = 1 \text{ в} \cdot 1 \text{ а};$$

демак, 1 вт — 1 ампер токнинг 1 вольт кучланишдаги қувватидир.

1-5- мисол. Кучланиш $U = 220 \text{ в}$ бўлган тармоққа қуввати $P = 5 \text{ квт}$ бўлган электр двигателъ улашган. Электр двигателдан оқаётган ток кучини аниқланг.

1-26 га биноан:

$$P = UI,$$

бундан

$$I = \frac{P}{U} = \frac{5000}{220} \approx 23a.$$

1-6- мисол. Кучланиш $U = 225$ в бўлган тармоққа $I = 4$ а ток олувчи исит-
гич асбоб уланган. Асбобнинг қуввати ва асбоб 2 соат ичида истеъмол қилган
энергиянинг баҳоси топилади, 1 *квт·соат* электр энергия 4 тийин туради.

Асбобнинг қуввати $P = UI = 225 \cdot 4 = 900$ *вт*.

2 соат ичида асбоб истеъмол қилган энергия

$$W = Pt = 900 \cdot 2 = 1800 \text{ вт} \cdot \text{соат} = 1,8 \text{ квт} \cdot \text{соат}.$$

Сарфланган энергиянинг баҳоси

$$4 \cdot 1,8 = 7,2 \text{ тийин}.$$

1-11. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯНИНГ ИССИҚЛИК ЭНЕРГИЯГА АЙЛАНИШИ

Электр токи электр заррачаларининг йўналган ҳаракатидан ибо-
ратдир. Ҳаракатланаётган заррачалар модданинг ионлари ёки моле-
кулалари билан тўқнашган вақтда ҳаракатланаётган заррачанинг
кинетик энергияси қисман ионларга ёки молекулаларга берилади,
бунинг натижасида эса ўтказгич қизийди. Шундай қилиб, электр
энергия иссиқлик энергияга айланади ва бу энергия симни қизи-
тишга сарфланиб атрофдаги муҳитга тарқалади.

Электр энергиянинг иссиқлик энергияга айланиш тезлиги

$$P = UI$$

қувват (1-26) билан белгиланади ёки, $U = Ir$ эканлигини ҳисобга
олсак, ушбунни ҳосил қиламиз:

$$P = UI = I^2 r. \quad (1-29)$$

Иссиқликка айланувчи электр энергия:

$$W = Pt = I^2 r t.$$

СИ системасида иссиқлик миқдори
бирлиги энергия бирлиги каби жоуль
бўлганидан қаршилиқда ажралиб чиққан
иссиқлик ушбуга тенг:

$$Q = I^2 r t. \quad (1-30)$$

Ажралиб чиққан иссиқлик, ток кучи,
қаршилиқ ва вақт орасидаги муносабат-
ни ифодаловчи бу ифодани 1844 йилда
бир вақтда рус академиги Э. Х. Ленц
тажриба асосида ва инглиз олими Жоуль
топган эди. Бу муносабат ҳозир Жо-
уль—Ленц қонуни деб аталади.
Ўтказгичда ток ажратиб чи-
қарган иссиқлик миқдори ток
кучи квадратига, ўтказгичнинг
қаршилиги ва токнинг ўтиш
вақтига пропорционалдир.



Э. Х. Ленц
(1804—1865).

Электр энергияни иссиқликка айлантириш турли иситгич ва ёритиш асбоблари ҳамда қурилмаларида қўлланилади.

Бошқа асбоб ва қурилмаларда электр энергияни иссиқликка айлантириш энергиянинг фойдасиз исроф бўлишига (йўқолишига) уларнинг фойдали иш коэффициентининг пасайишига олиб келади. Бундан ташқари, иссиқлик бу қурилмаларнинг қизишига олиб келади ва уларнинг нагрукасини пасайтириб юборади; ортиқча нагрукка берилганда эса температура ортиб кетади ҳамда қурилманинг изоляцияси ишдан чиқиши ёки қурилманинг ишлаш муддатининг қисқаришига олиб келиши мумкин.

1-7- мисол. Агар иситгич асбобнинг қаршилиги 22 ом, тармоқнинг кучланиши 110 в бўлса, бу асбобда 15 минутда ажралиб чиққан иссиқлик миқдори топилин.

Ток кучи

$$I = \frac{U}{r} = \frac{110}{220} = 0.5 \text{ а.}$$

Асбобда ажралиб чиққан иссиқлик миқдори:

$$Q = I^2 r t = 0.5^2 \cdot 220 \cdot 60 = 33000 \text{ ж.}$$

1-12. СИМДА ОҚИШИ МУМКИН БЎЛГАН ТОК. ОРТИҚЧА НАГРУЗКАДАН САҚЛАШ

Симни қизитган вақтда ундаги температуранинг кўтарилиши симнинг массаси ва ажралиб чиққан иссиқлик миқдорига боғлиқ. Иссиқликнинг атрофдаги муҳитга тарқалиш тезлиги сим ва муҳит температураларининг фарқига пропорционал. Ток билан қизитила бошлаганда дастлаб сим билан муҳитнинг температураси бир хил бўлади. Демак, атрофдаги муҳитга деярли иссиқлик берилмайди. Ҳамма иссиқлик симни қизитишга сарфланади ҳамда симнинг температураси жуда тез кўтарилади. Симнинг температураси кўтарила борган сари сим билан муҳит температуралар фарқи орта боради, сим кўпроқ иссиқлик соча бошлайди. Сим температурасининг кўтарилиши сусаяди. Бирор температурага бориб ток ажратиб чиқараётган иссиқлик билан сим атрофга сочаётган иссиқлик орасида мувозанат ҳосил бўлади. Симнинг температураси чегаравий қийматига эришади. Чегаравий температурагача қизитиш вақти турли қурилмалар учун турличадир. Масалан, чўланма лампочка толаси учун секунднинг улушларига тенг бўлса, анчагина қувватга эга бўлган машиналар учун бир неча соатларга боради.

Симларнинг маълум температурагачагина қизишига рухсат этилади. Изоляцияланган симлар учун бу температура изоляциянинг тури ва хоссасига, изоляцияланмаган симлар учун эса уларнинг механик хоссаларига боғлиқ бўлади. Қизиш мумкин бўлган температурага эришиш учун зарур бўлган ток сим учун мумкин бўлган ток дейилади. Изоляцияланган мис симларнинг баъзи бир кўндаланг кесимлари учун мумкин бўлган токларнинг қийматлари 1-3- жадвалда берилган.

Электр занжирининг айрим участкалари ортиқча (мумкин бўлганидан юқори) токнинг ва қисқа туташув тоқларининг иссиқлик таъсиридан эрувчан сақлагичлар (14-11-§) ёки релелар (14-14-§) ёрдамида муҳофаза қилинади. Сақлагичнинг асосий қисми осон эрийдиган металлдан қилинган симнинг қисқа бўлагидан ясалган қўйма; бу қўйма ортиқча ток таъсирида қизиб эрийди ва занжирни узиб муҳофаза қилинаётган участкани сақлаб қолади.

1-3 - жадвал

Изоляцияланган симлар учун мумкин бўлган ток нагрузкалари

Сис симнинг қўндаланг кесими, мм ²	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50
Оқиши мумкин бўлган чегаравий ток, а	11	15	17	23	30	41	50	80	100	140	170	215

Ҳар хил потенциалли икки симнинг (қисқичларнинг) бевосита ёки жуда кичик қаршилиқ орқали бир-бирига уланиши қисқа туташув дейилади. Қисқа туташув қўйиш мумкин бўлган тоқдан бир неча марта катта бўлиб, қурилманинг баъзи қисмларига механик ҳамда иссиқлик зарар етказиши ёки баъзи қисмларини емириб ташлаши мумкин.

1-13. КИРХГОФНИНГ БИРИНЧИ ҚОИДАСИ

Электр занжирининг бир неча симлар бир-бирига уланидиган нуқтаси тугун ёки тармоқланиш нуқтаси дейилади. Тармоқланиш нуқтасига қараб йўналган тоқлар йиғиндиси ундан чиқаётган тоқлар йиғиндисига тенг. Бу Кирхгофнинг биринчи қоидадир.

Масалан, 1-6-расмдаги А тугун учун ушбуни ёзамиз:

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

ёки тоқларни тенгликнинг бир қисмига ўтказсак:

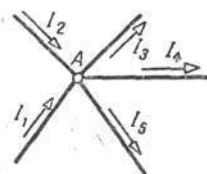
$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0.$$

Умумий кўринишда қуйидагича ёзамиз:

$$\sum I = 0,$$

(1-31)

1-6-расм. Электр занжирининг тугуни.



яъни тугундаги тоқларнинг алгебраик йиғиндиси нолга тенг. Охири иккала ифодадаги тугунга қараб йўналган тоқлар мусбат, тугундан чиқаётган тоқлар эса манфий ҳисобланади.

а) Кетма-кет улаш

Агар бир нечта истеъмолчи ёки қаршилиқ 1-7- расмда кўрсатилгандек тармоқланмасдан бирин-кетин уланган бўлса, у ҳолда улар орқали бир хил ток ўтади; бундай улаш кетма-кет улаш дейилади.

Қаршилиқлардаги кучланишлар (1-9):

$$U_1 = Ir_1; \quad U_2 = Ir_2; \quad U_3 = Ir_3.$$

Ток кучи занжирнинг барча участкаларида бир хил бўлганидан бу участкалардаги кучланишлар уларнинг қаршилиқларига пропорционал бўлади, яъни

$$U_1:U_2 = r_1:r_2 \text{ ва } U_2:U_3 = r_2:r_3. \quad (1-32)$$

Айрим участкалардаги қувватлар қийидагича:

$$P_1 = U_1 I; \quad P_2 = U_2 I; \quad P = U_3 I.$$

Энергиянинг сақланиш қонунига биноан бутун занжирнинг қуввати участкалардаги қувватларнинг йиғиндисига тенг, демак:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = I(U_1 + U_2 + U_3) = IU.$$

Демак, занжирнинг қисқичларидаги кучланиш занжирнинг участкаларидаги кучланишларнинг йиғиндисига тенг

$$U = U_1 + U_2 + U_3. \quad (1-33)$$

Сўнги ифодани ҳадма-ҳад токка бўлсак қуйидагини топамиз

$$\frac{U}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I} + \frac{U_3}{I},$$

ёки

$$r = r_1 + r_2 + r_3. \quad (1-34)$$

Қаршилиқ r занжирнинг умумий (ёки эквивалент) қаршилиғи деб аталади; яъни бу шундай қаршилиқки, берилган кучланишда барча қаршилиқларни ўша билан алмаштирилганда, занжирда яна ўша ток кучи ҳосил бўлаверади.

Шундай қилиб, кетма-кет уланган участкалардан ташкил топган занжирнинг умумий қаршилиғи барча қаршилиқларнинг йиғиндисига тенг экан. Кетма-кет улашга қуйидагилар мисол бўлиши мумкин: симлар ва уларнинг учларига уланган энергия истеъмолчиси, трамвай тармоғидаги кучланиш $U_T = 600$ в ва чўғланма лампочканинг номинал кучланиши $U_L = 120$ в бўлганда, уларнинг бешта бештаси кетма-кет қилиб уланади.

$$(U_T:U_L = 600 \text{ в} : 120 \text{ в} = 5).$$

1-8- мисол. Занжирга қаршилиги $r_1 = 44$ ом га тенг уйғотиш чулғамли электр двигателнинг ва қаршилиги (r_2) ни 0 дан то 176 ом гача бўлган чегарада ўзгартириш мумкин бўлган реостат кетма-кет уланган; занжирнинг кучланиши $U = 220$ вольтга тенг бўлса, ток кучини қандай чегарада ўзгартириш мумкинлигини аниқланг.

Занжирнинг умумий қаршилиги

$$r = r_1 + r_2.$$

$r_2 = 0$ бўлганда занжирдаги токнинг кучи

$$I = \frac{U}{r_1 + r_2} = \frac{220}{44 + 0} = 5 \text{ а.}$$

$r_2 = 176$ ом бўлганда занжирдаги ток кучи

$$I = \frac{U}{r_1 + r_2} = \frac{220}{44 + 176} = 1 \text{ а.}$$

б) Параллел улаш

Электр занжирнинг икки нуқтасига параллел шохобчадан ташкил топган тармоқланиш ҳосил қилувчи бир нечта қаршиликлар уланган бўлса (1-8- расм), бундай улашни қаршиликларни параллел улаш дейилади. Шундай қилиб, параллел улашда ҳар бир қаршиликнинг бир қисқичи бир тугунга, иккинчи қисқичи эса иккинчи тугунга уланади.

Қаршиликларнинг ҳар биридаги кучланиш тугунлар орасидаги U кучланишга тенг бўлганлиги учун шохобчаларнинг қаршиликларидаги кучланишлар бир хил бўлади, яъни

$$U = U_1 = U_2 = U_3, \quad (1-35)$$

ёки кучланишни мос тоқлар билан қаршиликларнинг кўпайтмаси сифатида ифодаласак, тенгликни қуйидагича ёзишимиз мумкин:

$$U = I_1 r_1 = I_2 r_2 = I_3 r_3,$$

бундан

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2}{r_1} \text{ ва } \frac{I_2}{I_3} = \frac{r_3}{r_2}, \quad (1-36)$$

яъни шохобчалардаги тоқлар шохобчаларнинг қаршиликларига тескари пропорционал тақсимланар экан.

Кирхгофнинг биринчи қондасига биноан

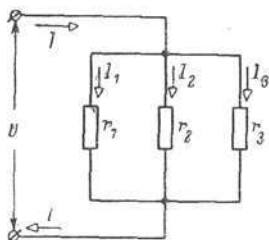
$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

ёки тоқларни кучланишларнинг мос қаршиликларга нисбати орқали ифодаласак:

$$\frac{U}{r} = \frac{U_1}{r_1} + \frac{U_2}{r_2} + \frac{U_3}{r_3},$$

баъзи қисқартишлардан сўн

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \quad (1-37)$$



1-8- расм. Қаршиликларни параллел улаш.

$$g = g_1 + g_2 + g_3.$$

Қаршилик r занжирнинг умумий ёки эквивалент қаршилиги, g эса — занжирнинг умумий ёки эквивалент ўтказувчанлиги дейилади.

(1-37) формуладан қаршиликлар параллел уланганда занжирнинг эквивалент ўтказувчанлиги алоҳида шохобчалар ўтказувчанликларининг йиғиндисига тенг деган хулоса чиқади.

(1-37) формула тармоқланган занжирнинг эквивалент қаршилигини аниқлашга имкон беради. Масалан, учта шохобча учун (1-37) тенгламанинг ўнг томонини умумий махражга келтирсак, қуйидагига эга бўламиз:

$$\frac{1}{r} = \frac{r_1 r_2 + r_1 r_3 + r_2 r_3}{r_1 r_2 r_3},$$

бундан занжирнинг эквивалент қаршилиги

$$r = \frac{r_1 r_2 r_3}{r_1 r_2 + r_1 r_3 + r_2 r_3}. \quad (1-38)$$

Агар шохобчаларнинг қаршиликлари тенг бўлса, у ҳолда

$$r = \frac{r_1^3}{3r^2} = \frac{r_1}{3}.$$

Агар тармоқланишнинг n та бир хил r_1 қаршиликли параллел шохобчалари бўлса, у ҳолда тармоқланишнинг эквивалент қаршилиги:

$$r = \frac{r_1}{n}. \quad (1-39)$$

Иккита параллел шохобчадан ташкил топган тармоқланишнинг эквивалент қаршилиги (1-37) тенгламага мувофиқ қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$r = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}. \quad (1-40)$$

Кўпчилик энергия истеъмолчилари, жумладан чўгланма лампочкалар, иситгич асбоблар, двигателлар бирдек сақланадиган номинал кучланишда ишлаш учун мўлжалланган. Шу сабабли улар кўпчилик ҳолларда параллел уланади, чунки бундай усул билан улаган вақтда улар бир хил номинал кучланиш остида бўлади ва амалда улардан ҳар бирининг иш режими бошқаларнинг иш режимига боғлиқ бўлмайди.

1-9- мисол. Кучланиш $U = 115$ в бўлган линияга қуввати $P_1 = 3,5$ кват бўлган электродвигатель ва қуввати $P_2 = 2,3$ кват бўлган электропечка уланган. Линиядаги токнинг кучини аниқланг.

Двигателдаги токнинг кучи

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{3500}{115} \approx 30 \text{ а.}$$

Электрорешкадаги токнинг кучи

$$I_2 = \frac{P_2}{U} = \frac{2300}{115} = 20 \text{ а.}$$

Линиядаги ток кучи

$$I = I_1 + I_2 = 30 + 20 = 50 \text{ а.}$$

1-10- мисол. Қуввати $P_A = 100 \text{ вт}$ ва кучланиши $U = 220 \text{ в}$ бўлган чўғланма лампочканинг қаршилигини аниқланг. Параллел уланган йиғирмата ана шундай лампочканинг қаршилигини аниқланг.

Қувват $P = UI = U^2/r$ бўлганлиги учун чўғланма лампочканинг қаршилиги

$$r_A = \frac{U^2}{P_A} = \frac{220^2}{100} = 484 \text{ ом.}$$

Йиғирмата параллел уланган лампочканинг умумий қаршилиги

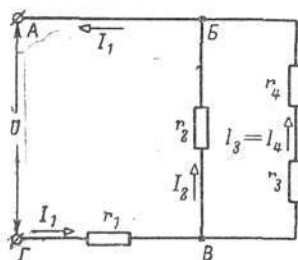
$$r = \frac{r_A}{20} = \frac{484}{20} = 24,2 \text{ ом.}$$

в) Аралаш улаш

Ҳар бири кетма-кет ёки параллел уланган қаршиликлардан ташкил топган қаршиликлар ёки занжир участкаларини кетма-кет ёки параллел улаш аралаш улаш дейилади.

Аралаш улашга 1-9- расмда тасвирланган занжир мисол бўла олади. Занжир иккита кетма-кет уланган участкалардан: иккита (r_2 ва $r_3 + r_4$) шохобчага эга бўлган $БВ$ участка ҳамда r_1 қаршиликдан иборат бўлган $ВГ$ участкадан ташкил топган.

Тармоқланган участканинг қаршилиги (1-40) формуладан топилади:



1-9- расм. Қаршиликларни аралаш улаш.

$$r_{БВ} = \frac{r_2(r_3 + r_4)}{r_2 + (r_3 + r_4)}.$$

Занжирнинг эквивалент қаршилиги

$$r = r_1 + r_{БВ} = r_1 + \frac{r_2(r_3 + r_4)}{r_2 + (r_3 + r_4)}.$$

1-11- мисол. 1-9- расмда тасвирланган занжирнинг барча участкаларидаги тоқлар ва кучланишлар топилин. Занжирнинг қисқичларидаги кучланиш $U_{АГ} = 210 \text{ в}$. Қаршиликлар $r_1 = 0,6 \text{ ом}$; $r_2 = 4 \text{ ом}$; $r_3 = 3,5 \text{ ом}$; $r_4 = 2,5 \text{ ом}$.

Занжирнинг умумий қаршилиги

$$r = r_1 + \frac{r_2(r_3 + r_4)}{r_2 + r_3 + r_4} = 0,6 + \frac{4(3,5 + 2,5)}{4 + 3,5 + 2,5} = 3 \text{ ом.}$$

Биринчи қаршиликдаги тек

$$I = \frac{U_{АГ}}{r} = \frac{210}{3} = 70 \text{ а.}$$

Биринчи қаршиликдаги кучланиш

$$U_1 = I_1 r_1 = 70 \cdot 0,6 = 42 \text{ в.}$$

Занжирнинг тармоқланган қисмидаги кучланиш

$$U_{БВ} = U_{АГ} - U_1 = 210 - 42 = 168 \text{ в.}$$

Ток

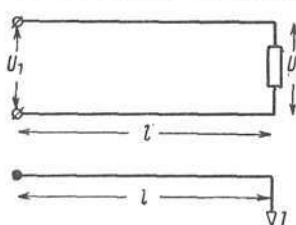
$$I_2 = \frac{U_{БВ}}{r_2} = \frac{168}{4} = 42 \text{ а.}$$

Ток

$$I_3 = \frac{U_{БВ}}{r_3 + r_4} = \frac{168}{3,5 + 2,5} = 28 \text{ а.}$$

1-15. ИККИ СИМЛИ ЛИНИЯ

Электр энергия генератордан истеъмолчиға симлар орқали узилади. Тўғри ва тескари симлардан, изоляторлардан, бу изоляторлар ва симларни ушлаб турувчи тиргаклардан ташкил топган қурилма электр линия деб аталади (1-10- расм).



1-10- расм. Охириги учига
нагрузка уланган
симли линия.

Симлар қисқа бўлганда уларнинг қарши-лигини эътиборга олмаса ҳам бўлади. Симлар узунроқ (ўнлаб метр ва ундан ҳам узунроқ) бўлганда симнинг қаршилигини эътиборга олмаслик мумкин эмас, чунки I ток ўтганда уларда кучланишнинг тушуви қуйидагича бўлади:

$$\Delta U = Ir = I \frac{2l}{\gamma S}, \quad (1-41)$$

бу ерда $2l$ — тўғри ва қайтган симларнинг узунлиги.

Линиянинг боши ва учигаги кучланишлар фарқи $U_1 - U_2$, линиядаги кучланиш тушувига тенг бўлиб, бунга йўқотилган кучланиш дейилади, яъни

$$U_1 - U_2 = \Delta U = Ir. \quad (1-42)$$

Нагрузка (ток) нолдан номинал қийматгача ўзгарганда йўқотилган кучланиш ҳам токка пропорционал равишда ўзгаради. Линиянинг учигаги кучланиш ўзгармаганда линиянинг охиридаги кучланиш (у истеъмолчидаги кучланишга тенг бўлади) $I = 0$ бўлганда $U_2 = U_1$ дан нагрузка бор бўлганда $U_2 = U_1 - \Delta U$ гача ўзгаради.

Шундай қилиб, кучланишнинг йўл қўйиладиган йўқотилиши истеъмолчилардаги кучланишнинг йўл қўйиладиган тебранишига тенг. Бу йўқотилиш чўгланма лампочкалар учун номинал кучланишнинг $1 - 2\%$ ини, электродвигателлар учун эса $2 - 5\%$ ни ташкил этади.

Агар кучланишнинг йўл қўйиладиган йўқотилиши берилган бўлса, у ҳолда (1-41) формуладан фойдаланиб линия симининг зарур бўлган кўндаланг кесimini топиш мумкин.

$$S = \frac{2Il}{\gamma \Delta U}. \quad (1-43)$$

Кучланишнинг йўл қўйиладиган йўқотилишига қараб топилган кўндаланг кесим йўл қўйиш мумкин бўлган токка [бу ток симнинг қизиши билан белгиланади (1-3- жадвал)] мос келиш келмаслиги текшириб кўрилиши керак.

Симларда йўқотиладиган кучланишни токка кўпайтурсак линияда йўқотиладиган қувватни топамиз:

$$\Delta P = I \Delta U = I^2 r.$$

Линиянинг фойдали иш коэффициенти қуйидагича:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Delta P}{P_1} = 1 - \frac{\Delta U}{U_1}.$$

Шундай қилиб, нагрузка (ток) ортиши билан фойдали иш коэффициенти камай борар экан.

Кучланишнинг йўл қўйиладиган йўқотилиши 2—5% бўлганда фойдали иш коэффициенти 98—95% бўлади.

1-12- мисол. Учида нагрузка — номинал токнинг кучи $I=45$ а га тенг двигатели бўлган ва узунлиги $l=70$ м бўлган линия учун симларнинг кўндаланг кесимини танланг. Кучланиш 110 в. Кучланишнинг рухсат этилган йўқотилиши 5%. Симлар мисдан ясалган ва $\gamma=57$ м/ом. мм².

Симларнинг кўндаланг кесимини (1-43) формуладан аниқлаймиз:

$$S = \frac{2Il}{\gamma \Delta U} = \frac{2 \cdot 45 \cdot 70}{57 \cdot 110 \cdot 0,05} \approx 20 \text{ мм}^2.$$

Энг яқин $S'=25$ мм² стандар т кўндаланг кесимни танлаб оламиз.

Симларнинг танлаб олинган кўндаланг кесимини йўл қўйиладиган қизиш орқали текширайлик (1-12- §). 1-3- жадвалга биноан $S'=25$ мм² кўндаланг кесимга йўл қўйиладиган ток 125 амперга тенг, шунинг учун берилган 45 а ток йўл қўйса бўладиган токдир.

1-16. ТОК МАНБАИ ИШИНING ИККИ РЕЖИМИ

Иккита ток манбаига эга бўлган (1-11- расм) занжирдаги токни устма-уст қўйиш усулидан фойдаланиб аниқлаш мумкин. Бу ҳолда занжирнинг ҳар бир участкасидаги ток занжирнинг қаршилиги ўзгармаганда бир-биридан мустақил равишда ишловчи манбаларнинг ҳар бири ҳосил қилган токларнинг алгебраик йиғиндиси сифатида аниқланади.

Занжирда битта биринчи манба мавжуд бўлганда занжирдаги ток қуйидагича бўлади:

$$I_1 = \frac{E_1}{r_{01} + r_{02} + r}.$$

Бу токнинг йўналиши E_1 электр юритувчи куч йўналиши билан бир хил бўлади.

Занжирда битта иккинчи манба мавжуд бўлганда эса занжирдаги ток қуйидагича:

$$I_2 = \frac{E_2}{r_{01} + r_{02} + r}.$$

Бу токнинг йўналиши E_2 электр юритувчи кучнинг йўналиши билан бир хил бўлади.

Занжирда бир вақтда иккита манба ишлосин ва уларнинг электр юритувчи кучлари бир хил йўналган бўлса, занжирдаги ҳақиқий ток:

$$I = I_1 + I_2 = \frac{E_1 + E_2}{r_{01} + r_{02} + r}. \quad (1-43)$$

Агар манбаларнинг электр юритувчи кучлари қарама-қарши йўналган бўлса, у ҳолда занжирдаги ток қуйидагича:

$$I = I_1 - I_2 = \frac{E_1 - E_2}{r_{01} + r_{02} + r}. \quad (1-44)$$

Манбаларнинг электр юритувчи кучлари қарама-қарши йўналган бўлса, $E_1 \neq E_2$ бўлгандагина занжирда ток мавжуд бўлади.

Фараз қилайлик, $E_1 > E_2$ бўлсин, у ҳолда катта электр юритувчи куч E_1 қаёққа йўналган бўлса, занжирдаги ток ҳам ўша томонга, яъни E_2 га қарама-қарши йўналган бўлади (1-11-расм). Токка қарама-қарши йўналган электр юритувчи куч рўпара ёки қарши электр юритувчи куч дейилади.

(1-45) формулага қуйидагича кўриниш бериш мумкин:

$$E_1 - E_2 = Ir_{01} + Ir_{02} + Ir, \quad (1-46)$$

бундан биринчи манбанинг электр юритувчи кучи

$$E_1 = E_2 + Ir_{01} + Ir_{02} + Ir.$$

Биринчи манбанинг қисқичларидаги U_{AB} кучланиш

$$U_1 = E_1 - Ir_{01} = E_2 + Ir_{02} + Ir, \quad (1-47)$$

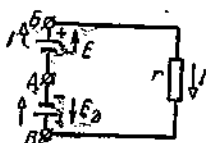
иккинчи манбанинг қисқичларидаги U_{AB} кучланиш эса

$$U_2 = E_2 - Ir_{02}.$$

(1-47) тенгламанинг барча қисмларини I токка кўпайтирсак, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$U_1 I = EI - I^2 r_{01} = E_2 I + I^2 r_{02} + I^2 r. \quad (1-48)$$

Сўнгги тенглама текширилади занжирдаги энергиянинг бир секундлик балансини беради. Биринчи манбанинг қуввати $E_1 I$ дан шу манбада иссиқликка айланувчи $I^2 r_{01}$ қувватни айириб ташласак, биринчи манба ўзига нисбатан ташқи занжирга берадиган $U_1 I$ қувватни топамиз. Бу қувват r қаршилиқ ва иккинчи манбада сарфланади. Биринчи манбада олинadиган $I^2 r$ қувват r қаршилиқда иссиқликка айланади. $I^2 r_{02}$ қувват иккинчи манбада иссиқликка айланади ва унда йўқотиладиган иссиқликдан иборат бўлади. Ниҳоят, иккинчи манба биринчи манбадан оладиган $E_2 I$ қувват шу иккинчи манба:



1-11- расм. Иккита ток манбага эга бўлган занжирдаги электр юритувчи куч ва тоқлар ($E_1 > E_2$ бўлганда).

нинг тузилишига қараб (аккумулятор бўлса, у зарядланади, ўзгармас ток машинаси бўлса, у электродвигатель бўлиб ишлайди) унда ё кимёвий ёки механик энергияга айланади.

Шундай қилиб, ток манбалари ё электр энергиянинг генератори режимида ёки истеъмолчиси режимида ишлаши мумкин экан.

Агар манба генератор режимида ишласа, у ҳолда унинг кучланиши электр юритувчи кучдан кичик ($U < E$) бўлади, токнинг йўналиши эса электр юритувчи куч йўналиши билан бир хил бўлади.

Агар манба истеъмолчи режимида ишласа, у ҳолда унинг кучланиши электр юритувчи кучдан каттароқ ($U > E$) бўлади, ток билан электр юритувчи куч эса бир-бирига қарама-қарши йўналган бўлади.

1-17. КИРХГОФНИНГ ИККИНЧИ ҚОИДАСИ

1-12-расмда тасвирланган электр занжири генератор режимида ишловчи иккита манба ҳамда учта қаршилиқдан ташкил топган. r_1 ва r_2 қаршилиқларни манбаларнинг ички қаршилиқлари ҳамда занжир мос участкаларининг қаршилиқлари деб қараш мумкин.

Занжирнинг B ва D тугунлари орасидаги кучланишни (1-13) формуладан аниқлаш мумкин:

$$U_{BD} = E_1 - I_1 r_1 = E_2 - I_2 r_2,$$

бундан

$$E_1 - E_2 = I_1 r_1 - I_2 r_2 \quad (1-49)$$

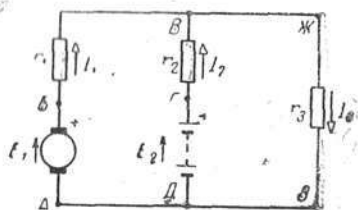
ёки умумий кўринишда

$$\sum E = \sum I r. \quad (1-50)$$

Сўнги тенглама Кирхгофнинг иккинчи қоидаси номи билан машҳур: электр занжири ёпиқ контурининг барча электр юритувчи кучлари E нинг алгебраик йиғиндиси занжирнинг ўша контуридаги қаршилиқларда юзага келган барча кучланишлар тушувлари ($I r$) нинг алгебраик йиғиндисига тенг.

Кирхгофнинг иккинчи қоидасига биноан тенгламалар тузилаётганда агар электр юритувчи кучнинг йўналиши контурни айланиб чиқини учун ихтиёрӣ танлаб олинган йўналиш билан устма-уст тушса, у ҳолда электр юритувчи куч «+» ишора билан олинади.

Борди-ю, электр юритувчи куч контурни айланиб чиқиш йўналишига қарама-қарши йўналган бўлса, унга «-» ишора қўйилади.



1-12- расм. Иккита ток манбаига эга бўлган мураккаб занжирнинг схемаси.

Агар қаршиликдан ўтаётган токнинг йўналиши контурни айланиб чиқиш йўналиши билан устма-уст тушса, у ҳолда I_r кучланиш тушуви «+» ишора билан олинади. Агар токнинг йўналиши контурни айланиб чиқиш йўналишига қарама-қарши бўлса, у ҳолда кучланиш тушувига «—» ишора қўйилади.

1-18. МУРАККАБ ЭЛЕКТР ЗАНЖИРЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ

Мураккаб занжирларни ҳисоблашнинг жуда кўп усуллари мавжуд. Улардан бири — устма-уст қўйиш усули билан биз 1-16-§ да танишдик. Иккинчи усул — тугун ва контурлар учун ёзилладиган тенгламалар усули — Кирхгофнинг биринчи ва иккинчи қондаларига асосланган.

Мураккаб электр занжирини ҳисоблаш учун занжирнинг схемаси, манба электр юритувчи кучнинг катталиги ва қутби, шунингдек занжир барча участкаларининг қаршиликлари берилган бўлади. Ҳисоблаш натижасида занжирнинг барча участкаларидаги тоқларнинг катталиги ва йўналишлари аниқланиши лозим.

Кирхгоф қондасига асосан тенгламалар тузиш учун берилган катталиклардан ташқари, занжирнинг барча участкаларидаги тоқларнинг йўналишини билмоқ керак. Тоқларнинг йўналишларини ихтиёрий танлаб олиш мумкин; бу йўналишлар занжирнинг айрим участкаларида стрелкалар билан тасвирланади. Агар тенгламаларни ечгандан кейин бирорта ток манфий қийматга эга эканлигини топилса, танлаб олинган йўналиш токнинг ҳақиқий йўналишига тескари эканлигини аниқлатади.

Тузилган тенгламалар сони номаълум тоқлар сонига тенг бўлиши керак. Тугун учун тузилган тенгламалар сони берилган занжирдаги тугунлар сонидан биттага кам бўлиши лозим. Контур учун тенгламалар тузганда шундай энг содда контурларни танлаб олиш керакки, бу контурларнинг ҳар бирида илгари тузилган тенгламаларга кирмаган камида битта занжир участкаси бўлсин.

1-13- мисол. Агар $E_1 = 123$ в; $E_2 = 115$ в; $r_1 = 0,15$ ом; $r_2 = 0,5$ ом; $r_3 = 12$ ом бўлса (1-12- расм), I_1 , I_2 ва I_3 тоқлар топилсин.

Занжирнинг ҳамма участкаларида тоқлар учун ихтиёрий йўналишлар танлаб оламиз. Бу йўналишлар 1-12- расмда кўрсатилган.

Учта тенглама тузамиз. Улардан бирини Кирхгофнинг биринчи қондасига асосан, иккитасини эса Кирхгофнинг иккинчи қондасига асосан тузамиз.

Биринчи тенгламани B нуқта учун тузамиз:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0. \quad (1-51)$$

Иккинчи тенгламани $A B B Ж З Д А$ контур учун тузамиз:

$$E_1 = I_1 r_1 + I_3 r_3. \quad (1-52)$$

Учинчи тенгламани $Д Г В Ж З Д$ контур учун тузамиз:

$$E_2 = I_2 r_2 + I_3 r_3. \quad (1-53)$$

Сўнгги икки тенгламага сон қийматлар қўйсак, қуйидагиларни ҳосил қиламиз:

$$123 = 0,15 I_1 + 12 I_3; \quad (1-54)$$

$$115 = 0,5 I_2 + 12 I_3. \quad (1-55)$$

Сўнгги тенгламага $I_2 = I_3 - I_1$ тоқми қўйсак:

$$115 = 0,5 I_3 - 0,5 I_1 + 12 I_3 = -0,5 I_1 + 12,5 I_3. \quad (1-56)$$

(1-55) тенгламани 0,3 га қўпайтириб ва (1-54) тенгламага қўшиб, қуйдагини тоғамиз:

$$\begin{array}{r} 34,5 = -0,15 I_1 + 3,15 I_3 \\ 123,0 = 0,15 I_1 + 12,0 I_3 \\ \hline 157,5 = 15,75 I_3 \end{array} \quad (1-57)$$

Бундан

$$I_3 = \frac{157,5}{15,75} = 10 \text{ а.}$$

Ж ва З нуқталар орасидаги кучланиш:

$$U_{ЖЗ} = I_3 r_3 = 10 \cdot 12 = 120 \text{ в;}$$

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{ЖЗ}}{r_1} = \frac{123 - 120}{0,15} = 20 \text{ а;}$$

$$I_2 = \frac{E_2 - U_{ЖЗ}}{r_2} = \frac{115 - 120}{0,5} = -10 \text{ а.}$$

I_1 ток олдидаги манфий ишора бу токнинг ҳақиқий йўналиши 1-12-расмда кўрсатилган йўналишига тесқари эканлигини, демак, E манба истеъмолчи режимида ишлаётганлигини кўрсатади.

Мураккаб занжирларни ҳисоблашнинг учинчи усули — тугун кучланиши усулидир. Бу усул икки тугунли занжирларни ҳисоблашда ишлатилади (1-13-расм). Шоҳобчалардаги тоқларнинг мусбат йўналиши деб A тугундан B тугунга қараб йўналишини оламиз. Тугун кучланиши деб аталувчи B ва A тугунлар орасидаги кучланиш қуйидаги потенциаллар айирмасига тенг:

$$U = \varphi_B - \varphi_A.$$

Ом қонунига мувофиқ биринчи шоҳобчадаги ток

$$I_1 = \frac{E_1 - U}{r_1} (E_1 - U) g_1, \quad (1-58)$$

бунда r_1 ва g_1 — биринчи шоҳобчанинг генераторини ҳам ҳисобга олгандаги қаршилиги билан ўтказувчанлиги.

Иккинчи шоҳобчадаги ток:

$$I_2 = \frac{E_2 - U}{r_2} = (E_2 - U) g_2.$$

Учинчи шоҳобчадаги ток:

$$I_3 = (0 - U) g_3 = -U g_3.$$

Кирхгофнинг биринчи қондасига асосан B нуқта учун қуйидагини ёзиш мумкин:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0.$$

Кейинги тенгламага шохобчадаги тоklarнинг ифодасини қўйсак, қуйидагини топамиз:

$$(E_1 - U) g_1 + (E_2 - U) g_2 + (-U) g_3 = 0.$$

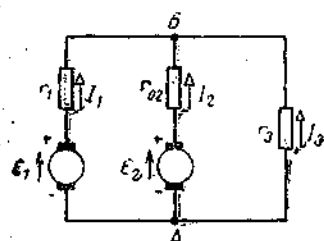
Қавсларни очиб тугун кучланишини топамиз:

$$U = \frac{E_1 g_1 + E_2 g_2}{g_1 + g_2 + g_3}$$

ёки умумий кўринишда

$$U = \frac{\sum E g}{\sum g}. \quad (1-59)$$

Шундай қилиб, тугун кучланиши электр юритувчи куч билан тегишли шохобчалар ўтказувчанлиги кўпайтмасининг алгебраик йиғиндисини барча шохобчалар ўтказувчанликларининг йиғиндисига нисбатига тенг экан.



1-13- расм. Икки тугунли занжир.

Агар электр юритувчи кучлардан бири B тугундан A тугунга йўналган бўлса, у вақтда бу э.ю.к. (1-58) ва (1-59) формулаларга минус ишора билан қўйилади.

Тугун кучланишни (1-59) формулага асосан топишда, шохобчалардаги тоklar-ни ҳам топишимиз мумкин, чунки

$$I_1 = (E_1 - U) g_1$$

ҳамда

$$I_2 = (E_2 - U) g_2.$$

Биз ўрта шохобчали занжирни текширдик, худди шунга ўхшаш йўл билан шохобчалари сони ихтиёрый бўлган занжирларни ҳам ҳисоблаш мумкин.

1-14- мисол. Икки тугунли занжир (1-13- расм) учун қуйидагилар берилган: $E_1 = 225$ в; $E_2 = 226$ в; $r_{01} = r_{02} = 0,50$ м; $r_3 = 10$ ом. Занжир участкаларидаги тоklarни топиш.

Тугун кучланишни ҳисоблайлик.

$$U = \frac{E_1 g_1 + E_2 g_2}{g_1 + g_2 + g_3} = \frac{225 \cdot 2 + 226 \cdot 2}{2 + 2 + 0,1} = 220 \text{ в.}$$

Занжирнинг участкаларидаги тоklar:

$$I_1 = (E_1 - U) g_1 = (225 - 220) \cdot 2 = 10 \text{ а;}$$

$$I_2 = (E_2 - U) g_2 = (226 - 220) \cdot 2 = 12 \text{ а;}$$

$$I_3 = -U g_3 = -220 \cdot 0,1 = -22 \text{ а.}$$

Ечимларининг тўғрилигини текширайлик:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 10 + 12 - 22 = 0.$$

Демак, масала тўғри ечилган.

Ток кучлари турлича бўлганда ҳам ёки қисқичлардаги кучланишлар турлича бўлганда ҳам қаршилиги ўзгармай қоладиган электр занжир чизиқли занжир дейилади. Шу вақтгача биз ана шундай занжирларни текширдик.

Камида бирорта участкасининг (элементининг) қаршилиги ток кучига ёки кучланишга боғлиқ бўлган занжир чизиқлимас занжир дейилади. Чизиқлимас занжирларга чўғланма лампочкалар, электрон лампалар ва ҳозирги замон техникасида кенг қўлланаётган турли чала ўтказгич ва бошқа асбоблар мисол бўла олади.

Чизиқлимас занжирнинг қаршилиги (ўтказувчанлиги) доимий бўлмаганлигидан, бундай занжирдаги ток унинг қисқичларидаги кучланишга пропорционал эмаслиги равишан, демак, бу занжирни ҳисоблашга Ом қонунини татбиқ этиб бўлмайди.

Чизиқлимас занжирлар одатда график усуллар билан ҳисобланади; бунда вольт-ампер характеристикалардан — ток кучининг занжирдаги кучланишга боғлиқлиги $I = f(U)$ графигидан фойдаланилади.

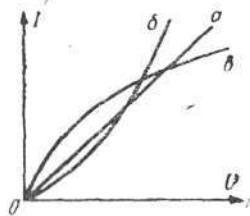
Ток кучи билан кучланиш орасидаги боғланиш $I = f(U)$ дан иборат бўлган *oa* тўғри чизиқ (1-14- расм) чизиқли занжирнинг вольт-ампер характеристикасидир, чунки токнинг (кучланишнинг) исталган қиймати учун занжирнинг ўтказувчанлигидан иборат I/U нисбат ўзгармас бўлади.

об ва *ов* эгри чизиқлар занжир чизиқлимас участкаларининг вольт-ампер характеристикаларидир.

Иккита кетма-кет уланган чизиқлимас элементли занжирни (1-15- расм) ҳисоблаш учун битта координаталар ўқида занжир ҳар бир элементининг $I_1 = f_1(U_1)$ ва $I_2 = f_2(U_2)$ вольт-ампер характеристикаларини чизамиз.

Кетма-кет улашда занжирнинг қисқичларидаги кучланиш унинг алоҳида участкаларидаги кучланишларнинг йигиндисига тенг бўлганлигидан токнинг айни бир қийматига мос келувчи U_1 ва U_2 кучланишларни бир-бирига қўшиб, занжирнинг $I = f(U)$ вольт-ампер характеристикаси нуқталарини топамиз (1-16- расм), масалан, токнинг ихтиёрий I' қийматига мос келувчи A' нуқта $A'_0A'_1$ ва $A'_0A'_2$ абсциссаларни қўшиш натижасида ҳосил қилинган.

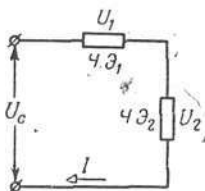
Агар берилган кучланишда занжирдаги токни топиш зарур бўлса, y вақтда абсциссалар ўқида тармоқнинг $U_c (O_1, O')$ кучланишини қўйиб ва занжирнинг $I = f(U)$ вольт-ампер характеристикаси билан кесишгунча перпендикуляр ўтказиб, A нуқтани топамиз. Ана шу нуқтанинг ординатаси занжирдаги берилган кучланишга мос I токни кўрсатади. A нуқтадан абсциссалар ўқида параллел чизиқ ўтка-



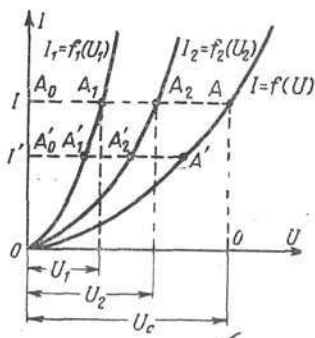
1-14- расм. Вольт-ампер характеристикаларг.

виб, занжирнинг мос участкаларидаги U_1 ва U_2 кучланишларни ифодаловчи A_0A_1 ва A_0A_2 кесмаларни топамиз.

Иккита чизиқлимас элемент параллел уланганда (1-17-расм), тармоқнинг кучланиши U_c га мос келувчи ҳар бир элементдаги токни уларнинг вольт-ампер характеристикаларидан (1-18-расм) топиш мумкин. Параллел шохобчаларда кучланиш бир хил бўлганидан, $U_c(O, O')$ кучланишни мос ўқдан ажратиб, I_1 ва I_2 токларни (OA_1 ва OA_2 кесмаларни) топамиз.

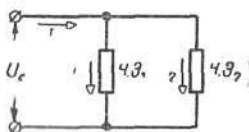


1-15-расм. Иккита чизиқлимас элементли кетма-кет занжир.

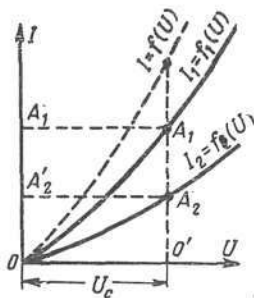


1-16-расм. Вольт-ампер характеристикалари (кетма-кет занжир).

Агар I_1 ва I_2 токларни берилган умумий I ток бўйича топиш талаб этилса, у ҳолда параллел шохобчаларнинг кучланишининг айни бир қийматига мос келувчи вольт-ампер характеристикасининг мос ординаталарини қўшиб, умумий $I = f(U)$ вольт-ампер характеристикани чизиш зарур.



1-17-расм. Иккита чизиқлимас элементли параллел занжир.



1-18-расм. Вольт-ампер характеристикалари (параллел занжир).

1-15-мисол. Занжирнинг қисқичларидаги кучланиш $U_3 = 130$ в бўлса, иккита кетма-кет уланган чизиқлимас элементлардаги ток кучи I ҳамда U_1 ва U_2 кучланишлар топилади.

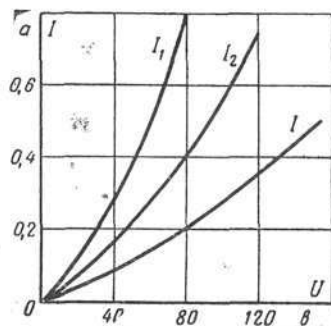
Вольт-ампер характеристикалар 1-4-жадвалдаги маълумотларга асосан чизилади.

I-15- мисолга доир

U	v	0	20	40	60	80	100
I_1	a	0	0,11	0,27	0,5	0,80	—
I_2	a	0	0,07	0,16	0,28	0,40	0,56

Участкаларнинг вольт-ампер характеристикаларини чизиб, ток кучининг бир хил: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 a қийматларига мос келувчи биринчи ва иккинчи участкаларнинг абсциссаларини тоғиб ва уларни ўқ бўйича қўйиб, занжирнинг вольт-ампер характеристикасини чизиш учун нуқталар топамиз (1-19- расм).

Ана шу характеристикадан тармоқнинг кучланиши $U_{зан.} = 130$ в учун занжирдаги ток кучи $I = 0,4$ а эканини топамиз. Бу нуқта орқали абсцисса ўқиға параллел тўғри чизиқ ўтказсак, $U_1 = 52$ в ва $U_2 = 78$ в кучланишларни топамиз.



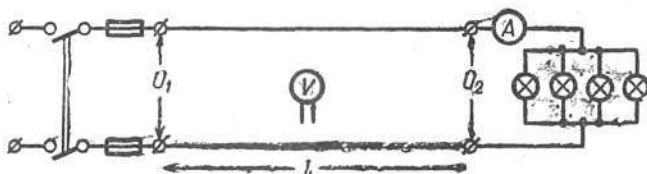
1-19-расм. I-15-мисолга доир.

1-20. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ ЛИНИЯДА КУЧЛАНИШНИНГ ИСРОФЛАНИШИ

Бу лаборатория ишини бажаришдан аввал 1-5- § билан ҳамда 500-бетдаги илованинг мазмунини билан танишиб чиқинг.

Иш плани

1. Асбобларнинг асосий техник маълумотларини ёзиб олинг.
2. Икки симли мис линиядан фойдаланиб, схема тузинг (1-20- расм) ва ун раҳбарингизга кўрсатинг.
3. Нагрузканинг уч-тўрт қийматида амперметр билан вольтметрнинг кўрсатишини ёзиб олинг.
4. Вольтметрларнинг кўрсатишига қараб, исроф бўлган кучланиш ($\Delta U'$) ни топинг.
5. Ўша исроф бўлган кучланишнинг Ом қонунидан фойдаланиб топинг.



1-20- расм. Лаборатория ишига доир: линияда кучланишнинг исроф бўлиши.

Тартиб №	Линиядаги симнинг материали	U_1	U_2	I	I	S	γ	$\Delta U'$	$\Delta U''$	ΔP	η
		в	в	а	м	мм ²	м/см. мм ²	в	в	вт	%

6. Ҳар бир нагрузка учун линияда исроф бўладиган қувват (ΔP) ни ва линиянинг фойдали иш коэффициентини (η) ни ҳисобланг.

7. Пулат симли линия учун ҳам ўша тартибда ўлчаешлар ва ҳисоблар ўтказинг.

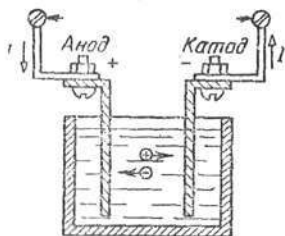
8. Қузатиш ва ҳисоблаш натижаларини 1-5- жадвалга ёзинг.

Иккинчи боб.

ТОКНИНГ ХИМИЯВИЙ ТАЪСИРИ

2-1. ЭЛЕКТРОЛИТЛАРДА ЭЛЕКТР ТОКИ

Ионли ўтказувчанликка эга бўлган иккинчи тур ўтказгичларга кислоталар, тузлар, ишқорларнинг эритмалари, шунингдек баъзи суюлтирилган тузлар кирази. Моддаларнинг қисман ёки тўлиқ ионлардан ташкил топган эритмалари ёки суюлтирилган ҳолатдаги моддалар электролитлар дейилади. Водород ва металл молекулалари мусбат ионлар, электролитлар металлмас қолдиқларининг молекулалари эса манфий ионлар ҳосил қилади.



2-1- расм. Электролитда ток

Электролитга ботирилган иккита электродга манбадан кучланиш берайлик (2-1- расм). Аноддан катодга қараб йўналган электр майдони таъсирида мусбат ионлар майдон бўйлаб катодга қараб, манфий ионлар эса майдонга тескари, яъни анодга қараб ҳаракатланади. Электролитда ионларнинг ана шундай ҳаракати ион тоқдир.

Электролитнинг манфий ионлари анодга урилиб, унга ортикча электронларини беради ва бу электронлар занжир бўйлаб ҳаракатини давом эттиради. Мусбат ионлар катодга бориб, занжир бўйлаб келаётган электронлар билан қўшилади. Электродлардаги бу процесслар натижасида химиявий ўзгаришлар юз беради. Бунда электродларда электролитнинг таркибий қисмлари ажралиб чиқади.

Фарадей қонуниге биноан, катодда ажралиб чиққан модда миқдори G электролит орқали ўтган электр миқдорига пропорционал, яъни:

$$G = cQ = cIt. \quad (2-1)$$

(2-1) формуладаги пропорционаллик коэффициенти c электрохимиявий эквивалент деб аталади; у бир кулон электр миқдори катодда ажратиб чиқарган модданинг миллиграммларда ҳисобланган миқдorigа тенг.

Модданинг электрохимиявий эквиваленти модданинг атом оғирлиги A ни унинг валентлиги n га ва ўзгармас сон 96500 га бўлинганга тенг. Шундай қилиб, электрохимиявий эквивалент қуйдагича бўлади:

$$c = \frac{10^3 A}{96500 n} \approx 0,0104 \frac{A}{n}.$$

Турли моддалар учун электрохимиявий эквивалент турлича қийматга эга, масалан, мис учун 0,329 мг/к, кумуш учун 1,118 мг/к.

Электролит орқали электр ток ўтганда электродларда электролит таркибий қисмларининг ажралиб чиқиш процесси электролиз дейилади.

Электролиз соф металллар, хусусан мис олишда кенг қўлланилади.

Мисни электролиз йўли билан тозалаш (рафинлаш) учун бир оз сульфат кислотаси қўшилган мис купоросидан иборат электролит тўлдирилган ванналарга юпқа мис пластинкалар — катодлар туширилади, электролиз процессида уларга электролитик мис ўрнашиб қолади. Электролитда эрийдиган анод вазифасини аланга усули билан олинган хомакни мис пластинкалар ўтайди.

Гальванопластика асосларини 1804 йилда академик Б. С. Якоби ишлаб чиққан. Гальванопластика рельефли нақшлар, босма-хона клишелари яшаш ва расмлар босиш учун ишлатиладиган металл ёки металлмас буюмларга металл ўтказиш процессидан иборатдир (17-бобга қараңг).

Гальваностегия — металл буюмга уни коррозиядан сақлаш ёки унга чиройли тус бериш учун иккинчи бир металл қатлами қоплаш (хромлаш, никеллаш) дан иборатдир.

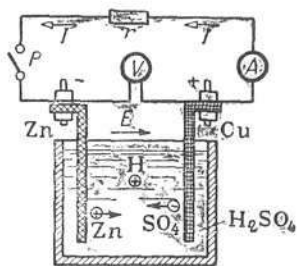
Электрохимиявий силлиқлаш — металлларнинг сиртига ишлов беришнинг прогрессив усулларидан бири. Бу процесс металлдаги дўнгилликларни эритиб юборишдан иборат бўлиб, бунинг натижасида сирт ойнадек силлиқланиб қолади (17-бобга қараңг).

Электрлаштирилган темир йўлларнинг излари ток учун қайтиш сими вазифасини ўтайди. Уларда кучланиш сезиларли тушса, баъзи участкаларда ток тармоқланиб рельслардан ташқари, параллел йўллар орқали, масалан, темир йўл ёқасида ерга ётқизилган қувурлар орқали ўтиши ҳам мумкин.

Ток қувурлардан чиқиб ер орқали рельсларга қайтган жойларни электролитик ваннанинг аноди деб қараш мумкин. Ўша жойларда қувурлар парчаланиб тезда емирилиб кетиши мумкин.

Химиявий энергияни электр энергияга айлантирувчи қайтмас процесслар юз берадиган химиявий ток манбалари (ХТМ) гальваник ёки бирламчи элементлар дейилади.

Вольтнинг энг содда гальваник элементи (2-2-расм) сульфат кислотанинг сувдаги эритмасига туширилган рух ва мис электроддан иборатдир. Бу кислотанинг бир қисм молекулалари сув ёрдамида мусбат ($2H$) ва манфий (SO_4) ионларга ажралади. Рух электрод электролитда химиявий кучлар таъсирида эрийди. Рухнинг мусбат ионлари эритмага ўтади ва манфий (SO_4) ионлар билан бирикиб мис купороси ($ZnSO_4$) нинг нейтрал молекулаларини ҳосил қилади. Водороднинг мусбат ионлари электролитни мусбат зарядлайди. Рух электрод манфий зарядланади. Натижада рух — электролит чегара қатламида потенциаллар фарқи юзага келади ва электролитдан рух электродга қараб йўналган электр майдон ҳосил бўлади. Майдон кучлари рухнинг мусбат ионлари электролитга ўтишига тўсқинлик қилади. Электр майдони кучлари билан химиявий



2-2- расм. Вольта элементи ва уни улаш схемаси.

кучлар орасида мувозанат юзага келгач, рухнинг электролитда эриши тўхтайди. Мусбат ионлар ($2H$) нинг бир қисми электролитда деярли эримайдиган мис электроднинг эркин электронлари ҳисобида нейтраллашади. Бунинг натижасида мис электрод электролитнинг потенциалидан кам фарқ қиладиган мусбат потенциалга эга бўлади.

Элементнинг электр юритувчи кучи (э. ю. к.) мис ва рух электродлар орасидаги потенциаллар фарқи — агар элементга ташқи занжир уланмаган бўлса, электродлар орасидаги кучланишга тенг. Вольта элементининг электр юритувчи кучи 1,1 вольтга тенг. Элементнинг электр юритувчи кучи манфий электроддан (қисқичдан) мусбат электродга қараб йўналган ва ундаги токнинг йўналишига мос келади.

Рубильникни улаб элементнинг қисқичларига ташқи занжирни туташтирамиз (2-2- расм). Электр юритувчи куч таъсирида занжирда ток ҳосил бўлади, бунда занжирнинг ташқи участкасида электронлар манфий қисқичдан мусбат қисқичга қараб ҳаракатланади.

Ток электродларда зарядларни камайтиради, демак, электр майдонини камайтириб электр ва химиявий кучлар орасидаги мувозанатни бузади. Химиявий кучлар таъсирида электролитга рухнинг янги ионлари ўтади. Водород ионлари эса мис электродга яқинлашиб, унинг эркин электронлари билан биришиб, водороднинг нейтрал молекулаларига айланади. Мис электрод ёмон ўтказувчи ва уни электролитдан ажратиб қўювчи водород пуфакчалари қат-

лами билан қопланади. Бу ҳодиса элементнинг қутбланиши дейилади. У элемент электр юритувчи кучининг камайишига ва ички қаршилигининг ортишига олиб келади. Қутбланиш ҳодисасини бартараф қилиш учун деполяризаторлар — осонгина кислород берадиган моддалар, масалан, марганец тўрт оксид ишлатилади. Деполяризаторнинг кислороди водород билан бирикиб, сув ҳосил қилади ва электродни ёмон ўтказувчи водород қатлаmidан тозалайди.

Ҳозирги вақтда электротехника заводларида тайёрланадиган турли хилдаги бирламчи элементлар орасида марганец-рухли элементлар (МРЭ) жуда кенг тарқалган.

Бу элементлар қуруқ ва ичига суюқлик қуйиладиган қилиб тайёрланади.

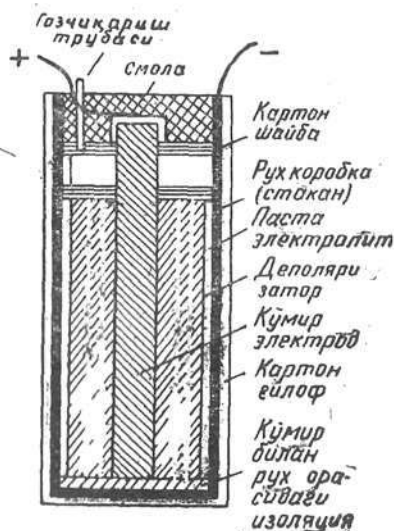
Суюқлик қуйиладиганларига бевосита ишлатиш арафасидагина электролит қуйилиб ишга туширилади. Бу элементлар яна резерв элементлар ҳам деб аталади, чунки улар электролит қуйилмаси узоқ вақт сақланиши мумкин. Марганец-рухли элементлар стаканга ўхшатиб ҳамда галетали қилиб ясалади.

Стаканга ўхшаган марганец-рухли элементлар (2-3- расм) манфий рух электрод бир вақтнинг ўзида цилиндр ёки тўғри бурчакли стакан кўринишига эга бўлган идиш вазифасини ҳам ўтайди.

Мусбат электрод вазифасини стаканнинг марказига жойлаштирилган кўмир стержень ўтайди. Кўмир электрод атрофига деполяризатор (марганец икки оксиди, графит ва қурум аралашмаси) пресслаб жойлаштирилган. Деполяризатор билан рух стакан орасидаги



а)



б)

2-3- расм. Стакан типдаги марганец-рухли элемент.

бўшлиқ электролит билан тўлдирилади, электролит хлорли аммоний (новшадил) нинг сувдаги эритмасига баъзи бир тузлар ва қуюқлан-тирувчи — ун қўшиб тайёрланади.

МРЭ нинг электр юритувчи кучи тахминан 1,5 вольтга тенг. Элементни ишлатган вақтда йўл қўйиладиган энг катта ток элементнинг номинал разряд токи дейилади. Элементдан бутун иши давомида олиниши мумкин бўлган электр миқдори элемент-нинг сифими дейилади. Сифим ампер-соатларда ўлчанади.

$$1 \text{ а} \cdot \text{с} = 3600 \text{ а} \cdot \text{сек} = 3600 \text{ к}.$$

Марганец-рухли элементларнинг оғирлиги бир неча граммдан 1 килограммгача ва ундан ҳам кўпроқ бўлиши мумкин. Алоҳида эле-ментлардан кучланиши 160 вольтларгача етадиган батареялар йиғи-лади. Улар чўнтак фонарларида, эшитиш аппаратларида, радиотех-никада, алоқа аппаратларида ва ҳоказоларда ишлатилади.

2-3. АККУМУЛЯТОРЛАР (ИККИЛАМЧИ ЭЛЕМЕНТЛАР)

Зарядсизлангандан кейин иш қобилиятини зарядлаш йўли билан, яъни зарядсизланаётганда ўтган токка тескари йўналишда ток ўтка-зиш йўли билан қайтадан тикласа бўладиган химиявий ток манба-лари (ХТМ) аккумулятор ёки иккиламчи элементлар дейилади.

Аккумулятор зарядсизланганда химиявий энергия электр энер-гияга, зарядланиш вақтида эса, аксинча, электр энергия химиявий энергияга айланади.

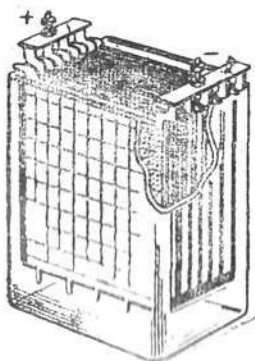
ХТМ ларнинг тузилиши турлича бўлиши мумкин, бироқ, асосан аккумуляторлар ҳам гальваник элементлар каби бир-биридан элект-ролит қатлами — иккинчи жинс ўтказгичлар билан ажратилган ик-кита электроддан — биринчи жинс ўтказгичдан тузилган бўлади.

Ҳозирги вақтда қўрғошинли ёки кислотали, кадмий-никелли, темир-никелли ёки ишқорли аккумуляторлар жуда кенг тарқалган.

а) Қўрғошинли (кислотали) аккумуляторлар

Қўрғошинли аккумулятор электролитли идишга туширилган қўрғошин пластинкалар-нинг икки блокдан иборат (2-4-расм). Бир блок ўзаро қўрғошин тасма ёрдамида кав-шарланган мусбат пластинкалардан ҳосил бў-лади. Иккинчи блок эса биринчи блок пласт-тинкалари орасига жойлашган манфий пласт-тинкалардан ташкил топади.

Мусбат пластинкалар металл қўрғошин-дан ясалган бўлиб, бу пластинкаларнинг элект-ролитга тегадиган сиртини орттириш маъса-дида уларни қиррали қилиб ясалади (2-5-расм).



2-4-расм. Қўрғошинли аккумулятор.

Манфий пластинкалар ичига актив масса пресслаб киритилган қўрғошин қолиплардан иборат. Пластинкалар тайёрлангандан кейин уларга махсус электролитик ишлов берилади — ф о р м и р о в к а к и л и н а д и.

Электролит вазифасини сульфат кислотанинг $[H_2SO_4]$ сувдаги 25 — 35% ли эритмаси ўтайди.

Зарядланган аккумуляторда мусбат пластинка — аноднинг актив массаси қўрғошин пероксидидан $[PbO_2]$ манфий пластинканинг — к а т о д н и н г актив массаси эса ғ о в а к қўрғошин (Pb) дан и б о р а т бўлади.

Зарядланган аккумуляторни истеъмолчига уласак, у ток манбаи бўлиб хизмат қилади; аккумуляторнинг бундай иш режими з а р я д с и з л а н и ш деб аталади.

Зарядсизланиш вақтида электродларнинг қўрғошин пероксиди билан металл қўрғошин сув ажратиб чиқариб, қўрғошиннинг сульфат кислотали ($PbSO_4$) бирикмасига айланади.

Бу ҳодиса электролитнинг концентрациясини, унинг ўтказувчанлигини ва аккумуляторнинг электр юритувчи кучини камайтиради

Зарядланган вақтда реакция тескари тартибда боради.

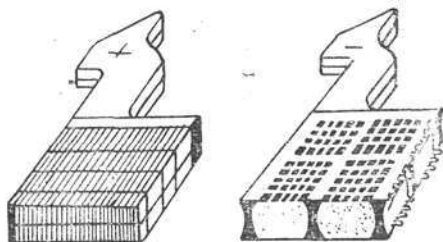
Зарядланган аккумуляторнинг электр юритувчи кучи 2,2 в.

Зарядсизланиш вақтида аккумуляторнинг қисқичларидаги кучланиш аввал 2,2 вольтдан 2 вольтгача жуда тез, кейин эса 1,8 вольтгача секин тушади. Кучланиш бундан кейин ҳам туша бошласа, аккумуляторни бузиб қўймаслик учун зарядсизланишни тўхтатиш л о з и м.

Зарядланиш вақтида аккумулятор орқали зарядсизланиш вақтидаги токнинг йўналишига тескари йўналишда ток ўтиши керак, шунинг учун аккумуляторни зарядлайдиган манбанинг мусбат қисқичи (плюс) аккумуляторнинг плюсига, аккумуляторнинг минуси эса манбанинг катодига уланиши зарур. Зарядлаш вақтида аккумулятордаги кучланиш дастлаб тезда 2,2 вольтгача, кейин эса аста-секин 2,3 вольтгача кўтарилади. Зарядлаш процесси тугагандан кейин, водород ажралиб чиқа бошлайди; бу водород пуфакчалар ҳолида электролит сиртига кўтарилади (аккумулятор қайнайди). Бу вақтда кучланиш 2,6 ва 2,7 вольтгача етади, ана шундан кейин аккумуляторни узиб, зарядланиш процессини тўхтатиш керак.

Зарядланган аккумулятордан олиниши мумкин бўлган электр миқдори Q унинг сифими дейилади ва ампер-соатларда ўлчанади.

Зарядсизланиш вақтида аккумулятор берган электр миқдорининг



2-5- расм. Қўрғошинли аккумуляторнинг пластинкалари.

зарядлаш вақтида олган электр миқдорига нисбати қайтариш коэффициенти дейилади:

$$\eta_0 = \frac{Q_{3-сиз}}{Q_3}; \quad (2-2)$$

қўрғошин аккумуляторнинг қайтариш коэффициенти 0,9—0,95.

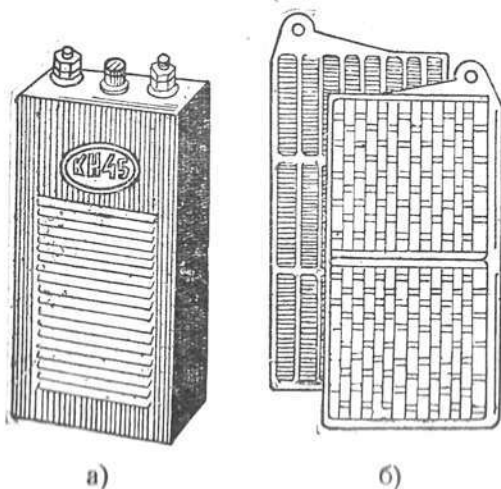
Аккумулятор зарядсизланган вақтда ундан олинган $W_{3-сиз}$ энергиянинг зарядлаш вақтида сарфланган W_3 энергияга нисбати фойдали иш коэффициенти дейилади:

$$\eta = \frac{W_{3-сиз}}{W_3}; \quad (2-3)$$

қўрғошинли аккумуляторнинг фойдали иш коэффициенти 0,75 — 0,8.

Аккумулятордан нотўғри фойдаланиш унинг сиғими камайиб кетиши ёки ишдан чиқишига олиб келади. Аккумулятор тоза бўлиши, уни оксидланишдан сақлаш учун қисқичларини техник вазелиннинг юпқа қатлами билан қоплаб қўйиш зарур. Декадада камида 1 марта электролитнинг сатҳини ва аккумуляторнинг зарядланганлигини текшириб туриш керак. Зарядланмаган аккумуляторни сақлаш мумкин бўлмаганидан аккумуляторни вақт-вақти билан зарядлаб туриш лозим.

Аккумуляторни зарядлаш вақтида нотўғри улаш, етарли даражада зарядламаслик, зарядланмаган аккумуляторни сақлаш, электролит сатҳининг пасайиб кетиши ва унинг зичлиги ортиқча бўлиши аккумуляторларнинг сульфатацияланишига, яъни қўрғошиннинг майда кристаллик сульфидининг аккумулятор ишида иштирок этмайдиган эримас химиявий бирикмаларга айланишига, натижада аккумуляторнинг бузилишига олиб келади.



2-6- расм. Ишқорли аккумулятор:
а) умумий кўриниши; б) пластинкалар.

б) Ишқорли аккумуляторлар

Ишқорли аккумуляторлар электролит билан тўлдирилган берк пўлат идишга туширилган пластинкаларнинг иккита блокidan иборат (2-6-расм).

Ишқорли аккумуляторнинг электродлари пўлат рамкалардан иборат бўлиб, уларга тешик-тешик пўлат тасмадан ясалган ясси тўртбурчак қутичалар жойлаштирилган. Бу қутичалар актив масса билан тўлдирилган. Кадмий-никелли элементда мусбат пластинкалардаги актив масса никель оксидининг гидрати (Ni(OH)_2) дан, манфий пластинкалардагиси эса ғовак кадмийдан иборат бўлади. Темир-никелли элементдаги мусбат пластинкаларнинг актив массаси ҳам никель оксидининг гидратидан, манфий пластинкаларники эса ғовак темирдан иборат бўлади.

Электролит вазифасини ўювчи калий (KOH) ёки ўювчи натрий (NaOH) нинг сувдаги 21% ли эритмаси ўтайди.

Зарядсизланиш вақтида никель оксидининг гидрати никель закиси гидратига, ғовак темир (кадмий) эса — темир (кадмий) гидратига айланади. Зарядлаш вақтида реакция тескари йўналишда боради. Зарядланган аккумуляторнинг электр юритувчи кучи 1,4 в.

Зарядсизланиш вақтида кучланиш дастлаб тезда 1,4 в дан 1,3 в гача, кейин эса секин 3,15 в гача тушади; ана шу кучланишда аккумуляторнинг зарядсизланишини тўхтатмоқ зарур. Зарядлаш вақтида кучланиш 1,15 в дан тезда 1,75 в гача кўтарилиб, сўнг бир оз пасаяди, кейин эса аста-секин яна 1,85 в гача кўтарилади.

Ишқорли аккумуляторларнинг ички қаршилиги кислотали аккумуляторларнинг қаршилигидан каттароқ, шунинг учун бир томондан уларнинг фойдали иш коэффициенти паст — 0,5 — 0,6, иккинчи томондан қисқа туташувларга сезгирлиги камроқ.

Ишқорли аккумуляторлар қўрғошинли аккумуляторларга қараганда механик пухта ва енгилроқ ҳамда ортиқча қаровни талаб этмайди.

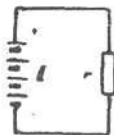
2-4. ТОК МАНБАЛАРИНИ УЛАШ

Агар истеъмолчининг номинал кучланиши билан токи ток манбаининг мос катталикларидан катта бўлса, у ҳолда ток манбаларини биргаликда ишлатиш мақсадида кетма-кет, параллел ёки группа қилиб улаб элементлар батареяси ҳосил қилинади.

Агар истеъмолчининг кучланиши U алоҳида элементнинг E_0 э. ю. к. идан катта бўлиб, унинг номинал токи эса элементнинг зарядсизланиш токидан ортиб кетмаса, элементлар кетма-кет (2-7- расм) уланади.

Кетма-кет уланадиган элементлар сони n қуйидаги нисбат билан белгиланади:

$$n \geq \frac{U}{E_0}$$



2-7- расм. Ток манбаларини кетма-кет улаш.

Элементларнинг э.ю.к. и ва бу э.ю.к. ларнинг йўналишлари бир хил бўлиши керак; бу эса биринчи элементнинг манфий қисқичи-ни иккинчи элементнинг мусбат қисқичига ва ҳоказо улашга имкон беради.

Бу ҳолда батареянинг э.ю.к. и

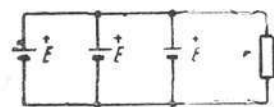
$$E = nE_0 \quad (2-4)$$

га, ички қаршилиги

$$r = nr_0 \quad (2-5)$$

га, зарядсизланиш токи эса битта элементнинг зарядсизланиш то-кига тенг бўлади.

Агар истеъмолчининг токи I элементнинг зарядсизланиш токи $I_{3\text{—сиз}}$ дан катта, истеъмолчининг кучланиши эса элементнинг кучла-нишига тенг бўлса, у ҳолда элементлар-ни параллел улаш усулидан фойда-ланилади (2-8- расм). Параллел улашда эле-ментларнинг мусбат қисқичлари бир ту-гунга, манфий қисқичлари эса иккинчи тугунга уланади.



2-8- расм. Ток манбаларини параллел улаш.

Уланадиган элементларнинг э.ю.к. и ва ички қаршиликлари бир хил бўлиши лозим.

Параллел уланадиган элементлар сони m қуйидаги муносабат-дан аниқланади:

$$m \geq \frac{I}{I_{3\text{—сиз}}} \sim$$

Элементларни бундай улашда батареянинг э.ю.к. и битта эле-ментнинг э. ю. кига, яъни

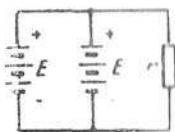
$$E = E_0, \quad (2-6)$$

ички қаршилиги

$$r = \frac{r_0}{m} \quad (2-7)$$

га, батареянинг зарядсизланиш токи ҳар бир элементнинг зарядсиз-ланиш токининг элементлар сонига кўпайтмасига тенг, яъни:

$$I = I_{3\text{—сиз}} m. \quad (2-8)$$



2-9- расм. Ток манбаларини группалаб улаш.

Группалаб улаш — ҳам кетма-кет, ҳам параллел улашдир (2-9- расм). Бу усул истеъмол-чининг токи билан кучланиши элементнинг куч-ланиши билан зарядсизланиш токидан катта бўл-ган ҳолларда қўлланилади. Группадagi кетма-кет уланган элементлар сонининг ва параллел группа-лар сони m юқорида кўрилган формулалар ёрдами-да аниқланади.

2-1-м исол. Қуввати 1,75 кВт ва кучланиши 110 в бўлган авария ёриткичини таъминлаш учун нечта аккумулятор зарурлигини ва уларни улаш усулини аниқланг. Аккумуляторнинг электр юритувчи кучи $E = 2\text{ в}$, зарядсизланиш токи эса $I_{\text{з-сиз}} = 6\text{ а}$.

Истеъмолчининг токи

$$I = \frac{P}{U} = \frac{31750}{110} \approx 16\text{ а.}$$

Истеъмолчининг кучланиши билан токи элементнинг кучланиши билан зарядсизланиш токидан катта бўлганлиги учун группалаб улаш усулини қўллаймиз.

Бир группадаги кетма-кет уланган элементлар сони

$$n \geq \frac{U}{E_0} = \frac{110}{2} = 55;$$

параллел группалар сони эса

$$m \geq \frac{I}{I_p} = \frac{16}{6} = 2,5.$$

$m = 3$ ни танлаб оламиз.

Аккумуляторларнинг умумий сони $nm = 55 \cdot 3 = 165$.

Учинчи боб

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

3-1. МАГНИТ ИНДУКЦИЯСИ. МАГНИТ ОҚИМИ

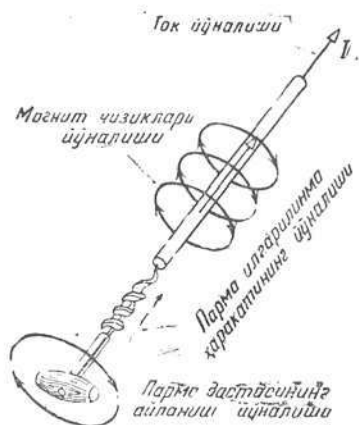
Магнит майдони ҳам электр майдон каби, электромагнит майдонининг бир қисми ва материянинг бир туридир. Магнит майдон, масалан электр зарядлар ҳаракатланган вақтда, хусусан, токли симлар атрофида юзага келади. Магнит майдони магнит майдон энергияси деб аталувчи энергияга эга бўлиб, бу энергия турлича, масалан, токли симнинг унинг магнит майдони турган иккинчи токли симга таъсири орқали ёки токли сим магнит майдонининг магнит стрелкасига таъсири орқали намоён бўлади.

Магнит майдони таъсирида маълум вазиятни эгаллаган магнит стрелкасининг шимол қутби кўрсатадиган йўналиш магнит майдонининг йўналиши деб олинади.

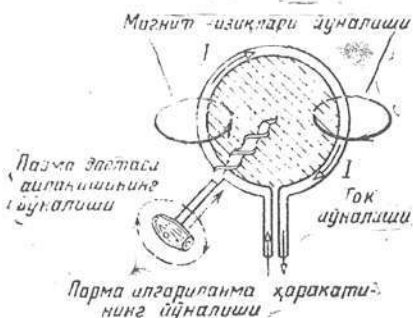
Магнит майдони магнит чизиқлари (магнит индукцияси чизиқлари) билан тасвирланади. Улар чизиқнинг ҳар бир нуқтасига ўтказилган уринманинг йўналиши майдон йўналиши билан устма-уст тушадиган қилиб ўтказилади.

Магнит майдонининг йўналиши токнинг йўналиши билан боғлиқ. Бубоғланиш парма қоидасига асосан аниқланади: агар парманинг илгариланма ҳаракати токнинг йўналиши билан устма-

уст туиша (3-1- расм) бу ҳолда парма дастасининг айланиши йўналиши магнит чизикларнинг йўналишини кўрсатади. Агар парма дастасининг айланиши йўналиши контурдаги токнинг йўналиши билан устма-уст туиша (3-2- расм), у ҳолда унинг илгариланма ҳаракати контурини ўраб турган сиртни кесиб ўтувчи магнит чизикларининг йўналишини кўрсатади.



3-1- расм. Парма қондаси.



3-2- расм. Ҳалқасимон ток учун парма қондаси.

амперларда, узунлик метрларда ўлчанади, шу сабабли магнит индукциясининг ўлчов бирлиги қуйидагича бўлади:

$$[B] = \left[\frac{F}{I} \right] = \frac{н}{а \cdot м} = \frac{ж/м}{а \cdot м} = \frac{в \cdot к}{а \cdot м^2} = \frac{в \cdot а \cdot сек}{а \cdot м^2} = \frac{в \cdot сек}{м^2}.$$

Вольт-секунд вебер (вб), вебернинг квадрат метрга нисбати эса тесла (тл) деб аталади. Шундай қилиб:

$$[B] = \frac{вб}{м^2} = тл.$$

Магнит майдонига унинг йўналишига перпендикуляр равишда I ток ўтаётган тўғри чизикли симнинг l узунликдаги участкасини киритайлик (3-3- расм).

Тажриба орқали симнинг ўша участкасига F куч таъсир қилишини ва бу куч катталики жиҳатдан токка, сим участкасининг узунлигига, ҳамда B магнит индукциясининг катталиги билан характерланувчи магнит майдонининг интенсивлигига пропорционал эканига ишонч ҳосил қилиш мумкин.

Шундай қилиб, куч

$$F = IBl. \quad (3-1)$$

Ёзилганлардан қуйидаги келиб чиқади:

$$B = \frac{F}{Il}, \quad (3-2)$$

яъни магнит индукцияси ток ўтаётган симнинг участкасига таъсир этувчи механик кучнинг ток билан сим участкаси узунлигининг кўпайтмасига нисбати билан ўлчанад экан. Бунда сим, албатта, майдон йўналишига перпендикуляр жойланган бўлиши керак.

Халқаро бирликлар системаси (СИ) да куч ньютонларда, ток

Тесла бирлигидан ташқари, баъзан магнит индукциясининг СИ системага алоқаси бўлмаган бирлик гаусс ($гс$) ҳам ишлатилади, бунда

$$1 \text{ гс} = 10^{-4} \text{ тл}, \text{ ёки } 1 \text{ тл} = 10^4 \text{ гс}.$$

Магнит индукцияси — вектор катталиқдир. Магнит индукцияси векторининг йўналиши берилган нуқтадаги майдон йўналиши билан устма-уст тушади.

Ҳамма нуқталарида магнит индукциясининг векторлари катталиқ жиҳатдан бир хил ва бир-бирига параллел бўлган магнит майдони бир жинсли майдон дейилади.

Магнит чизиқларидан фақат майдоннинг йўналишини кўрсатиш учунгина эмас, балки унинг интенсивлигини характерлаш учун ҳам фойдаланиш мумкин. Бунинг учун магнит майдонига перпендикуляр бирлик юза орқали шартли равишда майдоннинг шу жойидаги магнит индукциясига тенг ёки пропорционал сондаги чизиқлар ўтказилади.

В магнит индукциясининг магнит индукцияси векторига перпендикуляр S юзга кўпайтмаси магнит оқими деб аталади, яъни

$$\Phi = BS. \quad (3-3)$$

Магнит индукцияси теслаларда ($мл$), юз эса квадрат метрларда ўлчанганлигидан ва $1 \text{ тл} = \frac{1}{1 \text{ м}^2} \text{ вб}$ эканлигини ҳисобга олсак, магнит оқими веберларда ўлчанишини топамиз:

$$[\Phi] = \text{мл} \cdot \text{м}^2 = \frac{\text{вб}}{\text{м}^2} \cdot \text{м}^2 = \text{вб}.$$

Магнит оқимининг СИ системага алоқаси бўлмаган майдороқ бирлиги максвелл деб аталади:

$$1 \text{ мкс} = 10^{-8} \text{ вб} = \text{гс} \cdot \text{см}^2.$$

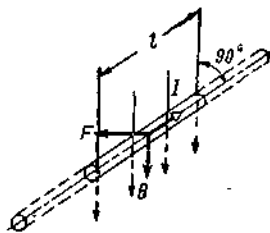
Магнит индукцияси магнит майдони йўналишига тик сиртнинг бирлик юзи орқали ўтувчи магнит чизиқлари сони билан характерланганлиги учун магнит оқими S юз орқали ўтувчи чизиқлар билан характерланади.

3-2. ЭЛЕКТРОМАГНИТ КУЧ

а) Магнит майдонидаги тўғри ўтказгич

Магнит майдони томонидан шу майдондаги токли ўтказгичга таъсир этувчи куч электромагнит куч деб аталади.

Олдинги параграфда айtilганларга асосан электромагнит куч I токка, B магнит индукцияга ва ўтказгичнинг актив узунлиги l га,



3-3- расм. Магнит майдонидаги токли сим.

яъни унинг магнит майдонида жойлашган қисмига боғлиқдир. Агар сим билан магнит индукция вектори ўзаро перпендикуляр бўлса, у ҳолда куч энг катта қийматга эга бўлади ва (3-1) формулага биноан аниқланади. Электромагнит кучнинг йўналиши чап қўл қоидаси бўйича аниқланади: чап қўлнинг кафтини шундай тутаётганда, магнит индукция вектори кафтимизга кирсин, тўртта узатилган бармоқларимиз эса токнинг йўналиши билан устма-уст тушсин, ана шунда тўғри бурчак ҳосил қилиб жойлаштирилган бош бармоғимиз электромагнит кучнинг йўналишини кўрсатади (3-4-расм). Агар сим билан B векторнинг йўналиши орасидаги α бурчак 90° га тенг бўлмаса, у ҳолда электромагнит куч $\sin \alpha$ га пропорционал бўлади, яъни бу ҳолда

$$F = BIl \sin \alpha. \quad (3-4)$$

3-1- мисол. Индукцияси $1,2 \text{ тл}$ га тенг бўлган бир жинсли магнит майдонда актив узунлиги 30 см га тенг сим жойлашган. Симдан 500 а ток ўтади. Агар сим магнит индукцияси векторига перпендикуляр бўлса, унга таъсир этувчи электромагнит кучи топинг.

3-4- расм Чап қўл қоидаси.

$$F = BIl = 1,2 \cdot 500 \cdot 0,3 = 180 \text{ н},$$

ёки $1 \text{ н} = 0,102 \text{ кг}$ бўлганлиги учун

$$F = 180 \cdot 0,102 = 18,36 \text{ кг}.$$

Агар токли тўғри сим (3-5-расм) бир жинсли магнит майдонида электромагнит куч таъсирида ўзига параллел ҳолда магнит чизиқларига тик йўналишда v масофага кўчса, у ҳолда электромагнит куч қуйидаги механик ишни бажарган бўлади:

$$A = Fb = IBlb = IBS = I\Phi, \quad (3-5)$$

бунда $S = lb$ — сим силжиган вақтда чизган юза.

Шундай қилиб, токли сим магнит майдонда кўчган вақтда электромагнит куч бажарган механик иш токнинг сим кесиб ўтган магнит оқимига кўпайтмасига тенг экан.

3-2- мисол. 40 см узунликдаги 200 а токли ўтказгич магнит индукцияси $1,5 \text{ тл}$ га тенг бир жинсли майдонда кўчган вақтда бажарилган ишни топинг. Ўтказгич магнит чизиқларига перпендикуляр текисликда 25 см га кўчган.

Ўтказгич кесиб ўтган магнит оқими:

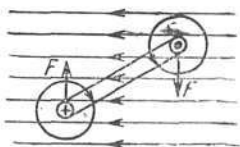
$$\Phi = BS = 1,5 \cdot 0,4 \cdot 0,25 = 0,15 \text{ вб}.$$

Ўтказгич кўчган вақтда бажарилган иш:

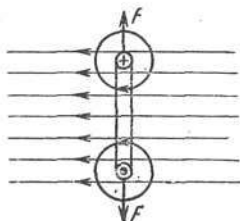
$$A = \Phi \cdot I = 0,15 \cdot 200 = 30 \text{ ж}.$$

б) Магнит майдонидаги контур

3-6- расмда тўғри тўртбурчак шаклидаги токли рафтак (рамка) тасвирланган. Рамканинг расм текислигига перпендикуляр жойлашган томонлари-бир жинсли магнит майдонида ётади. Шу сабабли рамканинг ана шу томонларига айлантирувчи момент ҳосил қиладиган F электромагнит кучлар таъсир қилади. Ана шу айлантирувчи момент таъсирида токли рафтак у кучлар ўзaro мувозанат-



3-6- расм. Магнит майдонидаги токли контурга таъсир этадиган айлантирувчи момент.



3-7- расм. Токли контурга таъсир этувчи электромагнит кучлар рамканинг томонларини бир-биридан қочиришга интилади.

лашадиган ҳолатни олишга интилади (3-7- расм); бу ҳолатда рафтак чегаралаб турган сиртни энг кўп магнит оқими кесиб ўтади. Бундан қуйидаги қонда келиб чиқади: магнит майдонидаги токли контур электромагнит кучлар таъсирида контур орқали ўтувчи магнит оқими энг катта бўладиган ҳолатни олишга интилади.

в) Магнит майдонидаги ҳаракатланувчи электрон

Ўтказгичдаги ток эркин электронларнинг маълум йўналишли ҳаракатидир. l узунликдаги ўтказгичга таъсир этувчи электромагнит куч (3-1):

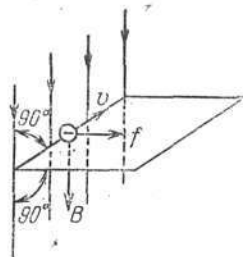
$$F = IBl.$$

Агар l узунликдаги ўтказгичнинг ҳажмидаги эркин электронлар сонини N орқали белгиласак, у ҳолда алоҳида электронга таъсир этувчи электромагнит куч

$$f = \frac{F}{N}.$$

Электронларнинг зарядини $Q = Nq$ деб ва электронларнинг ўртача ҳаракат тезлигини $v = l/t$ деб белгилаб, майдон магнит чизиқларига тик ҳаракат қиладиган электронга таъсир этувчи электромагнит кучнинг ифодасини қуйидагича ёзамиз:

$$f = \frac{F}{N} = \frac{Q}{t} Bl \frac{1}{N} = \frac{Nq}{t} Bl \frac{1}{N} = Bqv. \quad (3-6)$$



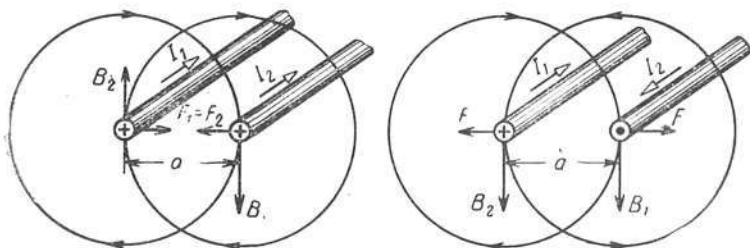
3-8- расм. Ҳаракатланётган электронга таъсир этувчи электромагнит кучнинг йўналиши.

Бу кучнинг йўналиши чап қўл қондасига асосан аниқланади, бироқ бунда қўлнинг узатилган тўртта бармоғи электрон ҳаракати йўналишига тескари йўналтирилиши лозим (3-8-расм).

3-3. ТОКЛИ ЎТКАЗГИЧЛАРНИНГ ЎЗАРО ТАЪСИРИ

Бир-биридан a масофада ётган иккита параллел тўғри чизиқли ўтказгичлар орқали I_1 ва I_2 тоқлар ўтаётган бўлсин (3-9 расм).

Ҳар бир тоқли ўтказгичнинг атрофида магнит майдони юзага келганлиги учун I_2 тоқнинг магнит майдонида ётган I_1 (ўтказгич)га F_1



3-9- расм. Тоқли симлар орасидаги ўзаро таъсир электромагнит кучлари.

электромагнит куч, I_1 тоқнинг магнит майдонида ётган I_2 тоқли ўтказгичга эса F_2 электромагнит куч таъсир қилади.

Симларга таъсир этувчи F_1 ва F_2 кучлар доим бир-бирига тенг, яъни $F_1 = F_2$ эканлиги тажриба йўли билан аниқланган.

Тоқлари бир томонга йўналган ўтказгичлар ўзаро тортишса, тоқлари қарама-қарши йўналган ўтказгичлар эса ўзаро итаришадди. Бунинг тўғрилигига парма ва чап қўл қоидаларини татбиқ этиш билан осонгина ишонч ҳосил қилиш мумкин.

Агар ўтказгичлар ўзаро параллел жойлашган участканинг узунлиги ўтказгичлар яқинлашиш қисмининг узунлиги l улар орасидаги масофа a дан анча катта бўлса, у ҳолда F куч тоқлар билан ўтказгичлар яқинлашиш қисмининг узунлиги кўпайтмасига тўғри пропорционал ва улар орасидаги масофага тескари пропорционал ҳамда симлар жойлашган муҳитга боғлиқ бўлади, яъни

$$F_1 = F_2 = F = \mu_a \frac{I_1 I_2 l}{2\pi a}. \quad (3-7)$$

Абсолют магнит киритувчанлик μ_a магнит майдони юзага келадиган муҳитнинг магнит хоссаларини характерлайди.

Агар ўтказгичлардаги тоқлар бир-бирига тенг, яъни $I_1 = I_2 = I$ бўлса, у ҳолда куч:

$$F = \mu_a \frac{I^2 l}{2\pi a}.$$

Токли ўтказгичлар орасидаги ўзаро таъсир кучлари айниқса қисқа туташув вақтларида катта қийматларга эришиши мумкин.

(3-1) ва (3-7) формулаларга мувофиқ токли ўтказгичларга таъсир этувчи куч

$$F = B_1 I_2 l = B_2 I_1 l = \mu_a \frac{I_1 I_2}{2\pi a} l,$$

токли ўтказгич ўқидан a масофада ётган нуқталардаги магнит индукцияси (3-2) га асосан қўйидагича:

$$B_1 = \mu_a \frac{I_1}{2\pi a} \text{ ва } B_2 = \mu_a \frac{I_2}{2\pi a}.$$

Шундай қилиб, токли ўтказгич ўқидан бир хил a масофада ётган ҳамма нуқталарда магнит индукция бир хил қийматларга эга бўлар экан:

$$B = \mu_a \frac{I}{2\pi a}. \quad (3-8)$$

3-4. МАГНИТ КИРИТУВЧАНЛИК

Майдоннинг магнит индукцияси токка, токли ўтказгичнинг ўлчамлари ва шаклига ҳамда магнит майдони ҳосил қилинаётган муҳитнинг хоссаларига боғлиқдир. Барча шароитлар бир хил бўлганда вакуумдаги магнит индукциясини турли муҳитлардаги магнит индукцияси билан солиштириш натижасида магнит майдони вакуумдагига нисбатан баъзи муҳитларда кучлироқ, баъзи муҳитларда эса заифроқ бўлиши аниқланган. Бунинг сабаби муҳитлар магнит хоссаларининг турличалигидир. Юқорида айтилганидек, муҳитнинг магнит хоссаларини характерловчи катталиқ абсолют магнит киритувчанликдир.

(3-8) тенгламадан:

$$\mu_a = B \frac{2\pi a}{I}.$$

Магнит индукцияси теслаларда, яъни $тл = в \cdot сек/м^2$ ларда, масофа — метрларда, ток эса амперларда ўлчанганлигидан:

$$[\mu_a] = \frac{в \cdot сек \cdot м}{м^2 \cdot а} = \frac{ом \cdot сек}{м} = \frac{гн}{м}.$$

Ом·сек генри (гн) деб аталгани учун магнит киритувчанликнинг бирлиги генри тақсим метр бўлади.

Тажрибадан маълумки, ферромагнит материаллардан ташқари ҳаво ва барча моддаларнинг абсолют магнит киритувчанлиги вакуумнинг абсолют магнит киритувчанлигига яқин бўлади. Вакуумнинг магнит киритувчанлиги магнит доимийси дейилади:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ гн/м}. \quad (3-9)$$

Материалларнинг абсолют магнит киритувчанлиги магнит доимийси μ_0 билан μ магнит киритувчанликнинг кўпайтмаси билан ифо-

даланади: бу магнит киритувчанлик берилган модданинг абсолют магнит киритувчанлиги магнит доимийсидан неча марта катталигини кўрсатади. Шундай қилиб,

$$\mu_a = \mu \cdot \mu_0.$$

Ҳаво учун $\mu = 1$ эканлиги ҳисобга олинса, $\mu_a = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ гн/м}$ бўлади. У вақтда (3-8) формулани ҳисоб учун қулайроқ бўлган янги кўринишда ёзамиз:

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{I}{2\pi a} = \frac{2I}{a} \cdot 10^{-7}, \quad (3-10)$$

бунда B — теслаларда, I — амперларда, a — метрларда ифодаланган.

3-3- мисол. 800 а ток ўтаётган ўтказгичнинг ўқидан 5см масофадаги магнит индукциясининг қийматини топинг:

$$B = \frac{2I}{a} \cdot 10^{-7} = \frac{2 \cdot 800}{0,05} \cdot 10^{-7} = 32 \cdot 10^{-4} \text{ тл.}$$

3-4- мисол. Узунликлари 2 метрдан, ораларидаги масофа 10см бўлган иккита параллел ўтказгич орқали қисқа туташув токи $I_1 = I_2 = 10\,000\text{а}$ ўтаётган бўлса, улардан ҳар бирига таъсир этувчи кучни топинг:

$$F = \mu_a \frac{I}{2\pi a} l = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{10000^2 \cdot 2}{2\pi \cdot 0,1} = 400\text{н.}$$

3-5. МАГНИТ МАЙДОНИНИНГ КУЧЛАНГАНЛИГИ. МАГНИТ КУЧЛАНИШ

Магнит майдонини ҳисоблаган вақтда кўпинча магнит майдонининг кучланганлиги деб аталувчи катталик ишлатилади. У майдоннинг берилган нуқтасидаги магнит индукциясини абсолют магнит киритувчанликка нисбати билан аниқланади. Шундай қилиб, майдон кучланганлиги

$$H = \frac{B}{\mu_a} = \frac{B}{\mu\mu_0}. \quad (3-11)$$

Бирликларнинг халқаро системасида магнит индукцияси теслаларда ($1\text{тл} = 1\text{в} \cdot \text{сек/м}^2$), магнит киритувчанлик генри тақсим метрларда, майдон кучланганлиги эса ампер тақсим метрларда ўлчанади:

$$[H] = \frac{\text{тл}}{\text{гн/м}} = \frac{\text{в} \cdot \text{сек}}{\text{м}^2} \cdot \frac{\text{м}}{\text{ом} \cdot \text{сек}} = \frac{\text{а}}{\text{м}}.$$

Магнит майдонининг баъзан ишлатиладиган, бироқ СИ системасига алоқаси бўлмаган иккинчи бирлиги бу эрстеддир (э):

$$1\text{э} \approx 80\text{а/м}. \quad (3-12)$$

Магнит майдони кучланганлиги магнит индукциясига ўқшан вектор катталикидир, унинг йўналиши берилган нуқтадаги майдон йўналиши билан устма-уст тушади.

Магнит индукцияси μ_a га пропорционал (3-8), майдон кучланганлиги эса магнит индукциясини μ_a га бўлганига тенг (3-11) бўл-

ганидан, бир жинсли муҳитда майдон кучланганлиги магнит киритувчанликка, демак, муҳитнинг хоссаларига боғлиқ эмаслиги равшан.

Электр кучланиш каби магнит майдони кучланганлигининг магнит чизиғи узунлигининг участкасига кўпайтмасы магнит кучланиши дейилади:

$$U_m = Hl. \quad (3-13)$$

Магнит кучланиши амперларда ўлчанади, чунки

$$[U_m] = \frac{a}{m} \cdot m = a.$$

Магнит индукциясининг бутун узунлиги бўйича олинган магнит кучланиши магнит юритувчи куч (м. ю. к.) ёки магнитловчи куч (м. к.) дейилади ва F_m ҳарфи билан белгиланади.

3-6. Тўлиқ ток қонуни

Токли ўтказгичнинг ўқидан a масофада ётган нуқтадаги (3-10-расм) магнит индукцияси (3-8) формулага биноан қуйидагича:

$$B = \mu_a \frac{I}{2\pi a}.$$

Ёзилган ифоданинг ўнг ва чап қисмини абсолют магнит киритувчанликка бўлиб, токли симдан a масофадаги магнит майдони кучланганлигини топамиз

$$H = \frac{B}{\mu_a} = \frac{I}{2\pi a}, \quad (3-14)$$

бундан

$$I = H 2\pi a = Hl,$$

бунда $l = 2\pi a$ — айлана узунлиги ёки токли тўғри ўтказгич атрофидаги магнит чизиғининг узунлиги.

Магнит майдонининг магнит чизиғи узунлигига кўпайтмасы магнитловчи кучдан иборат, демак,

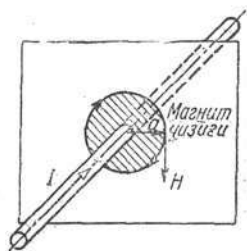
$$I = F_m.$$

Агар ўтказгич бир нечта симдан ташкил топган бўлса, у ҳолда I токни тоқлар йиғиндиси ёки барча симларнинг тўлиқ токи

деб қараш мумкин, яъни $I = \sum I'$, демак,

$$\sum I = F_m. \quad (3-15)$$

Ёзилган формула қуйидагича ўқилади: магнитловчи куч берилган магнит чизиғи билан чегараланган сиртни кесиб ўтувчи тўла токка (тоқларнинг алгебраик йиғиндисига) тенг.



3-10- расм. Симнинг ўқиға перпендикуляр жойлашган сирт устида ётган токли сим.

Ёзилган ифода тўлиқ ток қонуни деб аталади. Биз бу қонуни энг содда мисолда кўриб чиқдик.

Умумийроқ ҳолда—магнит майдонининг кучланганлиги магнит чизигининг турли участкаларида турли қийматларга эга бўлса:

$$F_m = H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_3 l_3 + \dots \quad (3-16)$$

3-7. ТОКЛИ ҒАЛТАКНИНГ МАГНИТ МАЙДОНИ

Текис тақсимланган ω чулғамдан иборат бўлган ҳалқасимон ғалтакнинг (3-11-расм) ўрта магнит чизиги билан устма-уст тушувчи R радиусли айлана чизамиз.

Ўрта магнит чизиги билан чегараланган сиртни кесиб ўтувчи тўла ток

$$\sum I = I\omega.$$

Симметрия туфайли ўрта магнит чизигида ётувчи нуқталардаги майдон кучланганлиги H бир хил бўлади. Магнитловчи куч

$$F_m = Hl = H2\pi R.$$

Тўлиқ ток қонунига биноан

$$I\omega = Hl.$$

Ҳалқасимон ғалтакнинг ўрта магнит чизигидаги (ўқ чизигидаги) магнит майдони кучланганлиги

$$H = \frac{I\omega}{l}. \quad (3-17)$$

Магнит индукцияси эса

$$B = \mu_a H = \mu_a \frac{I\omega}{l}. \quad (3-18)$$

Ҳалқасимон ғалтакнинг ўқ чизигидаги магнит индукциясининг ўртача қийматига тенг деб олиб ($R_1 - R_2 \ll R_1$ бўлганда ана шундай деб олиш мумкин), ғалтакнинг магнит оқими учун қуйидаги ифодани ёзамиз:

$$\Phi = BS = \mu_a \frac{I\omega S}{l} \quad (3-19)$$

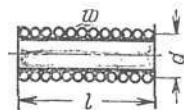
ёки

$$\Phi = \frac{I\omega}{l} = \frac{F_m}{R_m}. \quad (3-20)$$

(3-20) ифода электр занжири учун ёзилган Ом қонунига ўхшайди, шунинг учун ҳам у магнит занжири учун Ом қонуни деб аталади; бунда Φ —магнит оқими; u токка ўхшайди; F_m —м. к. э. ю. к. га ўхшайди, R_m —магнит занжирининг—магнит узатувчининг қарши-

лиги эса электр занжирининг қаршилигига ўхшайди. Бу ерда магнит занжири деганда магнит узатувчини, яъни ўзакни тушунмоқ керак, бунда м. к. (магнитловчи куч) таъсири остида магнит оқими туташиди.

Цилиндрик ғалтакни (3-12-расм) ўраи фақат ўзакнинг ғалтак узунлигига тенг қисмида жойлашган чексиз радиусли халқасимон ғалтакнинг бир қисми деб қараш мумкин. Ғалтакнинг маркази—ўқ чизигидаги майдон кучланганлиги билан магнит индукцияси халқасимон ғалтак учун ишлатилган (3-17) ва (3-18) формулалардан топилади. Бироқ, бу формулалар цилиндрлик ғалтак учун тақрибийдир. Улардан узунлиги диаметридан анча катта бўлган узун ғалтаклар ичидаги H ва B ларни аниқлашда фойдаланиш мумкин.



3-12- расм. Цилиндрик ғалтак.

3-5- мисол. Агар узунлиги 40 см, диаметри 5 см ва чулғамлари сони $w=1500$ га тенг цилиндрлик ғалтак орқали 4 а ток ўтаётган бўлса, унинг магнит оқимини топинг. Ғалтакнинг ўзаги ферромагнит бўлмаган материалдан ясалган ($\mu=1$):

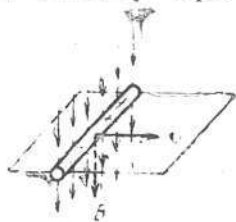
$$\Phi = \mu_0 \frac{IwS}{l} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 4 \cdot 1500\pi \cdot 0,000625}{0,4} = 9,2 \cdot 10^{-6} \text{ вб.}$$

3-8. ЭЛЕКТРОМАГНИТ ИНДУКЦИЯ

а) *Симда индукцияланган электр юритувчи куч*

Магнит майдонида ҳаракатланиб магнит чизиқларини кесиб ўтувчи ҳар қандай симда электр юритувчи куч уйғонади; бу электр юритувчи куч электромагнит индукция электр юритувчи кучи деб, ҳодисанинг ўзи эса электромагнит индукция деб аталади.

3-13- расмда бир жинсли майдонда ўзгармас v тезлик билан магнит чизиқларига перпендикуляр йўналишда ҳаракатланаётган сим кўрсатилган.



3-13- расм. Магнит майдонида симнинг ҳаракати.

Сим ҳаракатланаётганда симнинг эркин электронлари билан мусбат ионлари ҳам ўша v тезлик билан кўчади. Демак, ҳар бир зарядли заррачага йўналиши чап қўл қоида-сига асосан аниқланадиган электромагнит куч (3-2- §) таъсир қилади. Электромагнит кучлар электронларни симнинг бир учига кўчириб, у ерда манфий зарядлар пайдо қилади. Симнинг иккинчи учига эса электронлар етишмаганлиги туфайли мусбат заряд ҳосил бўлади. Электромагнит кучлар электр майдони кучлари ёрдамида ажратилган зарядларни мувозанатлаштирганидан кейингина зарядларнинг ажралиш процесси тўхтайди. Магнит майдонида ҳаракатланаётган учлари узилган симнинг учларидаги потенциаллар фарқи электромагнит индукция электр юритувчи кучига тенг.

(1-3) га биноан l узунликдаги симнинг учларидаги электр юритувчи куч

$$E = \mathcal{E}l.$$

Симдаги электр майдонининг кучланганлиги

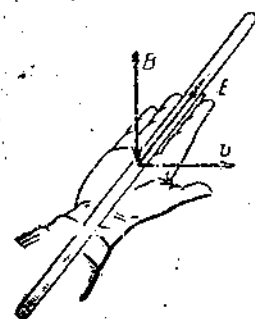
$$\mathcal{E} = \frac{F}{q},$$

электронга таъсир этувчи куч эса (3-6) га кўра $F = Bvq$, демак

$$E = Bvl. \quad (3-21)$$

Шундай қилиб, индукцияланган электр юритувчи куч майдон магнит индукциясини симнинг узунлигига ва унинг магнит чизиқларига перпендикуляр йўналишда ҳаракатланиш тезлигига кўпайтмасига тенг экан.

Индукцияланган электр юритувчи кучнинг йўналиши ўнг қўл қондасига асосан аниқланади: ўнг қўлниң кафтини магнит чизиқлари унга кирадиган қилиб жойлаштирсак, тўғри бурчак остида жойлашган бош бармоғимиз симнинг ҳаракат йўналишини, узатилган тўртта бармоғимиз индукцияланган электр юритувчи кучнинг йўналишини кўрсатади (3-14-расм).



Майдон магнит индукцияси векторига нисбатан α бурчак остида жойлашган текисликда ҳаракатланувчи ўтказгичдаги индукцияланган электр юритувчи кучни аниқлаётганда тезликнинг магнит индукция векторига перпендикуляр ташкил этувчисини, яъни $v_n = v \sin \alpha$ ни олиш керак.

Ўтказгич магнит чизиқлари бўйлаб ҳаракатланганда ($v \cos \alpha$) электромагнит кучлар ҳосил бўлмайди.

Шундай қилиб э. ю. к.

$$E = Blv_n = Blv \sin \alpha. \quad (3-22)$$

3-14- расм. Ўнг қўл қондаси.

Агар сим майдон магнит чизиқларига перпендикуляр текисликда Δt вақт ичида Δb масофага ҳаракатланаётган бўлса, у ҳолда унда индукцияланган э. ю. к.

$$E = Blv = Bl \frac{\Delta b}{\Delta t}.$$

Магнит индукцияси B билан $\Delta S = l\Delta b$ юзанинг кўпайтмаси сим ҳаракатланган вақтда кесиб ўтган $\Delta \Phi = B\Delta S$ магнит оқимиға тенг бўлганлиги учун симда индукцияланган э. ю. к.

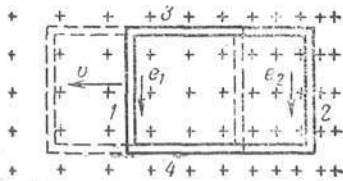
$$E = \frac{Bl\Delta b}{\Delta t} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}. \quad (3-23)$$

Шундай қилиб, симда индукцияланган э. ю. к. симнинг магнит оқимини кесиб ўтиш тезлигига тенг экан.

б) Контурда индукцияланган электр юритувчи куч

Магнит чизиқлари (крестчалар билан кўрсатилган) контур текислигига перпендикуляр бўлган бир жинсли эмас майдонда ҳаракатланаётган контурда (3-15-расм) индукцияланган э. ю. к. ни аниқлайлик.

Контур стрелка билан кўрсатилган йўналишда ҳаракатланганда, унинг 3 ва 4 томонлари магнит чизиқларини кесмайди, демак, уларда э. ю. к. индукцияланмайди. Контурнинг 1 ва 2 томонларида e_1 ва e_2 э. ю. к. лар индукцияланади; уларнинг ўнг қўл қондасига мувофиқ топилган йўналиши расмда стрелкалар билан кўрсатилган. (3-23) га кўра э. ю. к. нинг катталиги:



3-15-расм. Магнит майдонида контурнинг ҳаракати.

$$e_1 = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{ва} \quad e_2 = \frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t},$$

бунда $\Delta\Phi_1$ ва $\Delta\Phi_2$ —контурнинг 1 ва 2 томонлари Δt вақт ичида кесиб ўтган оқимлар. 1 томон контурга кираётган $\Delta\Phi_1$ оқимни, 2 томон эса контурдан чиқаётган $\Delta\Phi_2$ оқимни кесади. Магнит оқимининг йўналиши берилганда парма қондасига мувофиқ e_2 нинг йўналиши мусбат, e_1 нинг йўналиши эса манфий бўлади, демак, контурда индукцияланган э. ю. к.:

$$e = e_2 - e_1 = \frac{\Delta\Phi_2 - \Delta\Phi_1}{\Delta t}.$$

Контур ҳаракатланмасдан аввал кесиб ўтган оқимни Φ_1 , Δt : вақт ўтгандан кейин кесиб ўтилган оқимни Φ_2 (контурнинг ҳолатлари пунктир билан кўрсатилган) билан белгилаб, қуйидагини топамиз:

$$\Phi_2 = \Phi_1 + \Delta\Phi_1 - \Delta\Phi_2.$$

Контурни кесиб ўтувчи оқимнинг Δt вақт ичида орттирмаси:

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = \Delta\Phi_1 - \Delta\Phi_2.$$

ёки

$$\Delta\Phi_2 - \Delta\Phi_1 = -\Delta\Phi,$$

контурда индукцияланган э. ю. к.

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}. \quad (3-24)$$

Бу формула э. ю. к. нинг Δt вақт ичидаги ўртача қийматини кўрсатади. Вақтнинг ихтиёрий моментидаги э. ю. к. нинг қиймати-

ни аниқлаш учун оқимнинг чексиз кичик dt вақт оралиғидаги $d\Phi$ орттирмасини топиб қуйидаги ифодани ёзиш керак:

$$e = -d\Phi/dt. \quad (3-25)$$

(3-24) ва (3-25) ифодалар контурда э. ю. к. пайдо бўлиши учун контурни кесиб ўтувчи магнит оқимининг ўзгариши зарур шарт эканини кўрсатади.

Агар контур битта эмас, кетма-кет уланган ω та чулғамдан ташкил топган, яъни ғалтакдан иборат бўлса, унда индукцияланган э. ю. к. бир чулғамдагидан ω марта катта бўлади, яъни

$$e = -\omega \frac{d\Phi}{dt}. \quad (3-26)$$

Чулғамлар сонини уларни кесиб ўтувчи магнит оқимига кўпайтмаси оқим илашиши дейилади ва ψ ҳарф билан белгиланади:

$$\psi = \omega\Phi, \quad (3-27)$$

демак, э. ю. к.

$$e = -\omega \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\psi}{dt}, \quad (3-28)$$

яъни ғалтакда индукцияланган э. ю. к. оқим илашишнинг камайиш тезлигига тенг экан.

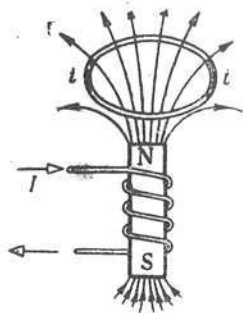
Контур 3-15-расмда тасвирланган йўналишда ҳаракатланганда контур магнит оқимининг орттирмаси манфий бўлади, чунки $\Delta\Phi_2 > \Delta\Phi_1$ ва $\Delta\Phi < 0$, яъни контурни кесиб ўтувчи оқим камаёди. Демак, (3-25) га асосан э. ю. к. мусбат ва соат стрелкаси ҳаракати бўйича йўналган бўлади, э. ю. к. каби контурда у ҳосил қилган ток ҳам мусбат ва э. ю. к. билан бир томонга йўналган бўлади. Бу ток магнит оқимини вужудга келтиради, бу оқим эса парма қондасига биноан камая бораётган магнит оқими билан бир томонга йўналган бўлади. Шундай қилиб, контурни кесиб ўтувчи оқимнинг камайиши контурга илашган оқимнинг камайишини компенсациялашга интилувчи ва оқим билан бир хил йўналган э. ю. к. ва ток вужудга келтиради.

Контур тескари томонга ҳаракатланганда $\Delta\Phi > 0$, (3-25) га асосан э. ю. к. манфий ҳамда соат стрелкаси ҳаракатига тескари йўналган бўлади, э. ю. к. га ўхшаб у вужудга келтирган ток ҳам манфий ва э. ю. к. бўйлаб йўналади, ток ҳосил қилган магнит оқими эса контурнинг ўсиб бораётган магнит оқимига тескари йўналган бўлади. Шундай қилиб, контурнинг оқими ўсганда э. ю. к. билан ток вужудга келади ва бу ток ўзининг магнит оқими ёрдамида контур оқимининг ўсишини компенсациялашга интилади.

Кўрилганлардан қуйидагича хулоса чиқариш мумкин; агар э. ю. к. контурни кесиб ўтувчи магнит оқимининг ўзгариши сабабли вужудга келган бўлса, у ҳолда индукцияланган э. ю. к. ўзи вужудга келтирган ток контурдаги оқимнинг ўзгаришига қаршилик кўрсатадиган бўлиб йўналади

Бу қонуниятни 1833 йилда рус академиги Э. Х. Ленц очган бўлиб, Ленц қонуни деб аталади: *индукцияланган э. ю. к. нинг йўналиши шундайки, у ҳосил қилган ток э. ю. к. ни вужудга келтирувчи сабабга тескари таъсир кўрсатади.*

3-16-расмда устига металл ҳалқа жойлаштирилган ўзакли ғалтак тасвирланган. Ғалтакдаги ток ортганда ёки ҳалқа билан ғалтак бир-бирига яқинлаштирилганда ҳалқани кесиб ўтувчи магнит оқими ортади ва унда э. ю. к. индукцияланиб, ток ўтади. Ленц қонунига биноан ҳалқада i ток юзага келтирган магнит оқимининг йўналиши ғалтакнинг оқимига тескари бўлади. Парма қондасидан фойдаланиб, индукцияланган i токнинг йўналишини осонгина аниқлашимиз мумкин.



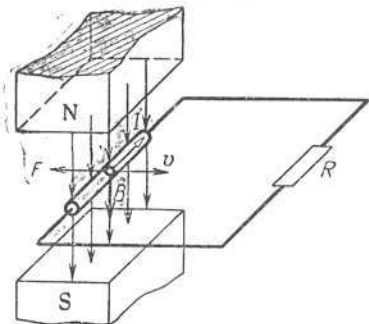
3-16- расм. Ҳалқада индукцияланган ток.

3-9. ЭЛЕКТР ГЕНЕРАТОРНИНГ ИШЛАШ ПРИНЦИПИ

3-17-расмда бир жинсли магнит майдонида R қаршиликка уланган сим тасвирланган. Сим магнит чизиқларига перпендикуляр текисликда v тезлик вектори бўйлаб ҳаракатланган вақтда унда E э. ю. к. юзага келади ва унинг таъсирида берк занжирда I ток ҳосил бўлади. Токли симга магнит майдонида $F = BIl$ катталиқдаги электромагнит куч таъсир кўрсатади, бу кучнинг чап қўл қондасига асосан топишган йўналиши 3-17-расмда кўрсатилган. Электромагнит куч симнинг ҳаракат йўналишига тескари йўналганлигини, демак, тормозловчи куч эканлигини кўриш қийин эмас.

Сим ҳаракатланиши учун катталик жиҳатдан тормозловчи кучга тенг ва унга тескари йўналган ташқи куч, бошқача айтганда, ушбу механик қувватни берадиган бирламчи двигатель кераклиги равшан:

$$P_m = Fv, \text{ ёки } P_m = Fv = BIlv = E \cdot I = P.$$



3-17- расм. Электр генераторнинг ишлаш принципи.

Сим магнит майдонида ҳаракатланганда бирламчи двигатель берадиган механик қувват магнит майдони воситасида ёпиқ занжирдаги электр токи қувватига айланади. Демак, магнит майдонидаги симни унда механик энергия электр энергияга айланадиган энг содда электр генератор деб қараш мумкин экан.

(1-11) га мувофиқ генераторнинг э. ю. к. и

$$E = U + U_0 = IR + Ir_0.$$

бундан

$$P_m = EI = I^2R + I^2r_0 = UI + P_0 = P_n + P_0.$$

Шундай қилиб, P_m механик қувват истеъмолчининг $P_n = I^2R$ қуввати билан генераторда исроф бўладиган $P_0 = I^2r_0$ қувватга ажравчи электр қувватига тенг экан.

3-10. ЭЛЕКТР ДВИГАТЕЛНИНГ ИШЛАШ ПРИНЦИПИ

Бир жинсли магнит майдонида жойлашган сим орқали ташқи ток манбадан олинаётган электр токи ўтади (3-18-расм). Симга катталиги

$$F = BIl$$

га тенг электромагнит куч таъсир қилади: унинг йўналиши чап қўл қондасига биноан топилган ва 3-18-расмда кўрсатилган.

Электромагнит куч таъсири остида сим механик иш бажариб, магнит майдонида ҳаракат қилади ва унинг бутун ҳаракати давомида унда E электр юритувчи куч индукцияланади.

Сим магнит чизиқларига перпендикуляр текисликда b масофага кўчганда, у бажарган механик иш қуйидагига тенг бўлади:

$$A_m = Fb = BIlb.$$

3-18-расм. Электр двигателининг ишлаш принципи.

Худди шу t вақт ичида симни қизитиш учун сарфланадиган энергия

$$W_T = I^2r_0t.$$

Ток манбаи t вақт ичида сарфлаган энергия

$$W = UIt = A_m + W_T = BIlb + I^2r_0t. \quad (3-29)$$

Сўнгги тенгламанинг ўнг ва чап томонларини It кўпайтмага тақсимлаб ток манбаининг кучланиши учун қуйидаги ифодани топамиз:

$$U = Bl \frac{b}{t} + Ir_0 = Blv + Ir_0 = E + Ir_0.$$

Ёзилганлардан $U - E = Ir_0$, бундан

$$I = \frac{U - E}{r_0}. \quad (3-30)$$

Сим магнит майдонида ҳаракатланган вақтда унда индукцияланган электр юритувчи куч токка тескари йўналган бўлиб, у акс э. ю. к. деб аталади.

Кучланишнинг ифодасини I токка кўпайтириб, ток манбаининг қуввати учун қуйидаги ифодани топамиз:

$$UI = EI + Ir_0 \text{ ёки } UI = P_m + P_0.$$

Шундай қилиб, сим магнит майдонида ҳаракатланган вақтда унга ташқи манбадан берилган электр қуввати магнит майдони воситасида механик қувватга айланади, бунда энергиянинг бошқа турга айланиш процесси акс—э. ю. к. индукцияланиши ёрдамида бўлади. Демак, магнит майдонида ётган ташқи манбадан ток олаётган симни энг содда электр двигатель деб қараш мумкин экан.

3-6- мисол. Узунлиги 0,6 м га тенг сим 15 м/сек тезлик билан индукцияси 1,25 тл бўлган магнит майдони йўналишига перпендикуляр йўналишда ҳаракат қилади. Симнинг қаршилиги 0,03 ом бўлиб, унинг қисқичларига 12 в кучланиш берилган. Қуйидагилар:

1) занжирнинг қуввати; 2) симнинг механик қуввати; 3) иссиқлик қуввати аниқлансин.

Сим магнит майдонида ҳаракатланган вақтда унда индукцияланган акс э. ю. к.

$$E = Blv = 15 \cdot 0,6 \cdot 1,25 = 11,25 \text{ в.}$$

Симдаги ток

$$I = \frac{U - E}{r_0} = \frac{12 - 11,25}{0,03} = 25 \text{ а.}$$

Занжирнинг қуввати

$$P = UI = 12 \cdot 25 = 300 \text{ вт.}$$

Механик қувват

$$P_m = EI = 11,25 \cdot 25 = 281,25 \text{ вт.}$$

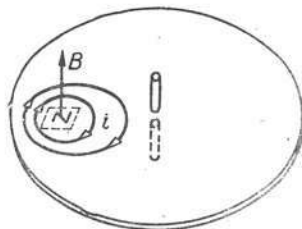
Иссиқлик қуввати

$$P_u = I^2 r_0 = 25^2 \cdot 0,03 = 18,75 \text{ вт.}$$

3-11. УЮРМА ТОКЛАР

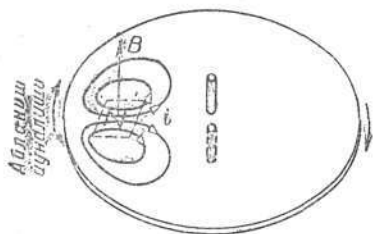
3-8- § да ҳалқасимон ток ҳосил қилиш процессини кўрган эдик. Ўзакли ғалтакнинг устидаги ҳалқани (3-19- расм) металл диск билан алмаштирамиз. 3-19- расмда ана шундай диск ва дискнинг остидаги, бироқ расмда кўрсатилмаган электромагнит қутбининг изи тасвирланган. Электромагнит ғалтагидаги ток озгина ўзгарса, дискни кесиб ўтувчи магнит оқими ҳам ўзгаради ва унда ҳалқада пайдо бўлган токка ўхшаш ҳалқасимон ёки одатда аталишича, уюрма i ток индукцияланади. Уюрма токнинг йўналиши ҳам ҳалқасимон токнинг йўналиши каби топилади (3-8).

3-20- расмда худди ана шундай диск ва диск остига жойлашган, бироқ расмда кўрсатилмаган ўзгармас магнит қутбининг



3-19- расм. Дискда магнит оқими ўзгариши натижасида вужудга келган уюрма тоқлар.

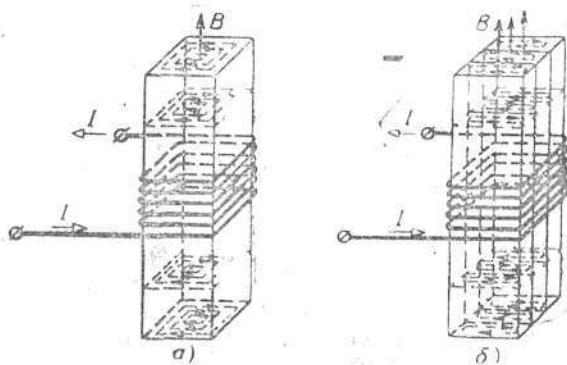
изи тасвирланган. Диск айланган вақтда магнит қутби устида ётгай. участкалари магнитнинг магнит чизиқларини кесиб ўтади, натижада дискда э. ю. к. индукцияланади ва унинг таъсирида уюрма ток i вужудга келади (3-20-расм). Дискнинг қутб устида жойлашган қисмида индукцияланган э. ю. к. нинг йўналиши ва бу э. ю. к. га мос ўша участкадаги уюрма токнинг йўналиши ўнг қўл қондасига асосан топилади.



3-20-расм. Ўзгармас магнит оқимида айланаётган дискда вужудга келган уюрма тоklar.

Ўтказгич жисмни ёки унинг қисмини, электр машинаси, апарати, ёки асбобни кесиб ўтувчи магнит оқими ҳар қандай ўзгарганда ҳам унда э. ю. к. индукцияланиб, унинг таъсирида уюрма тоklar юзага келади (3-21, а ва 3-22, а-расмлар). Уюрма тоklar индукцион тоklarнинг хусусий бир ҳоли бўлиб, тоklarнинг умумий қоида ва қонунларига бўйсунади.

Хусусан уюрма тоklar ўзлари ўтаётган материалларни қизитади, шунингдек, улар Ленц қонунига биноан ўзларини вужудга келтирувчи сабабларга акс таъсир кўрсатадиган магнит оқимларини юзага келтиради.

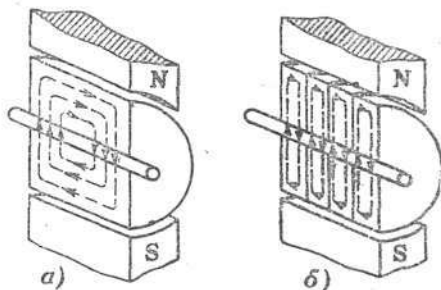


3-21-расм. Пулат ўзакдаги уюрма тоklar.

Уюрма тоklarнинг қиздириши электр энергиянинг иссиқлик энергияга айланиши ҳисобига амалга ошиши ўз-ўзидан маълум. Шундай қилиб, уюрма тоklar ўтказгич орқали ўтганда энергия сарфланади: ана шу энергия уюрма тоklar ҳисобига юз берадиган исроф деб аталади.

Уюрма тоklar баъзи ҳолларда иситгич ва тормозловчи (3-20-расм) қурилмаларда ёки айлантирувчи моментлар (3-19-расм) ҳосил қилишда ва автоматика ёки ўлчов техникаси асбобларини ҳаракатга

келтиришда ишлатилади; кўпинча бундай токларнинг юзага келиши мақсадга мувофиқ эмас, чунки уюрма токларга кетадиган исрофлар туфайли машина ва механизмларнинг фойдали иш коэффициентлари пасайиб кетади, ундан ташқари, улар магнитсизловчи таъсир кўрсатади. Ана шундай ҳолларда уюрма токларни камайтириш чоралари кўрилади, бунинг учун алоҳида бир-биридан изоляцияланган юлқа ($0,1-0,5\text{ мм}$) пўлат тахталардан ясалган (3-21, б ва 3-22-б-расмлар) ўзаклар, шунингдек солиштира қаршилиги каттароқ бўлган — таркибида $0,5-4\%$ кремний бўлган пўлат навлари ишлатилади. Пўлатда уюрма токлар туфайли юз берадиган исрофлар, одатда, ватт тақсим килограммда ифодаланади. Бундай исрофлар пўлатнинг навига, максимум индукцияга (B_m), магнит индукциянинг бир секундда ўзгариш цикллари сон (f) га, пўлат тахталарининг қалинлигига боғлиқ бўлади.



3-22- расм. Электр машинаси якоридagi уюрма токлар.

3-12. ФЕРРОМАГНЕТИКЛАРНИНГ МАГНИТЛАНИШИ

Магнит киритувчанлиги катта бўлган материаллар пўлат, темир, чўян, кобальт ва бир нечта қотишмалар, масалан, никель билан алюминий қотишмаси ферромагнетиклар деб аталади. Ферромагнетик ўзакни заиф магнит майдонига, масалан, токли ғалтак майдонига киритилганда майдоннинг магнит индукцияси юз ёки минг марта ортиб кетади.

Ферромагнетикларнинг магнит хоссаларини уларда ўз-ўзидан магнитланган микроскопик соҳаларнинг мавжудлиги билан тушунтириш мумкин. Бу соҳаларни соддалик учун элементар магнетиклар деб қаралса бўлади. Бу магнитчалар ташқи майдон, масалан, токли ғалтакнинг магнит майдони таъсирида майдон бўйлаб бурилиб, магнит индукциясини кучайтиради. Асосан ферромагнит участкалардан ташкил топган магнит занжирида, нисбатан кичик магнит юритувчи куч таъсирида ҳам анча катта магнит индукцияси ҳосил қилиш мумкин.

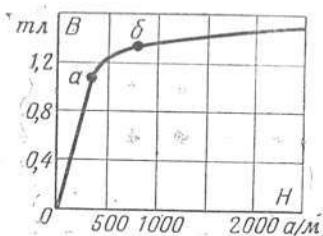
1872 йилда Москва университетининг профессори А. Г. Столетов биринчи бўлиб, пўлатнинг магнит хоссаларининг магнит майдони кучланганлигига боғлиқ равишда ўзгаришини текширди. Майдон кучланганлигини ўзгартириш майдонига текширилаётган пўлат жойлаштирилган магнитланаётган ғалтакдаги токни ўзгартириш йўли билан амалга оширган.

А. Г. Столетов магнит индукцияси билан майдон кучланганлиги орасидаги бошланғич магнитланиш эгри чизиги билан (3-23- расм)



А. Г. Столетов (1839—1896).

магнетиклар майдон бўйлаб ориентирланади. Биз томондан қаралган чизиқлимас боғланиш ферромагнит материалларнинг абсолют магнит киритувчанлиги ($\mu_a = B/H$) нинг доимий эмаслигини ва магнит майдонининг кучланганлигига, демак, магнитловчи ғалтакнинг токига ҳам боғлиқ эканлигини кўрсатади. Ферромагнетикларни ўзгарувчан ток занжирларига улаганда юз берадиган қайта магнитланиш процессини текширайлик.



3-23- расм. Пулат магнитланишининг бошланғич эгри чизиғи.

индукция деб аталувчи B , қийматга эга бўлади (ОБ кесма).

Магнит индукцияси ўзгаришининг майдон кучланганлигининг мос ўзгаришларидан орқада қолиши ёки кечикиши ҳодисаси магнит гистерезиси деб аталади ва унга ўз-ўзидан магнитланувчи соҳаларнинг ички қаршилиги туфайли юзага келадиган ҳодиса деб қаралади.

Магнитловчи токнинг йўналиши, демак, магнит кучланганлигининг йўналиши ўзгарганда кучланганлик коэрцетив куч (ОГ кесма) деб аталувчи H_k қийматига эришади, бунда магнит индукцияси $B = 0$.

Тескари йўналган ток ортган сари магнит индукцияси B_m қийматга эришади.

ифодаланувчи боғланишни, яъни $B = f(H)$ топди. Эгри чизиқни урта қисмга бўлиш мумкин: 1) тўғри чизиқли Оа қисм, у магнит индукцияси деярли майдон кучланганлигига пропорционал равишда тез ўсишини кўрсатади; 2) аб — эгри чизиқнинг бурилиш қисми, у магнит индукциясининг ўсиши сусайганлигини кўрсатади; 3) б нуқтадан юқорида ётган қисми магнит тўйиниш қисми бу ерда B билан H орасидаги боғланиш яна тўғри чизиқли, бироқ магнит индукциясининг ўсиши биринчи участкадагига қараганда анча секин боради. Эгри чизиқнинг бу қисми ўзакнинг магнит тўйинишига мос келади, бунда деярли барча элементар

Магнитловчи ток, демак, майдон кучланганлиги H ортганда магнит индукцияси ўзининг максимал $+B_m$ қийматига эришади (3-24- расм). Кейин майдон кучланганлиги камайганда магнит индукцияси ҳам камаяди, бироқ айни бир кучланганликда магнит индукцияси кучланганлик ортаётгандагидан бир қадар катта бўлади (эгри чизиқнинг АВ қисми). Майдон кучланганлигининг ноль қийматида магнит индукцияси қолдиқ

Сўнгра ток нолга қадар камайганда қолдиқ индукция (OE кесма) ҳосил бўлади. Ниҳоят, ток билан майдон кучланганлиги йўналишининг кейинги ўзгаришда кучланганлик ортса, яна $+B_m$ максимал индукцияга эришилади.

Шундай қилиб, биз майдон кучланганлиги билан магнит индукциясининг бир цикл давомида ўзгаришини кузатиб чиқдик. Ферромагнетик циклик равишда қайта магнитланганда $B = f(H)$ боғланиш график равишда гистерезиснинг симметрик ҳалқаси деб аталувчи $ABГДЕЖА$ берк эгри чизиқ билан тасвирланади. Берилган материал учун олиниши мумкин бўлган энг катта ҳалқа чегара ҳалқа деб аталади.

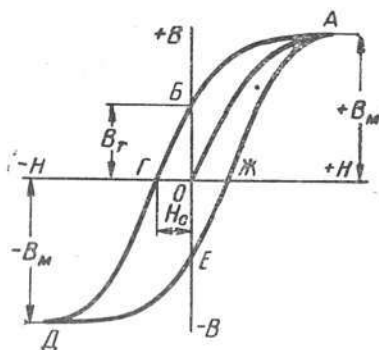
Агар берилган ферромагнетик учун B_m турлича бўлган бир нечта симметрик гистерезис ҳалқалари олиб, бу ҳалқаларнинг учларини ўзаро туташтирсак, у ҳолда асосий магнитланиш эгри чизиғи деб аталувчи ва бошланғич магнитланиш эгри чизиғига жуда яқин бўлган эгри чизиқ ҳосил қиламиз.

Пўлатни қайта магнитлаш иссиқликка айланиб пўлатни қиздиришга сарфланадиган энергия исрофи билан боғлиқ.

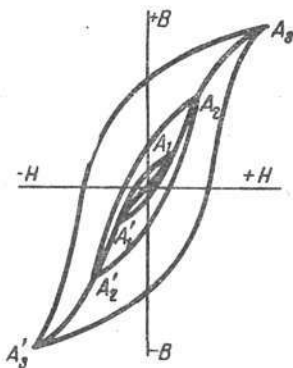
Гистерезис ҳалқасининг юзи қайта магнитланишнинг бир циклига сарфланган энергияга пропорционал. Қайта магнитлаш процесси натижасида йўқотилган энергия гистерезис туфайли исроф дейилади.

Циклик қайта магнитлаш натижасида йўқотиладиган ватт тақсим килограммларда ифодаланадиган қувват пўлатнинг навига, максимал магнит индукцияга ва пўлатнинг бир секундда қайта магнитланиш цикллари сонига ёки частота (f) га¹ боғлиқдир.

Ферромагнит материалларнинг хоссалари асосий магнитланиш эгри чизиғи ва гистерезис ҳалқаси билан характерланади. 3-26-расмда муҳим магнит материалларнинг учта типик гистерезис ҳалқалари келтирилган.

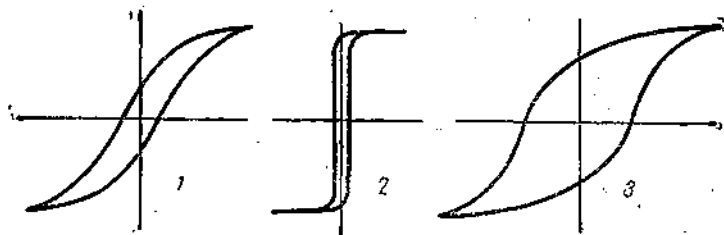


3-24- расм. Гистерезис тугуни.



3-25- расм. Гистерезиснинг уч тугуни ва пўлат магнитланишининг асосий эгри чизиғи.

¹ Частота, 95-бетдаги 5-1-§ га қаранг.



3-26- расм:

1-магнит-юмшоқ материал, электротехник пўлат; 2-магнит-юмшоқ материал, пермаллой; 3- магнит-қаттиқ материал.

3-13. ФЕРРОМАГНИТ МАТЕРИАЛЛАР

Ферромагнит материаллар икки гуруҳга: магнит-юмшоқ ва магнит-қаттиқ материалларга бўлинади.

Магнит-юмшоқ материаллар ўзгармас ва ўзгарувчан магнит оқимларнинг магнит ўтказувчиси сифатида ишлатилади. Уларда коэрцитив куч кичик (400 а/м дан кам), магнит киритувчанлиги катта ва магнит йўқотишлар кам бўлади. Бу гуруҳдаги материалларга техник темир ва углероди кам пўлат, электротехник пўлат тахтачалари, магнит киритувчанлиги юқори бўлган темир-никель қотишмалар (пермаллойлар) ва оксидли ферромагнетиклар — ферритлар ҳамда оксиферлар киради.

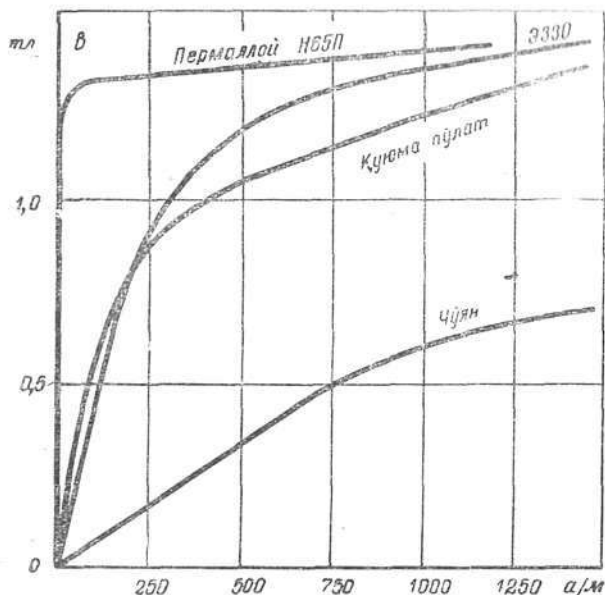
0,04% гача углероди бўлган техник темир, углеродли пўлатлар ва чўян ўзгармас магнит майдонларида ишлайдиган магнит ўтказувчилар тайёрлаш учун ишлатилади. Техник темир юқори тўйиниш индукциясига ($2,2 \text{ тл}$ гача), юқори магнит киритувчанликка ва кичик коэрцитив кучга эга. ✓

Электротехник пўлатлар — бу темир билан кремнийнинг (1—4%) қотишмаси. Кремнийнинг миқдорини ўзгартриш ва ҳар хил технологик усуллардан фойдаланиш орқали электромагнит хоссалари кенг миқёсда ўзгарадиган пўлат навлари олинади.

Таркибида оз миқдорда кремний бўлган пўлатларнинг магнит киритувчанлиги паст, тўйиниш индукцияси катта ва солиштирма исрофлари катта бўлади. Бундай пўлатлар паст частотали ўзгармас ва ўзгарувчан тоқларда ишлатилади.

Таркибида кремний миқдори кўп бўлган пўлатлар заиф ва ўртача майдонларда юксак магнит киритувчанликка талаб этилганда, гистерезис ҳамда уярма тоқлар туфайли бўладиган исрофлар кам бўлиши зарур бўлган ҳолларда ишлатилади, натижада улар юқори частотада ишлай олиши мумкин.

ГОСТ 802-58 га биноан электротехник пўлатлар Э ҳарфи ва рақамлар билан белгиланади. Биринчи рақам кремнийнинг процент миқдорини, иккинчи рақам магнит хоссаларини, учинчи рақам О пўлат совуқ — прокат қилинганлигини билдиради.



3-27- расм. Баъзи бир ферромагнит материалларнинг магнитланиш эгри чизиқлари.

Баъзи ферромагнит материалларнинг магнитланиш эгри чизиқлари 3-27-расмда тасвирланган.

Пермаллойлар темир билан никелнинг ҳар хил процентли қотишмаларидан иборатдир; баъзилари молибден, хром ва кобальтнинг қотишмасидан ҳам иборат бўлади. Бу қотишмаларнинг магнит киритувчанлиги юқори бўлиб, электротехник пўлат тахталарникидан 10—50 марта катта бўлади. Бу қотишмалар майдоннинг кичик кучланишларида ҳам ўндан то бир неча юз ампер тақсим метрларга тенг тўйиниш индукциясига эришади.

Улардан баъзиларининг тўйиниш индукцияси паст, тахминан 0,6—0,8 тл бўлса, баъзилариники нисбатан юқорироқ 1,3—1,6 тл бўлади.

Биринчи гуруҳга таркибида 4—5% молибден бўлган пермаллой M_0 ва хромли пермаллой киради. Иккинчи гуруҳга таркибида 50% никель бўлган пермаллой 50Н ва пермаллой 65НП киради.

П ҳарфи гистерезис ҳалқасининг тўғри бурчакли эканини билдиради (3-28-расм). Ҳалқанинг тўғри чизиқлилиқ даражаси берилган ҳалқа учун B_H қолдиқ индукциясининг B_m максимал индукциясига нисбати билан характерланади. Бу нисбат 0,95—0,99 га боради.

Пермаллойларнинг коэрцетив кучи 1 билан 20 A/m орасида тебранади.

Пермаллойларнинг магнит хоссалари кўпроқ уларни тайёрлаш технологиясига боғлиқдир.

Темир, рух ва бошқа элементларнинг оксидлари аралашмасидан олинадиган ферромагнит материаллар ферритлар деб аталади. Ўзақлар тайёрлашда аралашма майдаланади, прессланади. 1200°C температура атрофида қиздириб ишлов берилиб юмшатилади ва керак шаклдаги ўзақлар тайёрланади. Ферритларнинг солиштирма қаршилиги жуда катта бўлганлиги сабабли уюрма тоқлар натижа-

сидаги исроф жуда оз бўлади, бу эса уларни юқори частотада ишлатиш имконини беради.

Тузларни термик йўл билан парчалаш орқали олинадиган никель-рухли ферритлар оксиферлар ёки оксидли ферромагнетиклар деган ном олдилар; улар магнит хоссалари бўйича ферритлардан кам фарқ қилади.

Ўзларининг магнит хоссаларига кўра ферритлар ҳам, оксиферлар ҳам турли-тумандирлар. Улар асосий магнитланиш эгри чизигининг, бошланғич қисмида анчагина магнит киритувчанликка эга бўлиб, уларнинг тўйиниш

индукцияси сезиларли эмас (0,18—0,32 тл) ва коэрцитив кучи жуда кичикдир (8—80 а/м).

Магнитодиэлектриклар булар майда ферромагнит куни билан диэлектрикнинг (поливинилхлорид ва полиэтилен) аралашмаларидан олинадиган материаллардир. Бу аралашма формовка қилинади, прессланади ва пиширилади.

Ферритлар бошқа магнитодиэлектрикларга ўхшаб алоқа ва радио-алоқа асбобларида, магнит кучайтиргичларда, ҳисоблаш машиналарида ва техниканинг бошқа соҳаларида ишлатиладиган турли трансформаторларда ўзақлар сифатида қўлланилади.

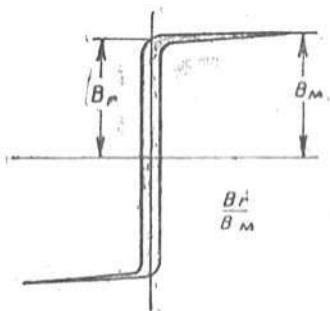
Тўғри бурчакли гистерезис ҳалқали ҳалқасимон ўзақлар жуда кенг қўлланилмоқда, чунки улар ток импульси таъсирида тўйиниш ҳолатига қадар магнитланиш ва импульсдан кейин тўйиниш индукциясидан кам фарқ қиладиган қолдиқ индукцияни узоқ вақт сақлаб қолиш каби жуда бебаҳо хоссаларга эгадир.

Магнито-қаттиқ материаллар турли хил мақсадларда ишлатиладиган ўзгармас магнитлар ясаш учун мўлжалланган. Бу материаллар коэрцитив куч ва қолдиқ индукциянинг катталиги билан характерланади.

Магнито-қаттиқ материалларга углеродли, вольфрамли, хромли ва кобальтли пўлатлар киради. Уларнинг коэрцитив кучи 5000—13500 а/м ва қолдиқ индукцияси 0,7—1 тл.

Эслатиб ўтилган пўлатлар чўзилувчан бўлиб, уларни прокат қилиш ва уларга механик ишлов бериш мумкин. Улар саноатда тасма ва тахтачалар шаклида ишлаб чиқарилади.

Энг яхши магнит хоссасига эга бўлган магнито-қаттиқ материалларга қуйидаги қотишмалар киради: ани — темир билан 15%



3-28- расм. Гистерезиснинг тўғри бурчакли тугуни.

алюминий ва 25% никель қотишмаси; алниси алнидан таркибида 1% кремний борлиги билан фарқ қилади; алнико — алнидан таркибида 7% кобальт борлиги билан фарқ қилади. Улар 20000 — 60000 а/м коэрцитив куч ва 0,4 — 1,25 тл қолдиқ индукция билан характерланади.

Айтиб ўтилган қотишмаларнинг магнитлари қуйиш йўли билан тайёрланиб, уларга фақат силлиқлаш йўли билан ишлов берилади.

Металлокерамик магнитлар ални ва алнико кукунларини тошга айлантириш йўли билан олинади, уларнинг энг асосий афзаллиги улардан жуда кичик ўлчамли магнитлар олиш мумкинлигида.

3-14. МАГНИТ ЗАНЖИРИНИ ҲИСОБЛАШ

Магнит занжири м. ю. к. манбаи (тоқли ғалтак) билан магнит узатувчидан иборат. Энг кичик магнит қаршилиқ олиш [(3-20) формула] мақсадида магнит узатувчи деярли бутунлай ферромагнит материаллардан тайёрланади, бу эса энг кичик м. ю. к. ёрдамида катталиқ ва шакл жиҳатдан талабни қаноатлантирадиган магнит оқими олишга имкон беради.

Энг содда магнит занжири — ҳалқасимон магнит узатувчили ғалтак 3-7-§ да кўрилган эди.

Амалда ҳар хил даражадаги мураккаб магнит занжирлари ишлатилади. Улар тармоқланган ва тармоқланмаган бўлиши мумкин. Магнит узатувчининг қисмлари битта материалдан ёки бир неча материалдан ясалган бўлиши мумкин.

Магнит занжирини ҳисоблаш кўпчилик ҳолларда магнит узатувчи маълум бўлганда олдиндан берилган Φ оқимни ҳосил қилиш учун магнит юритувчи F куч (м. ю. к) ни аниқлашни мақсад қилиб қўяди. Бунинг учун магнит узатувчи узунлиги бўйлаб l_1 ва l_2 ва ҳоказо участкаларга, ҳар бири бир хил материалдан ясалган кўндаланг кесими S_1 , S_2 ва ҳоказо, участкаларга бўлинади. Ҳар бир участка учун магнит кучланиши ҳисобланиб, улар ўрта магнит чизиги бўйлаб бутун магнит узатувчи учун йиғилиб, изланаётган м. ю. к. топилади.

Масалан, ферромагнит материалдан иборат бўлган биринчи участкадаги магнит кучланиш

$$U_{m1} = H_1 l_1,$$

бунда l_1 — чизмадан топилади, 3-7-мисолга қаранг, H_1 — эса магнитланиш эгри чизигидан (3-27-расм) топилади, бунинг учун аввал қуйидагини топиш лозим:

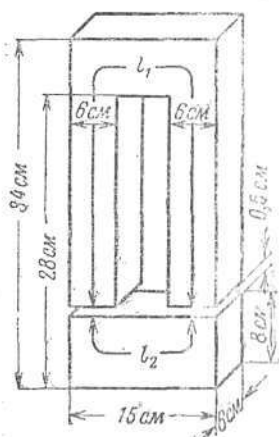
$$B_1 = \frac{\Phi}{S_1}.$$

Ҳаво ва ферромагнитмас участкадаги майдон кучланганлиги

$$H_0 = \frac{B_0}{\mu_0} \approx 0,8 \cdot 10^6 B_0, \quad (3-31)$$

бунда, агар B_0 теслаларда ифодаланган бўлса, H_0 ампер тақсим метрларда ёки $H_0 = 0,8B_0$, агар H_0 ампер тақсим сантиметрларда ифодаланган бўлса, B_0 эса гауссларда ифодаланади.

3-7- мисол. Агар чулғамдаги ток $10a$ бўлганда $470 \cdot 10^{-5}$ вб магнит оқими зарур бўлса, ўзакка ўраладиган ўрамлар (3-29- расм) сони аниқлансин. Ўзакнинг юқори қисми электротехник пўлатдан, пастки қисми эса қўйма пўлатдан ясалган.



3-29- расм.
3-7- мисолга доир.

Магнит занжирини учта участкага бўламиз: биринчиси электротехник пўлатдан ясалган бўлиб, узунлиги $l_1 = 56$ см, қўйдаланг кесими $S_1 = 36$ см²; иккинчиси қўйма пўлатдан: $l_2 = 17$ см ва $S_2 = 48$ см²; учинчи участка ҳаводан иборат бўлиб, тирқишлари $l_0 = 0,5 \cdot 2 = 1$ см ва қўйдаланг кесими $S_0 = 36$ см².

Биринчи участканинг магнит индукцияси:

$$B_1 = \frac{\Phi}{S_1} = \frac{470 \cdot 10^{-5}}{36 \cdot 10^{-4}} = 1,3 \text{ тл.}$$

Магнитладини эгри чизигига биноан электротехник пўлат учун (Э330, 3-27- расм) 1,3 тл индукцияга майдоннинг 750 а/м кучланганлиги мос келади.

Биринчи участкадаги магнит кучланиши

$$U_{m1} = H_1 l_1 = 750 \cdot 0,56 = 420 \text{ а.}$$

Иккинчи участканинг магнит кучланиши ҳам шунга ўхшаш топилади:

$$B_2 = \frac{\Phi}{S_2} = \frac{470 \cdot 10^{-5}}{48 \cdot 10^{-4}} = 0,98 \text{ тл.}$$

Иккинчи участка учун майдон кучланганлигини (3-27- расм).

$$H_2 = 400 \text{ а/м.}$$

Иккинчи участкадаги магнит кучланиши

$$U_{m2} = H_2 l_2 = 400 \cdot 0,17 = 68 \text{ а.}$$

Учинчи участка — ҳаво тирқиши учун

$$B_0 = \frac{\Phi}{S_0} = \frac{470 \cdot 10^{-5}}{36 \cdot 10^{-4}} = 1,3 \text{ тл.}$$

Майдон кучланганлигини

$$H_0 = 0,8 \cdot 10^6 \cdot B_0 = 0,8 \cdot 1,3 \cdot 10^6 = 1,04 \cdot 10^6 \text{ а/м.}$$

Магнит кучланиши

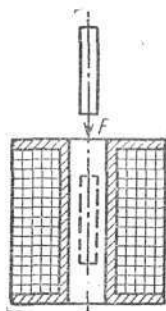
$$U_{m0} = H_0 l_0 = 1,04 \cdot 10^6 \cdot 0,01 = 10400 \text{ а.}$$

Магнит юритувчи куч

$$F = U_{m1} + U_{m2} + U_{m0} = 420 + 68 + 10400 = 10888 \text{ а.}$$

Чулғамдаги ўрамлар сони

$$\omega = \frac{F}{I} = \frac{10888}{10} = 1089 \text{ ўрам.}$$



3-30- расм. Пўлат
ўзакли ғалтак.

Агар токли ғалтакнинг геометрик ўқининг яқинроғига пўлат ўзак жойлаштирач (3-30-расм), у ҳолда ўзак магнитланиб, электромагнит кучлар таъсири остида ғалтакнинг ўртасига жойлашишга ҳаракат қиладики, ўзакнинг бу вазиятида магнит майдони энг катта бўлади.

Магнит узатувчи ва магнитловчи ғалтакдан ташкил топган қурилма электромагнит деб аталади (3-31-расм). Магнит узатувчининг битта ҳаракатланувчи қисми — якорь 2 иккинчи асосий қисми 1 ўзакка

$$F = 4B^2S \quad (3-32)$$

куч билан тортилади, бунда

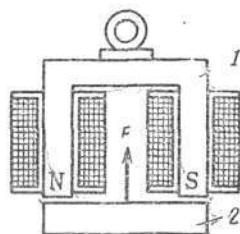
F — куч, $\kappa\Gamma$ ларда;

B — магнит индукцияси, $мл$ ларда;

S — қутбларнинг қўндаланг кесим юзи, $см^2$ ларда.

Агар магнит узатувчи магнитланиш эгри чизигининг тўйинмаган қисмида ишлаётган бўлса, магнитловчи токни ўзгартириб, электромагнитнинг кучини сошлаш мумкин.

Электромагнитлар техникада, масалан, пўлат қисмларни маҳкамлашда, тормоз мосламаларида, автоматларда, рельелар ва ҳоказоларда кенг қўлланилади.



3-31- расм. Электромагнит.

3-8- мисол. Агар электромагнитдаги индукция $1,2 мл$ га, қутбларнинг кесими эса $1000 см^2$ га тенг бўлса, электромагнитнинг тортиш кучи аниқлансин.

$$F = 4B^2S = 4 \cdot 12 \cdot 1000 = 5760 \kappa\Gamma.$$

3-16. ИНДУКТИВЛИК. ЎЗИНДУКЦИЯ ЭЛЕКТР ЮРИТУВЧИ КУЧИ

Токли электр занжирининг исталган контурини, масалан, ғалтакнинг ҳар бир ўрамини шу ўрамнинг хусусий магнит оқими кесиб ўтиб туради, бунда оқимларнинг алгебранг йиғиндиси ғалтак ўзиндукциясининг Ψ_L оқим илашувчанлиги дейилади. Ўзиндукция оқим илашувчанлигининг токка нисбатига тенг бўлган катталик контур ёки ғалтакнинг индуктивлигини ҳосил қилади:

$$L = \frac{\Psi_L}{I_L}. \quad (3-33)$$

Муҳитнинг магнит киритувчанлиги ўзгармас бўлганда ўзиндукция оқимлари билан оқим илашувчанликлари токка пропорционал, демак ғалтакнинг индуктивлиги ҳам доимийдир.

Индуктивлик ғалтак (контур)нинг шаклига ва ўлчамларига, ундаги ўрамлар сонига, муҳит (ғалтак ўзаги)нинг магнит киритувчанлигига боғлиқдир.

Индуктивликнинг ўлчов бирлиги

$$[L] = \left[\frac{\Psi_L}{I} \right] = \frac{вб}{а} = \frac{в \cdot сек}{а} = ом \cdot сек = гн.$$

Ом-секунд генри деб аталади. Генри жуда йирик бирлик, шу сабабли кўпинча майдароқ бирликлар: миллигенри = $1 \cdot 10^{-3}$ гн ва микрогенри = $1 \cdot 10^{-6}$ гн лар ишлатилади.

Ҳалқасимон ғалтакнинг магнит оқими (3-19)

$$\phi = BS = \mu a \frac{Iw}{l} S,$$

унинг оқим илашувчанлиги эса (3-27):

$$\Psi_L = w\phi = \mu a \frac{Iw^2}{l} S.$$

Шундай қилиб, ҳалқасимон ғалтакнинг индуктивлиги

$$L = \frac{\Psi_L}{I} = \mu a \frac{w^2 S}{l}. \quad (3-34)$$

3-9- мисол. Узун ўзаксиз ғалтакнинг индуктивлиги топилсин. Ғалтакнинг узунлиги 25 см, диаметри 5 см, ўрамлар сони 1000.

Ғалтакнинг индуктивлиги

$$L = \mu_0 \frac{w^2 S}{l} = 4\pi \cdot 10^{-7} \times \frac{10^6 \cdot \pi \cdot 5^2 \cdot 10^{-4}}{0,25 \cdot 4} = 39,2 \cdot 10^{-5} \text{ гн.}$$

Контурдаги токнинг ҳар қандай ўзгариши, масалан, нагрузканинг ўзгариши, занжирнинг уланиши ёки узилиши, ўзиндукция оқим-илашувчанлигининг ўзгаришига олиб келади, бу эса э.ю.к. индукцияланишига олиб келади. Контурдаги токнинг ўзгариши натижасида худди шу контурнинг ўзида электр юритувчи кучнинг ҳосил бўлиши ўзиндукция ҳодисаси деб, индукцияланган электр юритувчи куч эса ўзиндукция электр юритувчи кучи деб аталади.

Ўзиндукция электр юритувчи кучи бошқа индукцион э.ю.к. лар каби (3-28) формулага асосан топилади:

$$e_L = - \frac{d\Psi_L}{dt}$$

ёки

$$\Psi_L = LI$$

ифодани ҳисобга олсак,

$$e_L = -L \frac{di}{dt}. \quad (3-35)$$

Бундан ўзиндукция э.ю.к.и L индуктивликка ва контурда токнинг ўзгариш тезлигига пропорционал эканлиги келиб чиқади.

Ўзиндукция э. ю. к. нинг йўналиши Ленц қонунига асосан аниқланади: занжирда ток камайганда ($di/dt < 0$) э.ю.к. мусбат ва

Диэлектрикнинг солиштирма ҳажм қаршилиги унинг параметрларидан бири ҳисобланади.

4-3- мисол. Агар $U = 500$ в; ток $I_V = 2 \cdot 10^{-8}$ а; $S = 100$ см², қалинлик $l = 1$ см бўлса, электрокартоннинг (4-9-б расм) солиштирма ҳажм қаршилиги топилсин. Солиштирма ҳажм қаршилиги.

$$\rho_V = r_V \frac{S}{e} = \frac{U}{I} \frac{S}{e} = \frac{500 \cdot 100}{2 \cdot 10^{-8}} = 2,5 \cdot 10^{12} \text{ ом} \cdot \text{см}.$$

Диэлектрик электр майдонига киритилганда майдон кучлари таъсирида электронларнинг орбиталари майдонга тескари томонга қараб силжийди, бунинг натижасида атомларнинг ядролари электронлар орбиталарининг марказида эмас, балки бир оз четроқда қолади (4-10-расм). Майдон йўқолганда бундай силжиш ҳам йўқолади. Ана шундай силжиш ҳодисаси диэлектрикларнинг қутбланиши дейилади.

Қутбланган молекулалар ўзларининг электр майдонини ҳосил қилади; бу майдон асосий майдонга тескари йўналган бўлиб, уни заифлаштиради. Диэлектрикнинг электр майдони таъсирида қутбланиш қобилияти қутбланиш натижасида асосий майдон неча марта заифлашганлигини кўрсатувчи диэлектрик киритувчанлик билан характерланади.

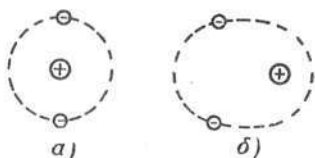
Ўзгарувчан электр майдонида диэлектрикдаги силжишлар ҳам ўзгарувчан бўлади. Бу процесс материя заррачалари ҳаракатини кучайтиради ва диэлектрикнинг қизишига сабаб бўлади. Электр майдонининг ўзгариш частотаси қанча катта бўлса, диэлектрик ҳам шунча кучлироқ қизийди. Бу ҳодисадан нам диэлектрикларни қуриштиш ёки юқори температуралар талаб қилувчи химиявий реакцияларни амалга оширишда фойдаланилади. Силжишнинг даврий ўзгариши туфайли диэлектрикнинг қизишига кетган бирлик ҳажмдаги қувват солиштирма диэлектрик йўқотишлар дейилади.

Диэлектрик киритувчанлик билан солиштирма диэлектрик йўқотишлар диэлектрикнинг муҳим параметрлари ҳисобланади.

Диэлектрик жойлашган электр майдонининг кучланганлигини ортириб бориб, шундай қийматга эришиш мумкинки, бунда диэлектрик тешилади, яъни унинг маълум бир жойи емирилади. Майдоннинг бу кучланганлиги тешилиш кучланганлиги ёки диэлектрикнинг электр мустаҳкамлиги, диэлектрик тешиладиган кучланиш эса тешилиш кучланиши дейилади.

Тешилиш характери турлича бўлиши мумкин.

Электр тешилишнинг дастлабки вақтида диэлектрикдаги озгина эркин электронлар электр майдони таъсирида диэлектрикнинг нейтрал атомлари ва молекулаларидан янги электронларни уриб чиқаришга етадиган критик тезликка эришади. Натижада диэлек-



4-10- расм. Диэлектрикнинг атоми:

а—қутбланмаган атом; б—қутбланган атом.

трикнинг тешилишига олиб келувчи уриб ионлаш процесси юзага келади.

Иссиқлик тешилиш вақтида диэлектрик электр майдонида қизийди ва натижада термик бузилиш ёки емирилиш, масалан, ёри-лиш, кўмирга айланиш ва ҳоказолар юзага келади. Диэлектрик йў-қотишлар ёки диэлектрик электр ўтказувчанликнинг ортиши ва диэлектрик қаршиликнинг температура коэффициентини манфий бўл-ганлиги сабабли кучланиш ортганда ҳажм токининг анчагина но-пропорционал ўсиши диэлектрикнинг қизишига сабаб бўлиши мумкин.

Диэлектрикнинг электр мустаҳкамлиги қатъий доимий эмас. У бир қатор сабабларга: кучланишнинг турига, унинг ўзгариш тезли-гига, кучланишнинг таъсир этиб туриш вақтига, электр майдонининг шаклига (электродларнинг шаклига), диэлектрикнинг қалинлиги, унинг температурасига, намлигига, газларда эса босимга ҳам боғлиқ.

Электр қурилмалар ишончли ишлаши учун ундаги барча диэ-лектрик қисмлар рухсат этиладиган кучланишдан юқори бўлмаган кучланишларда ишлаши зарур. Рухсат этилган кучланиш одатда тешилиш кучланишидан бир неча марта кичик бўлади. Баъзи диэ-лектрикларнинг электр мустаҳкамлиги 4-7- параграфда келтирилган.

4-4- мисол. Қалинлиги 0,2 см бўлган электрокартон иккита ясси металл элект-родлар орасига олинган. Рухсат этилган ва тешилиш кучланишлар топилсин. Рухсат этилган кучланиш тешилиш кучланишидан 3 марта катта бўлиши керак.

Жадвалдан электрокартон учун тешилиш кучланганлигини топамиз:

$$[\mathcal{E}_{\text{теш.}} = 100 \text{ кВ/см.}$$

Тешилиш кучланиши

$$U_{\text{теш.}} = \mathcal{E}_{\text{теш.}} \cdot d = 100 \cdot 0,2 = 20 \text{ кВ.}$$

Рухсат этиладиган кучланиш:

$$U_{\text{рухс.}} = \frac{U_{\text{теш.}}}{3} = \frac{20}{3} \approx 7 \text{ кВ.}$$

4-5. ЭЛЕКТР МАЙДОНИДАГИ ГАЗ

Нормал шароитларда газ диэлектрикдир, чунки унда эркин электронлар ва ионлар сони жуда ҳам кам.

Газга рентген, радиоактив, космик ва бошқа нурлар, электр май-донин, юқори температура ва шунга ўхшашлар таъсир этганда ион-лашади. Масалан, электр майдонида электроннинг газнинг нейтрал атоми ёки молекуласи билан тўқнашувини газ нейтрал атомининг электрон ва мусбат ионга парчаланишига сабаб бўлиши мумкин. Бундай тўқнашиш вақтида ҳаракатланаётган электрон ўз энергия-сининг бир қисмини газ атомига беради. Атомнинг ионлашиши учун зарур бўлган энг кичик энергия ионлаш потенциалидан аниқланади. Атомдан ажратилган электрон эркин ҳолда қолиши ёки нейтрал атом билан бирлашиб манфий ион ҳосил қилиши мумкин.

Ионлар билан электроннинг нейтрал атомларга қайта бирлаши-ши каби тескари процесс, деионланиш ёки рекомбинация

деб аталади ва у газнинг ионланиши билан бир вақтда содир бўлиб туради. Шундай қилиб, ионловчи узлуксиз таъсир қилиб турганда газнинг ионланиш даражаси тахминан бирдек қолади.

Агар ионлашган газ ичида ётган иккита металл электродларга (4-11-расм) ўзгармас кучланиш берилса, у ҳолда электр майдони мусбат ионларни майдон бўйлаб, электронлар билан манфий ионларни эса тескари йўналишда кўчишга мажбур этади, яъни газда электр токи вужудга келади.

Газнинг чет ионизатор таъсир этиб турган вақт давомидаги ўтказувчанлиги номуस्ताқил ўтказувчанлик дейилади.

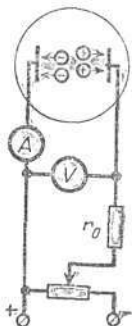
Ўзгармас ионизатор бирдек ионлаштириб турган шароитда электродлар орасидаги кучланиш ортса, аввал токнинг пропорционал ўсиши (4-12-расм), сўнгра эса ўсишнинг сусайиши ва ниҳоят бутунлай тўхташи кузатилади. Ток тўйинишга эришган шароитда, деионланиш содир бўлмайди ва ионланиш процессида ҳосил бўлган барча ион ва электронлар электродларга бориб ётади.

Кучланишни бундан кейин ҳам орттириб, иккита электрод орасида шундай кучланганликни ҳосил қилиш мумкинки, бунда электронларнинг кинетик энергияси $mv^2/2$ нейтрал атомларни ионлаш, яъни туртки ёки зарба билан ионлаш учун етарли бўлади. Атомлардан ажралган электронлар етарли даражада тезланиш олиб, янги нейтрал атомларни ионлайди ва ҳоказо. Ионлар ва электронларнинг ҳосил бўлиш процесси кўчкисмон ривожланади ва ток кескин ортиб (4-12-расм, ВГ қисм), r_0 қаршилик билан белгиланувчи қийматига эришади (4-11-расм). Бунда электродлардаги кучланиш камаяди.

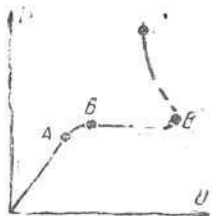
Разряд вақтида электродлар орасидаги фазо таркибида тахминан тенг миқдорда электронлар билан мусбат ионлар бўлган ионлашган газ билан тўлади. Ана шундай муҳит электрон-ион плазмаси ёки тўғридан-тўғри плазма деб аталади. Плазманинг электр ўтказувчанлиги жуда яхши бўлиб, металлларнинг электр ўтказувчанлигига яқиндир.

Электронларнинг бир қисмидаги кинетик энергия газ атомларини ионлаш учун етарли бўлмайди. Бундай ҳолларда тўқнашиш вақтида атомга берилган энергия уни фақат уйғотади. Уйғотилган атом тез орада ортиқча энергияни ёруғлик нури ҳолида қайтариб чиқаради. Ана шу нурни бизнинг кўзимиз газнинг шуъаланиши сифатида қабул қилади.

Кучланганлиги етарли даражада юксак бўлган электр майдони газда мустақил разрядни вужудга келтириши мумкин. Маъ-



4-11- расм. Газли оралиқ характеристикаси учун схема.



4-12- расм. Газли оралиқнинг вольт-ампер характеристикаси.

лум бир кучланганликда, демак, ёниш кучланиши деб аталувчи кучланишда ҳам ток кескин ортиб кетади (4-12- расмдаги ВГ қисм) ва газнинг шуълаланиши бошланади.

Газлардаги мустақил разряд бир неча: қоронғи, биқсима, учқун, ёйсимон босқичларга бўлинади.

Қоронғи разряд. Агар майдоннинг кучланганлиги унинг бирор қисмида, масалан, кичик диаметрли сим сиртининг ўткир учли қисмида берилган газ учун критик қийматга эришса, қоронғи разряд ҳосил бўлади. Баъзан бундай разряд вақтида ёруғлик чиқади — тож ҳосил бўлиб, характерли вишиллаган овоз тарқалади.

Биқсима разряд қоронғи разряддан кейинги разряд сифатида паст босимли асбобларда юзага келади. У анодга яқин жойдаги газ қатламнинг шуълаланиши — анод шуъласи билан характерлидир. Узун шиша найчаларда анод шуъласи найнинг каттагина қисмини эгаллайди ва газнинг табиатига қараб турли рангга эга бўлади, масалан, неон қизил рангли нур чиқаради. Бундай найчалар рекламали ёритгичларда қўлланилади.

Биқсима разрядли лампалар кучланиш индикаторлари сифатида ишлатилади. Неон ёки аргон тўлдирилган баллон ичига иккита металл электрод киритилади. Лампа маълум кучланишда ёнади. Лампанинг қуввати ваттларнинг улушларига тенг.

Учқун разряд кучланиш демак, майдон кучланганлиги ортганда, ионланиш электродлар орасидаги ҳамма участкага тарқалганда қоронғи разряддан ҳосил бўлади. Учқун разряд айрим каналлар бўйлаб — энг кам қаршиликли йўллар бўйлаб ўтади. Учқун каналида ҳаракатланаётган электронлар кўчкиси температура билан босимни кескин орттириб юборади, шу сабабли учқун разряд вақтида характерли шовқин юзага келади. Яшин жуда катта учқун разряддан иборатдир.

Учқун разряд электр эрозия, яъни анод моддаси заррачаларини юлиб чиқариш ҳодисасини вужудга келтиради. Бу ҳодисадан металлларга электр учқуни ёрдамида ишлов беришда фойдаланилади.

Ёйсимон разрядни дастлабки босқичсиз ҳам, масалан, ток манбаи билан чегараловчи қаршилиқ орқали туташтирилган иккита кўмир электродлар орасида ҳосил қилиш мумкин. Ёй ҳосил қилиш учун кўмир стерженларнинг учлари бир-бирига тегадиган қилиб яқинлаштирилади. Юзага келган ток стерженларнинг яқинлашган учларини жуда юқори температурага қадар қиздиради. Кўмирлар бир-биридан узоқлаштирилганида улар орасидаги газ электронлар таъсирида ионлашади ва ток занжирини туташтирувчи плазма билан тўлади. Электродлар, айниқса электронлар бомбардимон қиладиган анод қизийди. Анод билан плазманинг температураси 4000°C дан ортиб кетади, кучли ёруғлик оқими нурланади.

Плазманинг ўтказувчанлиги жуда катта, шу сабабли кучланиш кичик 15—30 в бўлганда ҳам занжирдан катта ток ўтади.

Ток ортган сари плазманинг температураси билан ўтказувчан;

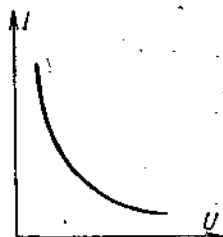
лиги ортади, ёйдаги кучланиш эса пасаяди. Ёйнинг вольт-ампер характеристикаси камайиш характерига эга (4-13- расм).

Учқун ва ёйли разрядлар электр занжирларини узган ҳамда истеъмолчиларни узган вақтларда ҳосил бўлади.

Ёйли разрядни 1802 йилда академик В. В. Петров кашф этган. У ёйли разряддан ёритиш ва бошқа мақсадларда фойдаланишни ҳам текширган.

П. Н. Яблочков 1876 йилда электр ёйини ёритишга ишлатиб кўрган.

Бизнинг мамлакатимизда кенг қўлланиладиган металлларни электр ёйи ёрдамида пайвандлаш усули илгор технологик процесслардан биридир.



4-6. ЭЛЕКТР ИЗОЛЯЦИЯСИ

4-13- расм. Ёйнинг вольт-ампер характеристикаси.

Ҳар қандай электр занжири ток ўтказувчининг ўзидан, яъни электр токи ўтадиган йўлнинг ўзидангина иборат бўлиб қолмай, балки унда токнинг шу ток ўтказувчидан ташқаридаги бошқа бирор йўлдан ўтишига имкон бермайдиган мослама ҳам бўлиши керак. Шундай қилиб, ток ўтказувчини атрофдаги муҳитдан ажратиб турувчи ва уни турли потенциаллар остидаги қисмларини бир-биридан айриб турувчи электр изолятори билан ўралган бўлиши керак.

Ундан ташқари, изолятор одамларни ток ўтказувчининг ер потенциалидан фарқли потенциал остида турган қисмларига тегиб кетиши тасодифидан сақлаши лозим.

Конденсаторларда ва қатор мосламаларда, масалан, кабелларда изолятор уларнинг сифимига, параметрларига ва хоссаларига таъсир кўрсатувчи ишчи диэлектриклар сифатида ишлатилади.

Изоляторни тўғри танлаш, унинг маъқул конструкциясини топиш ва изоляторнинг ҳолатини назорат қилиб туриш, электр қурилмаларининг шикастсиз ишлашини таъминлайди. Бунда изолятор ток ўтказувчига нисбатан осонроқ ўзгариши ва осонроқ шикастланишини назарда тутиш лозим.

Изоляторларнинг ва электротехник мосламалар, айрим элементлари изоляциясининг тузилиши ва конструкцияси ҳамда уларнинг аҳволини назорат қилиш китобнинг мос бобларида қаралган.

Электр изоляциясининг аҳамияти ва унинг баҳоси электр қурилманинг илчи кучланиши ортиши билан орта боради.

Электр мустаҳкамлиги юксак, иссиқликка чидамлилиги юқори, диэлектрик киритувчанлиги катта бўлган янги изоляцияловчи материаллар олиш ва уларни тўғри татбиқ этиш жуда катта техник-иқтисодий аҳамиятга эга, чунки бу факторлар электр тармоқларида ва электр энергияни узатувчи линияларда ишлатиладиган электр машиналар, электр аппаратларнинг ўлчамлар ва оғирлигини ҳамда баҳосини камайитириш имконини беради.

Электр изоляцияловчи материалларга уларнинг хоссаларига нисбатан жуда турли-туман талаблар қўйилади; бу хоссаларнинг асосийлари қуйидагилардир:

- 1) электр мустаҳкамлик $\epsilon_{\text{теш.}}$;
- 2) солиштира ҳажм қаршилиги;
- 3) солиштира сирт қаршилиги;
- 4) диэлектрик киритувчанлик ϵ_a , ёки ϵ ;
- 5) диэлектрик йўқотишлар.

Бундан ташқари механик, термик, физик ҳамда химиявий хоссалари ҳам катта аҳамиятга эга.

Талабларнинг турли-туманлигига мос равишда электротехникада жуда кўп хилдаги электр изоляцияловчи материаллар ишлатилади.

4-7. ЭЛЕКТР ИЗОЛЯЦИЯЛОВЧИ МАТЕРИАЛЛАР

Электр изоляцияловчи материалларни ҳар хил белгиларига қараб бир неча гуруҳларга ажратиш мумкин: 1) агрегат ҳолатларига кўра газсимон, суюқ, қаттиқ материалларга; 2) химиявий табиатига кўра органик ва неорганик материалларга; 3) иссиқликка чидамлилигига кўра 14-2-§ даги синфларга ва ҳоказо.

а) Газсимон диэлектриклар

Ҳаво табиий изолятордир. Қурилмаларнинг айрим қисмларида, масалан ҳаво электр узатиш линияларида таянчлар орасидаги ҳаво яланғоч симлар орасидаги табиий изолятордир.

Ҳавонинг электр мустаҳкамлиги бошқа газлардаги каби температурага, босимга ва қатор бошқа шароитларга боғлиқ. Нормал температура ($+20^{\circ}\text{C}$) ва нормал босимда ҳавонинг электр мустаҳкамлиги кўпчиликлари суюқ ва қаттиқ диэлектрикларникидан кам, яъни 30 кВ/см бўлади. Шу сабабли баъзида бевосита қаттиқ диэлектрикнинг (изоляторнинг) сиртида ҳаво қатлами тешилади ва бу сирт бўйича разряд деб аталади. Сирт бўйича разряд изоляторнинг тешилишидан афзалроқ, чунки ҳавонинг электр мустаҳкамлиги қайта тикланади, тешилган изолятор эса ишдан чиқади ва уни алмаштириш зарур бўлиб қолади.

Бошқа газлардан водород, карбонат ангидрид, азот ва инерт газлар: аргон ва неонлар табиқ этилади. Аргон ва неон электр лампаларнинг колбаларини тўлдиришда ишлатилади.

Йирик электр машиналарини совитишда ҳаво ўрнига водород ишлатилади, чунки бу газнинг иссиқлик ўтказувчанлиги ва иссиқлик сифими катта бўлганлиги сабабли унинг совитиш учун ишлатилиши анча қулайдир.

б) Суюқ диэлектриклар

Суюқ диэлектрикларга: минерал мойлар, синтетик суюқликлар, мумлар, бўёқлар кирази.

Минерал мойлар нефтни қайта ишлашдан олинган маҳсулотлардир. Улар суюқ углеводородларнинг аралашмаларидир. Улар асо-

сан мойли трансформаторлар, мойли виключателлар, куч кабеллари ва конденсаторларда ишлатилади.

Трансформаторларда мой ток ўтказувчи қисмларни изоляциялашда ҳамда конвенция йўли билан совитишда, яъни мой циркуляцияси орқали иссиқликни узатишда ишлатилади.

Мойли виключателларда мой занжир узилганда ҳосил бўладиган электр ёйини ўчириш учун хизмат қилади.

Ишчи кучланиши 35 киловаттгача етадиган кабелларда мой изоляцияга шимдириш учун ишлатилади. Ишчи кучланиш 100 киловатт ва ундан юқори бўлган кабелларда бу кабель учун мўлжалланган каналлар мой билан тўлдирилади.

Мой юқори электр мустаҳкамликка ($100 - 200 \text{ кВ/см}$) эга бўлиши керак. Агар мойда намлик бўлса унинг мустаҳкамлиги кескин тушиб кетади, шу сабабли мой ускуналарга қўюлишдан аввал ва даврий равишда қуритилиб ва тозаланиб турилиши керак. Мойнинг диэлектрик мустаҳкамлиги $\epsilon = 2 \div 2,3$; солиштирма ҳажм қаршилиги $\rho_v = 10^{14} \div 10^{15} \text{ ом/см}$.

Сўнгги йилларда сунъий суюқ диэлектриклар жуда кенг қўлланилмоқда.

Совол ҳар хил даражада хлорланган дифенил молекулаларнинг аралашмасидан иборат. Бу синтетик суюқ диэлектрик конденсаторларга шимдириш ва уларни тўлдириш учун ишлатилади, чунки унинг диэлектрик киритувчанлиги минерал мойникидан икки мартадан ортиқроқ катта. Демак, конденсаторларнинг сифimini тахминан 2 марта ортиради.

Ёпишқоқлиги юқори бўлганлиги учун соволни трансформаторларга қўйиб бўлмайди, бу мақсадлар учун совтол ишлатилади. У трихлорбензол билан суюлтирилган соволдир.

Совтол ҳам соволга ўхшаб ёнмайди, шу сабабли улар билан тўлдирилган трансформаторлар ёнғин нуқтаи назаридан хавфсиз бўлади.

Смолалар паст температураларда аморф шишасимон масса бўлиб, иситганда юмшаб пластик, кейин эса суюқ ҳолатга келади. Смолалар гигроскопик эмас ва сувда эримайди, бироқ, спирт ва бошқа эритувчиларда эрийди.

Смолалар кўп лаклар, компаундлар, пластмассалар, бўёқларнинг муҳим таркибий қисмидир. Табиий ва сунъий смолалар мавжуд.

Табиий смолалар баъзи ҳайвонлар организмларининг (масалан, шеллак) ёки ўсимликларининг (масалан, смолонослар) ҳаёт кечириши натижасида ҳосил бўладиган маҳсулотдир. Синтетик смолаларнинг, масалан, полиэтилен, поливинилхлоридларнинг аҳамияти катта. Поливинилхлорид — хлорли винилнинг полимери бўлиб, симлар ва кабелларни изоляциялашда, ҳимоя қатламлари, лаклар тайёрлашда ишлатилади.

Сунъий смолаларнинг диэлектрик киритувчанлиги $\epsilon = 4 \div 9$; электр мустаҳкамлиги $U_{\text{теш}} = 150 \div 400 \text{ кВ/см}$; солиштирма ҳажм қаршилиги $\rho_v = 10^{13} \div 10^{14} \text{ ом. см}$.

Лаклар юпка парда ҳосил қиладиган моддалар: смолалар, битумлар, қурийдиган ўсимлик, масалан, каноп мойлари, целлюлоза эфирларининг эритмаларидан иборат. Қуритиш процессида лак пардаси ҳосил бўлади.

Қаерларда ишлатилишига қараб лакларнинг шимдириладиган, қопланадиган ва ёпиштириладиган турлари бўлади. Шимдириладиган лаклар электр машиналари ва аппаратларининг намликка чидамлилигини орттириш мақсадида уларнинг чулғамларига шимдирилади. Қопланадиган лаклар атрофдаги муҳитнинг таъсиридан ҳимоя қиладиган қатламлар ҳосил қилиш учун ишлатилади. Ёпиштириладиган лаклар слюда япроқчаларини бир-бири билан, қоғоз ёки мато (миканит, микалента) билан ёпиштириш учун мўлжалланган.

Эмаллар таркибига анорганмик тўлдирувчилар (улар эмаль пардаларининг қаттиқлигини, механик мустаҳкамлигини, намликка чидамлилигини орттиради) киритилган лаклардан иборатдир.

Эмаль лаклар чулғамлар (эмаль изоляцияли симлар) сиртида юпка (0,05 мм) ва эгилувчан изоляцияловчи қопламалар ҳосил қилиш учун ишлатилади.

в) Қаттиқ диэлектриклар

Қаттиқ диэлектриклар изоляцияловчи материалларнинг анчагина гуруҳини ташкил қиладди. Улардан баъзи бир энг кўп қўлланиладиганларини кўриб чиқайлик. Ихчамроқ бўлиши учун улар ҳақидаги маълумотлар 4-1-жадвалда келтирилган.

4-1-жадвал

Баъзи электр изоляцияловчи материалларнинг характеристикалари

Диэлектрик	$\epsilon_{\text{теп.}}$	ϵ	ρ_v
	кг/см.	—	ом. см.
Асбест	30÷60	—	10^8
Мой шимдирилган қоғоз	100÷250	3,6	—
Гетинакс	100÷150	4÷7	$10^{10} \div 10^{12}$
Ёғоч	25÷50	2÷3	$10^8 \div 10^{11}$
Лакоткань	70÷400	3÷4	$10^{11} \div 10^{18}$
Мармар	30÷50	7÷8	$10^8 \div 10^{11}$
Полистирол	200÷300	2,5	$10^{16} \div 10^{18}$
Парафин	200÷250	2÷2,2	$10^{16} \div 10^{17}$
Поливинилхлорид	325	3,2	10^{14}
Полиэтилен	500	2,25	$10^{14} \div 10^{16}$
Резина	150÷250	3÷6	$10^{13} \div 10^{14}$
Шиша	100÷150	6÷10	10^{14}
Органмик шиша	400÷500	3	$10^{14} \div 10^{16}$
Шиша мато	300÷400	3÷4	$10^{12} \div 10^{14}$
Слюда	500÷1000	5,4	$5 \cdot 10^{11}$
Совол	140÷180	5,3	$10^{13} \div 10^{15}$
Трансформатор мойи	50÷180	2÷2,5	$5 \cdot 10^{14} \div 5 \cdot 10^{17}$
Текистолит	10÷75	4÷8	$10^{10} \div 10^{18}$
Чинни	150÷200	5,5	$10^{14} \div 10^{15}$
Эбонит	600÷800	3÷3,5	$10^{15} \div 10^{16}$
Электрокартон	80÷120	3÷3,5	$10^8 \div 10^{10}$

1. Толали органик материаллар: қоғоз, картон, фибра, матолар, ёғоч, пахта, шойи толаларидан тайёрланади.

Улар эластик, етарли даражада механик мустаҳкам ва гиграскопикдир; гиграскопикликни камайтириш учун уларга мой ёки компаунд шимдирилади.

Қоғоз ёғочдан махсус ишлов бериш йўли билан тайёрланади. Қоғозлар электротехникада кабеллар, конденсаторлар тайёрлашда ишлатилади. Гетинакс тайёрлашда эса шимувчи қоғоз, бакелит буюмлар тайёрлашда ўраладиган қоғозлар, пўлат тахтачаларни изоляциялашда эса ёпиштириладиган қоғозлар ишлатилади.

Электрокартон (пресшпан) целлюлозадан тайёрланиб прессланади. ЭВ маркали электрокартон ҳавода ишлатиш учун, ЭМ маркалиси эса мейда ишлатиш учун мўлжалланган.

Электрокартон электр машиналари тирқишларига қўйиладиган қатламлар учун, трансформатор чулғамларига ғалтаклар (каркаслар) ва турли буюмлар яшаш учун ишлатилади.

Фибра ғовак қоғозга хлорли рух билан ишлов бериб тайёрланади. У панеллар, тирговучлар, втулкалар, ғалтакларга каркаслар ва бошқа электр буюмлари тайёрлашда ишлатилади.

Гетинакс — бакелит шимдирилиб прессланган қоғоз; 0,2 дан то 500 мм гача қалинликдаги тахтача шаклида тайёрланади.

Текстолит — резол смоласи шимдирилган кўп қатламли прессланган мато.

2. Пластмассалар — иккита таркибий қисмдан — бирлаштирувчи ва тўлдирувчидан ташкил топган материаллардир. Бирлаштирувчи модда сифатида смолалар ва битумлар, шунингдек шиша (миколекса) ёки цемент (асбестцементда) ишлатилади. Тўлдирувчилар кукунсимон ва толасимон бўлиши мумкин.

Пластмассанинг мўртлигини камайтириш учун унинг таркибига пластификаторлар, буюмга ранг бериш учун эса бўёқ модда қўшилади.

Пластмассалар иссиқ ёки совуқ ҳолда прессланган бўлиши мумкин.

Пресс-формада пластмасса маълум шаклдаги тайёр буюмга айлантирилади.

Пластмассалар электротехникада изоляцияловчи ва конструкция материаллари сифатида кенг қўлланилади.

3. Эластомерлар. Эластиклик материалнинг чўзилганда жуда ҳам чўзилиши ва нагрузка олинган вақтда дастлабки ўлчамларига қайта олиш хусусиятидир.

Эластиклик хоссасига эга бўлган материаллар эластомерлар деб аталади.

Ўсимликлардан — таркибида каучук бўлган ўсимликлардан олинган натурал каучук юксак эластикликка эга бўлиб, намлик ва газларни жуда кам ўтказди.

Сўнгги ўн йилликларда синтетик каучук кенг қўлланилмоқда.

Резина — каучукни олтингургурт билан ишлаб ҳосил қилинадиган эластик материалдир. Олтингургурт миқдори 1 — 3% бўлганда

юмшоқ, жуда ҳам эластик резина ҳосил бўлади, олтингугурт миқ-
дори 25 — 50% бўлганда эса қаттиқ резина — эластикмас, жуда
яхши ишлов бериладиган материал — эбонит ҳосил бўлади.

Резина эластиклиги ва юқори электр хоссаларига эгаллиги туфай-
ли (4-1- жадвалга қаранг) электротехникада жуда кенг қўлланилади.

Таркибида олтингугурт кам бўлган резина сим ва кабелларни
изоляциялашда ишлатилади. Эбонит изоляцияловчи деталлар тайёр-
лашда ишлатилади.

Резинанинг камчилиги унинг иссиққа ва минерал мойларнинг
таъсирига чидамсизлигидир.

Сўнгги вақтларда резина ўрнига резинага қараганда ишқорлар-
га, кислоталарга, минерал мойларга, бензинга чидамлироқ бўлган
пластмасса-эластомерлар масалан, поливинилхлорид, полиэтилен-
лар муваффақият билан ишлатилмоқда.

4. Шиша кремнеземни (SiO_2) натрий, калий, кальций оксид-
лари билан бирга эритиб кейин кескин совитиш ва буюмга керакли
шакл бериш учун унга ишлов бериш йўли билан олинади.

Оддий шиша мўрт бўлиб, махсус тайёрланган шишалар, маса-
лан, сталинит эса юқори мустаҳкамликка эга.

Шиша электротехникада изоляторлар, чўғланма лампалар ҳамда
электрон лампалар учун колбалар ясашда ишлатилади.

Шишадан, масалан, юқори температураларга мўлжалланган сим-
ларни изоляциялаш учун ишлатиладиган тола ва шиша мато олиш
мумкин.

5. Электрофарфор: каолин, ўтга чидамли гил, кварц, дала
шпати майдаланиб аралаштирилади ва буюмга керакли шакл бериш
учун ишлов берилади, гигроскоплигини камайтириш мақсадида сир-
ланади ҳамда қиздирилиб ишлов берилади.

Чиннининг механик ҳамда электр мустаҳкамлиги ва иссиқликка
чидамлилиги юқори. У юқори ва паст кучланишлар учун изолятор-
лар тайёрлашда кенг қўлланилади.

6. Слюда — кристаллик тузилишга эга бўлган юпқа япроқча-
ларга ажраладиган минералдир. Унинг иссиқликка, намликка чидам-
лилиги юқори бўлиб, юксак электр хоссаларига эга (4-1- жадвалга қа-
ранг). Слюда электротехника ва радиотехникада кенг қўлланилади.

Миканит — лак ёки смөла ёрдамида бир-бирига ёпиштирилган
слюда япроқчаларидан иборат. У коллектор пластинкалари орасига
қўйиш, турли мақсадлар учун изоляцияловчи қатламлар тайёрлаш,
шунингдек фомовка йўли билан бир қилинган деталлар тайёрлаш
учун ишлатилади.

7. Асбест — толали тузилишдаги минералдир. Асбестнинг асо-
сий устунилиги унинг 300 — 400°C гача иссиққа чидамлилигидир.
У гигроскопикдир. Унинг электр изоляциялаш хоссалари у қадар
юқори эмас (4-1- жадвалга қаранг). Асбестдан калава, мато, тасма,
шнурлар, картон тайёрланади.

Асбестоцемент асбест тола; цемент ва сувдан иборат мас-
сани совуқ ҳолатда пресслаш йўли билан олинади. У температура-
га жуда чидамли, механик мустаҳкам ва ўтда ёнмайди.

Асбест-цемент электр шчитларига тўсиқлар, найлар ва бир қоллипдаги деталлар тайёрлашда ишлатилади.

8. Мармар — тоғ жинси бўлиб, ундан электр шчитлари ва шчитчаларидagi панеллар учун мармар тахтачалар тайёрланади.

9. Парафин — нефтни қайта ишлаш маҳсулоти — оқ мумсимон моддадир. Парафин гигроскопик эмас, у 55°C да суюлади.

Қоғоз, картон, ёғочларнинг гигроскопиклигини камайтириш мақсадида уларга парафин шимдирилади.

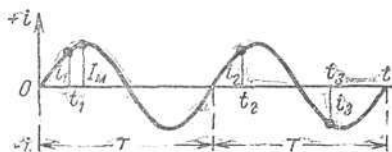
Бешинчи боб

ЎЗГАРУВЧАН ТОК

5-1. ЎЗГАРУВЧАН ТОКНИНГ ДАВРИ ВА ЧАСТОТАСИ

Ўзгарувчан токнинг кенг қўлланилишининг сабаби унинг оддий йўл билан деярли исрофсиз трансформациялаш мумкинлигидир, яъни турли кучланишлар — узоққа электр энергия узатиш учун юксак кучланишли ва истеъмолчи учун паст кучланишли — электр токи олиш мумкинлигидир.

Техникада ўзгарувчан ток деб барча қийматлари давр (T) деб аталувчи бир хил вақт оралиқларида такрорланиб турувчи даврий токка айтилади; бунда ярим давр ичида ток бир томонга йўналса, иккинчи ярим давр ичида эса бошқа қарама-қарши йўналишга эга бўлди.



5-1-расм. Ўзгарувчан ток графиги.

Ўзгарувчан синусоидал токнинг графиги 5-1- расмда кўрсатилган; графикда абсцисса ўқи бўйлаб вақт, ордината ўқи бўйича эса i токнинг қийматлари қўйилган. Ординаталарнинг абсцисса ўқидан юқорида ётган қисми токнинг мусбат қийматини, абсцисса ўқидан пастдагиси эса — токнинг манфий қийматини билдиради.

Ўзгарувчан катталиқнинг вақтнинг бирор momentiдаги қиймати унинг оний қиймати дейилади ва стандартга мувофиқ кичик ҳарф билан белгиланади, масалан, токнинг оний қиймати i билан кучланишнинг оний қиймати эса u билан белгиланади.

Токнинг оний қиймати деб ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали кичик dt вақт ичида ўтган элементар dq электр миқдорининг шу вақтнинг давом этган вақтига нисбатига айтилади, яъни

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (5-1)$$

Қатталикнинг давр ичидаги энг катта қиймати унинг максимал ёки амплитуда қиймати дейилади ва стандартга биноан «М» индексли ёзма ҳарф билан белгиланади, масалан. I_m — токнинг амплитуда қиймати (5-1- расм). Давр давомида токнинг (кучланишнинг) юз берадиган ўзгаришлари тўплами ўзгарувчан токнинг цикли деб аталади. Даврга тескари катталик, яъни бир секунддаги даврлар сони ўзгарувчан токнинг частотаси дейилади, шундай қилиб, частота

$$f = \frac{1}{T}. \quad (5-2)$$

СИ системасида частота бирлиги герц (гц) бўлиб, у сон жиҳатдан секунди даврга тенгдир.

СССР да стандарт саноат частотаси 50 гц. Телефон алоқаси 300—3500 гц частоталарда (товуш частоталарида) ишлайди. Радиотехникада 10^5 — 10^{10} гц частоталар қўлланилади.

5-2. СИНУСОИДАЛ. Э. Ю. К. ОЛИШ

Техникада синуслар қонуни (5-1- расм) бўйича ўзгарадиган тоқлардан фойдаланилади, чунки тоқлар бундай ўзгарганда улар индукциялаган э. ю. к. лар ҳам, кучланишлар ҳам худди ўша қонун бўйича ўзгаради. Ҳақиқатдан шундай бўлиши қуйида кўрсатилади.

5-2- расмда энг содда генераторнинг тuzилиши тасвирланган. Электромагнитнинг NS қутблари орасида пўлат тахтачалардан тuzилган ва сиртига сим ўрам маҳкамланган цилиндр — якорь жойлашган. Ўрамнинг учлари якорь ўқиға изоляцияланиб, ўрнатилган мис Ҳалқаларға туташтирилган. Ҳалқаларға ташқи занжирға туташтирилган шеткалар тегиб туради.

Қутбларға шундай шакл берилганки, бунда ҳаво тирқиши қутбнинг ўртасидан четига қараб ортиб боради ва тирқишдаги магнит индукцияси B якорнинг сиртида унинг айланаси бўйлаб синуслар қонуни бўйича ўзгаради, яъни

$$B = B_m \sin \alpha,$$

бунда B_m — қутб маркази остидаги максимал индукция, α — якорь ўқи орқали ўтувчи OO^1 нейтрал текислик билан худди ўша ўқ ҳамда якорь сиртидаги ихтиёрий нуқта орқали ўтувчи текислик орасидаги бурчак.

Якорь ўзгармас $\omega = \alpha/t$ бурчак тезлик билан айланган вақтда ўрамнинг ҳар бир актив томонида қуйидагича э. ю. к. индукцияланади:

$e' = Blv = B_m l v \sin \alpha = B_m l v \sin \omega t$ ўрамнинг актив томонлари ўзаро кетма-кет уланган, шу сабабли ўрамда индукцияланган э. ю. к.

$$e = 2e' = 2B_m l v \sin \omega t.$$

5-3- расмда $e = f(t)$ ва $e' = f(t)$ э. ю. к. ларнинг графиклари келтирилган.

Агар якорда битта ўрам ўрнига ω ўрамли ғалтак бўлса, у ҳолда э. ю. к. қуйидагича

$$e = 2B_m l \omega v \sin \omega t,$$

яъни ω марта каттароқ бўлади.

$\sin \omega t = 1$ да э. ю. к. максимал қийматга эга бўлади

$$E_m = 2B_m l \omega v, \quad (5-3)$$

демак, якорь ғалтагида индукцияланган э. ю. к.

$$e = E_m \sin \omega t. \quad (5-4)$$

Бу ёзилган ифодадан ҳисоб боши деб қабул қилинган $t = 0$ вақт моментида ўрам текислиги нейтрал текислик кўриниб турибди, чунки

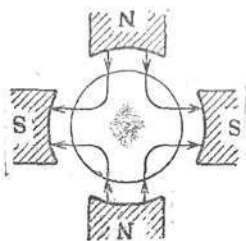
$$\alpha = \omega t = 0.$$

Якорнинг айланиш тезлиги ўзгармас бўлса, у бир айланиб чиққанда $\alpha = 2\pi$ э. ю. к. нинг бир $t = T$ даврга мос тўла ўзгариш цикллари амалга ошади, шу сабабли айланишнинг бурчак тезлиги қуйидагича ифодаланиши мумкин:

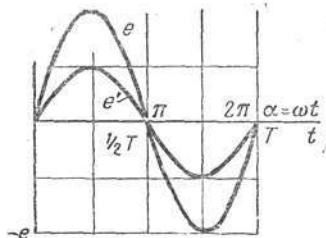
$$\omega = \frac{\alpha}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f. \quad (5-5)$$

Бир жуфт қутбли генераторлардан ташқари кўп жуфт қутбли генераторлар ҳам ишлатилади. p та жуфт қутбли генераторда (5-4-расм) якорь бир айланиб чиққанда э. ю. к. ўзгаришининг p цикли амалга ошади, чунки бир айланиш ичида ҳар бир ўтказгич p марта шимоллий қутб остидан ва p марта жанубий қутб остидан ўтади.

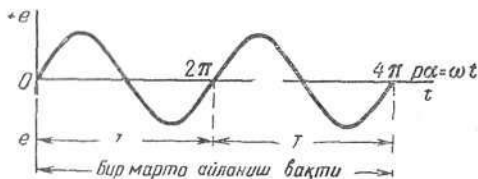
5-5- расмда $e = f(t)$ нинг икки жуфт қутбли генератор якори бир марта айланиб чиққан вақтдаги графикли келтирилган.



5-4- расм. Икки жуфт қутбли ўзгарувчан ток генератори.



5-3-расм. Ўзгарувчан э. ю. к. ларнинг графикли.



5-5- расм. Икки жуфт қутбли генератор ўзгарувчан э. ю. к. нинг графикли.

Синусоидал э. ю. к. олиш учун p жуфт қутбли генераторнинг якори сиртидаги магнит индукцияси қуйидаги қонун бўйича ўзгариши керак:

$$B = B_m \sin p\alpha. \quad (5-6)$$

$p(\alpha)$ кўпайтма геометриядаги α бурчакдан фарқли равишда электр бурчаги деб аталади.

Электр бурчагининг вақтга нисбати $p\alpha/t = \omega$ электр бурчак тезлиги ёки бурчак частотаси деб аталади. $t = T$ да $p\alpha = 2\pi$ бўлади ва кўп қутбли генераторнинг бурчак частотаси

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (5-7)$$

генератор қутбларининг неча жуфт эканлигига боғлиқ бўлмайди.

Агар якорь n тезлик билан айланса, яъни минутига n марта айланса, у ҳолда индукцияланган э. ю. к. нинг бир минутдаги цикллари сони pn , бир секунддаги цикллари сони, яъни частота эса

$$f = \frac{pn}{60}, \quad (5-8)$$

бурчак частотаси эса

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{pn}{60}. \quad (5-9)$$

5-1- мисол. Буғ турбинаси билан биргаликда ишлаётган генераторнинг икки жуфт қутби бор ($p=2$). Унинг якори 1500 $\frac{\text{айл}}{\text{мин}}$ тезлик билан айланади. Ўзгарувчан токнинг частотаси аниқлансин:

$$f = \frac{pn}{60} = \frac{2 \cdot 1500}{60} = 50 \text{ гц.}$$

5-2- мисол. Номинал тезлиги 250 $\frac{\text{айл}}{\text{мин}}$ бўлган гидротурбина билан бирга ишлаётган генераторнинг частотаси $f = 50$ гц бўлса, унда неча жуфт қутб бўлиши керак.

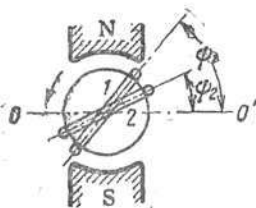
(5-8) га биноан

$$p = \frac{f \cdot 60}{n} = \frac{50 \cdot 60}{250} = 12 \text{ жуфт.}$$

5-3. ФАЗАЛАР СИЛЖИШИ

Фазода бир-бирига нисбатан силжиган (5-6-расм) иккита бир хил 1 ва 2 ўрамлар ўрнатилган якорь айланганда бу ўрамларда бир хил частотали ва бир хил амплитудали э. ю. к. лар индукцияланади. Бироқ улар фазода бир-бирига нисбатан силжиганлиги учун э. ю. к. лар бир вақтда амплитуда қийматларига эришмайди.

Агар якорь соат стрелкаси айланишига тескари айланаётган бўлиб, вақтнинг бошлан-



5-6- расм. Генератор якори чулғамининг икки ўрами.

ғич моментиди ($t = 0$) ўрамлар нейтрал OO' текисликка нисбатан ψ_1 ва ψ_2 бурчаклар остида жойлашган бўлса, у ҳолда вақтнинг ихтиёрий t моментиди ўрамларда индукцияланган э. ю. к.:

$$e_1 = E_m \sin(\omega t + \psi_1) \text{ ва } e_2 = E_m \sin(\omega t + \psi_2). \quad (5-10)$$

Сўнгги ифодалардаги $(\omega t + \psi)$ фаза бурчаги ёки фаза дейилади. Шундай қилиб, (5-10) ифодалардан э. ю. к. нинг оний қийматини E_m амплитуда билан фаза белгилаши келиб чиқади.

Вақтнинг бошланғич $t = 0$ моментиди ўрамларда индукцияланган э. ю. к. лар:

$$e_{10} = E_m \sin \psi_1 \text{ ва } e_{20} = E_m \sin \psi_2.$$

5-7- расмда бу э. ю. к. лар бошланғич ординаталар билан тасвирланган.

Э. ю. к. нинг вақтнинг $t = 0$ моментиди қийматини белгиловчи ψ_1 ва ψ_2 электр бурчаклар бошланғич фаза бурчаклари ёки бошланғич фазалар деб аталади. Мусбат бошланғич фаза координаталар системаси бошидан чапга қараб, манфийси эса ўнгга қараб қўйилади.

Иккита синусоидал катталиклар бошланғич фазаларининг фарқи фазалар силжиш бурчаги ёки фазалар силжиши деб аталади

$$\psi = \psi_1 - \psi_2. \quad (5-11)$$

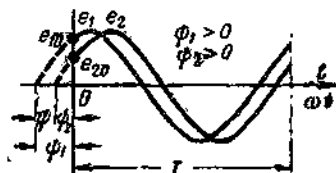
Фазалар силжишини бурчак частотага бўлсак, силжиш вақти ҳосил бўлади:

$$\frac{\psi}{\omega} = \frac{\psi T}{2\pi} = t_{12}.$$

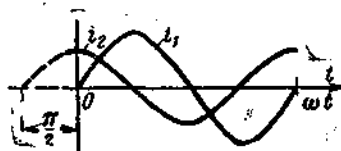
яъни, битта синусоидал катталик даврининг бошланиши иккинчисиникига қараганда қанча эртароқ эришилишини кўрсатувчи вақтни топамиз.

Даврнинг бошланиши деб синусоидал катталик ўзининг мусбат қиймати бошланадиган 0 қийматидан ўтган вақт моментига айтилади.

Даврининг бошланиши иккинчисиникига қараганда эртароқ юз берадиган катталик фаза бўйича илгариланма катталик, иккинчиси эса фаза бўйича кечикма катталик деб аталади. Масалан, e_1 э. ю. к. (5-7- расм) e_2 э. ю. к. дан фаза бўйича $\angle \psi$ га ёки t_{12} вақтга илгариланма ёки худди шунинг ўзи, e_2 э. ю. к. e_1 дан $\angle \psi$ га ёки t_{12} вақтга кечикмадир.



5-7- расм. Иккита ўзгарувчан э. ю. к. нинг графиги.



5-8- расм. Иккита ўзгарувчан ток графиги.

Бир хил бошланғич фазали, яъни даврларнинг бошланишлари устма-уст тушган иккита синусоидал катталиқ фаза бўйича мос деб аталади ($\psi = 0$).

i_1 ва i_2 тоқлар (5-8- расм) фаза бўйича чорак даврга ёки 90° га силжиган. i_1 тоқнинг бошланғич фазаси ноль, i_2 тоқнинг бошланғич фазаси эса $\pi/2 = 90^\circ$, шундай қилиб,

$$i_1 = I_{m1} \sin \omega t; \quad i_2 = I_{m2} \sin(\omega t + \pi/2).$$

Бошланғич фазаси $\pi/2$ га тенг синусоида, бу бошланғич фазаси нолга тенг бўлган косинусоиданинг ўзгинасидир: $i_2 = I_{m2} \cos \omega t$.

Фаза бўйича ярим даврга силжиган синусоидал катталиқлар ҳақида улар бири-бирларига нисбатан тескари фазада ўзгаради дейилади.

5-3- мисол. Иккита э. ю. к. берилган:

$$e_1 = E_m \sin(\omega t + 60^\circ); \quad e_2 = E_m \sin \omega t.$$

Частота $f = 500$ Ғц.

e_1 ва e_2 ларнинг фазалар силжиш бурчаги, фазалар силжиш вақти аниқлансин. Бошланғич ψ_1 ва ψ_2 фазаларни радианларда ифодалайлик:

$$\psi_1 = \frac{60 \cdot 2\pi}{360} = \frac{\pi}{3}; \quad \psi_2 = 0.$$

Фазалар силжиш бурчаги

$$\psi = \psi_1 - \psi_2 = \frac{\pi}{3}.$$

Давр

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{500} = 0,002 \text{ сек.}$$

e_1 ва e_2 ларнинг фазалар силжиш вақти

$$t_{12} = \frac{\psi}{\omega} = \frac{\pi T}{3 \cdot 2\pi} = \frac{T}{6} = 0,00033 \text{ сек.}$$

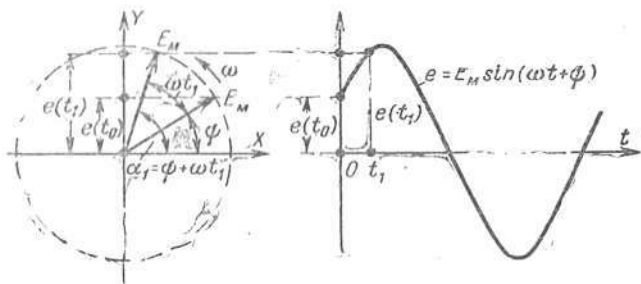
5-4. ВЕКТОРЛАР ДИАГРАММАСИ

Синусоидал катталиқлар ё синусоидалар ёки айланувчи векторлар билан тасвирланади.

Тасвирлашнинг биринчи усули 5-1, 5-2, 5-3- параграфларда кўриб чиқилди. Бундай тасвирлаш усули амплитудани, бошланғич фазани ва даврни, яъни синусоидал катталиқни характерловчи миқдорларни аниқлашга имкон беради.

Синусоидал катталиқни айланувчи вектор билан тасвирлаганда маълум масштабдаги векторнинг узунлиги катталиқнинг амплитудасини ифода этади; вектор билан абсцисса ўқининг мусбат йўналиши орасидаги бурчак бошланғич моментда бошланғич фазага тенг, векторнинг айланиш бурчак тезлиги эса бурчак частотага тенг. Айланувчи вектор билан тасвирланган синусоидал катталиқнинг оний қиймати векторнинг ординаталар ўқига проекцияси билан белгиланади.

Масалан, $e = E_m \sin(\omega t + \psi)$ э. ю. к. ни тасвирлаш учун абсцисса ўқининг мусбат йўналиши билан ψ бурчак ҳосил қилувчи (5-9- расм) танлаб олинган масштабда E_m амплитудани ифодаловчи вектор ўтказилади. Вектор мусбат йўналишда (5-9- расм) ω бурчак тезлик билан айланганда унинг ордината ўқига (Y ўққа) проекциялари вақтнинг мос моментлари учун э. ю. к. нинг оний қийматла-



5-9- расм. Синусоидал катталикни айланувчи вектор орқали тасвирлаш.

рини ифодалайди, чунки улар танлаб олинган масштабда қуйидаги катталиклардан иборат бўлади:

$$E_m \sin \alpha = E_m \sin(\omega t + \psi).$$

Графикда (5-9- расм) вақтнинг t_1 momenti учун э. ю. к. $e(t_1)$ ордината билан тасвирланган; бу ордината шу моментда абсцисса ўқига нисбатан $\alpha = (\omega t_1 + \psi)$ бурчак остида жойлашган айланувчи векторнинг Y ўққа проекциясига тенг.

Бир хил частотали синусоидал катталикларни тасвирловчи битта ёки бир неча векторлар вектор диаграмма дейилади.

Векторлар диаграммаси ташкил қилувчи векторлар айланганда уларнинг ўзаро вазияти ўзгармайди. Одатда айрим катталиклар орасидаги фазалар силжиши анча қизиқарлидир. Шу сабабли векторлар диаграммаси тузилаётганда биринчи ўтказилаётган вектор ихтиёрий равишда йўналтирилиб, диаграмманинг бошқа векторлари эса ўша векторга нисбатан фазалар силжиш бурчакларига тенг бурчак остида жойлаштирилади.

Вектор диаграммалар ўзгарувчан ток занжирларидаги ҳоди аларни текширишда кенг қўлланилади.

5-10- расмда иккита E_{m1} ва E_{m2} э. ю. к. векторлари ва уларнинг геометрик йиғиндиси — $t = 0$ моментдаги йиғинди E_m э. ю. к. нинг вектори тасвирланган. Вақтнинг исталган momenti учун айланувчи E_{m1} ва E_{m2} векторларнинг Y ўққа проекциялари йиғиндиси йиғинди E_m векторнинг худди ўша ўққа проекциясига тенг, яъни $e = e_1 + e_2$, чунки векторлар айланган вақтда уларнинг ўзаро вазияти ўзгармайди.

Бир хил частотали иккита синусоидал катталиқ ўзаро қўшилганда худди шундай частотали синусоидал катталиқ ҳосил бўлади ва унинг амплитудаси йиғинди векторнинг, масалан,

$$\bar{E}_m = \bar{E}_{m1} + \bar{E}_{m2} \quad (5-12)$$

векторнинг узунлиги билан ифодаланади.

Ҳарфлар устидаги чизиқлар бу катталиқларнинг вектор эканини, демак, уларни параллелограмм (учбурчак) қондасига асосан қўшиш лозимлигини кўрсатади.

Йиғинди катталиқнинг бошланғич фазаси (5-10- расм) қуйидаги формуладан топилади:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{AB}{OB} = \frac{E_{m1} \sin \psi_1 + E_{m2} \sin \psi_2}{E_{m1} \cos \psi_1 + E_{m2} \cos \psi_2} \quad (5-13)$$

Икки синусоидал катталиқни айириш амали камаяётган катталиқни тескари ишора билан олинган айрилувчи катталиққа қўшиш орқали топилади, яъни

$$e_1 - e_2 = e_1 + (-e_2).$$

5-5. ТОК ВА КУЧЛАНИШНИНГ ЭФФЕКТИВ ҚИЙМАТЛАРИ

Ўзгарувчан токнинг таъсир этувчи (эффектив қиймати) тушунчасидан фойдаланилса, ўзгарувчан ток занжирларини ҳисоблаш анча енгиллашади.

Ўзгарувчан токнинг эффектив қиймати шундай ўзгармас эквивалент токнинг қийматига тенгки, у шу ўзгарувчан ток ўтаётган қаршилиқдан ўтганда унда бир давр ичида ўзгарувчан ток ажратиб чиқарадиган иссиқлик миқдорига тенг иссиқлик миқдори ажратиб чиқаради.

ГОСТ га биноан эффектив қийматлар бош ҳарфлар, яъни ток I , кучланиш U билан белгиланади.

Ўлчов асбобларининг шкалаларига ҳамма вақт ток ёки кучланишнинг эффектив қийматлари ёзилади.

Агар ток синуслар қонуни бўйича ўзгарса, унинг эффектив қиймати амплитуда қийматининг 0,707 сига тенг бўлади, яъни

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{I_m}{1,41} = 0,707 I_m. \quad (5-14)$$

Синусоидал кучланиш учун ҳам худди шундай муносабат ўринли, яъни

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,707 U_m. \quad (5-15)$$

Юқорида келтирилган муносабатларнинг тўғри эканлигини исботлайлик. Ўзгармас I токнинг r қаршиликда ўзгарувчан токнинг T даври ичида ажратиб чиқарган иссиқлик миқдори:

$$Q' = I^2 r T.$$

Ўзгарувчан токнинг худди ўша қаршиликда T давр ичида ажратиб чиқарган иссиқлик миқдори ўзгарувчан ток қувватининг ўртача қиймати орқали ифодаланиши мумкин:

$$Q'' = PT.$$

Агар $Q' = Q''$ бўлса, у ҳолда

$$I^2 r T = PT. \quad (5-16)$$

Юқорида берилган таърифга мувофиқ сўнгги ифодадаги I эквивалент токнинг қиймати ўзгарувчан токнинг эффектив қийматига тенг. Шундай қилиб, токнинг эффектив қиймати

$$I = \sqrt{\frac{P}{r}} \quad (5-17)$$

Синусоидал токнинг оний қиймати

$$P = i^2 r = I_m^2 r \sin^2 \omega t,$$

ёки $\sin^2 \alpha = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\alpha$ эканлигини ҳисобга олсак:

$$P = \frac{I_m^2 r}{2} - \frac{I_m^2 r}{2} \cos 2\omega t.$$

Синусоидал токнинг оний қувватини иккита қўшилувчининг, яъни ўзгармас $1/2 I_m^2 r$ ва даврий синуслар қонуни бўйича ўзгарувчи иккита қўшилувчининг ён-ёнидан сифатида ифодаланиши мумкин.

Синусоидал ток қувватининг ўртача қиймати ўзгармас қўшилувчига тенг бўлади

$$P = \frac{1}{2} I_m^2 r,$$

чунки $\frac{1}{2} I_m^2 r \cos 2\omega t$ синусоидал қўшилувчининг бир давр ичидаги ўртача қиймати нолга тенг.

Ўзгарувчан синусоидал токнинг эффектив қиймати (5-17) қуйидагига тенг:

$$I = \sqrt{\frac{P}{r}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{2} I_m^2 r}{r}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m.$$

Синусоидал ток ва кучланишларнинг эффектив қиймати амплитуда қийматларидан $\sqrt{2}$ марта кичик бўлганлиги учун бир масштабда амплитуда қийматини ифодалаган вектор бошқа масштабда ҳам ўша катталиқнинг эффектив қийматини ифодалайди. Бундан буён векторларнинг масштаблари эффектив қийматларга қараб олинади.

5-4 мисол. Электр тармоғига уланган вольтметр 380 в кучланиш кўрсатади. Тармоқдаги кучланишнинг амплитудасини топиш:

$$U_m = \sqrt{2} U = 1,41 \cdot 380 = 536 \text{ в.}$$

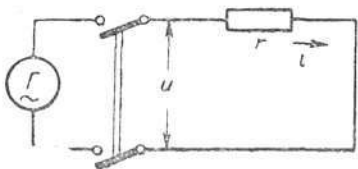
Ҳар қандай электр занжининг ҳам ўз параметрлари: r қаршилиги, L индуктивлиги ва C сифими бўлади.

Ўзгармас ток занжирида кучланиш ўзгармаса, ток, қувват ва электр ҳамда магнит майдонларидаги энергия запаси ҳам ўзгармайди.

Занжининг тармоқларидаги кучланиш ўзгарувчан бўлса, ундан ўзгарувчан ток ўтади, электр ва магнит майдонларининг энергияси ҳам ўзгарувчан бўлади.

Техникада физик ҳодисаларни r , L ёки C параметрлардан бирортаси белгилайдиган занжирлар ҳам учрайди. Қолган параметрлар жуда заиф таъсир кўрсатади, шу сабабли уларнинг таъсирини ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Масалан, чўғланма лампочка, иситгич асбоб ва реостатни r қаршиликли занжир деб қараш, уларнинг сифими ва индуктивлигини эътиборга олмаслик мумкин.



5-11- расм. Қаршиликли занжир.

Нагрузка берилмаган трансформатор занжинини индуктивлик деб қараб, бу занжининг қаршилиги билан сифимини ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Ниҳоят, нагрукасиз ишлаётган кабелни сифим деб ҳисобласа бўлади, чунки бу занжир индуктивлиги ва қаршилигининг таъсири ниҳоятда кичик.

5-7. ҚАРШИЛИКЛИ ЗАНЖИР

а) Кучланиш ва ток

5-11- расмда тасвирланган занжир r қаршиликка эга.

Занжининг қисқичларидаги синусоидал кучланиш:

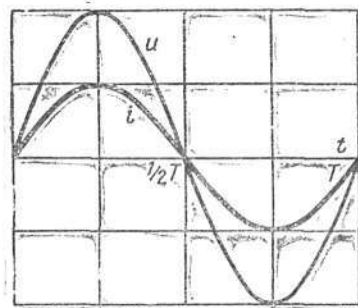
$$u = U_m \sin \omega t$$

бўлганда ундаги ток Ом қонунига биноан қуйидагича бўлади:

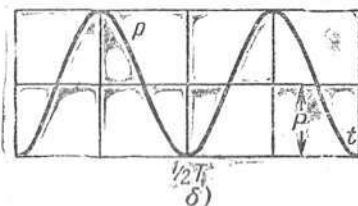
$$i = \frac{u}{r} = \frac{U_m}{r} \sin \omega t = I_m \sin \omega t.$$

Ток кучланиш билан бир фазада синусоидал ўзгаради.

5-12- а расмда кучланиш билан токнинг бир давр ичида юз берадиган ўзгаришлари, 5-13- расмда эса қаршиликли занжининг вектор диаграммаси кўрсатилган.



а)



б)

5-12- расм. Қаршиликли занжининг токи, кучланиши ва қувватининг графиги.

Текширилаётган занжир учун Ом қонуни фақат оний ва амплитуда қийматлари $i = u/r$ ва $I_m = U_m/r$ учунгина яроқли бўлмасдан, балки эффектив қийматлар учун ҳам яроқлидир, чунки

$$I_m/\sqrt{2} = I \text{ ва } U_m/\sqrt{2} = U,$$

демак,

$$I = \frac{U}{r}. \quad (5-18)$$

б) Қувват

Вақтнинг айни бир momentiдаги кучланиш ва ток оний қийматларининг кўпайтмаси қувватнинг оний қийматини беради:

$$P = ui = i^2 r = I_m^2 r \sin^2 \omega t.$$

Ток тўғри йўналганда ҳам, тескари йўналганда ҳам оний қувват мусбатлигича қолади (5-12, а ва б-расмлар), чунки электр энергия токнинг қандай йўналганлигидан қатъи назар иссиқликка айланади.

$\sin^2 \omega t = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\omega t$ эканлигини ҳисобга олиб, оний қувватни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$P = I_m^2 r \sin^2 \omega t = \frac{1}{2} I_m^2 r - \frac{1}{2} I_m^2 r \cos 2\omega t = I_r^2 - I_r^2 \cos 2\omega t.$$

чунки

$$\frac{1}{2} I_m^2 = (I_m/\sqrt{2})^2 = I^2.$$

Ўзгармас катталик

$$P = I^2 r = UI \quad (5-19)$$



5-13-расм. Қаршилик занжирнинг вектор диаграммаси.

бир давр ичидаги ўртача қувватни нisolaлайди ва актив қувват деб аталади. Электр энергия ўртача P тезлик билан иссиқликка айланидиган r қаршилик актив қаршилиқ деб аталади.

Актив қувват ваттларда ўлчанади.

5-8. ИНДУКТИВЛИКЛИ ЗАНЖИР

а) Кучланиш ва ток

5-14-расмда тасвирланган занжир индуктивликка ва жуда кичик актив қаршилиқка эга ($r = 0$).

Занжир орқали

$$i = I_m \sin \omega t$$

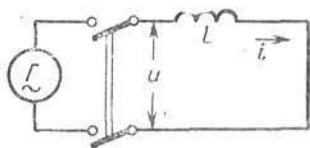
ток ўтганда, унда ўзиндукция э. ю. к. и (3-16-§) индукцияланади:

$$e_L = -L \frac{di}{dt}.$$

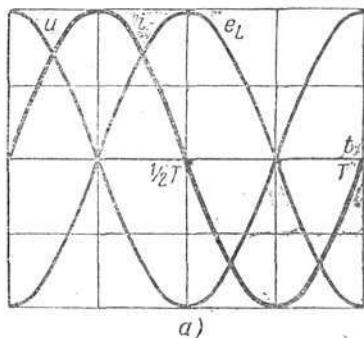
Берк занжир учун Кирхгофнинг иккинчи қондасига биноан $u + e_L = ir = 0$, демак, индуктивликнинг қисқичларидаги кучланиш

$$u = -e_L = L \frac{di}{dt}. \quad (5-20)$$

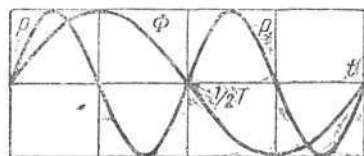
Бу ёзилган тенглама бир томондан берилган кучланиш таъсирида занжирда ҳар бир вақт моментида ўзиндукция э. ю. к. ни индукциялайдиган ток вужудга келишини ва бу э. ю. к. катталики жиҳатидан берилган кучланишга тенг ва йўналиш жиҳатдан унга қарама-қарши бўлишини, яъни у ток берилган кучланишни мувозанатловчи э. ю. к. ҳосил қилишини билдиради.



5-14- расм. Индуктивликли занжир



a)



б)

5-15- расм. Индуктивликли занжирнинг токи, магнит оқими, кучланиши ва қувватининг графиги.

Кучланиш ҳам синусоидал, бироқ фаза бўйича токдан $\pi/2$ бурчакка илгариланма бўлади (5-15- расм).

Занжирда индукцияланган ўзиндукция э. ю. к.

$$\begin{aligned} e_L &= -u = -L \omega I_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \\ &= L \omega I_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \end{aligned} \quad (5-22)$$

фаза бўйича кучланишдан ярим даврга силжигандир.

б) Занжирнинг қаршилиги

(5-30) тенгламани қуйидагича ҳам ёзиш мумкин:

$$U = \sqrt{(Ir)^2 + (Ix_L)^2} = I\sqrt{r^2 + x_L^2} = Iz,$$

бундан занжирдаги ток

$$I = \frac{U}{r} = \frac{U}{\sqrt{r^2 + x_L^2}}, \quad (5-32)$$

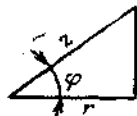
$$z = \sqrt{r^2 + x_L^2} = \sqrt{r^2 + (\omega L)^2} \quad (5-33)$$

катталик занжирнинг тўла қаршилиги деб аталади.

r , x_L ва z қаршиликларини график усулда тўғри бурчакли учбурчакнинг — қаршиликлар учбурчагининг томонлари (5-20-расм) орқали тасвирлаш мумкин, бу учбурчакни кучланишлар учбурчагининг ҳар бир томонини I марта кичрайтириб ҳосил қилиш мумкин.

Қаршиликлар учбурчаги билан кучланишлар учбурчаги бир-бирига ўхшаш бўлганлиги учун кучланиш билан ток орасидаги фазалар силжиш бурчагини (y учбурчакнинг z ва r томонлари орасидаги бурчакка тенг) қуйидаги формулалар орқали топиш мумкин:

$$\cos \varphi = \frac{U_a}{U} = \frac{r}{z} \text{ ёки } \operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L}{U_a} = \frac{x_L}{r}. \quad (5-34)$$



5-20-расм. Актив қаршилик ва индуктивлик занжирнинг қаршиликлар учбурчаги.

в) Қувват

Қувватнинг оний қиймати

$$p = ui = U_m \sin(\omega t + \varphi) I_m \sin \omega t = U_m I_m \sin(\omega t + \varphi) \sin \omega t.$$

$$\sin(\omega t + \varphi) \sin \omega t = \frac{1}{2} \cos \varphi - \frac{1}{2} \cos(2\omega t + \varphi)$$

ёқанлигини ва (5-28) ни ҳисобга олиб, оний қувватни бошқача ҳам ифодалаш мумкин:

$$p = UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t + \varphi). \quad (5-35)$$

Бу ёзилган ифода иккита ҳаддан: вақтга боғлиқ бўлмаган $UI \cos \varphi$ дан ва синусоидал ўзгарувчи $UI \cos(2\omega t + \varphi)$ дан ташкил топган. Қувватнинг бир давр ичидаги ўртача қиймати (бу қийматдан одатда ўзгарувчан ток занжирларини ҳисоблашда фойдаланилади) ўзгармас $UI \cos \varphi$ ҳадга тенг, чунки синусоидал функциянинг бир давр ичидаги ўртача қиймати нолга тенг.

Шундай қилиб, занжир қувватининг ўртача қиймати кучланиш билан токнинг эффектив қийматининг $\cos \varphi$ га кўпайтирилганига тенг, яъни

$$P = UI \cos \varphi, \quad (5-36)$$

$$\text{Чунки } U \cos \varphi = U \frac{r}{z} = Ir = U_a,$$

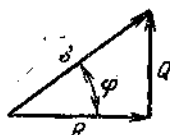
шу сабабли

$$P = U_a I = I^2 r.$$

Демак, занжирнинг ўртача қуввати актив қаршилиқдаги қувватнинг ўртача қийматига тенг экан. Шу сабабли исталган занжирнинг ўртача қуввати актив қувват деб ҳам юритилади.

Занжирнинг реактив қуввати (5-28):

$$Q = U_L I = I^2 x_L = I^2 z \sin \varphi = UI \sin \varphi, \quad (5-37)$$



5-21- расм. Қувватлар учбурчаги.

яъни занжирнинг реактив қуввати кучланиш ва токнинг эффектив қийматини $\sin \varphi$ га кўпайтмасига тенг экан.

Занжирнинг тўла қуввати деб кучланиш билан токнинг эффектив қийматлари кўпайтмасига айтилади, яъни

$$S = UI; \quad (5-38)$$

$\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1$ эканлиги ҳисобга олинса, қуйидагини ёзиш мумкин:

$$(UI \cos \varphi)^2 + (UI \sin \varphi)^2 = (UI)^2$$

ёки худди шунинг ўзи

$$P^2 + Q^2 = S^2.$$

Демак,

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}. \quad (5-39)$$

P , Q ва S қувватларни графикда учбурчакнинг — қувватлар учбурчагининг томонлари орқали тасвирлаш мумкин (5-21-расм), уни кучланишлар учбурчагининг барча томонларини I га кўпайтириб ҳосил қилиш мумкин.

$$\frac{P}{S} = \cos \varphi \quad (5-40)$$

ҳисобат, яъни актив қувватнинг тўла қувватга нисбати қувват коэффициентини деб аталади.

Тўла қувватнинг бирлиги вольт-ампердир ($\text{В} \cdot \text{А}$).

Тўла қувват тушунчасидан фойдаланиш машина ёки аппаратнинг конструкцияси, ўлчамлари, оғирлиги ва баҳоси уларнинг номинал тўла қуввати $S_n = U_n I_n$ билан белгиланади, бирор режимда ишлаган вақтдаги тўла қуввати S эса уларнинг ишлатилиш даражасини белгилаши зарурлигидан келиб чиқади.

5-6- мисол. Кучланиши 250 в ва частотаси 50 гц бўлган тармоққа индуктивлиги 51 мГн ва актив қаршилиғи 12 Ом бўлган фалтак уланган. Қуйидаги катталиқлар аниқлансин: x_L , z , I , U_a , U_L , $\cos \varphi$ ва P :

$$x_L = 2 \pi f L = 2 \pi \cdot 50 \cdot 0,051 = 16 \text{ Ом};$$

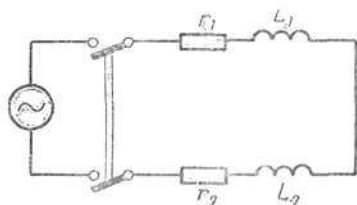
$$z = \sqrt{r^2 + x_L^2} = \sqrt{12^2 + 16^2} = 20 \text{ ом}; \quad I = \frac{U}{z} = \frac{250}{20} = 12,5 \text{ а};$$

$$U_a = Ir = 12,5 \cdot 12 = 150 \text{ в}; \quad U_L = Ix_L = 12,5 \cdot 16 = 200 \text{ в};$$

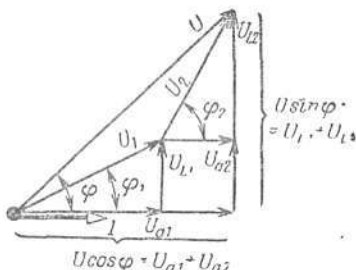
$$\cos \varphi = \frac{r}{z} = \frac{12}{20} = 0,6; \quad P = UI \cos \varphi = 250 \cdot 12,5 \cdot 0,6 = 1875 \text{ вт}.$$

5-10. АКТИВ ҚАРШИЛИКЛИ ВА ИНДУКТИВЛИ ТАРМОҚЛАНМАГАН ЗАНЖИР

Иккита кетма-кет уланган ғалтакларнинг (5-22- расм) актив қаршиликларидagi $U_{a1} = Ir_1$ ва $U_{a2} = Ir_2$ кучланишлар I ток билан фаза бўйича мос келади. Ғалтакларнинг реактив қаршиликларида-



5-22- расм. Иккита ғалтакни кетма-кет улаш схемаси.



5-23- расм. Тармоқланмаган занжирнинг вектор диаграммаси.

ги $U_{L1} = Ix_{L1}$ ва $U_{L2} = Ix_{L2}$ кучланишлар эса токдан 90° илгариланмадир (5-23- расм).

Иккита ғалтакдан иборат тармоқланмаган занжирнинг қисқичларидagi кучланишни учбурчак қондасидан топамиз:

$$U = \sqrt{(U_{a1} + U_{a2})^2 + (U_{L1} + U_{L2})^2} = \sqrt{U_a^2} = U_L^2.$$

Қўшилаётган кучланишларни ток билан қаршиликлар орқали ифодаласак, қуйидагиларни топамиз:

$$U = I \sqrt{(r_1 + r_2)^2 + (x_{L1} + x_{L2})^2} = I \sqrt{r^2 + x^2} = Iz,$$

бу ерда $r = r_1 + r_2$ — занжирнинг актив қаршилиги;

$x = x_{L1} + x_{L2}$ — занжирнинг реактив қаршилиги.

Занжирнинг тўла қаршилиги.

$$z = \sqrt{r^2 + x^2}.$$

5-24- расмда у қаршиликлар тўғри бурчакли учбурчагининг гипотенузаси сифатида тасвирланган; бу учбурчакни векторлар диаграммасидан кучланишлар учбурчаги томонларининг ҳар бирини 1 марта камайтириш билан ҳосил қилиш мумкин.

$$I = \frac{U}{z}$$

занжирдаги кучланишдан фаза бўйича φ бурчакка кечикади, бу бурчакни унинг косинуси орқали аниқлаш мумкин:

$$\cos \varphi = \frac{r}{z},$$

ёки унинг тангенсини орқали аниқласа ҳам бўлади:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{x_L}{r}.$$

Иккита ғалтакли занжирнинг ўртача ёки актив қуввати

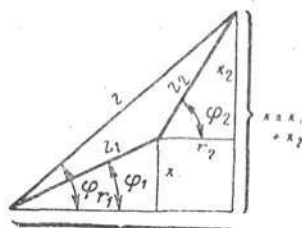
$$P = P_1 + P_2 = UI \cos \varphi.$$

Ўша занжирнинг реактив қуввати

$$Q = UI \sin \varphi.$$

Занжирнинг тўла қуввати

$$S = UI.$$



5-24- расм. Тармоқланмаган занжир учун қаршиликлар учбурчаги.

5-11. АКТИВ ҚАРШИЛИКЛИ ВА ИНДУКТИВЛИКЛИ ТАРМОҚЛАНГАН ЗАНЖИР

Биринчи параллел тармоқдаги (5-25- расм) ток:

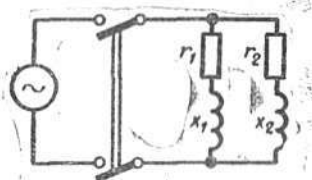
$$I_1 = \frac{U}{z_1} = \frac{U}{\sqrt{r_1^2 + x_{L1}^2}}$$

фаза бўйича кучланишдан маълум φ бурчакка кечикади, бу бурчакни унинг тангенсини орқали аниқлаш мумкин $\operatorname{tg} \varphi_1 = x_{L1}/r_1$.

Иккинчи параллел тармоқдаги (5-25- расм) ток

$$I_2 = \frac{U}{z_2} = \frac{U}{\sqrt{r_2^2 + x_{L2}^2}}$$

ҳам фаза бўйича кучланишдан маълум φ_2 бурчакка кечикади, бу бурчакни унинг тангенсини орқали аниқлаш мумкин: $\operatorname{tg} \varphi_2 = x_{L2}/r_2$.



5-25- расм. Икки ғалтакли параллел улаш схемаси.

Тармоқланган занжирларни ҳисоблашни соддалаштириш учун ҳар қайси тармоқдаги ток ташкил этувчиларига ажратилади. Битта — актив (I_a) қўшилувчи кучланиш билан фаза бўйича мос келади. Иккинчи қўшилувчи — реактив (I_p) ток эса кучланишга нисбатан фаза бўйича 90° га силжиган.

Биринчи параллел тармоқдаги токнинг ташкил этувчилари (5-26- расм).

$$I_{a1} = I_1 \cos \varphi_1 \quad \text{ва} \quad I_{p1} = I_1 \sin \varphi_1. \quad (5-41)$$

Векторлар диаграммаси тузилаётганда токнинг актив ташкил этувчисининг вектори кучланиш вектори бўйлаб йўналтирилади. Реактив индуктив ташкил этувчисининг вектори эса соат стрелкаси айланиши томонга қараб 90° бурчак остида йўналтирилади. Токлар учбурчагидаги туташтирувчиси вектор биринчи тармоқдаги токнинг векторидан иборат бўлади:

$$I_1 = \sqrt{I_{a1}^2 + I_{p1}^2}. \quad (5-42)$$

Иккинчи параллел тармоқ учун

$$I_{a2} = I_2 \cos \varphi_2; \quad I_{p2} = I_2 \sin \varphi_2;$$

$$I = \sqrt{I_{a2}^2 + I_{p2}^2}$$

Тармоқлардаги токларнинг фазалари бир хил бўлган актив ташкил этувчиларининг йиғиндиси умумий токнинг актив ташкил этувчисига тенг

$$I_a = I_{a1} + I_{a2}.$$

Тармоқлардаги токларнинг бир хил фазага реактив ташкил этувчиларининг алгебраик йиғиндиси умумий токнинг реактив ташкил этувчисига тенгдир.

$$I_p = I_{p1} + I_{p2}.$$

Занжирнинг тармоқланмаган қисмидан ўтувчи умумий ток

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2}.$$

Бу ток кучланишга нисбатан

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{I_p}{I_a}$$

бурчак орқали аниқланадиган фазаси бўйича φ бурчакка силжиган.

Занжирнинг алоҳида тармоқларининг актив қувватлари йиғиндисига тенг бўлган актив қуввати

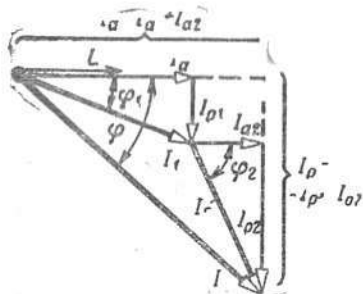
$$P = P_1 + P_2 = UI_1 \cos \varphi_1 + UI_2 \cos \varphi_2 = UI \cos \varphi.$$

Худди шунга ўхшаш занжирнинг реактив қуввати

$$Q = Q_1 + Q_2 = UI_1 \sin \varphi + UI_2 \sin \varphi = UI \sin \varphi.$$

Занжирнинг тўла қуввати

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$



5-26- расм. Ўзгарувчан ток тармоқланган занжирнинг вектор диаграммаси.

5-7-мисол. Иккита параллел тармоқли занжир (5-25-расм) 230 в кучланишли электр тармоғига уланган. Параллел тармоқлардан бирига актив қаршилиги $r_1 = 1$ ом ва реактив қаршилиги $x_{L1} = 3$ ом бўлган ёлтак, иккинчисига эса мос равишда қаршиликлари $r_2 = 3$ ом ва $x_{L2} = 2$ ом га тенг ёлтак уланган. Ана шу тармоқлардаги тоklar ва занжирдаги умумий ток топилен:

$$I_1 = \frac{U}{z_1} = \frac{230}{\sqrt{1^2 + 3^2}} = 72,8 \text{ а}; \quad I_2 = \frac{U}{z_2} = \frac{230}{\sqrt{3^2 + 2^2}} = 64 \text{ а};$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{r_1}{z_1} = \frac{1}{3,16} = 0,317; \quad \sin \varphi_1 = \frac{x_{L1}}{z_1} = \frac{3}{3,16} = 0,95;$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{r_2}{z_2} = \frac{3}{3,6} = 0,833; \quad \sin \varphi_2 = \frac{x_{L2}}{z_2} = \frac{2}{3,6} = 0,556.$$

Биринчи параллел тармоқдаги токнинг ташкил этувчилари

$$I_{a1} = I_1 \cos \varphi_1 = 72,8 \cdot 0,317 = 23 \text{ а};$$

$$I_{p1} = I_1 \sin \varphi_1 = 72,8 \cdot 0,95 = 69 \text{ а}.$$

Иккинчи параллел тармоқдаги токнинг ташкил этувчилари

$$I_{a2} = I_2 \cos \varphi_2 = 64 \cdot 0,833 = 53,2 \text{ а};$$

$$I_{p2} = I_2 \sin \varphi_2 = 64 \cdot 0,556 = 35,4 \text{ а}.$$

Умумий токнинг ташкил этувчилари

$$I_a = I_{a1} + I_{a2} = 23 + 53,2 = 76,2 \text{ а};$$

$$I_p = I_{p1} + I_{p2} = 69 + 35,4 = 104,4 \text{ а}.$$

Занжирнинг умумий токи

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2} = \sqrt{76,2^2 + 104,4^2} = 129,4 \text{ а}.$$

Б-12. СИГИМЛИ ЗАНЖИР

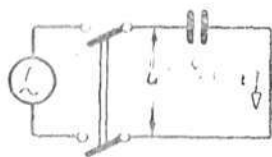
а) Кучланиш ва ток

Конденсаторнинг (5-27-расм) қисқичларига

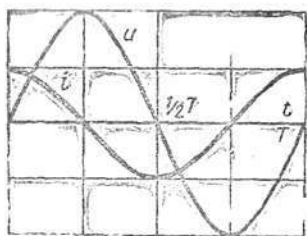
$$u = U_m \sin \omega t$$

кучланиш берсак, унинг қопламаларида кучланишга пропорционал ўзгарувчи заряд ҳосил бўлади (5-28-расм)

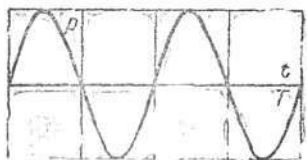
$$q = Cu = CU_m \sin \omega t.$$



5-27-расм. Сигимли занжир.



а)



б)

5-28-расм. Сигимли занжирнинг токи, кучланиши ва қувватининг графиги.

бўйича ток билан бир хилда бўлади), $U_L = Ix_L$ индуктив кучланишдан (у токка нисбатан 90° га илгариланма) ва $U_C = Ix_C$ сизим кучланишдан (у токдан 90° га орқада юради) иборат бўлади. Векторлар диаграммасидан (5-31-расм) занжирнинг қисқичларидаги кучланишни бир катети актив кучланишдан, иккинчи катети эса индуктивлик билан сизимнинг кучланиш векторлари айирмасидан иборат бўлган тўғри бурчакли учбурчақдан топиш мумкинлиги келиб чиқади. Шундай қилиб, занжирдаги кучланиш

$$U = \sqrt{U_a^2 + (U_L - U_C)^2}. \quad (5-47)$$

Занжирнинг айрим участкаларидаги кучланишларнинг ток билан мос кучланишларнинг кўпайтмаси орқали ифодалаб, қуйидагини топамиз:

$$\begin{aligned} U &= \sqrt{(Ir)^2 + (Ix_L - Ix_C)^2} = \\ &= I \sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2} = Iz, \end{aligned} \quad (5-48)$$

занжирдаги ток эса

$$I = \frac{U}{z}.$$

Занжирнинг тўла қаршилиги

$$z = \sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}. \quad (5-49)$$

Бу қаршилиқ графикда қаршилиқлар тўғри бурчакли учбурчагининг гипотенузаси орқали ифодаланиши мумкин; бу учбурчакни кучланишлар учбурчагидан унинг томонларини 1 марта қисқартиш билан ҳосил қилиш мумкин.

Ток фаза бўйича занжирнинг кучланишидан φ бурчакка силжиган, бу бурчакни унинг тангенс орқали аниқлаш мумкин:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_a} = \frac{x_L - x_C}{r}.$$

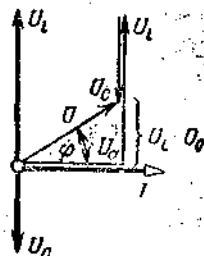
$x_L > x_C$ демак, $U_L > U_C$ (5-31-расм) бўлганда, ток фаза бўйича кучланишдан φ бурчакка кечикма бўлади; аксинча, $x_L < x_C$ ва $U_L < U_C$ бўлганда ток кучланишдан илгариланма бўлади.

$x_L = x_C$ бўлганда, кучланишлар резонанси юзага келади ва бундай занжирнинг тўла қаршилиги актив қаршилиқка тенглашади

$$z = \sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2} = r.$$

Демак, берилган кучланишда занжирнинг тўла қаршилиги энг кичик, токнинг эффектив қиймати эса занжир кучланиши билан бир фазада ўзгариб энг катта қийматига эришади.

Индуктив кучланиш U_L билан сизим қаршилиги U_C ўзаро тенг



5-31-расм. Актив қаршилиқли, индуктивли ва сизимли занжирнинг $x_L > x_C$ бўлгандаги вектор диаграммаси.

юзачалар электр майдонини ҳосил қилиш учун сарфланган энергияни, «+» майдон йўқолганда ажралиб чиққан энергияни, «-» тасвирлайди.

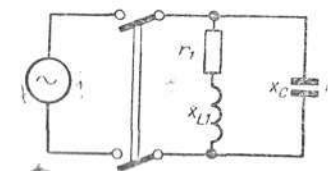
5-14. ТОКЛАР РЕЗОНАНСИ

Тармоқланган занжирнинг (5-34- расм) қисқичларидаги кучланиш синусоидал бўлганда биринчи параллел тармоқдаги — ғалтакдаги ток

$$I_1 = \frac{U}{z_1} = \frac{U}{\sqrt{r_1^2 + x_{L1}^2}}.$$

Бу ток кучланишдан фаза бўйича тангенс

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{x_{L1}}{r_1}.$$



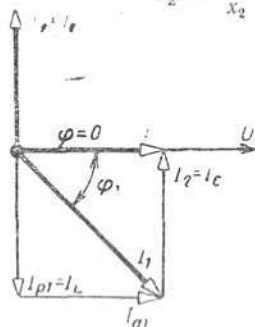
5-34- расм. Тармоқланган занжирнинг схемаси.

га тенг φ_1 бурчакка орқада қолади.

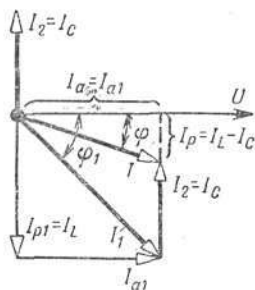
Ғалтакдаги токнинг актив ташкил этувчиси $I_{a1} = I_1 \cos \varphi_1$ реактив ташкил этувчиси эса $I_{p1} = I_1 \sin \varphi_1$.

Иккинчи параллел тармоқдаги — конденсатордаги ток

$$I_2 = \frac{U}{x_2} = \frac{U}{\frac{1}{\omega C}} = U\omega C = I_C.$$



5-35- расм. Тармоқланган занжирнинг вектор диаграммаси.



5-36- расм. Токлар резонанси пайтидаги векторлар диаграммаси.

У фаза бўйича кучланишдан 90° илгариланма бўлади.

Умумий токини тармоқдаги токларнинг геометрик йиғиндиси сифатида топамиз (5-35- расм):

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2},$$

бунда $I_a = I_{a1}$ ва $I_p = I_L - I_C = I_{p1} - I_{p2}$.

Умумий токнинг кучланишдан силжиш бурчагини унинг тангенс орқали аниқлаш мумкин:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{I_p}{I_a} = \frac{I_L - I_C}{I_{a1}}.$$

Умумий ток $I_L > I_C$ бўлганда кучланишдан φ бурчакка орқада қолиши ёки $I_L < I_C$ бўлганда илгари юриши ва ниҳоят, $I_L = I_C$ бўлганда кучланиш билан бир фазада ўзгариши (5-36-расм) мумкин. Сўнгги ҳолда занжирда тоқлар резонанси содир бўлади. Резонанс вақтида умумий ток

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2} = I_a,$$

яъни у ғалтакдаги токнинг актив ташкил этувчисига тенг; бу ток ғалтакдаги умумий I_L токдан ҳамма вақт кичикдир. Демак, ғалтак-ка параллел қилиб маълум сифимли ва токи ғалтакдаги токнинг реактив ташкил этувчисига тенг конденсатор уласак, $\varphi = 0$ ва $\cos \varphi = 1$ ҳосил бўлади.

Шундай қилиб, истеъмолчининг, биз текшираётган ҳолда ғалтакнинг қуввати $P = UI \cos \varphi = UI$ ўзгармаганда, туташтирувчи симларда ва қурилмага ток берувчи генераторда токнинг I_1 дан I_2 га-ча (5-36-расм) камайганлигини кўрамиз.

Ток синусоидал бўлганда даврнинг бир чораги давомида ғалтакдаги ток ортади ва унинг магнит майдонида энергия тўпланади. Даврнинг бундан кейинги чорагида ток камайиб магнит майдонини йўқолганда энергия яна қайтариб берилади. Конденсаторда энергия даврнинг кучланиш ортаётган чорагида тўпланади, кучланиш пасаяётганда эса қайтариб берилади. Энергия магнит майдонини вужудга келишига сарфланаётган вақтда унга тенг миқдорда конденсатор разрядланиши вақтида ажралиб чиқиши ва аксинча бўлишини тушуниш осон. Демак, тоқлар резонанси вақтида магнит майдониди тўпланадиган энергия битта параллел тармоқдан иккинчисига ўтади. Туташтирувчи симларда токнинг камайиб кетиши ана шу ҳодиса билан тушунтирилади.

5-15. ҚУВВАТ КОЭФФИЦИЕНТИ

Генератор номинал кучланиш, номинал ток ва $\cos \varphi = 1$ билан ишлаган вақтда унинг қуввати тўла фойдаланилади. Чунки шу ҳолдагина генератор ўзининг тўла номинал қувватига тенг бўлган энг катта актив қувват беради:

$$P = U_n I_n \cos \varphi = U_n I_n = S_n. \quad (5-51)$$

Актив қувват $\cos \varphi$ га пропорционал бўлганлигидан, қувватнинг камайиши генератор қувватидан тўла фойдаланмасликка олиб келади.

Иккинчи томондан доимий актив қувват билан ишлаётган энергия истеъмолчисининг токи кучланиш ўзгармаганда $\cos \varphi$ га тескари пропорционал равишда ўзгаради:

$$I = \frac{P}{U} \frac{1}{\cos \varphi} = \text{const} \frac{1}{\cos \varphi}.$$

Шундай қилиб, энергия истеъмолчисига боғлиқ бўлган $\cos \varphi$ нинг камайиши токнинг орғишига, демак, симларда ва ток манбаи-

да қизитиш учун исроф бўладиган қувватнинг ҳам ортишига сабабчи бўлади.

$\cos \varphi$ камайганда станциядаги генераторларнинг белгиланган қувватидан тўла фойдаланмаслик ва электр энергия исрофининг ортиши ҳар бир қурилма $\cos \varphi$ сини бирга яқинлаштириш заруратини туғдиради.

Кўпчилик двигателларда $\cos \varphi$ нагрузкага боғлиқ бўлиб, нагрузкасиз ишлаган вақтда 0,1 — 0,3 дан нормал нагрузкада 0,8—0,9 гача кўтарилади.

Демак, $\cos \varphi$ нинг ортиши двигателлар нагрузкасининг ортишини талаб этади. Ундан ташқари, $\cos \varphi$ ни ортириш учун двигателларга параллел қилиб конденсаторлар уланади.

Электр қурилмаларининг $\cos \varphi$ сини ортириш халқ хўжалиги учун жуда муҳим вазифадир, чунки бу ортириш паст $\cos \varphi$ туфайли тармоқларда ва генераторларда йўқотиладиган кўп миқдордаги электр энергияни тежашга ва электростанциялардаги генераторларнинг жуда катта қувватларидан яхшироқ фойдаланишга имкон беради.

5-9- мисол. Кучланиш 380 в ва частотаси 50 гц бўлган тармоққа қуввати 14 кВт, $\cos \varphi = 0,6$ двигатель уланган.

Қурилманинг $\cos \varphi$ сини 0,9 гача ортириш учун конденсатор улаш керак. Конденсаторнинг синини аниқласин.

Электродвигателнинг токи

$$I_1 = \frac{P}{U \cos \varphi_1} = \frac{14000}{380 \cdot 0,6} = 61,4 \text{ а.}$$

Тригонометрик жадваллардан топамиз:

$$\varphi_1 = 53^\circ 10' \text{ ва } \sin \varphi_1 = 0,8.$$

Электродвигатель токнинг реактив ташкил этувчиси

$$I_{p1} = I_1 \sin \varphi_1 = 61,4 \cdot 0,8 = 49,1 \text{ а.}$$

$\cos \varphi = 0,9$ да двигатель билан конденсатордан иборат қурилма

$$I_2 = \frac{P}{U \cos \varphi} = \frac{14000}{380 \cdot 0,9} = 41 \text{ а}$$

ток истеъмол қилади.

Тригонометрик жадваллардан қуйидагиларни топамиз: $\cos \varphi = 0,9$ га $\varphi = 25^\circ 50'$ бурчак ва $\sin \varphi = 0,436$ мос келади.

Қурилмадаги токнинг реактив ташкил этувчиси

$$I_{p2} = I_2 \sin \varphi = 41 \cdot 0,436 = 17,9 \text{ а.}$$

Конденсаторни улаш натижасида ток реактив ташкил этувчисининг камайиши (у конденсатордаги токка тенг):

$$I_C = I_{p1} - I_{p2} = 49,1 - 17,9 = 31,2 \text{ а.}$$

Конденсаторнинг реактив қаршилиги

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{U}{I_C} = \frac{380}{31,2} = 12,2 \text{ ом,}$$

бундан қидириладиган сини

$$C = \frac{1}{X_C \cdot 2\pi f} = \frac{1}{12,2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,00026 \text{ ф} = 260 \text{ мкф.}$$

Актив P қувватнинг шу қувват доимий қоладиган t вақтга кўпайтмаси билан аниқланадиган катталиқ актив энергия деб аталади.

$$W_a = Pt = UI \cos \varphi \cdot t. \quad (5-52)$$

Бу қувват ўзгарувчан ток занжирида сарфланган электр энергияни характерлайди.

Агар t вақт ичида қувват ўзгарса, у ҳолда t вақт ҳар бирининг давомида қувват ўзгармайдиган қилиниб, t_1 , t_2 , t_3 ва ҳоказо оралиқларга бўлинади ва энергия шу вақтлар ичидаги энергиялар йиғиндиси сифатида аниқланади:

$$W_a = P_1 t_1 + P_2 t_2 + \dots = W_{a1} + W_{a2} + \dots$$

Актив энергия актив энергия сўтчиклари ёрдамида ўлчанади. Реактив қувват Q ва t вақтнинг кўпайтмаси билан аниқланадиган катталиқ реактив энергия деб аталади.

$$W_p = Qt = UI \sin \varphi \cdot t. \quad (5-53)$$

У ҳисоблаш учун ишлатиладиган катталиқдир.

Реактив қувват ўзгарувчан бўлса, реактив энергия қуйидаги формулага асосан топилади:

$$W_p = Q_1 t_1 + Q_2 t_2 + \dots = W_{p1} + W_{p2} + \dots$$

Реактив энергия реактив энергия сўтчиклари ёрдамида ўлчанади.

Бир хил вақт оралиқлари учун актив ва реактив энергияларни ўлчаб, занжирнинг қувват коэффициентини топиш мумкин

$$\begin{aligned} \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}} &= \frac{UI \cos \varphi \cdot t}{\sqrt{(UI \cos \varphi \cdot t)^2 + (UI \sin \varphi \cdot t)^2}} = \\ &= \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi}} = \cos \varphi. \end{aligned} \quad (5-54)$$

Қувватлар ўзгарувчан бўлса, сўтчикларнинг кўрсатишига асосланиб, келтирилган формула ёрдамида қувват коэффициентининг ўртача қиймати топилади.

5-10- мисол. Ойнинг бошида актив энергия сўтчиги 1762 *квт соат*ни, реактив энергия сўтчиги эса 736 *квар соат*ни кўрсатган. Ойнинг охирига келиб биринчиси 1922 *квт соат*ни, иккинчиси эса 846 *квар соат*ни кўрсатган.

Қурилманинг қувват коэффициентининг бир ой ичидаги ўртача қиймати топилади.

Бир ой давомида сарфланган актив энергия

$$W_a = 1922 - 1762 = 160 \text{ квт соат};$$

ўша вақт ичида сарфланган реактив энергия

$$W_p = 846 - 736 = 110 \text{ квар соат};$$

$$\cos \varphi_{\text{ўрт.}} = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}} = \frac{160}{\sqrt{160^2 + 110^2}} = 0,82.$$

5-17. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ. АКТИВ ҚАРШИЛИКЛИ, ИНДУКТИВЛИКЛИ ҲАМДА СИҒИМЛИ ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЗАНЖИРИ

Ишни бажаришдан аввал 5-13- § ning мазмунин билан танишиб чиқинг.

Иш плани

1. Ишни бажариш учун зарур бўлган асбоблар ҳамда ускуналар билан танишиб чиқинг; улар ҳақидаги асосий техник маълумотларин ёзиб олинг.

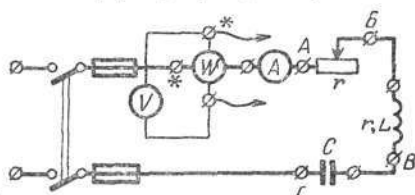
2. Схемани йиғиб (5-37- расм) уни раҳбарингизга кўрсатинг.

3. $x_L > x_C$ қилиб олиб, занжирнинг ҳар қайси участкасидаги АВ, ВВ ва ВГ нуқталар орасидаги ва бутун занжирдаги АГ нуқталар орасидаги кучланиш билан актив қувватини ўлчанг.

4. Олдинги маълумотларга асосан ҳар қайси участка ва бутун занжир учун қуйидагиларни ҳисобланг:

$$r = \frac{P}{I^2}; \quad z = \frac{U}{I};$$

$$x = \sqrt{z^2 - r^2}; \quad U = Ir; \quad U_p = Ix; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{r}.$$



5. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижаларини 5-1- жадвалга ёзинг.

5-37- Лаборатория ишини бажариш учун схема.

6. Олинган маълумотларга асосан маълум масштабда кучланишлар вектор диаграммасини ҳамда қаршиликлар диаграммасини чизинг.

7. $x_L = x_C$ шартин ўрнатинг. (Бу шарт занжирдаги ток энг катта бўлганда ўрнатилади.) Шу ҳол (кучланишлар резонанси) учун юқорида айтилган барча ўлчаш ва ҳисоблашларни такрорланг. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижаларини 5-1- жадвалга ёзинг.

8. Олинган маълумотларга асосан маълум масштабда кучланишлар вектор диаграммасини ҳамда қаршиликлар диаграммасини чизинг.

9. $x_L < x_C$ ҳол учун юқоридаги барча ўлчаш ва ҳисоблашларни такрорланг. Олинган натижаларини 5-1- жадвалга ёзинг. Маълум масштабда кучланишлар вектор диаграммаси билан қаршиликлар диаграммасини чизинг.

5-1- ж а д в а л

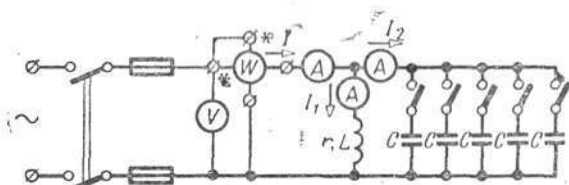
Тартиб номери	Қаршилик- ларнинг ўзаро нисбати	Занжирнинг участкаси	U	I	P	r	z	x	U _a	U _p	tg φ	φ
			В	А	Вт	Ом	Ом	Ом	В	В	—	—
1	$x_L > x_C$	Реостат Ғалтак Конденсатор Бутун занжир										
2	$x_L = x_C$	Реостат Ғалтак Конденсатор Бутун занжир										
3	$x_L < x_C$	Реостат Ғалтак Конденсатор Бутун занжир										

5-18. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ. ҒАЛТАК БИЛАН КОНДЕНСАТОРНИ ПАРАЛЛЕЛ УЛАШ

Ишни бошлашдан аввал 5-14- § ва 5-15- § нинг мазмуни билан танишиб чиқинг.

Иш плани

1. Ишни бажариш учун зарур бўлган асбоблар билан танишиб чиқинг. Ўлчаш асбобларни ҳамда ускуналарнинг асосий техник характеристикаларини ёзиб олинг.
2. Схемани йиғиб (5-38- расм) уни раҳбарингизга кўрсатинг.



5-38- расм. Лаборатория ишини бажариш учун схема.

3. Конденсаторнинг сифимини орттира бориб (ғалтакнинг r ва L ларини ўзгартирмасдан) ўлчаш асбобларининг кўрсатишларини ёзинг. Олинган маълумотларга асосан r_1 ; x_C ; I_a ; I_{p1} ; $\cos \varphi_{p1}$; $\cos \varphi$; $\angle \varphi$ ларни топинг.

Асбобларнинг кўрсатишини ҳамда ҳисоблаш натижаларини 5-2- жадвалга ёзинг.

4. Тажрибадан олинган маълумотлардан фойдаланиб

$$I_1 = f(x_C); I_2 = f(x_C); I = f(x_C) \text{ ва } \cos \varphi = f(x_C)$$

ларнинг графикларини чизинг.

5. $I_{p1} > I_2$; $I_{p1} = I_2$; $I_{p1} < I_2$ бўлган учала ҳол учун маълум масштабда векторлар диаграммасини чизинг.

5-2- жадвал

U	I	I_1	I_2	P	z_1	x_C	I_{a1}	I_{p1}	$\cos \varphi_1$	$\sin \varphi_1$	$\cos \varphi$	$\angle \varphi$
$в$	$а$	$а$	$а$	$вт$	$ом$	$ом$	$а$	$а$	—	—	—	—

УЧ ФАЗАЛИ ТОК

6-1. УЧ ФАЗАЛИ ТОК ОЛИШ

Уч фазали ток системаси ҳамма жойда кенг қўлланилади; чунки бу системада энергия энг қулай узатилади ва оддий ҳамда ишончли ишлайдиган электр двигателлар, генераторлар ва трансформаторлардан фойдаланиш мумкин бўлади.

Уч фазали токнинг асосчиси М. О. Доливо-Добровольский уч фазали генератор, уч фазали электр двигатель, уч фазали трансформаторларни яратган ва дунёда биринчи бўлиб, уч фазали ток энергиясини узатишни амалга оширган.

Уч фазали система деб, э. ю. к. лари бир хил частотали ва бир-бирига нисбатан фаза бўйича $\frac{1}{3}$ даврга силжиган учта электр занжирининг тўпламига айтилади. Э. ю. к. ларининг амплитудалари ўзаро тенг бўлса, уч фазали система симметрик деб аталади.

Уч фазали токнинг энг содда генератори (6-1-расм) бир фазали генератордан якорга цилиндр айланади бўйлаб бир-бирига нисбатан 120° бурчакка силжиган учта чулғам — ғалтак кийдирилганлиги билан фарқ қилади. Генераторнинг чулғамлари фазалар деб аталади.

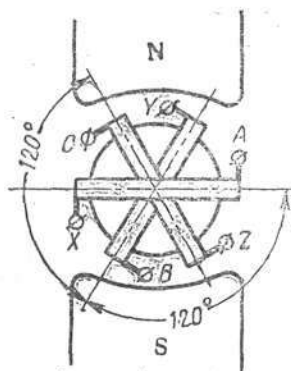
Якорь ўзгармас тезлик билан айланганда чулғамларда бир хил частотали ва бир хил амплитудали э. ю. к. лар индукцияланади. Якорь бир айланиб чиққанда ҳар бир чулғамнинг э. ю. к. — тўла ўзгаришлар циклини ўтади, бу эса э. ю. к. нинг (T) даврига мос келади. Чулғамлар фазода 120° бурчакка силжиганлиги учун уларда индукцияланган э. ю. к. лар ҳам фаза бўйича бир-бирига нисбатан $\frac{1}{3}$ даврга ёки $\frac{2}{3}\pi$ бурчакка силжигандир.

Агар вақтнинг ҳисоб боши биринчи фазадаги э. ю. к. нинг бошланғич моменти билан бир хил бўлса, у ҳолда бу э. ю. к. ни қуйидаги тенглама билан ифода лаш мумкин:

$$e_A = E_m \sin \omega t. \quad (6.1)$$



М. О. Доливо-Добровольский
(1862—1919).



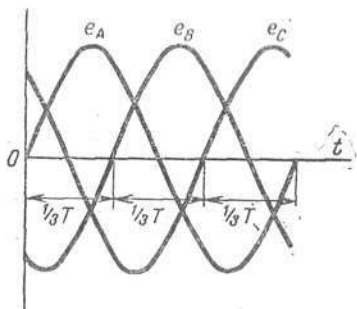
6-1-расм. Уч фазали токнинг энг содда генератори.

Генератор иккинчи фазасининг э. ю. к. e_B дан $1/3$ даврга орқада қолувчи электр юритувчи кучи e_B қуйидагича ёзилади:

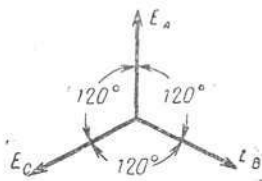
$$e_B = E_m \sin \left(\omega t - \frac{2}{3} \pi \right). \quad (6.2)$$

Генератор учинчи фазасининг э. ю. к. e_C дан $1/3$ даврга орқада қолувчи ёки биринчи фазанинг э. ю. к. e_A дан $1/3$ даврга илгариланма электр юритувчи кучи e_C қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$e_C = E_m \sin \left(\omega t - \frac{4}{3} \pi \right) = E_m \sin \left(\omega t + \frac{2}{3} \pi \right). \quad (6.3)$$



6-2- расм. Уч фазали система симметрик э. ю. к. ларининг графиги.



6-3- расм. Симметрик э. ю. к. ларининг вектор диаграммаси.

Бу э. ю. к. ларининг графиги 6-2- расмда, векторлар диаграммаси эса 6-3- расмда тасвирланган.

Э. ю. к. нинг генератор чулғамларида фазаларнинг охири (x, y, z қисқичлар) дан учлари (A, B, C қисқичлар) га қараб йўналишини мусбат йўналиш деб оламиз.

Уч фазали генераторнинг ҳар бир чулғами ўзининг ташқи заъжирига тутатиши мумкин. Бу ҳолда ўзаро боғланмаган олтита симли уч фазали система ҳосил бўлади. Амалда уч фазали генераторнинг чулғамлари юлдуз ёки учбурчак усулида туташтирилади. Бу ҳолда олтита сим ўрнига учта ёки тўртта сим ишлатилиб, анча сим тежалади.

6.2. ГЕНЕРАТОР ЧУЛҒАМЛАРИНИ ЮЛДУЗ УСУЛИДА УЛАШ

Юлдуз усулида линия симлари генератор чулғамларининг A, B, C учларига уланади. Чулғамларнинг X, Y, Z охирилари генераторнинг нейтрал ёки нуль нуқтаси деб аталадиган тугунга туташтирилади. Ана шу нуқтага нейтрал сим уланади (6-4-расм).

Фазанинг учи билан охири орасидаги кучланиш фаза кучланиш деб аталади ва U_A , U_B ёки U_C орқали, умумий ҳолда эса U_ϕ орқали белгиланади. Ҳар бир линия сими билан нейтрал сим орасида ҳам фаза кучланиши бўлади.

Агар генератор чулғамларида кучланиш тушишини эътиборга олмасак, у ҳолда фаза кучланишлари фаза э. ю. к. ларига тенг бўлади.

Чулғамларнинг бошлари (ёки уларга уланган симлар) орасидаги кучланишлар линия кучланишлари деб аталади ва U_{AB} , U_{BC} ёки U_{CA} орқали, умумий кўринишда эса U_L орқали белгиланади.

Биринчи фазанинг охири X иккинчи фазанинг боши билан эмас, унинг охири Y билан туташтирилган, шу сабабли A ва B симлар орасидаги линия кучланишининг оний қиймати мос кучланишларнинг йиғиндисига эмас, балки айирмасига тенгдир.

$$u_{AB} = u_A - u_B.$$

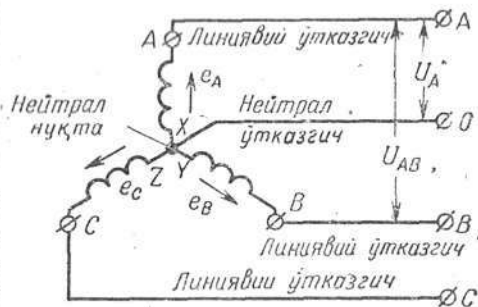
Худди шунга ўхшаш бошқа линия кучланишларининг оний қийматлари

$$U_{BC} = U_B - U_C \text{ ва } U_{CA} = U_C - U_A.$$

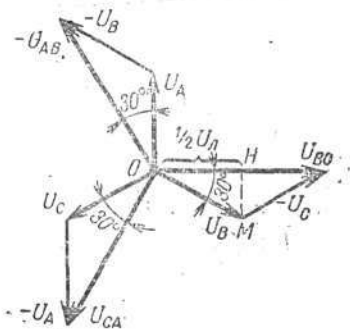
Фаза ва линия кучланишлари синусодал ўзгаради, шу сабабли бу катталикларнинг эффектив қийматлари орасидаги муносабатларни векторлар диаграммаси дан (6-5-расм) топиш мумкин.

Фаза кучланишларининг векторлари бир-бирларига нисбатан 120° га бурилган. Линия кучланиш вектори U_{AB} ни топиш учун фаза кучланишнинг вектори U_A га 180° га бурилган U_B кучланиш вектори қўшилади. Худди шу каби линия кучланиш вектори U_{BC} , U_B ва U_C векторларнинг айирмаси каби, кучланиш вектори U_{CA} , U_C ва U_A векторларнинг айирмаси каби топилади.

Линия кучланиш вектори масалан, U_{BC} ўртасидан перпендикуляр ўтказиб, OHM тўғри бурчакли учбурчакни (6-5-расм) ҳосил қиламиз, бу учбурчакдан



6-4-расм. Генератор чулғамларини юлдуз усулида улаш схемаси.



6-5-расм. Уч фазали занжир кучланишларининг вектор диаграммаси.

$$\frac{1}{2} U_{\Delta} = U_{\phi} \cos 30^{\circ} = U_{\phi} \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$U_{\Delta} = \sqrt{3} U_{\phi}. \quad (6-4)$$

Шундай қилиб, юлдуз усулида улаганда фазалар кучланишларининг симметрик системаси учун линия кучланишининг эффектив қиймати фаза кучланишининг эффектив қийматидан $\sqrt{3}$ марта катта бўлар экан. Ундан ташқари, векторлар диаграммасидан кўринишича (6-5-расм) U_{AB} линия кучланиши U_A фаза кучланишидан 30° га илгари юради ва U_{BC} ҳамда U_{CA} линия кучланишлари мос U_B ҳамда U_C фаза кучланишларидан ўша бурчакка илгари юради. Линия кучланишлари векторлари юлдузи фаза кучланишлари векторлари юлдузига нисбатан соат стрелкаси айланишига тескари йўналишда 30° бурчакка бурилгандир.

6-1- мисол. Чулғамлари юлдуз усулида уланган генератор фаза кучланишининг топниги; линия кучланиши 380 в га тенг.

$$U_{\phi} = \frac{U_{\Delta}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220 \text{ в.}$$

6-3. ГЕНЕРАТОР ЧУЛҒАМЛАРИНИ УЧБУРЧАК УСУЛИДА УЛАШ

Учбурчак усулида генератор фазаларининг A, B, C учларига линия симлари уланади (6-6-расм); биринчи фазанинг охириги X уч иккинчи фазанинг боши B билан, иккинчи фазанинг охириги Y уч учинчи фазанинг боши C билан ва ниҳоят, учинчи фазанинг охириги Z уч биринчи фазанинг боши A билан туташтирилади. Демак, учбурчак усулида улаганда линия кучланишлари, яъни линия симлари орасидаги кучланиш фаза кучланишларига тенг бўлади

$$U_{AB} = U_A; U_{BC} = U_B \text{ ва } U_{CA} = U_C. \quad (6-5)$$

Учбурчак усулида уланганда кичик қаршиликкли $AXBYCZA$ ёпиқ контур юзага келади. Демак, контурда катта тоқлар юзага чиқмаслиги учун унда таъсир этаётган э. ю. к. лар йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак.

Учта симметрик э. ю. к. ларнинг йиғиндиси нолга тенг (6-7-расм), чунки фазалардаги э. ю. к. ларнинг икки векторини, масалан, $\vec{E}_A$ билан $\vec{E}_B$ ни қўшганимизда катталиқ жиҳатдан учинчи векторга тенг, бироқ ишораси тескари бўлган $\vec{E}_C$ вектор ҳосил бўлади:

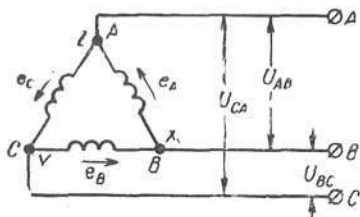
$$\vec{E}_A + \vec{E}_B = -\vec{E}_C; -\vec{E}_C + \vec{E}_C = 0.$$

Генератор чулғамларини учбурчак усулида нотўғри улашга асло йўл қўймаслик керак, масалан, чулғамларнинг X ва B учларини

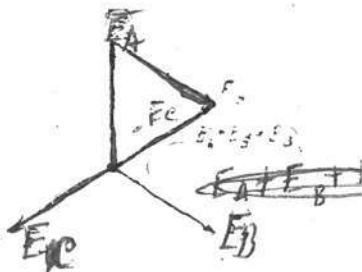
(6-6 ва 6-7-расмлар) тўғри улаб, Y ва Z ҳамда C ва A учларини нотўғри улаб қуйидагини топамиз:

$$\bar{E}_A + \bar{E}_B = -\bar{E}_C; \quad -\bar{E}_C - \bar{E}_C = -2\bar{E}_C$$

яъни бу ҳолда ёпиқ контурдаги э. ю. к. ларнинг йиғиндиси катталик жиҳатдан фаза э. ю. к. ининг иккиланган қийматига тенг бўлади, бу эса қисқа туташувнинг ўзгинасиدير.



6-6- расм. Генератор чулғамларини учбурчак усулида улаш.

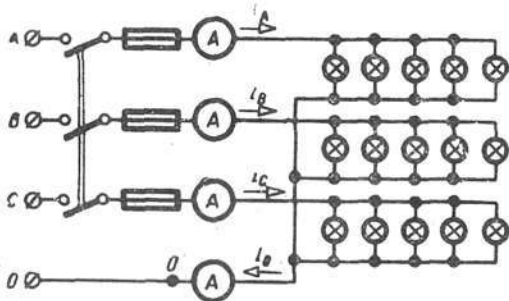


6-7- расм. Генераторни учбурчак усулида уланганда э. ю. к. ларнинг вектор диаграммаси.

6-4. ИСТЕЪМОЛЧИЛАРНИ ЮЛДУЗ УСУЛИДА УЛАШ

Истеъмолчиларни юлдуз усулида улаган вақтда уч фазали система тўрт симли (ёритувчи нагрузка) ёки уч симли (куч нагрузкаси) бўлиши мумкин.

Биринчи ҳолда лампалар ҳар бир линия сими билан нейтрал-сим орасига уланади (6-8-расм). Бунда нейтрал сим истеъмолчиларнинг алоҳида фазаларидаги кучланишлар билан генераторнинг



6-8- расм. Нейтрал симни юлдуз усулида улаш схемаси.

мос фазаларидаги кучланишларнинг тенглигини таъминлайди. Шундай қилиб, истеъмолчиларнинг иш шароитлари худди бир фазали системадагидек қола беради.

Бундай усулда улаганда (6-8-расм) линия симларидаги тоқлар истеъмолчи билан генераторнинг мос фазаларидаги тоқларга тенг бўлади, яъни

$$I_{\phi} = I_{\lambda}. \quad (6-6)$$

Истеъмолчиларнинг алоҳида фазала, идаги тоқлар маълум формулаларга асосан ҳисобланади:

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A}; \quad I_B = \frac{U_B}{Z_B} \quad \text{ва} \quad I_C = \frac{U_C}{Z_C}.$$

Фаза тоқларининг фаза кучланишларига нисбатан силжиш бурчаклари уларнинг косинуслари орқали топилади.

$$\cos \varphi_A = \frac{r_A}{z_A}; \quad \cos \varphi_B = \frac{r_B}{z_B}; \quad \cos \varphi_C = \frac{r_C}{z_C},$$

бу ерда $r_A, r_B, r_C, z_A, z_B, z_C$ лар истеъмолчилар фазаларининг актив ва тўла қаршиликлари.

Қирхгофнинг биринчи қондасига биноан нейтрал симдаги токнинг оний қиймати фаза тоқлари оний қийматларининг йиғиндисига тенг.

$$i_0 = i_A + i_B + i_C.$$

Нейтрал симдаги токнинг вектори фаза тоқлари векторлари йиғиндиси сифатида аниқланади.

$$I_0 = I_A + I_B + I_C. \quad (6-7)$$

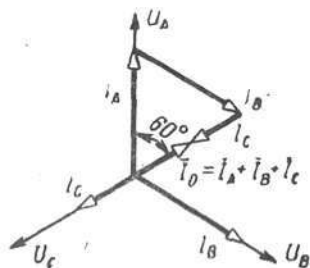
6-2- мисол. Генераторнинг фаза кучланиши 220 в, истеъмолчи фазаларининг қаршиликлари $z_A = z_B = r_A = r_B = 22$ ом, $z_C = r_C = 44$ ом.

Нейтрал симдаги ток топилади.

Фаза тоқлари

$$I_A = I_B = \frac{U_{\phi}}{z_A} = \frac{220}{22} = 10a; \quad I_C = \frac{U_{\phi}}{z_C} = \frac{220}{44} = 5a.$$

Векторлар диаграммасида (6-9-расм) фаза кучланишлари билан тоқларнинг вектори чизилган. Фаза тоқлари векторларининг йиғиндиси нейтрал симдаги ток векторларини беради, бундан $I_0 = 5a$. У фаза бўйича U_A кучланишдан $\varphi = 60^\circ$ бурчакка орқада қолади.

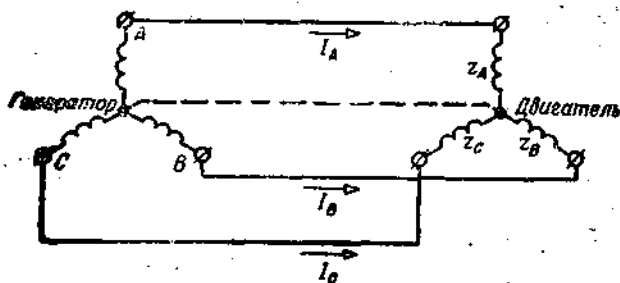


6-9- расм. Актив нагрузкали уч фазали тўрт симли ток занжирининг вектор диаграммаси.

Нейтрал симнинг кўндаланг кесими линия симларининг кўндаланг кесимига тенг (ёки бир оз кичикроқ) қилиб олинади, чунки нейтрал сим орқали ўтайдиган ток линия симларидаги тоқларга қараганда кичикроқ бўлади.

Борди-ю, истеъмолчиларнинг фазала-ри қаршиликлари турлича бўлса, нейтрал сим борлигида истеъмолчиларнинг ҳар бир фазадаги кучланиши $U_{\lambda}/\sqrt{3} = 0,58 U_{\lambda}$; бу эса истеъмолчининг номинал куч-

ланишидир. Нейтрал сим узилса, истеъмолчиларнинг фазаларида кучланиш ўзгариб кетади. Истеъмолчининг кичикроқ қаршиликли фазасида кучланиш камайиб кетади ва $r_{\phi} = 0$ бўлса, ҳатто нолга ҳам тенглашиб қолиши мумкин. Қаршилиги каттароқ бўлган фазада кучланиш ортиб кетади ва U_{ϕ} га тенглашиб қолиши ҳам мумкин; бунга асло йўл қўйиб бўлмайди, чунки у истеъмолчининг номинал кучланишидан $\sqrt{3}$ марта катта ва нагрузка ёритгичдан иборат бўлса, бу фазага уланган лампалар куйиб кетади. Нейтрал симнинг узилиб қолишига йўл қўймаслик учун унинг занжирига сақлагичлар ва виключателлар қўйилмайди.



6-10- расм. Уч фазали генератор ва истеъмолчини юлдуз усулида улаш.

Агар истеъмолчининг фазалари қаршилиги бир хил (масалан, электр двигатель) ва генераторнинг фаза э. ю. к. лари симметрик бўлса, у ҳолда фаза токлари ўзаро тенг ва мос фаза кучланишларидан бир хил бурчакларга силжиган, яъни токлар системаси ҳам симметрик бўлади. Бу ҳолда нейтрал симдаги ток, у фаза токлари йиғиндисига тенг, нолга тенг бўлади ва бу симни ишлатиш учун зарурат қолмайди. Уни узиб қўйиш мумкин ва натижада биз уч фазали учта симли системага эга бўламиз.

Кучланишлар системаси симметрик ва фазалардаги нагрузкалар бир хил (текис) бўлган шароитда уч фазали занжирни ҳисоблаш битта фазани ҳисоблашга келтирилади.

Фараз қилайлик, юлдуз усулида туташтирилган истеъмолчи занжирга уланган бўлсин (6-10- расм). Агар истеъмолчи фазаларининг қаршиликлари $z_A = z_B = z_C = z_{\phi}$ бўлса, у ҳолда истеъмолчининг фаза кучланишлари

$$U_A = U_B = U_C = U_{\phi} = \frac{U_{\Delta}}{\sqrt{3}}$$

Фаза токлари

$$I_A = I_B = I_C = I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{z_{\phi}}$$

Фаза токининг фаза кучланишидан силжиш бурчагини унинг косинуси орқали

$$\cos \varphi_{\phi} = \frac{r_{\phi}}{z_{\phi}}$$

ёки тангенс орқали аниқлаш мумкин:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\phi} = \frac{x_{\phi}}{r_{\phi}}$$

Фазанинг актив қуввати

$$P_{\phi} = U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi_{\phi}.$$

Симметрик система учун нагрузка текис бўлганда, ҳамма фазаларнинг актив қуввати

$$P = 3P_{\phi} = 3U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi_{\phi}. \quad (6-8)$$

Юлдуз усулида улаганда $I_{\phi} = I_{\lambda}$ ва $U_{\phi} = \frac{U_{\lambda}}{\sqrt{3}}$, эканлигини ҳисобга олсак, қуйидагини топамиз:

$$P = 3U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi_{\phi} = 3 \frac{U_{\lambda} I_{\lambda}}{\sqrt{3}} \cos \varphi_{\phi} = \sqrt{3} UI \cos \varphi. \quad (6-9)$$

Сўнгги формуладаги U ва I лар чизиқли катталиклар, φ эса — фаза кучланиши билан фаза токи орасидаги силжиш бурчаги.

Уч фазали системанинг реактив қуввати

$$Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi, \quad (6-10)$$

тўла қуввати эса

$$S = \sqrt{3} UI. \quad (6-11)$$

Фазалардаги нагрузкалар текис бўлмаса ёки система носимметрик бўлса, уч фазали системанинг қувватлари учала фаза қувватларининг йиғиндиси сифатида топилади.

6-3- мисол. Юлдуз усулида туташтирилган уч фазали ток электр двигатели 380 в ли тармоққа уланган. Двигателнинг қуввати 5 кВт, токи 9а. Қувват коэффициентини топилсин.

Электр двигателнинг қуввати

$$P = \sqrt{3} UI \cos \varphi,$$

бундан

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} UI} = \frac{5000}{1,73 \cdot 380 \cdot 9} = 0,84.$$

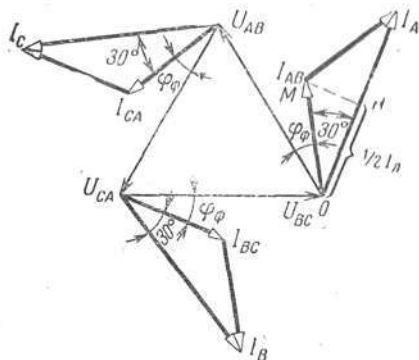
6-5. ИСТЕЪМОЛЧИЛАРНИ УЧБУРЧАК УСУЛИДА УЛАШ

Истеъмолчиларни учбурчак усулида улаш (6-11- расм) учун унинг ҳар бир фазаси линия симларига уланади, яъни бир вақтда истеъмолчининг фаза кучланиши ҳам бўлган линия кучланишига уланади:

$$U_{AB} = U_A; \quad U_{BC} = U_B; \quad U_{CA} = U_C.$$

6-12- расмда энергия истеъмолчиларини учбурчак усулида уланганда уч фазали занжир учун векторлар диаграммаси келтирилган. Бу диаграммада барча векторлар битта нуқтадан бошлаб чизилган.

6-13- расмда худди ўша занжир учун векторлар диаграммаси тасвирланган бўлиб, бу диаграммада кучланишлар векторлари учбурчак ҳосил қилади, ҳар бир фаза токининг вектори эса мос фаза кучланиши билан биргаликда бир нуқтадан бошлаб чизилган.



Агар линия кучланишлари системаси симметрик бўлганда, фазалардаги нагрузкалар бир хил, яъни

$$z_{AB} = z_{BC} = z_{CA} = z_{\phi}$$

ва

$$\varphi_{AB} = \varphi_{BC} = \varphi_{CA} = \varphi_{\phi}$$

бўлса, у ҳолда фаза токларининг эффектив қийматлари ўзаро тенг ва фаза бўйича мос кучланишлардан бир хил бурчакларга (6-14- расм) демак, бир-бирига нисбатан 120° бурчакларга силжиган бўлади. Демак, фаза токлари симметрик система ташкил қилар экан.

Линия токлари ҳам симметрик системадан иборат бўлади (6-14- расм).

Линия токи, масалан I_A , векторининг ўртасидан перпендикуляр ўтказсак, ОНМ тўғри бурчакли учбурчак ҳосил қиламиз, ундан қуйидаги келиб чиқади:

$$\frac{1}{2} I_L = I_{\phi} \cos 30^\circ = I_{\phi} \frac{\sqrt{3}}{2}$$

ёки

$$I_L = \sqrt{3} I_{\phi} \quad (6-12)$$

Шундай қилиб, истеъмолчиларни учбурчак усулида улаганда фазалардаги нагрузкалар бир хил бўлса, линия токлари фаза токларидан $\sqrt{3}$ марта катта бўлар экан.

Ундан ташқари, худди ўша векторлар диаграммасидан линия токлари мос фаза токларидан 30° бурчакларга орқада қолиши кўрилади.

Истеъмолчиларни учбурчак усулида улаганда фазалардаги нагрузкалар бир хил бўлса, уч фазали занжирни ҳисоблаш бир фазани ҳисоблашга келтирилади.

Бу ҳолда фаза кучланиши $U_{\phi} — U_L$.

Фаза токи

$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{z_{\phi}}$$

$$I_L = \sqrt{3} I_\phi.$$

Фаза токининг фаза кучланишига нисбатан силжиш бурчагининг косинуси ва тангенси қуйидаги ифодалардан топилади:

$$\cos \varphi = \frac{r_\phi}{z_\phi}; \quad \operatorname{tg} \varphi_\phi = \frac{x_\phi}{r_\phi}.$$

Битта фазанинг актив қуввати

$$P_\phi = U_\phi I_\phi \cos \varphi_\phi.$$

Учта фазанинг актив қуввати

$$P = 3P_\phi = 3U_\phi I_\phi \cos \varphi_\phi = \sqrt{3} UI \cos \varphi. \quad (6.13)$$

Учта фазанинг реактив қуввати

$$Q = 3U_\phi I_\phi \sin \varphi_\phi = \sqrt{3} UI \sin \varphi. \quad (6.14)$$

Уч фазали занжирнинг тўла қуввати

$$S = 3U_\phi I_\phi = \sqrt{3} UI. \quad (6.15)$$

Фазалардаги нагрузкалар ҳар хил бўлганда, уч фазали занжирнинг қуввати алоҳида фазаларнинг қувватлари йиғиндиси сифатида топилади.

6-4- мисол. Қуввати 4,5 кВт га тенг уч фазали электр двигателъ 127 в кучланиш билан ишлайди; $\varphi = 0,8$. Двигателъ учбурчак усулида уланган.

Линия ва фаза токлари топилсин.

Қувват $P = \sqrt{3} UI \cos \varphi$ бўлганлиги учун двигателънинг линия токи

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi} = \frac{4500}{1,73 \cdot 127 \cdot 0,8} = 25,6 \text{ а.}$$

Фаза токи

$$I_\phi = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{25,6}{1,73} = 14,8 \text{ а.}$$

6-5- мисол. Кучланиши $U_L = 125$ в бўлган уч фазали ток тармоғига қуйидагича қаршиликларга эга бўлган истеъмолчилар уланган:

$$r_{AB} = 10 \text{ ом ва } r_{BC} = r_{CA} = 15 \text{ ом.}$$

В симдаги сақлагич куйиб кетса, истеъмолчилар қандай кучланиш таъсирида қолганини аниқланг.

Сақлагич куйиб кетса, АВ ва ВС истеъмолчилар кетма-кет уланган ва $U_L = 125$ в кучланишга уланган бўлади.

Истеъмолчилардаги ток

$$I_{AB} = I_{BC} = \frac{U_{AC}}{r_{AB} + r_{BC}} = \frac{125}{25} = 5 \text{ а.}$$

Истеъмолчиларнинг қисқичларидаги кучланиш:

$$U'_{AB} = I_{AB} r_{AB} = 5 \cdot 10 = 50 \text{ в;}$$

$$U_{BC} = I_{BC} r_{BC} = 5 \cdot 15 = 75 \text{ в;}$$

$$U_{CA} = U_L = 125 \text{ в.}$$

Агар истеъмолчилар юлдуз усулида уланган ва линия тоқларининг мусбат йўналиши учун генератордан истеъмолчига қараб йўналиш қабул қилинган бўлса, Кирхгофнинг биринчи қондасига биноан нейтрал нуқта учун қуйидагини ёзиш мумкин:

$$i_A + i_B + i_C = 0.$$

Агар истеъмолчилар учбурчак усулида уланган бўлса, у ҳолда линия тоқларининг йиғиндиси:

$$i_A + i_B + i_C = i_{AB} - i_{CA} + i_{BC} - i_{AB} + i_{CA} - i_{BC} = 0.$$

Демак, истеъмолчиларни ҳар қандай усул билан улаганда ҳам уч фазали уч симли занжирдаги линия тоқлари оний қийматларининг алгебраик йиғиндиси нолга тенг экан.

Шунинг учун, масалан уч фазали кабелнинг учта ўзагининг магнитловчи кучи нолга тенг. Демак, кабелни механик бузилишлардан сақлайдиган пўлат совут магнитланмас экан.

6-6. ИСТЕЪМОЛЧИЛАРНИ УЧ ФАЗАЛИ ТОҚ ТАРМОҒИГА УЛАШ

Электр лампочкалар 127 ва 220 в номинал кучланишларга, уч фазали электр двигателлар эса 127, 220 ва 380 в номинал фаза кучланишларига мўлжаллаб тайёрланади.

Истеъмолчини уч фазали тоқ тармоғига улаш усули тармоқнинг линия кучланишига ва истеъмолчининг номинал кучланишига боғлиқ бўлади.

Номинал кучланиши 127 в бўлган лампочкалар тармоқнинг линия кучланиши 127 в бўлганда учбурчак усулида ва тармоқнинг линия кучланиши 220 в бўлганда эса нейтрал симли юлдуз усулида уланади. Номинал кучланиши 220 в бўлган лампочкалар линия кучланиши 220 в бўлган тармоққа учбурчак усулида ва линия кучланиши 380 в бўлган тармоққа эса нейтрал симли юлдуз усулида уланади.

Уч фазали электр двигатель линия кучланиши электр двигателнинг номинал фаза кучланишига тенг бўлган тармоққа учбурчак усулида уланади. Агар тармоқнинг линия кучланиши электр двигателнинг номинал фаза кучланишидан 3 марта катта бўлса, бу ҳолда у юлдуз усулида уланади.

6-7. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ.

УЧ ФАЗАЛИ ТОҚНИНГ ТҶРТ СИМЛИ ЗАНЖИРИ

Ишни бажаришдан аввал 6-2 ва 6-4-§ ларнинг мазмун билан танишиб чиқинг.

Иш плани

1. Ишни бажариш учун зарур бўлган асбоблар билан танишиб чиқинг. Уларга доир асосий техник маълумотларни ёзиб олинг.

2. Схема (6-8- расм) йиғиб, уни ўқитувчига кўрсатинг.

3. Нейтрал ($00'$) симни узиб қўйиб, фазалардаги нагрузкаларни бир хил қилинг, фаза ҳамда линия кучланишларини, $00'$ нуқталар орасидаги U_0 кучланишни ҳамда линия тоқларини ўлчанг.

P_A , P_B ва P_C фаза қувватларини ҳисобланг.

4. Нейтрал симни узиб қўйиб, A ва B фазалардаги лампочкалар сонини ўзгартирмасдан, C фазадаги нагрузкани ўзгартиринг. C фазадаги қаршилиқнинг турли қийматларида фаза ҳамда линия кучланишларини ва линия тоқларини ўлчанг [бунга C фазанинг қаршилиғи полга (фазада қисқа туташув) ва чексизликка (фазада нагрузка йўқ) тенг бўлган ҳоллар ҳам киради]. Фазалар қувватларини ҳисобланг.

5. Асбобларнинг кўрсатишини ва ҳисоблаб топилган натижаларни 6-1-жадвалга ёзинг.

6-1-жадвал

Кузатишлар №	r_C	I_A	I_B	I_C	I_0	U_A	U_B	U_C	U_0	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	P_A	P_B	P_C	P
	ом	а	а	а	а	в	в	в	в	в	в	в	в	вт	вт	вт

6. Нагрузкалар бир хил бўлган ва ҳар хил бўлган ҳоллар учун векторлар диаграммасини чизинг.

7. Нейтрал симни улаб туриб, C фазадаги қаршилиқнинг турли қийматларида (C фаза қисқа туташган ҳол бундан мустасно) фаза ҳамда линия кучланишларини, линия тоқларини ва нейтрал симдан ўтаётган токни ўлчанг. Фаза қувватларини ҳисобланг. Нейтрал симнинг қаршилиғи занжирнинг иш режимига қандай таъсир кўрсатишини аниқланг. Асбобларнинг кўрсатишини ва ҳисоблаб топилган натижаларни 6-1-жадвалга ёзинг. Вектор диаграммаларини чизинг.

6-8. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ.

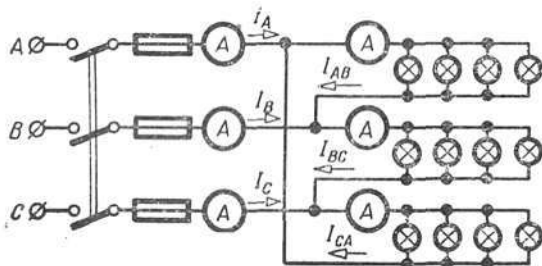
УЧ ФАЗАЛИ ТОҚНИНГ УЧ СИМЛИ СИСТЕМАСИ

Ишни бажаришдан аввал 6-5-§ нинг мазмуни билан танишиб чиқинг.

Иш плани

1. Иш бажариш учун керак бўладиган асбоблар билан танишинг. Ўлчаш асбоблари ҳамда қурилмаларининг асосий техник маълумотларини ёзиб олнинг.

2. Схема йиғиб (6-15-расм), уни раҳбарингизга кўрсатинг.



6-15- расм. Электр лампочкаларини учбурчак усулида улаш схемаси.

Ғулчанг, $I_L = \sqrt{3} I_\Phi$ эканлигига ишонч ҳосил қилинг. Фаза кучлавишларини ўлча-
чанг ва фаза қувватларини ҳисобланг. Векторлар диаграммасини чизинг.

4. Асбобларнинг кўрсатишини ва ҳисоблаш натижаларини 6-2-жадвалга ёзиш.

5. Иккита (r_{AB} , r_{BC}) фазанинг қаршиликларини бир хил қилиб олиб, учья-чи фазанинг қаршилигини ўзгартиринг. Ҳар бир тажриба учун асбобларнинг кўрсатишини 6-2-жадвалга ёзинг. Фаза қувватларини ҳисобланг. Тажрибалардан бири учун маълум масштабда векторлар диаграммасини чизинг.

6-2- ж а д в а л

[illegible]

6. Фазалардаги нагрузкаларни бир хил қилиб туриб, С фазадаги сақлагични олиб қўйинг. Асбобларнинг кўрсатишини ёзиб олинг ва шу ҳол учун маълум масштабда вектор диаграмма чизинг. Γ_{BC} қаршилиқнинг ўзгариши занжирнинг иш режимига қандай таъсир кўрсатишини текширинг.

Еттинчи боб.

ЭЛЕКТР ҰЛЧОВ АСБОБЛАРИ ВА ҰЛЧАШЛАР

Ўлча ш—ўлчанаётган катталики шартли равишда ўлчов бирлиги сифатида қабул қилган худди шу жинсдаги катталиқ билан солиштириш процессидир.

Ўлчов бирлигининг моддий намунаси, унинг каср ёки қаррали қиймати ўлчов дейилади.

Ўлчанаётган катталиқни ўлчов бирлиги ёки ўлчов билан солиштириш учун мўлжалланган мослама ўлчов асбоби дейилади.

Амалий ўлчашлар учун мўлжалланган ўлчов ва асбоблар ишчи асбоблар дейилади.

Бирликларни сақлаш ёки қайта тиклаш учун, шунингдек, асбобларни текшириш ва даражалаш учун мўлжалланган ўлчовлар ҳамда асбоблар намунавий асбоблар деб аталади.

— Ҳар қандай ўлчаш натижаси ўлчанаётган катталиكنинг ҳақиқий қийматида бир оз фарқ қилади. Ўлчанаётган катталиكنинг ҳақиқий қиймати—намунавий ўлчовлар ёрдамида аниқланадиган қийматдир.

Катталикнинг ўлчаб олинган қиймати билан ҳақиқий қиймати орасидаги фарқ ўлчашнинг абсолют хатолигидан иборат. Абсолют хатоликнинг ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий ёки ўлчанган қийматига нисбати нисбий хатоликдан иборатдир. Нисбий хатолик процентларда ифодаланади. Бу хатолик ўлчаш сифатини баҳолаш учун ишлатилади. ↓

7-1- мисол. Тоқини ўлчаш натижасида $I_1 = 41$ а экани топилган. Тоқнинг ҳақиқий қиймати $I = 40$ а.

Ўлчашнинг абсолют хатоси

$$\Delta I = I_1 - I = 41 - 40 = 1 \text{ а.}$$

Нисбий хатолик

$$\gamma = \frac{\Delta I}{I} \cdot 100\% = \frac{1}{40} \cdot 100\% = 2,5\%.$$

7.2. ЭЛЕКТР ЎЛЧОВ АСБОБЛАРИНИНГ ТУРЛАРИ

Электр ўлчов асбоблари бевосита баҳолаш асбобларига ва таққослаш асбобларига бўлинади.

Бевосита баҳолаш асбобларига, масалан, амперметр, вольтметр счётчик, яъни ўлчанаётган катталикнинг қийматини ўзларидаги саналадиган мосламалари ёрдамида кўрсатадиган асбоблар киради.

Солиштириш асбоби ўлчанаётган катталикни ўлчов билан солиштириш учун, масалан, кўприк қаршиликларини ўлчаш учун (7-7- §) ишлатилади.

Техник ўлчашлар учун бевосита баҳолаш асбоблари ишлатилади, чунки бу асбоблар содда, арзон ва ўлчаш учун кам вақт талаб қилади.

Солиштириш асбоблари аниқроқ ўлчашлар ва электрик бўлмаган катталикларни ўлчаш учун ишлатилади.

7-1-жадвалда ўлчов асбобларининг улар ўлчайдиган катталикнинг табиатига қараб бўлиниши берилган. 7-2-жадвалда асбобларнинг системаларига, яъни уларнинг тўзилишига ва ишлаш принцигига қараб бўлиниши келтирилган.

Ҳар хил хоссаларга эга бўлган ўлчов асбобларининг турли-туман бўлишига сабаб электр катталикларни ўлчашдаги шароитлар ҳамда талабларнинг турли-туманлигидир.

Аниқлик даражасига қараб бевосита баҳолаш асбоблари (ГОСТ 1845—59) саккизта аниқлик синфига бўлинади: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5 ва 4. Асбобларнинг шкаладаги аниқлик синфи айлана ичига олиб ёзилади.

Асбобнинг аниқлик синфини ифодаловчи сон унинг асосий рухсат этилган, келтирилган хатолигини кўрсатади. Асосий рухсат этилган келтирилган хатолик деб, нормал иш шароитида турган асбобнинг стандарт бўйича йўл қўйиладиган энг катта абсолют хатоси (Δx)нинг асбобнинг номинал катталиги (x_n)га нисбатига айтилади. Бу нисбат процентларда ифодаланилади. ✓

Система- нинг белги- си	Система	Асбобларнинг шкала- ларидаги белгилар	Изоҳлар
	Вибрация	Мисол 	Электромагнит сис- темадаги, аниқлик синфи 1,5, ўзгарув- чан токка мўлжал- ланган, шкаласи го- ризонталга нисбатан 60° бурчак остида ўрнатиладиган асбоб

x_1 катталикини асбоб билан ўлчагандаги нисбий хатолик деб, асбобнинг энг катта эҳтимолый абсолют хатолиги Δx нинг x_1 катталикининг ўлчанган қийматига нисбатига айтилади (у процентларда ифодаланади), яъни

$$\gamma x_1 = \frac{\Delta x}{x_1} \cdot 100 \% . \quad (7-2)$$

Сўнгги ифодани асбобнинг номинал катталигига кўпайтириб ва бўлиб, қуйидагини топамиз:

$$\gamma x_1 = \frac{\Delta x}{x_1} \cdot 100 \% \frac{x_n}{x_n} = \frac{\Delta x}{x_n} \cdot 100 \% \frac{x_n}{x_1} = \gamma_{абс} \frac{x_n}{x_1} . \quad (7-3)$$

Шундай қилиб, ўлчаш хатолиги асбоб номинал катталигининг шу катталикининг ўлчанган қийматга нисбат билан асбоб хатолигининг кўпайтмасига тенг экан.

7-2- мисол. Номинал токи $I_n = 25$ а, аниқлик синфи 1,5 бўлган амперметр ёрдамида $I_1 = 15$ а ток ўлчаган. Токни ўлчашда йўл қўйиладиган хатолик топилсин. Токни ўлчашдаги энг катта эҳтимолый хатолик

$$\gamma_{I_1} = \gamma_A \frac{I_n}{I_1} = \pm 1,5 \% \frac{25}{15} = 2,5 \% .$$

Ўлчанаётган катталик асбобнинг номинал катталигидан қанча кичик бўлса, бу катталикини ўлчаш хатолиги шунча катта бўлади демак, ўлчанаётган катталикининг қиймати асбоб номинал катталигининг ярмидан кам бўлмаслиги керак.

7-3. АСБОБЛАРНИНГ ЎЛЧАШ МЕХАНИЗМЛАРИ

Ўлчаш механизми ҳар бир ўлчаш асбобининг асосий қисмидир.

Ўлчаш механизмига ўлчанадиган ёки у билан функционил боғланган ёрдамчи катталик таъсир кўрсатганда унинг ҳаракатчан қисми силжийди. Ўлчанаётган катталикининг қиймати ҳаракатчан қисмнинг бурилиш бурчаги ёки чизиқли кўчишига қараб аниқланади.

Магнитоэлектрик ўлчаш механизмининг ҳаракатчан қисми (7-1-расм) тўғри бурчакли B ғалтакдан (рамкадан) иборат. Юпқа изоляцияланган мис симдан ясалган чулғам алюминий асосга (каркасга) ўрнатилади. Рамкага иккита ярим ўқ маҳкамланган бўлиб, бу ярим ўқлар таянчларга ўрнатишган. Ярим ўқлардан биттасига стрелка билан рамка чулғамига ток келтирадиган спираль пружиналарининг учи маҳкамланган.

Рамканинг ён томонлари пўлат B цилиндр билан қутб бошмоқлар N' , S' орасидаги ингичка A ҳаво тирқишида ётади. Кучли ўзгармас N , S магнит ҳаво тирқишида бир жинсли радиал магнит майдони ҳосил қилади.

Рамка чулғамларининг магнит майдонида ётган ён томонларига чулғамдан ток ўтаётганда F , F жуфт куч (7-2-расм) таъсир қилади. Шундай қилиб, рамкадаги токка горизонтал бўлган айлантирувчи момент юзага келади,

$$M = kI,$$

бу ерда k — пропорционаллик коэффициент.

Бу момент таъсирида рамка α бурчакка бурилади, бунда айлантирувчи момент пружинанинг акс таъсир кўрсатувчи моменти билан мувозанатлашади. Акс таъсир кўрсатувчи момент бурилиш бурчагига пропорционал

$$M_{\text{акс}} = D\alpha,$$

бу ерда D — пропорционаллик коэффициент.

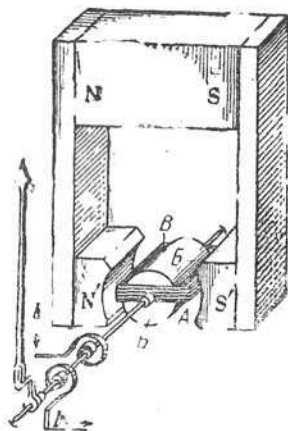
Айлантирувчи ва акс таъсир кўрсатувчи моментларнинг тенглигидан, яъни

$$D\alpha = kI$$

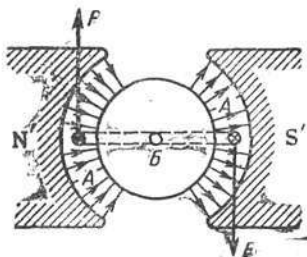
дан рамканинг бурилиш бурчаги учун қуйидаги ифодани топамиз

$$\alpha = \frac{k}{D} I,$$

бундан бурилиш бурчаги токка пропорционал деган хулосага келамиз.



7-1- расм. Магнитоэлектрик ўлчаш механизми.



7-2- расм. Магнитоэлектрик ўлчаш механизмида айлантирувчи момент ҳосил қилиниши.

Ўлчаш механизми ғалтагидаги ток

$$I = \frac{D}{k} \alpha = C \alpha;$$

бу ерда $C = D/k$ — ток бўйича ҳар бир асбоб учун маълум бўлган доимийдир.

Шундай қилиб, ўлчанаётган ток рамканинг бурилиш бурчагини санаш ва уни асбобнинг доимийсига кўпайтириш орқали топилар экан. Бурчак стрелка билан стрелканинг учи орқасига маҳкамланган шкала бўйича аниқланади.

Асбобни улагандан кейин ҳосил бўладиган ҳаракатчан қисмнинг тебраниш вақтини камайитириш учун мўлжалланган мослама тинчлан тирги ч деб аталади.

Магнитоэлектрик ўлчаш механизмида рамканинг алюминий асоси тинчлантирувчидир. Ҳаракатчан қисм бурилганда асоси кесиб ўтувчи магнит оқими ўзгаради. Асосда тоқлар индукцияланади ва улар магнитнинг магнит майдони билан ўзаро таъсири ҳаракатчан қисмни тинчлантирадиган тормозловчи момент юзага келтиради.

Текширилаётган ўлчаш механизми пружина ва чулғамлардаги симнинг кўндаланг кесими кичик бўлганлиги сабабли кичик номинал тоқларга (10—100 ма ва ундан ҳам кичик) мўлжаллаб тайёрланади.

Биз кўриб чиққан тузилишдаги магнитоэлектрик ўлчаш механизмини ўзгарувчан ток занжирига улаганда, айлантйрувчи момент тоқнинг оний қийматиға пропорционал равишда ўзгаради. Момент бундай тез ўзгарганда инерция тўфайли ҳаракатчан қисм момент кетидан ўзгариб улгурмайди ва у айлантйрувчи моментнинг бир давр ичидаги ўртача қийматиға пропорционал бўлган бурчакка оғади. Синусоидал тоқ учун тоқнинг, демак, моментнинг ҳам ўртача қиймати нолға тенг ва ҳаракатчан қисм оғмайди. Шундай қилиб, қаралган ўлчаш механизми фақат ўзгармас тоқ занжиридаги тоқни ўлчаш учунгина яроқлидир, холос.

б) Электромагнит ўлчаш механизми

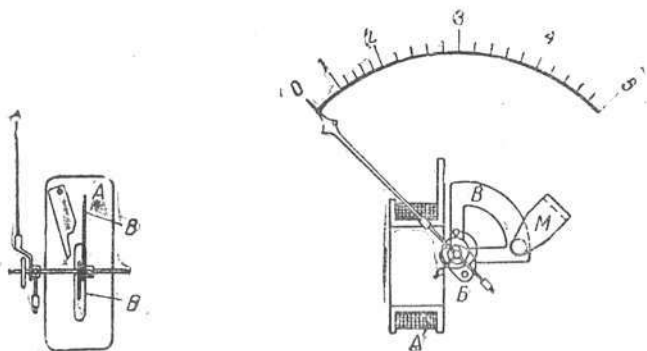
Электромагнит ўлчаш механизми 7-3-расмда кўрсатилган. У А кўчмас ғалтакдан ва ҳаракатчан қисм—Б— пўлат ўзакдан, кўрсатувчи стрелкадан, битта ўққа ўрнатилган пружинадан ва В секторсимон алюминий япроқча—тинчлантирувчидан ташкил топган.

Ўлчанаётган тоқ кўзғалмас ғалтакдан ўтиб, Б ўзакни магнитловчи магнит майдони вужудға келтиради ва уни ғалтак ичига қараб тортади. Ғалтакдаги тоқнинг қиймати ўзакнинг бурилиш бурчаги орқали аниқланади.

В япроқча М магнитнинг магнит майдонида ҳаракатланган вақтда унда уюрма тоқлар индукцияланади. Ана шу тоқларнинг магнит майдони билан таъсири натижасида тормозловчи момент юзага келиб, рамкани тинчлантиради.

Электромагнит ўлчаш механизми ҳам ўзгармас, ҳам ўзгарувчан ток занжирлари учун ярай беради, чунки ўзакнинг ғалтак ичига тортилиши токнинг йўналишига боғлиқ эмас.

Ўзакнинг қолдиқ индукцияси таъсирида токнинг бир хил қийматларида ўзакнинг тортилиши, демак, ўлчаш механизмининг кўрсатиши ҳам ток ортаётганда ва камаяётганда ҳар хил бўлиши мум-



7-3- расм. Электромагнит ўлчаш механизми.

кин. Демак, қолдиқ индукция туфайли хатолик юзага чиқиши мумкин. Бундай хатоликни камайтириш мақсадида ўзақлар қолдиқ индукцияси жуда кичик бўлган пермеллойдан ясалади.

Ташқи майдонлар таъсирида юзага чиқадиған хатоларни камайтириш мақсадида ўлчаш механизми экранлар ёки гилофлар билан ўралади. Худди ўша мақсадлар учун иккита кетма-кет уланган ғалтакли ва мос равишда бир ўққа ўрнатилган иккита ўзакли астатик ўлчов механизмлари ишлатилади. Ўлчанаётган ток ғалтакларда қарама-қарши йўналган майдонлар ҳосил қилади. Ташқи бир жинсли майдон битта ғалтакнинг магнит майдонини камайтирса, иккинчи ғалтакнинг магнит майдонини орттиради, шундай қилиб, ташқи майдоннинг натижавий таъсири жуда кам бўлади.

в) Электродинамик ўлчаш механизми

Электродинамик ўлчаш механизми (7-4 ва 7-5- расмлар) иккита—икки қисмдан иборат кўчмас A ва кўрсатувчи стрелка билан бир ўққа ўрнатилган кўзгалувчан B ҳамда ҳаволи тинчлантирувчи B нинг каноти ва иккита спиралсимон пружинадан иборат.

Кўчмас ғалтакдан I_1 ток ва ҳаракатчан ғалтакдан I_2 ток ўтганда улар орасида электродинамик ўзаро таъсирлашув юзага келади. Натижада ҳаракатчан ғалтакка FF (7-5-расм) жуфт куч, яъни айлантурувчи момент таъсир кўрсатади. Ҳаракатчан ғалтак, айлан-

тирувчи момент пружинанинг акс таъсир кўрсатувчи моменти билан мувозанатлашмагунча бурилади.

Ўзгармас ток учун айлантирувчи момент ва ҳаракатчан ғалтакнинг бурилиш бурчаги ғалтаклардаги тоқларнинг кўпайтмасига пропорционалдир.

$$\alpha = k_1 I_1 I_2. \quad (7-4)$$

Ўзгарувчан ток учун оний айлантирувчи момент тоқлар оний қийматларининг кўпайтмасига пропорционал бўлиб, бир давр ичидаги ўртача айлантирувчи момент ва ҳаракатчан ғалтакнинг унга пропорционал бўлган бурилиш бурчаги эса ғалтаклардаги тоқларнинг эффектив қийматлари ҳамда улар орасидаги силжиш бурчаги косинусининг кўпайтмаси орқали аниқланади, яъни

$$\alpha = k_1 I_1 I_2 \cos \varphi. \quad (7-5)$$

Ана шу бурилиш бурчаги ўлчанаётган катталикнинг қийматини аниқлайди. Бунини биз пастроқда кўрсатамиз.

Ўлчаш механизмида пўлатнинг йўқлиги, демак, қолдиқ индукция юзага келтирадиган хатоликнинг йўқлиги бундай механизмларни юқори аниқликдаги ўлчашларни ўтказишга мўлжаллаб тайёрлаш имконини беради.

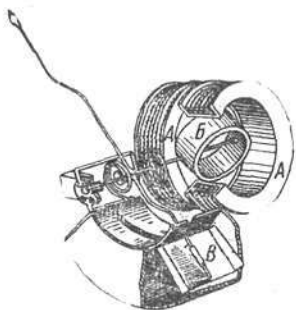
Ўлчаш механизми заиф магнит майдони юзага келтирадиган ташқи магнит майдонлари таъсирида ҳосил бўладиган хатоликларни камайтириш учун электромагнит ўлчаш механизмида қўлланилган воситалардан фойдаланилади.

Заиф магнит майдонига заиф айлантирувчи момент мос келади. Демак, бундай асбобларда юксак аниқликка эришиш учун ишқалиш туфайли юзага чиқадиган хатоликни камайтириш керак. Бунга ҳаракатчан қисмнинг оғирлигини камайтириш, ўқлар ҳамда таянчларни бежирим қилиб ишлаш билан эришилади. Ундан ташқари,

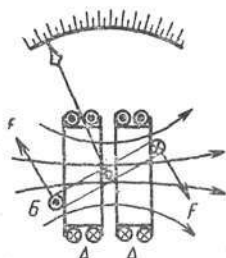
ҳаракатчан ғалтакнинг пружиналари билан симининг кўндаланг кесими кичик, шу сабабли электродинамик ўлчаш механизми ортиқча нагрузкаларга жуда сезгир.

г) Ферродинамик ўлчаш механизми

Бу ўлчаш механизмининг ишлаш принципи худди электродинамик ўлчаш механизмининг ўзгинаси. У электродинамик ўлчаш механизмдан кўчмас ғалтак кийдирилган пўлат ўзак ва ўша пўлат-



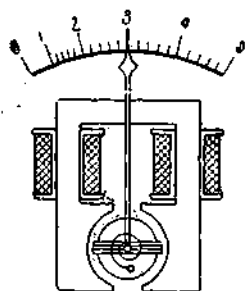
7-4- расм. Электродинамик ўлчаш механизми.



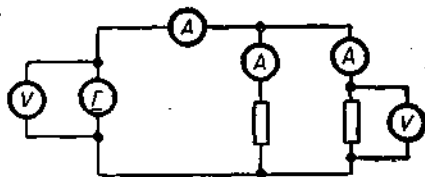
7-5- расм. Электродинамик ўлчаш механизмида айлантирувчи момент ҳосил қилиш.

дан ясалган ва ҳаракатчан ғалтак билан ўралган қўзғалмас цилиндр билан фарқ қилади (7-6-расм).

Пўлат магнит узатувчи ўлчаш механизмининг майдонини кучайтиради, натижада айлантирувчи момент ҳам ортади, бу эса асбобнинг мустаҳкамроқ бўлишига шароит яратади ҳамда ўлчаш механизмининг кўрсатишига ташқи магнит майдонларининг таъсирини камайтиради. Пўлат ишлатилиши қолдиқ индукция ва магнит узатувчидаги уюрма тоқлар таъсирида юзага чиқадиган хатоликларни орттиради.



7-6- расм. Ферродинамик ўлчаш механизми.



7-7- расм. Амперметрлар ва вольтметрларни ўлаш

7-4. ТОҚ КУЧЛАНИШИНИ ЎЛЧАШ

а) Амперметр ва вольтметрни улаш схемалари

Амперметрнинг кўрсатиши унинг ўлчаш механизми орқали ўтаётган тоқ билан белгиланади. Шу сабабли электр занжирининг бирорта участкасидаги, истеъмолчидаги ёки генератордаги токни ўлчаш учун амперметрни ўлчанаётган тоқ у орқали ўтадиган қилиб улаш керак. Демак, амперметр истеъмолчига, генераторга ёки занжир участкасига кетма-кет уланар экан (7-7-расм).

Амперметрни улаганда занжирнинг иш режими ўзгармаслиги керак, демак, унинг қаршилиги истеъмолчининг ёки занжир участкасининг қаршилигига нисбатан кичик бўлиши керак. Амперметрнинг (r_a) қаршилиги кичик ва ундан номинал ($I_{a,n}$) тоқ ўтаётган бўлса, унда йўқотиладиган номинал қувват ҳам кичик бўлади:

$$P_{a,n} = I_{a,n}^2 r_a.$$

Агар ўлчанаётган тоқ ўлчаш механизмининг (амперметрнинг) номинал токидан катта бўлса, у ҳолда ўлчаш чегарасини кенгайтириш мақсадида ўзгармас тоқ занжирида (кейинроқ кўрамиз) шунтлар, ўзгарувчан тоқ занжирида эса тоқ трансформаторлари (9-10-§) ишлатилади.

Вольтметрнинг кўрсатиши унинг қисқичларидаги кучланиш билан аниқланади. Шу сабабли истеъмолчи ёки генераторнинг қисқичларидаги кучланишни ўлчаш учун унинг қисқичларини вольт-

метрнинг қисқичлари билан туташтириш, яъни вольтметрни истеъ-
молчига ёки генераторга параллел улаш керак (7-7-расм).

Вольтметрни занжирга улаганда у ўлчанаётган кучланишга (зан-
жирнинг иш режимига) таъсир кўрсатмаслиги учун унинг қарши-
лиги вольтметр параллел уланаётган истеъмолчининг (генератор-
нинг) қаршилигига нисбатан катта бўлиши керак. Вольтметрнинг $r_{в.}$
қаршилиги катта бўлганда, ундаги номинал ток $I_{в.н}$ кичик ва унда-
ги йўқотиладиган номинал қувват ($P_{в.н}$) ҳам кичик бўлади, чунки

$$I_{в.н} = \frac{U_{в.н}}{r_{в.}} \quad \text{ва} \quad P_{в.н} = \frac{U_{в.н}^2}{r_{в.}}$$

Ўлчаш механизмининг қисқичларидаги кучланиш

$$U_{\oint} = I_{\oint} r_{\oint}.$$

Температура 10°C га ўзгарганда ўлчаш механизмидаги мис чул-
гамнинг қаршилиги 4% га ўзгарганлиги учун $U_{\oint}$ кучланиш $I_{\oint}$ ток-
ка, демак, ҳаракатчан қисмининг бурилиш бурчагига пропорционал
бўлмайди. Шундай қилиб, кучланишни аниқ ўлчаш мумкин эмас.

Ўлчаш механизмига кетма-кет қилиб, температура коэффициен-
ти нолга яқин бўлган манганиндан ясалган катта қўшимча
қаршилик ($r_{\kappa} \gg r_{\oint}$) уласак, вольтметрнинг қаршилиги $r_{в} = r_{\oint} + r_{\kappa}$
деярли температурага боғлиқ бўлмай қолади. Шундай қилиб,
вольтметр ҳаракатчан қисмининг бурилиш бурчаги фақат токкагина
эмас, қисқичларидаги кучланишга ҳам пропорционал бўлади:

$$U_{в} = I_{\oint} (r_{\oint} + r_{\kappa}) = I_{\oint} r_{в} = I \text{const.} \quad (7-6)$$

Одатда қўшимча қаршилик ўлчаш механизмининг номинал куч-
ланиши кичик бўлганлиги сабабли вольтметрнинг номинал кучла-
нишини орттириш учун ҳам ишлатилади.

Юксак кучланишли ўзгарувчан ток занжирларидаги кучланишнинг
чегараларини кенгайтириш учун қўшимча қаршилик билан бир қа-
торда кучланишни ўлчаш трансформаторлари ҳам иш-
латилади (9-10-§).

Баён этилганлардан амперметр билан вольтметр фақат ўзлари-
нинг параметрлари билан фарқ қилувчи бир хил тузилишдаги ме-
ханизмларга эга бўлиши мумкин деган хулоса чиқади. Бироқ, ампер-
метр ва вольтметр ўлчанаётган занжирга турлича уланади ва тур-
лича ички ўлчаш схемасига эга.

б) Магнитоэлектрик амперметрлар ва вольтметрлар

Юқорида магнитоэлектрик ўлчаш механизмлари кўпи билан
100 ма номинал токка мўлжаллаб тайёрланишини қайд қилиб ўт-
ган эдик. Шундай қилиб, кичик токларни ўлчаш учун мўлжаллан-
ган магнитоэлектрик асбоблар (гальванометрлар, микроамперметр-
лар, миллиамперметрлар) ғалтаги асбобнинг филофига жойлашган

қисқичларга уланган, шкалаларига бевосита ўлчанадиган токнинг қийматлари ёзилган ўлчаш механизмидан иборат экан.

Магнитоэлектрик амперметр ҳам ўлчаш чегараларини кенгайтириш учун шунт билан жиҳозланадиган ўша системадаги ўлчаш механизмидан иборат. Шунт ўлчаш механизмига параллел уланади (7-8-расм).

Ўлчанадиган ток a тугунда икки қисмга: шунтдаги ток $I_{ш}$ ва ўлчаш механизмидаги ток $I_{\bar{y}}$ га ажралади. ab тармоқдаги кучланишнинг тушуви (7-8-расм)

$$U_{ab} = I_{\bar{y}} r_{\bar{y}} = I \frac{r_n r_{ш}}{r_n + r_{ш}},$$

бундан

$$I = I_{\bar{y}} \frac{r_{\bar{y}} + r_{ш}}{r_{ш}} = I_{\bar{y}} p. \quad (7-7)$$

Шунтнинг қаршилиги $r_{ш}$ ва ўлчаш механизмининг қаршилиги $r_{\bar{y}}$ ўзгармас бўлса, ўлчанаётган I ток билан ўлчаш механизмидаги $I_{\bar{y}}$ токнинг нисбати доимий (p) бўлади. Демак, ўлчаш механизми ҳаракатчан қисмининг бурилиш бурчаги орқали ўлчанаётган токни аниқлаш мумкин экан. Шунт қизимаслиги ва унинг натижасида хатоликка йўл қўйилмаслиги учун шунтларнинг кўндаланг кесими етарли бўлиши керак. 25—50 амперларгача тоқларга мўлжалланган шунтлар асбобнинг филофи ичига жойлаштирилади, ундан каттароқ тоқларга мўлжалланганлари эса асбобдан ташқарида алоҳида ўрнатилади.

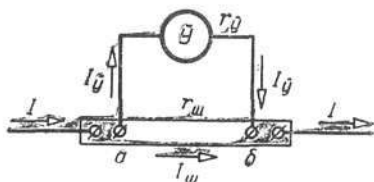
Техник амперметрларнинг битта чегарали шунтлари, намунавий ва лаборатория амперметрларининг эса кўп чегарали шунтлари бўлади (7-9-расм). Штепселни бир уячадан иккинчисига кўчириб, шунтнинг қаршилигини ўзгартириш орқали турли ўлчаш чегараларига эришилади.

Магнитоэлектрик вольтметр ҳам ўша системадаги ва кучланишни ўлчаш чегарасини кенгайтириш учун қўшимча қаршилик билан жиҳозланган ўлчаш механизмидан иборат (7-10-расм). Вольтметрнинг шкаласига унинг қисқичларидаги кучланишни кўрсатувчи даражалар ёзилади:

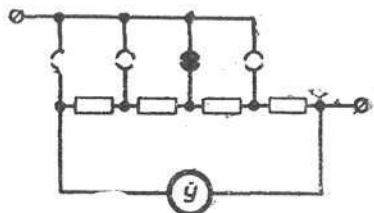
$$U = I(r_{\bar{y}} + r_k),$$

бу кучланиш ўлчаш механизмидаги $U_{\bar{y}} = I r_{\bar{y}}$

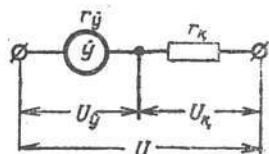
кучланишдан $p = \frac{r_{\bar{y}} + r_k}{r_{\bar{y}}}$ марта катта.



7-8-расм. Шунтли ўлчаш механизми.

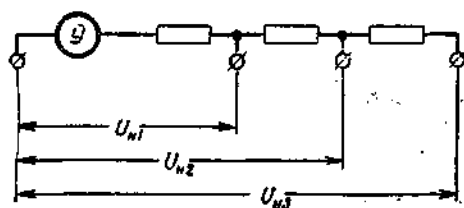


7-9-расм. Кўп чегарали шунт билан жиҳозланган амперметр.



7-10-расм. Қўшимча қаршиликли ўлчаш механизми.

Техник вольтметрнинг бир чегарали, намунавий ва лаборатория вольтметрларининг эса кўп чегарали қўшимча қаршиликлари (7-11-расм) бўлади. Турли номинал кучланишларга эришиш учун турли қўшимча қаршиликлардан фойдаланилади. Бунга эса симлардан бирини вольтметрнинг бир қисқичидан иккинчисига ўтказиш, переключатель ёки штепселни бураш билан эришилади.



7-11- расм. Кўп чегарали қўшимча қаршилик-
ли вольтметр.

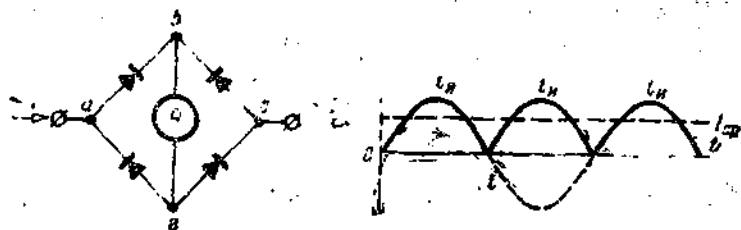
Магнитоэлектрик амперметрлар ва вольтметрлар намунавий ҳамда лаборатория учун (аниқлик синфи 0,1 — 2,5), шунингдек, техник мақсадлар учун (аниқлик синфи 1 — 2,5) ҳам тайёрланади.

Уларнинг сезгирлиги юқори бўлиб, уларга ташқи магнит май-донлари, температура кам таъсир кўрсатади. Шу билан бирга бу асбобларда қувват кам йўқолади ҳамда улар ортиқча нагрузкалар-га жуда сезгир бўлади.

в) Тўғрилагичли амперметрлар ва вольтметрлар

Тўғрилагичли амперметрлар магнитоэлектрик ўлчаш механизми билан ярим ўтказгичли тўғрилагичдан иборат (7-12- расм).

Биринчи ярим давр ичида ток $a-b-g-e$ йўл билан ўтади, иккинчи ярим давр ичида эса $e-b-g-a$ йўл билан ўтади. Де-мак, ўлчаш механизми орқали ўзгарувчан токнинг ҳар бир ярим даври ичида токнинг бир томонга йўналган ярим тўлқинлари ўта-ди. Ўртача айлантирувчи момент ва ҳаракатчан қисмининг бурилиш бурчаги ўртача токка боғлиқ бўлиб, бу ток эса синусоидал ток



7-12- расм. Тўғрилагичли амперметрнинг схемаси ва ўлчаш механизми-
даги токининг эгри чизиги.

учун токнинг эффектив қийматига пропорционал бўлади. Амперметрларнинг шкаласига токнинг худди ана шу қиймати ёзилади.

Токни ўлчаш чегаралари шунтлар ёрдамида кенгайтирилади.

Тўғрилагичли вольтметрлар чала ўтказгичли тўғрилагичи бўлган магнитоэлектрик ўлчаш механизми билан қўшимча қаршиликдан иборат (7-13- расм).

Ҳаракатчан қисмнинг бурилиш бурчаги, худди амперметрдагидек ўлчанаётган катталик синусоидал бўлганда токнинг эффектив қийматига пропорционал, вольтметрнинг қаршилиги ўзгармас бўлганда эса кучланишнинг эффектив қийматига пропорционал бўлади. Вольтметрнинг шкаласига худди ана шу қийматлар ёзилади.

Тўғрилагичли амперметрлар ҳамда вольтметрларнинг аниқлик синфи 1,5—2,5 бўлади. Улар асосан 10 кгц га қадар юқори частотали ўзгарувчан ток занжирларида ишлатилади.

г) Термоэлектрик амперметрлар ва вольтметрлар

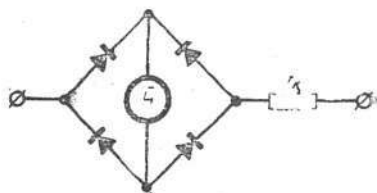
Термоэлектрик амперметрлар магнитоэлектрик механизм билан термоўзгартиргичдан иборат (7-14- расм). Термоэлектрик вольтметрларда эса булардан ташқари қўшимча қаршилик ҳам бўлади.

Турли металлдан ясалган иккита симнинг бир-бирига кавшарланган учи термopара дейилади. Термopаранинг кавшарланмаган учлари эркин учлар, кавшарланганлари эса ишчи учлар дейилади.

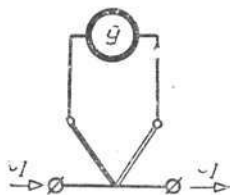
Термopаранинг ишчи учлари қизитилганда эркин учларида термоэлектр юритувчи куч — термо э.ю.к. деб аталувчи потенциаллар фарқи ҳосил бўлади. Термо э.ю.к. термopарани ҳосил қилувчи металлларга, термopаранинг ишчи ва эркин учлари орасидаги температуралар фарқига, эркин учларнинг температураси доимий бўлса, унинг ишчи учининг температурасига боғлиқ бўлади.

Термopаранинг ишчи учига ўтказгич — қизитгич кавшарлаб, термоўзгартгич ҳосил қиламиз.

Қизитгич орқали ўзгарувчан ток ўтганда, у қизиб, термopаранинг ишчи учларини қиздиради ва унинг эркин учларида термо э. ю.к. ҳосил бўлади. Агар шу учларга ўлчаш механизми уланса, у ҳолда ундан ток ўтади ва ҳаракатчан қисм маълум бурчакка бурилади. Бу бурчак ҳам термо э.ю.к. га, ҳам қизитгич орқали ўтувчи ўлчанаётган токка боғлиқ бўлади. Амперметрнинг шкаласига токнинг эффектив қиймати ёзилади.



7-13- расм. Тўғрилагичли вольтметрнинг схемаси.



7-14- расм. Термоэлектрик амперметр.

Вольтметр амперметрдан термоўзгартиргичнинг қизитгичига кетма-кет уланган қўшимча қаршилиқ билан фарқ қилади. Бу ҳолда ҳаракатчан қисмнинг бурилиш бурчаги фақат токка боғлиқ бўлмасдан, вольтметрнинг қисқичларидаги кучланишга ҳам боғлиқ бўлади. Асбобнинг шкаласига ана шу кучланишнинг эффектив қиймати ёзилади.

Термоэлектрик асбобларнинг аниқлиги 1,5 — 2,5 синфларга мос келади.

Термоэлектрик асбоблар юқори ва юксак частотали (10 — 50 мГц гача) ўзгарувчан ток занжирларида ишлатилади.

д) Электромагнит амперметрлар ва вольтметрлар

Электромагнит ўлчаш механизмининг кўрсатиши ғалтакдаги токнинг қийматига боғлиқ; шу сабабли асбобнинг шкаласига ана шу токнинг қиймати ёзилади. Электромагнит амперметрнинг ғалтаги кўзғалмас бўлганлиги учун унинг огирлиги ишқалиш туфайли юзага келадиган хатоликка таъсир кўрсатмайди. Шу сабабли унинг ғалтагини исталган кесимдаги симдан, демак, исталган номинал токка мўлжаллаб тайёрлаш мумкин. Шчитларга ўрнатиладиган амперметрлар бизнинг заводларимизда 300 ампергача номинал токка мўлжаллаб тайёрланади.

Электромагнит вольтметр шу номли 20 — 30 ма номинал токка мўлжалланган ўлчаш механизми ҳамда у билан кетма-кет уланган манганиндан ясалган қўшимча қаршилиқдан иборат (7-10- расм).

Қўшимча қаршилиқ актив бўлиб, ўлчаш механизми ғалтагининг реактив қаршилигидан жуда ҳам катта, шу сабабли вольтметрнинг умумий қаршилиги деярли актив ва токнинг тури ҳамда частотасига деярли боғлиқ эмас.

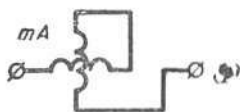
Вольтметрнинг қаршилиги доимий бўлса, ҳаракатчан қисмнинг бурилиш бурчаги фақат ғалтакдаги токкагина эмас, унга пропорционал бўлган вольтметр қисқичларидаги кучланишга ҳам боғлиқ бўлади. Ана шу кучланишнинг қиймати асбобнинг шкаласига ёзилади.

Электромагнит амперметр ва вольтметрлар техник частотали ўзгарувчан ток қурилмаларида шчитларга ўрнатиладиган аниқлик синфи 1,5 — 2,5 бўлган асбоблар сифатида кенг қўлланилади. Саноатимиз техник асбоблар билан бир қаторда ўзгарувчан ва ўзгармас тоқлар учун мўлжалланган аниқлик синфи 0,5 га тенг бўлган кўчма амперметрлар ҳамда вольтметрлар ҳам ишлаб чиқаради.

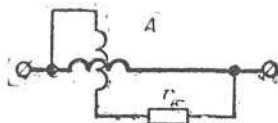
е) Электродинамик ва ферродинамик амперметрлар ва вольтметрлар

Электродинамик амперметр ўша номли ва ғалтаклари унинг номинал токига қараб кетма-кет ёки параллел уланган, шкаласига амперметр орқали ўтувчи токнинг қийматларига мос даражалар ёзилган механизмдан иборат.

Ҳаракатчан ғалтак ишқалиш туфайли ҳосил бўладиган хатолик-ни камайтириш мақсадида 100 *ма* дан ортиқ бўлмаган номинал токка мўлжалланган кичик кесимли симдан енгил қилиб ясалади. Кўчмас ғалтак эса номинал токнинг қийматига қараб, ҳар хил ке-



7-15- расм. Электро-
динамик миллиампер-
метрнинг схемаси.



7-16- расм. Электродинамик
амперметрнинг схемаси.

симли симдан ясалади. Унинг номинал токи 5 *а* ва ундан ҳам каттароқ бўлиши мумкин. Шунинг учун миллиамперметрларда ғалтаклар кетма-кет (7-15- расм), амперметрларда эса параллел (7-16- расм) уланади.

Ғалтаклар кетма-кет уланганда улардаги тоklar тенг ва фаза бўйича бир хил, демак, асбоб ҳаракатчан қисмининг бурилиш бурчаги токнинг квадратига пропорционал бўлади:

$$\alpha = k_1 I_1 I_2 \cos \Psi = k_2 I^2. \quad (7-8)$$

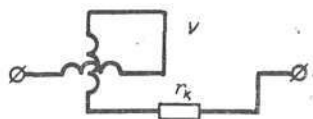
Амперметрнинг ғалтаклари параллел уланса ва тармоқларнинг қаршиликлари ўзгармас бўлса, ғалтаклардаги I_1 ва I_2 тоklarнинг ҳар бири ўлчанаётган I токка пропорционал бўлади. Ундан ташқари, агар тармоқларнинг актив ва реактив қаршиликлари I_1 ва I_2 тоklarнинг фазалари бир хил ($\psi = 0$) бўлдиған қилиб танлаб олинган бўлса у ҳолда худди аввалги ҳолдагидек амперметр ҳаракатчан қисмининг бурилиш бурчаги ўлчанаётган токнинг квадрати-га пропорционал бўлади:

$$\alpha = k_1 I_1 I_2 \cos \psi = h_2 I^2.$$

Электродинамик вольтметрлар ўша номли ва ғалтаклари 20 — 50 *ма* номинал токка чидайдиған кичик кесимли симдан ўралган ва ўзаро ҳамда қўшимча қаршилик билан кетма-кет (7-17- расм) уланган ўлчаш механизмидан иборат.

Қўшимча қаршилик кучланишни ўлчаш чегарасини кенгайтириш ва температуранинг, ток турининг ва частотанинг асбоб кўрсатишига таъсирини камайитириш учун қўйилади.

Электродинамик амперметрлар билан вольтметрлар намунавий ва лабо-



7-17- расм. Электродинамик
вольтметрнинг схемаси.

ратория асбоблари (аниқлик синфи 0,1 — 0,5) сифатида стандарт ва юқориқ (2000 гц га қадар) частотали ўзгарувчан ток занжирига мўлжаллаб ясалади.

Электродинамик асбобларнинг сезгирлиги жуда юқори бўлиб, ўзгармас ҳамда ўзгарувчан ток занжирлари учун ҳам ярай беради. Улар ортқча нагрузкаларга ва ташқи магнит майдонларининг таъсирига жуда сезгирдирлар.

Ферродинамик амперметрлар ва вольтметрларнинг ички схемаси электродинамик асбобларникидан фарқ қилмайди. Улар асосан ўзгарувчан ток занжирларида ўзи ёзар асбоблар сифатида ишлатилади. Ферродинамик асбобларнинг аниқлиги юқори эмас (аниқлик синфи 1,5 — 2,5), уларнинг айлантирувчи моменти катта, тузилиши мустақкам ва ишончлидир. Улар деярли ташқи магнит майдонининг таъсирига сезмайди.

7-5. ҚУВВАТНИ ЎЛЧАШ

Ўзгармас ток занжирининг P қувватини амперметр ва вольтметр ёрдамида I ток билан U кучланишни ўлчаш билан аниқлаш мумкин, чунки

$$P = UI.$$

Ўзгармас ток занжирининг қувватини электродинамик ваттметр ёрдамида қулай ва аниқроқ ўлчаш мумкин.

Электродинамик ваттметр ўша номли ўлчаш механизмидан ташкил топган (7-3-§нинг 6 пункти). Ваттметрнинг кўчмас ғалтаги (7-18-рasm) кетма-кет ёки ток ғалтаги деб юритилади ва истеъмолчига кетма-кет уланади. Ҳаракатчан ғалтак билан қўшимча қаршилиқ r_k параллел занжир ёки ваттметрнинг кучланиш занжирини ҳосил қилади. Бу занжир қуввати ўлчанаётган истеъмолчига параллел уланади.

Ўзгармас ток занжирига уланган электродинамик ўлчаш механизми ҳаракатчан қисмининг бурилиш бурчаги кетма-кет ғалтакдаги I ток билан кучланиш ғалтагидаги I_U токнинг кўпайтмасига пропорционал (7-1) бўлганлиги сабабли

$$\alpha = k_1 I I_U.$$

Қўшимча қаршилиқ кучланиш занжирининг қаршилиги ўзгармай қолишини таъминлайди, шунинг учун ҳам параллел занжирдаги ток кучланишга пропорционал ($I_U = U/r_U$) демак,

$$\alpha = k_1 I I_U = k_1 I \frac{U}{r_U} = k_3 I U = k_3 P. \quad (7-9)$$

Шундай қилиб, ҳаракатчан қисмининг бурилиш бурчаги қиймати ваттметрнинг шкаласига ёзиладиган қувватга пропорционал экан.

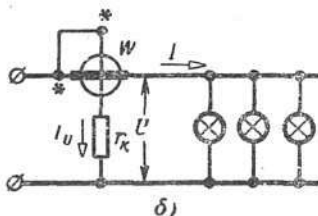
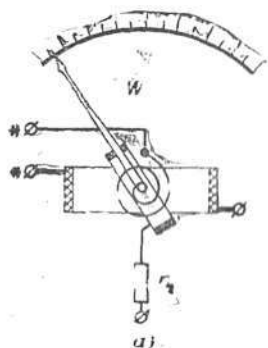
Ўзгарувчан ток занжиридаги

$$P = UI \cos \varphi$$

актив қувватни ўлчаш учун электродинамик ва ферродинамик ваттметрлар ишлатилади.

Бу ҳолда ўлчаш механизми ҳаракатчан қисмининг бурилиш бурчаги (7-5);

$$\alpha = k_1 I U \cos \psi.$$



7-18- расм. Электродинамик ваттметрнинг тузилиши (а) ва улаш схемаси (б).

Ваттметр параллел занжирининг қаршилиги ўзгармас ва деярли реактив бўлмаса, ундаги ток ($I_U = U/r_U$) кучланишга пропорционал бўлади ва у билан фаза бўйича мос бўлади (7-19- расм). Шундай қилиб ғалтакдаги тоқлар орасидаги силжиш бурчаги ψ ваттметр кетма-кет ғалтагидаги кучланиш U билан I ток орасидаги силжиш бурчагига тенг.

Ҳаракатчан қисмнинг бурилиш бурчаги

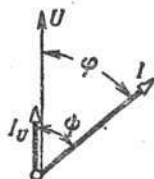
$$\begin{aligned} \alpha &= k_1 I U \cos \psi = k_1 I \frac{U}{r} \cos \varphi = \\ &= k_3 I U \cos \varphi = k_3 P U, \end{aligned} \quad (7-10)$$

яъни у актив қувватга пропорционал бўлади.

Ваттметр кетма-кет чулғамининг ток манбаидан келадиған симга уланадиған қисқичи генератор қисқичи, параллел занжирнинг ваттметр ток ғалтагига уланган сим билан уланадиған қисқичи ҳам генератор қисқичи деб аталади. Генераторнинг қисқичлари схемалар ва асбобларда юлдузча (*) билан белгиланади.

Схема йиғаетганда ваттметр қисқичларининг белгиларига аҳамият бермоқ керак, чунки ваттметрнинг бирорта ғалтаги қисқичларининг ўрнини алмаштириб қўйсак, токнинг йўналишини ўзгартирамиз ёки бу ғалтакдаги токнинг фазасини ярим даврга ўзгартирамиз, натижада ҳаракатчан қисм тескари томонга қараб қолади.

Токи 5 ампердан ва кучланиши 220 вольтдан катта бўлган ўзарувчан ток занжирларидаги қувват одатда, ўлчов трансформаторлари орқали уланадиған ваттметрлар ёрдамида ўлчанади (9-10- §).

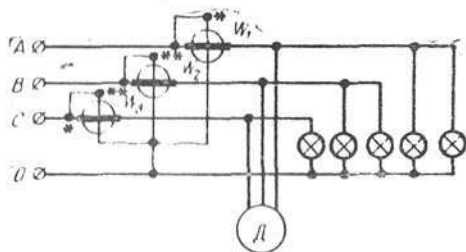


7-19- расм. Электродинамик ваттметрнинг вектор диаграммаси.

Уч фазали ток тўрт симли занжирининг

$$P = P_A + P_B + P_C = I_A U_A \cos \varphi_A + I_B U_B \cos \varphi_B + I_C U_C \cos \varphi_C \quad (7-11)$$

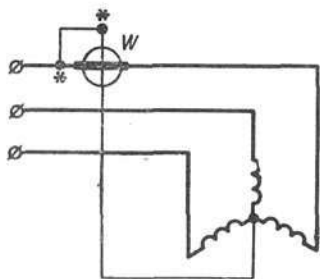
актив қуввати учта ваттметр ёрдамида ўлчанади. Бунда уларнинг ҳар бири алоҳида фазанинг қувватини ўлчайдиган қилиб уланади (7-20-расм). Ваттметрлар кўрсатган қувватларнинг йиғиндиси қи-дириляётган қувватни беради.



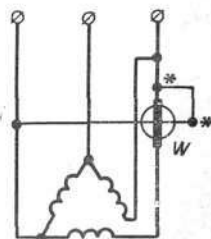
7-20-расм. Уч фазали ток тўрт симли занжирининг қувватини ўлчаш учун ваттметрларни улаш схемаси.

Учта элементли ваттметрлардан фойдаланган қулайроқ. Бу ваттметр кўрсатувчи стрелкали битта ўққа ўрнатилган учта кўчмас ва учта қўзғалувчан ғалтакдан иборат бўлади. Асбобнинг шкаласига уч фазали занжир қувватининг қиймати ёзилади. Уч фазали уч симли занжирнинг фазаларидаги нагрузкалар бир хил бўлса, битта фазанинг қувватини ўлчаб, уни учга кўпайтириб уч фазали занжирнинг қувватини топиш мумкин. 7-21-расмда ноль нуқтасини топиш мумкин бўлган ҳол учун двигатель қувватини ўлчаш мақсадида ваттметрни улаш схемаси кўрсатилган.

7-22-расмда учбурчак усулида уланган двигательнинг қувватини ўлчаш учун ваттметрни улаш схемаси кўрсатилган.



7-21-расм. Ноль нуқтаси чиқарилган двигательнинг қувватини ўлчаш учун қўлланиладиган схема.



7-22-расм. Учбурчак усулида уланган двигательнинг қувватини ўлчаш учун ваттметрни улаш схемаси.

Нагрузкаи бир хил ҳам, ҳар хил ҳам бўлиши мумкин бўлган уч фазали уч симли занжирнинг қуввати икки элементли ваттметр ёрдамида ўлчанади. Икки элементли электродинамик ёки ферродинамик ваттметрда иккита қўзғалмас ток ғалтаги ва стрелка билан битта ўққа ўрнатилган кучланишнинг иккита ҳаракатчан ғалтаги бўлади (7-23-а расм).

Уч фазали занжирнинг оний қуввати

$$P = P_A + P_B + P_C = i_A u_A + i_B u_B + i_C u_C, \quad (7-12)$$

бунда P_A, P_B, P_C — алоҳида фазаларнинг оний қувватлари. Истеъмолчининг ноль нуқтаси учун қуйидагини ёзиш мумкин:

$$i_A + i_B + i_C = 0,$$

бундан

$$i_C = -i_A - i_B. \quad (7-13)$$

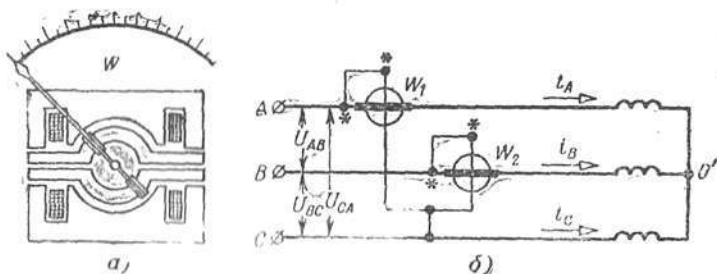
(7-13) тенгликни қувват формуласига қўйсак:

$$P = i_A u_A + i_B u_B - i_A u_C - i_B u_C = i_A (u_A - u_C) + i_B (u_B - u_C) = i_A u_{AC} + i_B u_{BC} = P_1 + P_2, \quad (7-14)$$

фаза кучланишларининг айирмаси линия кучланишига тенг бўлганлиги учун

$$u_A - u_C = u_{AC} \text{ ва } u_B - u_C = u_{BC}.$$

Шундай қилиб, уч фазали занжирнинг қувватини иккита P_1 ва P_2 қўшилувчиларнинг йиғиндиси сифатида ёзиш мумкин экан.



7-23- расм. Икки элементли ваттметрнинг тузилиш схемаси (а) ва уни уч фазали ток занжиридаги қувватни ўлчаш учун улаш (б).

Икки элементли ваттметрни (7-23- б расм) 7-14 ифодага мос равишда улайлик. Биринчи элементнинг кетма-кет чулғамини A симга кетма-кет (i_A ток), унинг параллел занжирини эса A ва B симлар орасига (u_{AC} кучланиш) улаймиз, иккинчи элементнинг кетма-

кет чулғамини B симга кетма-кет (i_B ток), унинг параллел занжирини эса B ва C симлар орасига (u_{BC} кучланиш) улаймиз. Бу ҳолда ваттметрнинг ҳаракатчан қисмига таъсир кўрсатувчи оний айлантурувчи момент уч фазали занжирнинг оний қувватига пропорционалдир. Ҳаракатчан қисмнинг ўртача айлантурувчи моментга пропорционал бўлган бурилиш бурчаги уч фазали занжирнинг ўртача ёки актив қувватига пропорционал бўлади; бу қувват 7-14-ифодага мувофиқ қуйидагича ёзилиши мумкин:

$$P = I_A U_{AC} \cos \varphi_{A-AC} + I_B U_{BC} \cos \varphi_{B-BC} \quad (7-15)$$

бунда φ_{A-AC} I_A ва U_{AC} орасидаги, φ_{B-BC} эса I_B ва U_{BC} орасидаги силжиш бурчаги.

Ваттметр схемасини йиғишда кетма-кет ғалтакларнинг генератор қисқичлари ток манбандан келаётган симларга уланиши, параллел занжирларнинг генератор қисқичлари эса мос кучланишларнинг индексларида биринчи ўринда турган ҳарфлар (бизнинг ҳол учун A ва B ҳарфлар) билан белгиланган симларга уланиши керак. Қаралган схема истеъмолчилар учбурчак усулида уланган занжир учун ҳам ярай беради, чунки ҳар қандай учбурчакни актив қуввати шундай бўлган юлдуз билан алмаштириш мумкин.

Ваттметрнинг иккита кетма-кет ғалтагини уч фазали занжирнинг A ва B симларигагина эмас, балки, унинг ихтиёрий танлаб олинган симига улаш мумкин. Ваттметрнинг ҳар бир параллел занжирининг генератор қисқичи «ўз» элементининг кетма-кет ғалтаги уланган линия симига уланиши керак. Параллел занжирларнинг генератор эмас қисқичлари ваттметрнинг кетма-кет ғалтаги йўқ линия симига уланади.

Икки элементли ваттметр бўлмаганда юқоридагидек схема бўйича (7-23-б расм) уланган иккита бир фазали ваттметрдан фойдаланиш мумкин. Уч фазали занжирнинг актив қувватини топиш учун ваттметрларнинг кўрсатишлари алгебраик қўшилади. Агар ваттметрлардан бирикиннг стрелкаси тескари томонга оғса, у ҳолда шу ваттметр параллел занжирни қисқичларининг ўрнини алмаштириш, унинг кўрсатишини эса манфий деб ҳисоблаш керак.

7-6. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯНИ ЎЛЧАШ

Электр энергияни ўлчаш учун электр энергия счётчиклари ишлатилади. Турли системадаги счётчиклар ичида ўзгармас ток занжирларида электродинamik счётчиклар ва ўзгарувчан ҳамда уч фазали ток занжирларида эса индукцион счётчиклар кўпроқ ишлатилади.

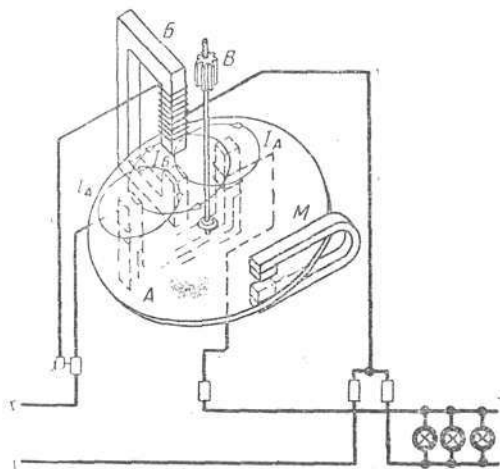
Электр счётчиклар йиғувчи асбоблардир. Уларнинг кўрсатувчи асбоблардан асосий фарқи ҳаракатчан қисмларнинг бурилиш бурчаги пружина билан чегараланмаганлигидадир. Вақт

ўтиши билан бурилиш бурчаги орта боради, счётчикнинг кўрсатишлари йиғила боради, буида ҳаракатчан қисмининг ҳар бир айланишига ўлчанаётган катталикининг маълум қиймати мос келади.

Бир фазали индукцион счётчик (7-24- расм) ўққа ўрнатилган алюминий диск билан иккита: кетма-кет A ва параллел B электромагнитдан иборат.

Истеъмолчи олаётган I ток A электромагнит чулғамидан ўтиб, I токка пропорционал Φ_1 магнит оқимини уйғотади. Параллел элек-

7-24- расм. Индукцион счётчикнинг тузилиши ва занжирга улаш схемаси.



тромагнит чулғамидagi ток тармоқнинг U кучланишига пропорционал бўлган Φ_U магнит оқимини уйғотади. Бу магнит оқимлари дискка кириб, унда I_A ва I_B уярма тоқлар уйғотади. Бунда $I_A \equiv \Phi_1 \equiv I$ ва $I_B \equiv \Phi_U \equiv U$. Ток I_A нинг Φ_1 магнит оқими билан ва I_B тоқнинг Φ_1 магнит оқими билан ўзаро таъсирдан истеъмолчининг қувватига пропорционал бўлган айлантирувчи момент юзага келади:

$$M = k_1 I U \cos \varphi = k_1 P. \quad (7-16)$$

Бу момент счётчик дискини айланишга мажбур этади. Диск доимий тормозловчи M магнит майдонида айланганда дискда уярма тоқлар индукцияланади (3-20- расм). Бу тоқларнинг ўша M магнит майдони билан ўзаро таъсири натижасида счётчик дискининг айланиш тезлиги n га пропорционал бўлган тормозловчи момент юзага келади, яъни

$$M_T = k_2 n. \quad (7-17)$$

Доимий нагрузкага счѣтчикнинг доимий айланиш тезлиги мос келади, чунки бундай шароитда айлантирувчи ва тормозловчи моментлар тенг бўлади:

$$M = M_T,$$

демак,

$$k_1 p = k_2 n,$$

бундан қуйидаги ҳосил бўлади:

$$p = \frac{k_2}{k_1} n = kn,$$

яъни счѣтчикнинг айланиш тезлиги истеъмолчининг қувватига пропорционал бўлар экан.

Истеъмолчининг қуввати P бўлса, t вақт ичида у сарфлаган энергия

$$W = Pt = knt = kN. \quad (7-18)$$

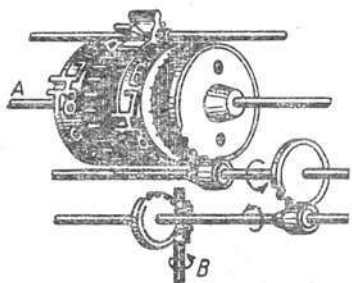
Шундай қилиб, сарфланган энергия счѣтчик дискнинг айланишлари сони N га пропорционал экан.

Счѣтчик доимийси деб аталувчи

$$k = \frac{W}{N} \quad (7-19)$$

коэффициентнинг сон қиймати счѣтчик дискининг бир айланиши ичида тармоқда сарфланган энергия миқдорига тенг.

Сарфланган энергияни ҳисоблаш механизми (7-25-расм) қайд қилиб боради; бу механизм счѣтчик ўқига ўрнатилган червяк-ли узатма (ёки шестерня) B ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Дискнинг ҳаракати ён сиртларига 0 дан 9 гача рақамлар ёзилган бешта роликка узатилиб турилади. Роликлар A ўққа эркин кийдирилиб қўйилади. Биринчи ролик (7-25-расмда ўнг томонга) шестерняга туташган бўлиб, счѣтчик диски ҳаракатланганда узлуксиз айланиб туради. Ўнг ролик бир айланганда иккинчи



7-25- расм. Ҳисоблаш механизмининг схемаси.

роликни $1/10$ қисмга айлантиради ва ҳоказо. Роликлар алюминий тўсиқ билан ўраб қўйилган бўлиб, ундаги тешикдан ҳар бир роликнинг фақат биттадан рақами кўриниб туради. Ана шу тўсиқдаги тешикдан ўқилган сон счѣтчик ноль рақамни кўрсатган моментдан бошлаб ўтган вақт ичида қайд қилинган энергиянинг миқдорини кўрсатади.

Бирор вақт давомида сарфланган энергияни аниқлаш учун ўлчаш охирида счѣтчик кўрсатган рақамдан дастлаб кўрсатган рақамни айириб ташлаш керак.

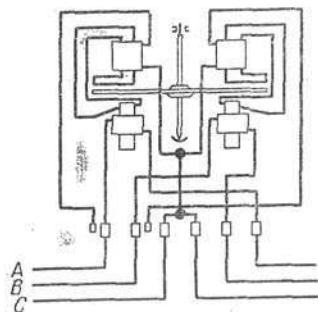
ГОСТ 6570-60 га биноан актив энергия счётчикларининг аниқлик синфлари 1, 2 ва 2,5 га тенг, реактив энергия счётчикларники эса 2 ва 3 га тенг.

Уч фазали тўрт симли занжирларидаги электр энергияни ўлчаш учун уч элементли счётчик ишлатилади. Бу счётчик бир фазали счётчикдагига ўхшаш электромагнит системадан учтасини ўз ичига олади. Бу учта электромагнит система битта ўққа ўрнатилган учта дискка таъсир кўрсатади. Счётчикнинг битта ҳисоблаш механизми бўлади. Счётчикни занжирга улаш схемаси принципига кўра уч элементли ваттметрни улаш схемасининг (7-20-расм) ўзгинасидир.

Уч фазали уч симли занжирлардаги энергияни ўлчаш учун икки элементли икки дискли ёки бир дискли счётчиклар ишлатилади (7-26-расм).

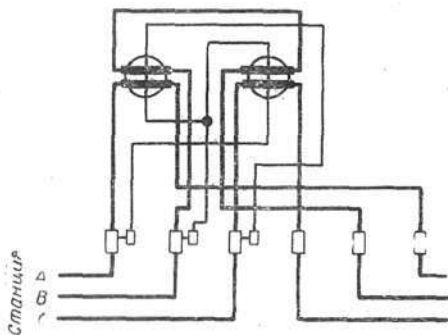
Икки элементли счётчикни иккита бир фазали счётчиклар (жуфт счётчиклар) билан алмаштириш мумкин. Икки элементли ёки жуфт счётчикларни улаш схемаси принципига кўра икки элементли ваттметрни улаш схемасининг ўзгинасидир (7-23-б расм.).

Уч фазали токнинг реактив энергияси реактив счётчиклар масалан, схемаси 7-27-расмда кўрсатилган ИР типидagi счётчиклар ёрдамида ўлчанади.



7-26- расм. Икки элементли бир дискли счётчикнинг тузилиши ва занжирга улаш схемаси.

7-27- расм. ИР типидagi реактив энергия счётчигининг занжирга улаш схемаси.



Бу счётчик икки элементли индукцион счётчик бўлиб, кетма-кет электромагнитларининг ҳар бирида иккитадан ўрами бўлади. Бу ўрамлар ўзақларда катталиқ ва фазаси бўйича параллел электромагнитларнинг оқимлари билан биргаликда реактив қувватга пропорционал бўлган айлантирувчи момент ҳосил қилувчи магнит

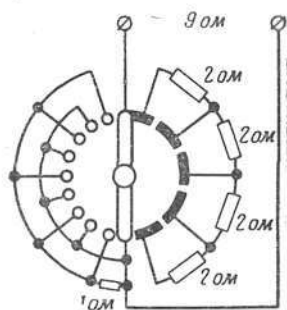
оқими ҳосил қилади. Ҳисоблаш механизми бевосита реактив энергияни қайд қилади.

Ваттметрлар ва счётчикларнинг ток ҳамда кучланишни ўлчаш чегаралари ўлчаш трансформаторлари ёрдамида кенгайтирилади (9-10-§).

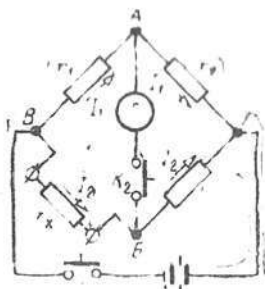
7-7. ҚАРШИЛИКЛАРНИ ЎЛЧАШ

а) Қаршиликни ўлчайдиган кўприк

Электр қаршилик ўлчови, яъни қаршилик бирлиги намунаси — намунавий қаршилик ғалтагидир. Маълум схема бўйича туташтирилган қаршилик ғалтаклари тўплами қаршилик магазини деб аталади.



7-28- расм. Ричагли беш ғалтакли қаршиликлар магазини.



7-29- расм. Қаршиликларни ўлчаш кўприги.

Қаршилик магазинлари штепселли ёки ричагли бўлади. Биринчиларида ғалтаклар штепселлар ёрдамида, иккинчиларида ричагли переключателлар ёрдамида узиб ёки уланади. 7-28- расмда беш ғалтакли ричагли қаршиликлар магазинининг битта «декада»сининг схемаси берилган. Бу магазин қисқичлар орасидаги қаршиликни 0 дан 9 ом гача 1 ом ли босқичлар билан ўзгартиришга имкон беради.

Қаршиликларни ўлчаш учун ишлатиладиган схемаси 7-29- расмда берилган кўприк учта елкадан — r_1 , r_2 ва r_3 учта қаршиликлар магазинларидан тузилган. Ўлчанаётган r_x қаршилик тўртинчи елка бўлади. Кўприкнинг бир диагонаliga ток манбаи, иккинчи диагонаliga эса гальванометр уланади.

k_1 кнопка берк турган вақтда уч елканинг қаршилигини ўзгартириб, A ва B пунктларнинг потенциалларини тенглаштириш мумкин, буни k_2 кнопкани беркитганда гальванометр стрелкаси оғмаганлигидан пайқаш мумкин. Бу ҳолда $U_{BA} = U_{BB}$ ва $U_{AG} = U_{BG}$

кучланиш ёки $I_1 r_1 = I_2 r_x$ ва $I_1 r_2 = I_2 r$. Бу тенгликларни ҳадма-ҳад бўлсак;

$$\frac{I_1 r_1}{I_1 r_2} = \frac{I_2 r_x}{I_2 r},$$

бундан

$$r_x = r \frac{r_1}{r_2}. \quad (7-20)$$

Изланаётган қаршилик мувозанатлашган кўприк учун топилган формуладан ҳисобланади.

Агар кўприкнинг схемасида учта елқанинг қаршиликлари ва манбанинг кучланиши ўзгармас бўлса, у вақтда гальванометрдаги ток фақат r_x қаршиликка боғлиқ бўлади. Бу гальванометрнинг шкаласига қидирилаётган қаршиликнинг ёки қаршилик боғлиқ бўлган катталигининг, масалан, температуранинг қийматини ёзишга имкон беради. Ана шундай ўлчаш кўприклари мувозанатлашмаган кўприклар деб аталади.

б) Қаршиликларни амперметр ва вольтметрлар ёрдамида ўлчаш

Қаршиликнинг амперметр билан вольтметр кўрсатишига асосан (7-30- расм) топилган

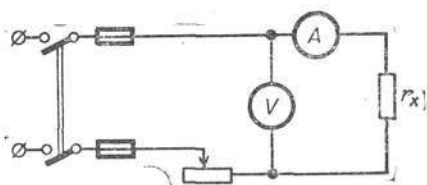
$$r_x = \frac{U}{I}$$

қиймати, қидирилаётган r_x қаршиликнинг ҳақиқий қийматидан амперметрнинг қаршилиги қадар катта, чунки 7-30-расмдаги схемада вольтметр r_x қаршилик билан амперметрга тўғри келган кучланишлар йиғиндисини ўлчайди. Агар ўлчанаётган қаршилик амперметрнинг қаршилигидан анчагина катта бўлса, ўлчаш хатолиги деярли катта бўлмайди.

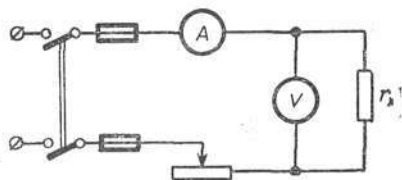
Асбобларнинг кўрсатишига (7-31- расм) мос келувчи

$$r_x' = \frac{U}{I}$$

қаршиликнинг қиймати изланаётган r_x қаршиликнинг ҳақиқий қийматидан кичикроқ бўлади, чунки амперметр r_x қаршилик билан вольтметрдаги токларнинг йиғиндисини ўлчайди. Агар ўлчанаётган қаршилик вольтметрнинг қаршилигидан анча кичик бўлса, хатолик деярли катта бўлмайди.



7-30- расм. Қаршиликларни амперметр ва вольтметр ёрдамида ўлчаш учун уларни занжирга улаш схемаси (катта қаршиликлар учун).



7-31- расм. Қаршиликларни амперметр ва вольтметр ёрдамида ўлчаш учун уларни занжирга улаш схемаси (кичик қаршиликлар учун).

Омметрлар ва мегомметрлар қаршиликларни бевосита ўлчаш учун ишлатиладиган асбоблардир.

Улар икки гуруҳга бўлинади: кўрсатиши ток манбаининг кучланишига боғлиқ бўлган омметрлар ва кўрсатиши ток манбаининг кучланишига боғлиқ бўлмаган омметрлар.

Биринчи гуруҳ омметр (7-32-расм) r_k қўшимча қаршиликли магнитоэлектрик ўлчаш механизми билан кетма-кет уланадиган ўлчанаётган r_x қаршиликдан ташқил топган — кетма-кет схемадир. Омметр кўпинча қуруқ элементлар батареяси билан таъминланади.

k кнопка узилганда занжирдаги ток

$$I = C\alpha = \frac{U}{r_x + r_g + r_k} \quad (7-21)$$

7-32-расм. Кўрсатиши ток манбаининг кучланишига боғлиқ бўлган омметрнинг кетма-кет схемаси.

бу ерда α ва C — ҳаракатчан қисмнинг бурилиш бурчаги ва ўлчаш механизмининг ток бўйича доимийсидир.

(7-21) ифодадан қуйидаги келиб чиқади:

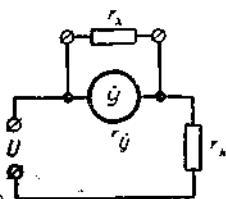
$$\alpha = \frac{U}{C} = \frac{1}{r_x + r_g + r_k}.$$

Шундай қилиб, ҳаракатчан қисмнинг бурилиш бурчаги билан ўлчанаётган қаршилик орасидаги бир қийматли боғланишни топиш учун, демак, шкалага бу қаршиликнинг қийматини ёзиш имкониятига эга бўлиш учун $r_g + r_k$ доимий бўлганда U/C нисбатнинг доимийлигини таъминламоқ зарур.

Ток манбаининг кучланиши ўзгарганда ҳам U/C нисбатни ўзгартирмай сақлаш учун C катталикини созлаш керак, бунга ўлчаш механизмининг тирққшидаги магнит индукцияни магнит шунти ёрдамида ўзгартириш билан эришилади. Магнит шунти винтни бураш сўқали қутбларнинг N' , S' бошмоқларига яқинлаштирилиб ёки улардан узоқлаштирилиб туриладиган темир тахтачадир.

C катталикини созлаш учун батарея билан r_k қаршилик уланданга k кнопка уланиб, омметрнинг стрелкаси шкаладаги нолга келгунча магнит шунтнинг вазияти ўзгартириб борилади. Сўнгра кнопка узилиб шкаладан ўлчанаётган катталикининг қиймати топилади.

7-33-расмда худди ўша омметрнинг параллел схемаси берилган. Бу схемага биноан ўлчанаётган r_x қаршилик ўлчаш механизмига параллел уланади. $r_g + r_k$ доимий бўлиб, U/C нисбат ўзгармаса,

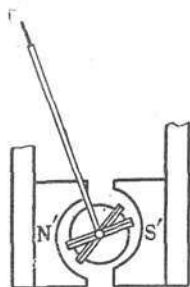


7-33-расм. Кўрсатишлари ток манбаининг кучланишига боғлиқ бўлган омметрнинг параллел схемаси.

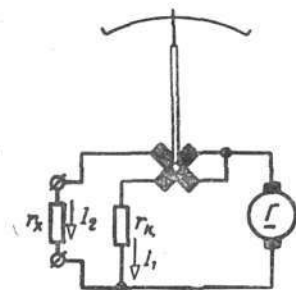
ҳаракатчан қисмининг бурилиш бурчаги ўлчанаётган қаршиликка бир қийматли боғлиқ бўлишини исбот қилиш мумкин.

Иккинчи гуруҳ омметрнинг бир ўққа ўрнатилган қўш рамкали магнитоэлектрик ўлчаш механизми бўлади (7-34-расм). Рамкаларга ток акс момент ҳосил қилмайдиган моментсиз тасмачалар ёрдамида келтирилади.

Рамкалардаги тоklar бир-бирига қарама-қарши йўналган бўлиб, улар магнит майдонларининг таъсири натижасида турли томонга



7-34- расм. Лого-
метрнинг ўлчаш
механизми.



7-35- расм. Логометр ом-
метрнинг схемаси.

йўналган иккита момент юзага келади. Бу моментларнинг айирмаси ҳаракатчан қисмни моментлар ўзаро мувозанатлашадиган бурчакка буради. Ҳаракатчан қисмининг бурилиш бурчаги рамкалардаги тоklarнинг нисбати билан белгиланади, яъни

$$\alpha = f\left(\frac{I_1}{I_2}\right).$$

Бурилиш бурчаги тоklarнинг нисбатига боғлиқ бўлган ўлчаш механизмлари логометрлар деб аталади.

Логометр омметрнинг битта параллел тармоғи (7-35-расм) рамка ва ўлчанаётган r_x қаршиликдан, иккинчи тармоғи эса иккинчи рамка билан қўшимча r_k қаршиликдан иборат. Параллел тармоқлардаги тоklar уларнинг қаршиликларига тескари пропорционал тақсимланишини ҳисобга олиб, қуйидаги тенгликни ёзиш мумкин:

$$\alpha = f\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = f\left(\frac{r_x}{r_k}\right).$$

r_k ўзгармас бўлганидан бурилиш бурчаги фақат ўлчанаётган қаршиликнинг қийматиغا боғлиқ бўлади.

Одатда бу асбобда ток манбаи вазифасини омметрнинг ғилофи-га ўрнатилиб, қўл билан айлантриладиган магнитоэлектрик генератор ўтайди.

г) Изоляция қаршилигини ўлчаш

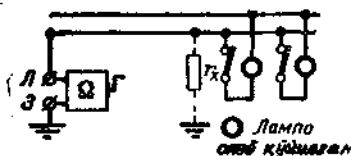
Қурилманинг изоляция қаршилиги осонгина ўзгариб кетиши мумкин, шунинг учун уни даврий равишда ўлчаб туриш керак.

Электр қурилманинг тузилиш қондаларига биноан (ПЭУ):

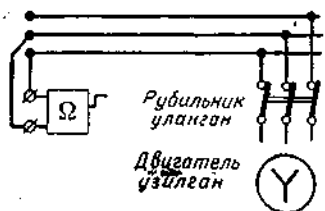
а) ёритиш ва куч узатиш линияларининг изоляция қаршилиги кучланиши 1000 вольтга тенг мегомметр ёрдамида текширилади;

б) йўл қўйиладиган энг кичик изоляция қаршилиги 0,5 Мом га тенг;

в) эрувчан сақлагичлар олиб қўйилганда изоляция қаршилиги қўшни сақлагичлар орасидаги участкада ёки энг сўнгги сақлагичдан кейин инсталланган сим билан ер орасида, шунингдек, инсталланган иккита сим орасида ўлчанади.



7-36- расм. Симнинг ерга нисбатан изоляция қаршилигини ўлчаш учун схема.



7-37- расм. Симлар орасидаги изоляция қаршилигини ўлчаш учун схема.

ерга нисбатан изоляция қаршилиги аниқланади. Иккита сим орасидаги изоляция қаршилигини аниқлаш учун уларга мегомметрнинг иккита қисқичи уланади (7-37-расм). Электр машиналари ва аппаратларининг изоляция қаршиликлари ҳам худди шундай йўл билан аниқланади.

Мегомметрнинг Л қисқичини иккинчи симга улаб, иккинчи симнинг

7-8. ЭЛЕКТРМАС КАТТАЛИКЛАРНИ ЭЛЕКТР УСУЛЛАРИ БИЛАН ЎЛЧАШ

Электрмас катталикларни электр усуллари билан ўлчаш — бу ўлчаш техникасининг кенг, тез ривожланаётган соҳасидир.

Унинг бундай тез ривожланиши узлуксиз, масофадан туриб, юқори аниқлик ва юқори сезгирлик билан ўлчаш имкониятларининг борлиги билан тушунтирилади.

Инсталланган технологик процессга риоя қилиниши фақат ўлчаш техникаси ва автоматика ёрдамидагина амалга оширилиши мумкин.

Қўпгина ҳолларда электрмас катталикларни ўлчаш учун электрмас катталик унга боғлиқ бўлган электр катталикка айлантирилади ва уни ўлчаш орқали электрмас катталик аниқланади.

Ўлчайдиган мосламанинг электрмас катталикни электр катталikka айлантирадиган элементи ўлчаш ўзгартгичи деб аталади.

Агар электрмас катталик r , L ёки C электр параметрлардан бирортасига айлантирилса, у ҳолда ўзгартгич параметрик, агар электрмас катталик э.ю.к. га айлантирилса, у ҳолда у генератор ўзгартиргич дейилади.

Параметрик ўзгартиргичлар ишлаш принципларига қараб қуйидаги гуруҳларга бўлинади:

1. Реостат ўзгартиргичлар. Реостатнинг қаршилиги унинг ҳаракатчан контактига таъсир кўрсатувчи электрмас катталikka боғлиқлигидан суюқликнинг ҳажми ва баландлигини, деталларнинг кўчишини ўлчаш ва ҳоказолар учун фойдаланилади.

2. Контакт қаршиликли ўзгартиргичлар. Улар контакт қаршилигининг ўлчанаётган катталikka, масалан, босимга, деформацияга ва ҳоказоларга боғлиқлигига асосланган.

3. Симли ўзгартиргичлар. Уларнинг иш принципи симни деформациялаганда унинг қаршилиги ўзгаришига асосланган.

4. Термоқаршиликли ўзгартиргичлар. Иссиқлик мувозанати шароитида симнинг температураси ҳамда қаршилиги фақат токка боғлиқ бўлмасдан, атрофдаги муҳитни белгилловчи қатор физик катталикларга боғлиқлигидан температураларни, газларнинг ҳаракат тезлигини, газларнинг таркиби ва бошқаларни аниқлаш учун фойдаланилади.

5. Электролитик ўзгартиргичлар. Электролит эритмасининг электр қаршилиги унинг концентрациясига қараб ўзгаришидан электролитлар эритмаларининг концентрациясини аниқлашга ҳамда суюқликларни ва суюқликларда эрийдиган газларни миқдорий анализ қилиш учун фойдаланилади.

6. Индуктив ўзгартиргичлар. Ўзгартиргич бирор қисмининг ўлчанаётган катталик таъсирида ўзгариши ўзгартиргичнинг индуктивлиги билан боғлиқ бўлади. Бундан кучларни, босимни, чизиқли силжишни ўлчашда фойдаланилади.

7. Магнитоэластик ўзгартиргичлар. Ўзгартиргич ферромагнит ўзаги магнит киритувчанлигининг, демак, ўзгартиргич индуктив қаршилигининг ҳам, ўзакка таъсир кўрсатувчи механик кучланишларга боғлиқлигидан механик катталикларни ўлчашда фойдаланилади.

8. Сигимли ўзгартиргичлар. Ўзгартиргичнинг сигимини куч, босим, чизиқли силжиш, бурилиш бурчаги, модда миқдори, намлик таъсирида ўзгаришидан шу катталикларни ўлчашда фойдаланилади.

9. Фотоэлектрик ўзгартиргичлар. Ўлчанаётган электрмас катталikka боғлиқ бўлган ёруғлик билан аниқланадиган фототок ҳосил қилиш ёки частоталарни ўлчанаётган катталikka боғлиқ бўлган импульсли фототок ҳосил қилиш чизиқли ўлчамларни, температурани, суюқликнинг ҳамда газли муҳитнинг шаффофлигини ва хиралигини ўлчашда қўлланилади.

10. Ионизацион ўзгартиргичлар. Ионловчи токнинг қатор факторларга боғлиқлигидан газни анализ қилиш ва унинг зичлигини аниқлаш, буюмларнинг геометрик ўлчамлари ва ҳоказоларни билишда фойдаланилади.

Генераторли ўзгартиргичлар ишлаш принципага қараб қуйидаги группаларга бўлинади:

1. Индукцион ўзгартиргичлар. Ўлчанаётган электрмас катталикни индукцияланган э.ю.к. га айлантиришдан тезликни, чизикли ва бурчакли силжишларни ўлчашда фойдаланилади.

2. Термоэлектрик ўзгартиргичлар. Ўзгартиргичлар занжирида термо э.ю.к. нинг вужудга келиши ва унинг температурага боғлиқлигидан температурани ўлчаш учун фойдаланилади.

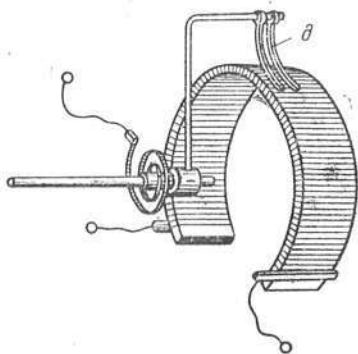
3. Пьезоэлектрик ўзгартиргичлар. Пьезоэлектрик эффект, яъни баъзи кристалларда механик куч таъсирида э.ю.к. нинг вужудга келиши ҳодисасидан шу кучларни, босимларни ва буюмларнинг геометрик ўлчамларини ўлчашда фойдаланилади.

Электрмас катталикларни электр усули билан ўлчаш учун ишлатиладиган мослама энг содда ҳолда ўзгартиргичдан, туташтирувчи симлардан ва шкаласига одатда ўлчанадиган электрмас катталикнинг қийматлари ёзиб қўйиладиган ўлчаш механизмидан иборат бўлади. Кўпчилик ҳолларда эса ўлчайдиган мосламалар мураккаброқ бўлиб, улар: а) солиштириш асбобларидан, б) ток манбаларидан, в) стабилизаторлардан, г) тўғрилагичлардан, д) кучайтиргичлардан ва ҳоказолардан иборат бўлади.

Баъзи бир энг кўп тарқалган ўлчаш ўзгартиргичларининг ишлаш принциплари ва соддалаштирилган схемаларини қараймиз.

а) Реостатли ўзгартиргичлар

Реостатли ўзгартиргич—ҳаракатчан контакти ўлчанаётган электрмас катталик x нинг таъсирида кўчиб юрадиган реостатдир (7-38-расм). Демак, реостатнинг r қаршилиги x катталикка боғлиқ бўлади:



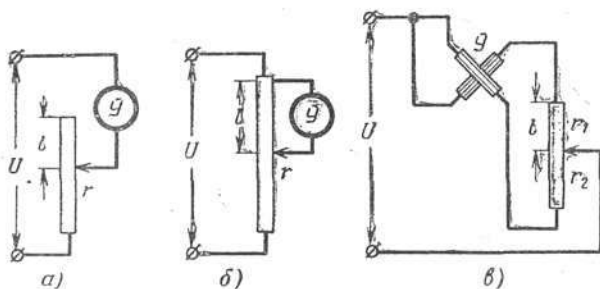
$$r = f(x).$$

r ни ўлчаб, x ни топиш мумкин.

7-39-а ва б расмдаги схемаларда реостатли ўзгартиргич билан бир рамкали магнитоэлектрик ўлчаш механизмлари, 7-39-в расмдаги схемада эса логометрнинг икки рамкали механизми ишлатилган.

Суюқликнинг сатҳи ёки ҳажмини ўлчаш учун реостатли ўзгартиргични татбиқ этиш 7-40- расмда кўрсатилган.

7-38- расм. Реостатли ўзгартиргич.



7-39- расм. Реостатли ўзгартиргични ўз ичига олган схема.

Сузгичнинг суyoқликнинг сатҳи ёки ҳажми билан белгиланадиган ҳолати ўзгарганда, логометрнинг ғалтакларига кетма-кет уланган r_1 ва r_2 қаршиликлар ўзгаради. Натижада ғалтаклардаги тоқларнинг нисбати ҳамда асбобнинг кўрсатиши ҳам ўзгаради. Асбобнинг шкаласи суyoқликнинг ўлчанаётган ҳажми ёки сатҳини кўрсатувчи рақамлар билан даражаланади.

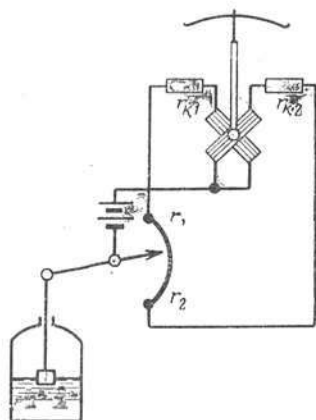
б) Контакт қаршиликли ўзгартиргичлар

10—15 дона кўмир шайбадан ($d = 0,5 \div 1$ см) тузилган ва учларига ўлчаш занжирга улаш учун электродли жез дисклар ўрнатилган устунча слюда қатлами ёрдамида изоляцияланган иккита a ва b винтлар орасига (7-41-расм) қисиб қўйилган.

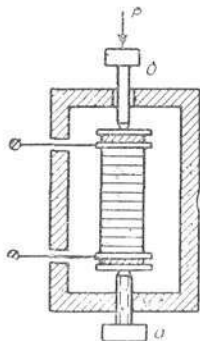
Устунчанинг электр қаршилиги унинг қисилиш даражасига боғлиқ, чунки бунда шайбалар орасидаги ўтиш қаршилиги ўзгаради. Шундай қилиб, устунчанинг электр қаршилигининг ўзгаришига қараб b винтга таъсир кўрсатувчи P механик кучни аниқлаш мумкин.

Ўлчанаётган P куч иккита устунчага таъсир этганда, бири кўпроқ, иккинчиси эса камроқ қисилади (7-42-расм). Бунда эса ўлчаш аниқлиги анча ортади.

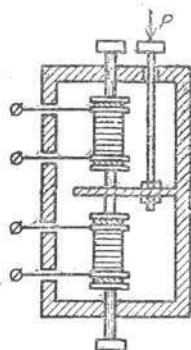
Ўлчаш кўпригининг иккита қўшни елкасига иккита устунча уланса, ўлчаш натижасига температуранинг таъсирини бартараф қилиш мумкин, чунки температура ўзгарганда иккала устунчанинг қаршиликлари бир хилда ўзгаради ва кўприкнинг мувозанати сақланиб қолади.



7-40- расм. Сатҳ ўлчагич схемаси.



7-41- расм. Кўмир шайбали ўзгартиргич.

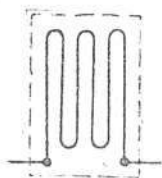


7-42- расм. Кўмир шайбали дифференциал ўзгартиргич.

в) Симли ўзгартиргичлар

Бу ўзгартиргичлар учлари мис электродларга кавшарланган ингичка ($d = 0,02 \div 0,04$ мм) симдан ясалади. (7-43- расм). Сим юзи $0,1-10$ см² га тенг бўлган иккита юпқа қоғоз япроқчалар орасига махсус елим ёрдамида маҳкамланади.

Ўзгартиргич текшириладиган деталь ёки мосламанинг сиртига ёпиштирилади ва у деталнинг деформациясини қабул қилади. Материалнинг ўлчамлари, солиштирма қаршилиги ўзгарганда, ўзгартиргичнинг қаршилиги ҳам ўзгаради. Қаршиликнинг нисбий ўзгаришига қараб, деталь ёки мосламада вужудга келган механик кучланишларни аниқлаш мумкин.



7-43- расм. Симли ўзгартиргичнинг схемаси.

Симли ўзгартиргичлар ясада константан, нихром ёки темир хромел-алюминий қотишмасидан, яъни нисбий сезгирлиги $k = \frac{\Delta r/r}{\Delta l/l}$ катта, қаршилигининг температура коэффициентини кичик ва солиштирма қаршилиги катта бўлган симлар ишлатилади.

Ўзгартиргичнинг қаршилиги бир неча юз омга, қаршиликнинг нисбий ўзгариши эса процентнинг ўндан бир улушларига тенг.

Температуранинг таъсирини бартараф қилиш учун иккита бир хил: бири «ишчи», иккинчиси «ишчи эмас» ўзгартиргичлар ишлатилади. Бу ўзгартиргичлар ўлчаш кўпригининг иккита қўшни елкасига уланади. Ишчи ўзгартиргич текшириладиган деталнинг сиртига, ишчи эмас ўзгартиргич эса худди текшириладиган деталь ясалган металлга ёпиштирилади.

Симли ўзгартиргичлар фақат бир марта ўлчаш учун ярайди.

Бир симдан бир хил қаршиликли ва бир хил технология билан

тайёрланган ўзгартиргичлар партиясининг характеристикалари 1% гача аниқликда ва бир хил бўлади. Ўзгартиргичларнинг бу хусусияти берилган партияга тегишли ўзгартиргичлардан биттаси учун топилган характеристикани, қолганлари учун ҳам татбиқ этиш имконини беради.

г) Термоқаршилиқлар

Электр токи симдан ўтган вақтда унда иссиқлик ажралиб чиқади. Бу иссиқликнинг бир қисми симни қизитишга сарф бўлади, қолган қисми эса конвекция, иссиқлик ўтказиш ва нурланиш йўли билан атрофдаги муҳитга тарқалади.

Ўрнатилган иссиқлик мувозанатида симнинг температураси ва унинг қаршилиги симдан ўтаётган токнинг катталигига ҳамда атрофдаги муҳитга иссиқлик берилиши сабабларига боғлиқ бўлади. Бундай сабабларга: симнинг ўлчамлари, унинг арматураси ва конфигурацияси, сим ва муҳитнинг температураси, муҳитнинг ҳаракат тезлиги, унинг таркиби, зичлиги ва бошқалар киради.

Кўрсатилган боғланишлардан симнинг қаршилиги бўйича газ муҳитининг температурасини, тезлигини, зичлигини ва таркибини ўлчашда фойдаланилади. Ана шу мақсадларга мўлжалланган сим ўлчаш ўзгартиргичи бўлиб, у термоқаршилиқ деб юритилади.

Термоқаршилиқлардан фойдаланган вақтда термоқаршилиқнинг катталигига ўлчанаётган электрмас катталиқ энг кучли таъсир кўрсатадиган, қолган катталиқлар э-а аксинча, мумкин қадар кам таъсир кўрсатадиган шароит яратиш лозим. Симнинг ташқи симлар билан уланадиган қисқичларининг иссиқлик ўтказиши ва нурланиш натижасида ташқарига бериладиган иссиқлик миқдорини камайтиришга интилиш керак. Симнинг узунлиги ўз диаметридан 500 ва ундан ҳам кўпроқ марта ортиқ бўлган ҳолларда симнинг ташқи симлар билан уланадиган қисқичлари орқали бериладиган иссиқликни эътиборга олмаса ҳам бўлади. Агар сим температураси билан муҳит температураси орасидаги фарқ 100°C дан ортиқ бўлмаса, нурланиш йўли билан ташқарига бериладиган иссиқликни ҳисобга олмаса бўлади.

Термоқаршилиқнинг газ анализаторида газлар аралашмасидаги маълум газнинг миқдорини аниқлашда ишлатилишини кўрайлик.

Бир-бири билан химиявий реакцияга киришмайдиган икки хил газдан ташкил топган аралашманинг иссиқлик ўтказувчанлиги унинг таркибидаги газлар иссиқлик ўтказувчанликларининг ўртача арифметик қийматига тенг бўлади, яъни

$$\lambda_{12} = \frac{\lambda_1 a + \lambda_2 b}{100},$$

бунда λ_{12} , λ_1 , λ_2 —аралашманинг ва аралашма ташкил этувчиларининг иссиқлик ўтказувчанликлари;

a ва b —аралашмани ташкил этувчи газларнинг процентларда олинган миқдорлари.

$b = 100 - a$, эканлигини эътиборга олиб, қуйидаги тенгламани ёзишимиз мумкин:

$$\lambda_{12} = \frac{\lambda_1 a + \lambda_2 (100 - a)}{\lambda_1 - \lambda_2},$$

бундан эса

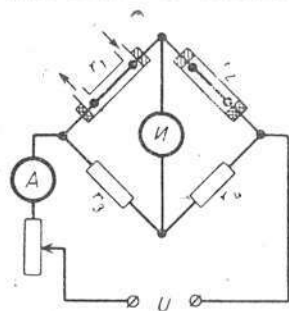
$$a = 100 \frac{\lambda_{12} - \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}.$$

λ_1 ва λ_2 ларнинг иссиқлик ўтказувчанлигини билган ҳолда аралашманинг λ_{12} иссиқлик ўтказувчанлигини ўлчаб, аралашманинг таркибидаги газлардан биттасининг процентларда ҳисобланган миқдорини аниқлаш мумкин экан. Бунда термоқаршилиқдан $I = \text{const}$ ток ўтганда унинг температураси, демак, унинг қаршилиги ҳам, фақат аралашманинг λ_{12} иссиқлик ўтказувчанлигига боғлиқ бўлиши, яъни

$$r = f(\lambda_{12}) \text{ ёки } r = f_1(a)$$

бўлиши керак.

Карбонат ангидрид газини учун ишлатиладиган газоанализаторнинг (7-44-расм) кўприкнинг иккита қўшини елкасига уланган иккита бир хил r_1 ва r_2 термоқаршиликлари бўлади. Биринчи ишчиси газ аралашмаси оқиб ўтадиган камерага жойлашган, иккинчи ишчи бўлмагани эса ҳаво тўлдирилган камерага жойлаштирилган. Асбобнинг шкаласига CO_2 нинг миқдорини кўрсатувчи даражалар чизилган.



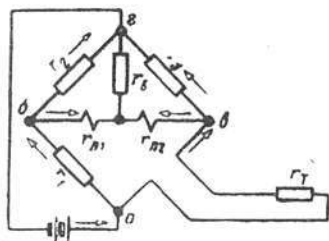
7-44- расм. CO_2 газини учун газоанализатор.

Қаршилиқ термометрларида термоқаршилиқлар температураларни ўлчаш учун ишлатилади. Улар одатда температура коэффиценти катта бўлган симлардан (500°C гача платинадан, 300°C гача никелдан, 150°C гача мисдан) ясалади. Сим пластмасса ёки слюда асосга ўралиб ҳимоя қобигига жойлаштирилади. Бу қобикнинг ўлчамлари билан шакли термометрнинг вазифасига қараб ҳар хил бўлади.

Термометрнинг қаршилиги одатда 50 ёки 100 омга тенг бўлади.

Ўзгартиргич қаршилигининг миқдорига қараб, унинг температураси ва уни ўраб турган муҳитнинг температураси аниқланади.

Ўлчашлар учун кўпинча магнито-электрик логометрли мувозанатлашмаган кўприк схемасидан (7-45-расм)



7-45- расм. Қаршилиқ термометр логометрли кўпригининг схемаси.

фойдаланилади. Кўприкнинг учта r_1, r_2, r_3 елкалари манганиндан ясалган бўлиб, тўртинчиси (r_T) термоқаршилиқдир. Логометрнинг иккита рамкаси ($r_{Л1}$ ва $r_{Л2}$) кўприкнинг диагонаliga уланган бўлиб уларнинг умумий нуқтаси r_5 қаршилиқ орқали кўприкнинг 2 учи билан туташтирилган.

б ва в нуқталарнинг потенциаллари тенглашиб, кўприк мувозанатлашганда ($r_2 = r_3; r_1 = r_T; r_{Л1} = r_{Л2}$) логометр рамкаларида тенг ва қарама-қарши йўналган тоқлар ўтади. Мувозанат бузилса, логометр рамкаларидаги тоқлар ўзгаради. Уларнинг $\Delta I_{Л1}$ ва $\Delta I_{Л2}$ ортирмалари бир-бирига тенг эмас ва ишоралари қарама-қарши бўлганлиги сабабли логометр стрелкаси бурилади. Бурилиш бурчаги

$$\alpha = f\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = f\left(\frac{I_{Л1} + \Delta I_{Л1}}{I_{Л2} + \Delta I_{Л2}}\right) f_1(r_T) = f_2(\theta).$$

Чала ўтказгич термоқаршилиқларнинг қўлланилиши 13-бобда кўрилган.

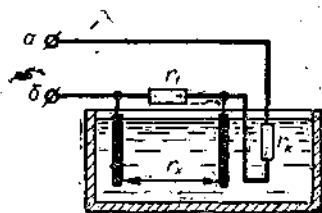
д) Электрoлитик ўзгартиргичлар

Электрoлитнинг солиштирама электр ўтказувчанлиги унинг концентрациясига боғлиқ бўлганлиги учун концентрацияни электрoлитнинг қаршилигига қараб аниқлаш мумкин

Электрoлитик ўлчаш ўзгартиргичи текширилатган суюқлик ва иккита электрод туташтирилган идишдан иборат (7-46-расм).

Электрoлизнинг олдини олиш учун электрoлитнинг қаршилиги ўзгарувчан ток ёрдамида ўлчанади. Температуранинг таъсирини бартараф қилиш учун температура компенсатори қўлланилади. Термокомпенсаторлардан биттаси 7-46-расмда тасвирланган. У эритмага туширилган ва r_x қаршилиқдан келган тармоқ билан кетма-кет уланган ва r_1 манганин қаршилиқни шунтловчи r_k мис никель қаршилиқдан иборат. r_1 ва r_k қаршилиқлар электрoлитнинг температураси ўзгариши натижасида унинг қаршилигининг ўзгариши 1—2% гача аниқлик билан r_k қаршилиқнинг ўзгариши орқали компенсацияланадиган қилиб танлаб олинган.

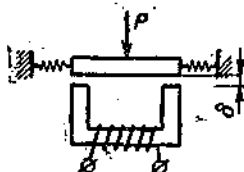
Ўлчанадиган r_x қаршилиқ схема а, б нуқталари орасидаги $r_a, б$ қаршилиқ орқали топилади. $r_a, б$ қаршилиқ эса одатда елкаларининг бирига электрoлитик ўзгартиргичнинг а, б қисқичлари уланган мувозанатлашмаган ўлчаш кўприги ёрдамида (7-7-а §) аниқланади. Кўприк токни ўзгарувчан ток занжиридан стабилизатор орқали олади. Кўприкнинг чиқишига тўғрилагичли миллиамперметр уланади. Бу миллиамперметрларнинг шкаласи электрoлит эритмасининг концентрациясини кўрсатадиган қилиб даражаланади.



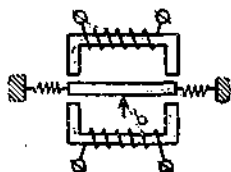
7-46-расм. Электрoлитик ўзгартиргичнинг схемаси.

Индуктив ўзгартиргич (7-47-а расм) бу якори ўлчанаётган P механик катталиқ: куч, босим, чиқиқли силжиш таъсирида ҳаракатланадиган электромагнитдир. Якорь вазиятининг ўзгариши δ ҳаво тирқишининг, демак электромагнит ғалтаги индуктивлигининг ва унинг тўла қаршилигининг ўзгаришига сабаб бўлади, яъни

$$z = f(P).$$

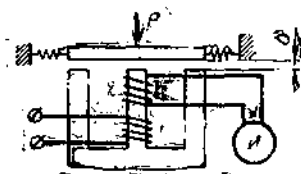


7-47-а расм. Индуктив ўзгартиргичнинг схема си.



7-47-б расм. Индуктив дифференциал ўзгартиргичнинг схемаси.

Дифференциал ўзгартиргичда (7-47-б расм) якорь силжиганда бир ғалтакнинг индуктивлигини орттирса, иккинчи ғалтакнинг индуктивлигини камайтиради; бу эса ўзгартиргичнинг сезгирлигини орттиради. Иккита ғалтак ўлчаш кўпригининг қўшни елкаларига уланса, температура компенсациясис ҳосил бўлади.



7-48-расм. Индуктив ўзгартиргич-трансформаторнинг схемаси.

кўрсатишлари ўлчанаётган катталиқка боғлиқ бўлади, яъни

$$E_2 \approx U_2 = f(P).$$

ж) Сигимли ўзгартиргичлар

Сигим ўзгартиргич енгими ўлчанаётган электрмас катталиқ таъсирида ўзгарадиган конденсатордан иборат.

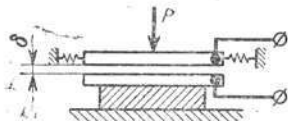
Конденсаторнинг сигими электродларнинг юзига, уларнинг шаклига, улар орасидаги масофага, шунингдек, диэлектрикнинг ўлчамларига ва унинг диэлектрик киритувчанлигига боғлиқ бўлганлиги

учун бу ўзгартиргичлардан қиймати сиғимли ўзгартиргичнинг юқорида санаб ўтилган параметрларидан бирортасига таъсир кўрсатадиган электрмас катталикларни ўлчашда фойдаланиш мумкин.

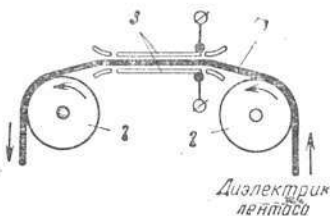
Сиғимли манометрлар ва динамометрларда ўлчанаётган P босим ёки F куч таъсирида конденсаторнинг иккита қопламалари орасидиги ҳаво тирқиши δ ўзгаради (7-49-расм).

Иккита ҳаракатсиз электрод 3 лар орасидан (7-50-расм) тортиб ўтказиладиган резина тасма 1 нинг қалинлигини ўлчайдиган сиғимли ўзгартиргичнинг ишлаш принципи тасма қалинлигининг ҳаво тирқишининг, демак, ўзгартиргич сиғимининг ўзгаришига асосланган.

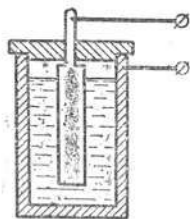
Доннинг, порошокнинг, толанинг, қалаванинг намлигини ўлчаш учун ишлатиладиган ўзгартиргич цилиндр конденсатордан иборат (7-51-расм). Ички электрод цилиндрик стержень шаклида, ташқиси эса — стакан шаклида бўлиб, ички бўшлиқ маълум баландликкача текшириляётган материал билан тўлдирилади. Текшириляётган



7-49- расм. Сиғимли манометр ва динамометрнинг ишлаш принципи.



7-50- расм. Тасманинг қалинлигини ўлчаш учун ишлатиладиган сиғимли ўзгартиргичнинг тузилиш схемаси.



7-51- расм. Намлиқни ўлчайдиган сиғимли ўзгартиргичнинг тузилиши.

материалдаги намлик сувнинг диэлектрик киритувчанлиги катта ($\epsilon = 80$) бўлганлиги учун сиғимни кескин орттириб юборади.

Сиғимли ўзгартиргичларнинг сиғими жуда кичик бўлганлиги сабабли уларнинг сиғими юқори ёки юксак частотада электрон кучайтиргичлар ёрдамида ўлчанади.

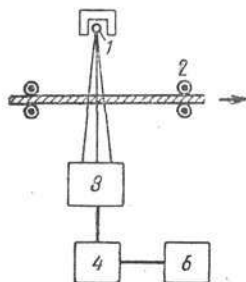
в) Ионловчи ўзгартиргичлар

Ҳаракатланаётган тасма ёки пўлат прокатнинг қалинлигини тўхтовсиз ўлчайдиган радиоактив изотопли ионловчи ўзгартиргичлардан бирининг схемаси 7-52- расмда кўрсатилган.

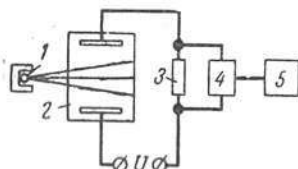
Изотоп 1 нинг радиоактив нури 2 буюм томонидан қисман ютилади. Индикатор 3 га тушган энергия миқдори буюмнинг қалинлиги ҳамда унинг материалига боғлиқ. Индикатор 3 кучайтиргич

4 орқали ўлчаш механизми 5 билан туташтирилган бўлиб, у ўлча-
наётган катталикнинг қийматларини кўрсатади.

Газ босимини ўлчайдиган асбобнинг идиши 2 да (7-53- расм).
изотоп 1 нинг нурлари таъсирида газ ионлашади. Ионланиш интен-
сивлиги ва U кучланиш таъсирида занжирдан ўтадиган ток газнинг
босимига боғлиқ бўлади. Ўлчаш меха-
низми 5 кучайтиргич 4 орқали ионланиш
токига пропорционал кучланиш тушувчи
ҳосил бўладиган қаршилик 3 га туташ-
тирилган.



7-52- расм. Тасманинг қа-
линлигини ўлчаш учун
ишлатиладиган ионли ўз-
гартиргичнинг схемаси.

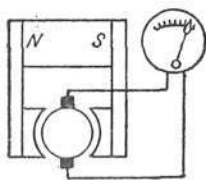


7-53- расм. Газ босимини ўлчаш учун
ишлатиладиган асбобнинг схемаси.

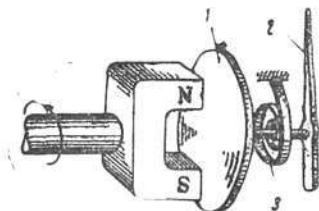
и) Индукцион ўзгартиргичлар

Индукцион тахометрда, яъни айланиш тезлигини ўлчайдиган
асбобда, ўлчанаётган катталик унга пропорционал бўлган э. ю. к. га
айлантирилади. Тахометр (7-54- расм)—якори ўзгармас магнит қутб-
лари орасида айланадиган, демак, қисқичлардаги кучланиш якор-
нинг айланиш тезлигига пропорционал бўлган кичкинагина магнито-
электрик генератордир. Якор тезлиги ўлчанаётган машинанинг ўқи
билан механик боғланган, шу сабабли якорнинг қисқичларига улан-
ган вольтметрнинг кўрсатиши ўлчанаётган айланиш тезлигига про-
порционал бўлади.

Магнити айланадиган индукцион тахометр (7-55- расм) 2 стрел-
кали ўққа ўрнатилган алюминий диск 1 ҳамда тезлиги ўлчанаётган
машинанинг ўқи билан механик боғланган ўзгармас магнитдан иборат.



7-54- расм. Индук-
цион тахометрнинг
схемаси.



7-55- расм. Айланувчи магнит
майдонли тахометрнинг ту-
зилиши.

Ўзгармас магнит айланганда дискда э. ю. к. билан уюрма токлар индукцияланади. Уюрма токларнинг ўзгармас магнит майдони билан ўзаро таъсири натижасида айлантирувчи момент юзага келиб, дискни 3 пружинанинг моменти билан мувозанатлашадиган бурчакка буради. Айланишнинг ҳар бир тезлигига ҳаракатчан қисмнинг маълум бурилиш бурчаги мос келади.

к) Пьезоэлектрик ўзгартиргичлар

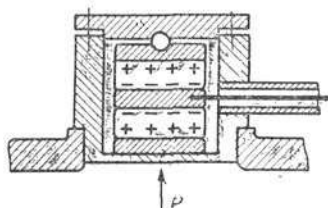
Ўзгартиргичларда қўлланиладиган пьезоэлектрик эффект баъзи кристаллик диэлектриклар (кварц) нинг сиртида механик кучланишлар ёки деформациялар таъсирида электр зарядларининг пайдо бўлишидан иборат.

Ўлчанаётган P босим ўзгартиргич корпусининг мембранадан иборат бўлган тагига (7-56- расм) таъсир қилади. Кварцнинг иккита пластинкаси учта металл қатламлар орасига олиб қисилган. Устки қатлами билан корпус қопқоғи орасида шарча бўлиб, у ўлчанаётган босимнинг текис тақсимланишини таъминлайди. Ўртадаги қатламга — манфий электродга корпусдан втулка ёрдамида изоляцияланган сим уланган.

Манфий электрод билан корпус орасидаги потенциаллар фарқи P босимга пропорционал бўлиб, худди шу босим потенциаллар фарқи билан аниқланади.

Босим олингандан кейин зарядлар йўқолиб кетади, шунинг учун манфий электрод яхши изоляцияланган бўлиши лозим.

Манфий электрод кучайтиргич биринчи лампасининг тўрига уланади (13-11- §). Кучайтиргичнинг чиқишига ўлчаш механизми уланади.

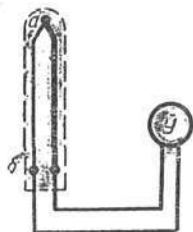


7-56- расм. Босимни ўлчаш учун ишлатиладиган кварцли пьезоэлектрик ўзгартиргич.

л) Термоэлектрик ўзгартиргичлар

Магнитоэлектр ўлчаш механизми билан термоэлектр ўзгартиргичдан — термопарадан (7-57- расм) ташкил топган ва температурани ўлчаш учун мўлжалланган асбоб термоэлектр пирометр деб аталади.

Термопара ишчи учининг қизиши термо э. ю. к. ва ўлчаш механизми занжирида ток ҳосил қилади. Температура ўлчаш механизми ҳаракатчан қисмининг оғишига қараб аниқланади. Термопаранинг эркин учлари пирометр даражалан-



7-57- расм. Термоэлектрик пирометрнинг схемаси.

ган температурали муҳитда туриши учун унинг симлари етарли даражада узун бўлиши керак. У қадар юқори бўлмаган температураларни ўлчашда термopapapa эркин учлари температурасининг таъсири жуда катта бўлиши мумкин. Ана шу таъсирни бартараф қилиш учун одатда эркин учлар ўзгармас температурали термостатга солиб қўйилади.

Термopapapalar учун қуйидагилар ишлатилади: мис — константан (300°C гача), мис — копель (600°C гача), темир — копель (800°C гача), хромель — копель (800°C гача), хромель — алюмель (1300°C гача), платина — платинородий (1600°C гача).

Юқоридаги қотишмаларнинг таркиби қуйидагича: копель 56,5% $\text{Cu} + 43,5 \text{ Ni}$; хромель 90% $\text{Ni} + 10\% \text{ Cr}$; алюмель 1% $\text{Si} + 2\% \text{ Al} + 17\% \text{ Fe} + 2\% \text{ Mn} + 78\% \text{ Ni}$.

Механик шикастланиш ва газларнинг таъсиридан сақлаш учун термopapapalar жездан, пўлатдан, чиннидан ёки бошқа материаллардан ясалган ҳимоя найларига жойлаштирилади.

7-9. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ. ИЗОЛЯЦИЯ ҚАРШИЛИГИНИ ЎЛЧАШ

Ишни бажаришдан аввал 7-7- § даги в ва г пунктларнинг мазмунин билан танишиб чиқинг.

Иш плани

1. Ўлчаш асбобларига доир асосий техник маълумотларни ёзиб олинг.
2. Мегометрдан фойдаланиб:
 - а) ёритиш қурилмаси ҳар қайси симининг ерга нисбатан изоляция қаршилигини (7-36- расм);
 - б) симлар орасидаги изоляция қаршилигини ўлчанг (7-37- расм).Ўлчашдан аввал ҳамма выключатель ва рубильникларини уланг, чўғланма лампочкаларини патронларидан олиб қўйинг, қолган истеъмолчиларини бутушлай узиб қўйинг.
3. Текширилаётган қурилманинг изоляцияси электроустановка қурилмаси қондаларининг талабларига жавоб бериш-бермаслигини аниқланг.
3. Мегометрдан фойдаланиб:
 - а) уч фазали асинхрон двигатель статори ҳар бир фазасининг корпус (ер) га нисбатан изоляцияси қаршилигини;
 - б) ўша двигатель статори ҳар бир икки фазаси орасидаги изоляция қаршилигини ўлчанг.
5. Двигателнинг изоляция қаршилигини ишлатиш қондаларининг талабларига жавоб бериш-бермаслигини аниқланг.

7-10. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ. ИНДУКЦИОН СЧЁТЧИКНИ ТЕКШИРИШ

Ишни бажаришдан аввал 7-6- § нинг мазмунин билан танишиб чиқинг.

Иш плани

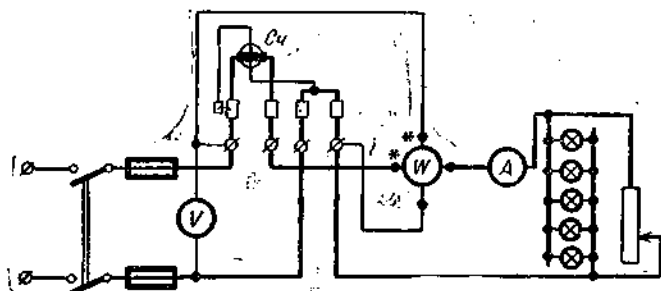
1. Ўлчаш асбобларига доир асосий техник маълумотларни ёзиб олинг.
2. Счётчикни текшириш учун ишлатиладиган схемани (7-58- расм) йиғиб, уни раҳбарингизга кўрсатинг.
3. Счётчикнинг кетма-кет чулғамидан ток ўтмаётганда ва унинг параллел занжирга номинал кучланиш берилганда счётчикнинг дискаси айланишмаслигига, яъни счётчикда салт юриш йўқлигига ишонч ҳосил қилинг.
4. а) Занжирдаги кучланиш номинал бўлганда счётчикка унинг номинал нагрузкасининг 10% га тенг нагрузка бериб 100—150 секунд ичида диск неча марта

тўлиқ айланиб чиққанлигини аниқланг. Ваттметр, амперметр, вольтметр ва секундометр кўрсатган қийматларини 7-3- жадвалга ёзинг.

б) Ушбу

$$k = \frac{Pt}{N}$$

формуладан фойдаланиб, счётчикнинг ҳақиқий доимийсини, яъни счётчик бир марта айланиб чиққунча кетган вақт ичида занжирга сарфланган ҳақиқий энергияни аниқланг.



7-58- расм. Счётчикни текшириш учун уни улаш схемаси.

7-3- жадвал

Кузатиш- лар	P	U	I	cos φ	t	N	k	k _n	γ	Изоҳлар
	вт	в	а	—	сек	айл	вт сек айл	вт сек айл	%	—

а) Ушбу

$$\gamma = \frac{k_n - k}{k} \cdot 100\%$$

формуладан фойдаланиб, юқоридагидек нагрузка билан ишләётган счётчикнинг хатолигини топинг, буида k — счётчикнинг номинал доимийсин, γ счётчикнинг шчитига ёйилган бўлади.

5. 4- бандда айтилган кузатиш ҳамда ҳисоблашларини счётчикнинг номинал нагрузкаси 25; 50; 95 ва 100% га тенг бўлган ҳоллар учун такрорланг.

6. Стандартга биноан аниқлик синфи 2,5 бўлган счётчик учун юқоридагидек нагрузкаларда хатолик — 25% дан ортиқ бўлмаслигини талаб этилади. Шу маълумотга асосан счётчик ўлчаш хатолигини нуқтан назаридан стандартда қўйилган талабга жавоб бериш-бермаслигини аниқланг.

7-11. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ.

УЧ ФАЗАЛИ ТОК ЗАНЖИРИДА ҚУВВАТНИ ЎЛЧАШ

Ишни бажаришдан аввал 7-5- § нинг мазмунини билан танишиб чиқинг.

Иш плани

1. Асбобларга доир асосий техник маълумотларни ёзиб олинг.
2. Схема йиғиб (7-59- расм), уни раҳбарингизга кўрсатинг.
3. Схемани занжирга уланг, бир текис актив нагрузка ҳосил қилинг, сўнгра:

токларни, кучланишларни ва икки элементли ваттметр ёрдамида ўлчанадиган P қувватни (бир қутбلى рубильниклар туташтирилган); ваттметрнинг биринчи элементи ўлчайдиган P' қувватни (бир қутбلى рубильник 2 узилган) ва ваттметрнинг иккинчи элементи ўлчайдиган P'' қувватни (бир қутбلى рубильник 1 узилган) 7-4- жадвалга ёзинг.

Ҳақиқатан

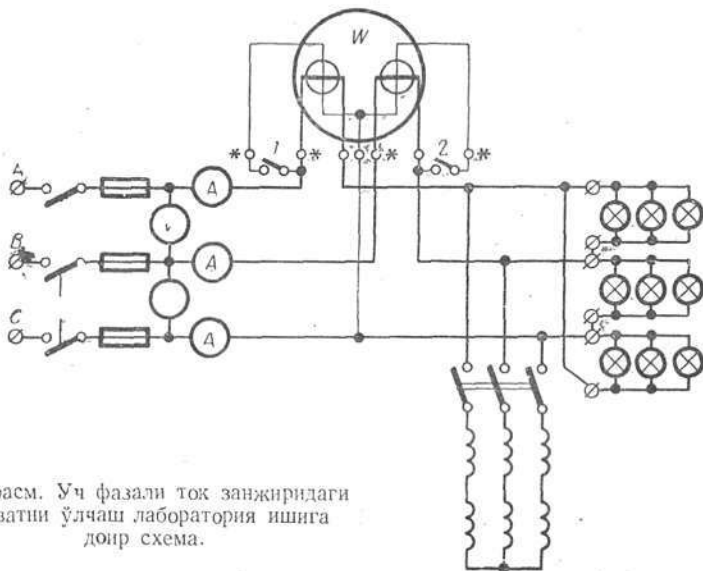
$$P = P' + P'' = \sqrt{3} IU$$

эканлигига ишонч ҳосил қилинг ва

$$P/P' \text{ ва } P/P''.$$

нисбатларни аниқланг.

4. 3- банддаги ўлчаш ва ҳисобларни нагрузканинг бошқа қийматлари учун такрорланг.



7-59- расм. Уч фазали ток занжиридаги қувватни ўлчаш лаборатория ишига доир схема.

5. Фазаларга бир хил аралаш (актив — реактив) нагрузкалар уланг ва 3- бандда кўрсатилган катталикларни 7-4- жадвалга ёзинг.

$$P = P' + P''$$

эканлигига ишонч ҳосил қилинг ва қуйидагиларни аниқланг:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} IU};$$

$$\angle \varphi; P/P' \text{ ва } P/P''.$$

6. Реактив нагрузкани ўзгартириб, 5- бандда кўрсатилган ўлчаш ва ҳисобларни такрорланг.

Турли нагрузкалардаги P/P' нисбатларни бир-бирлари билан, шунингдек, турли нагрузкалардаги P/P'' нисбатларни ҳам бир-бирлари билан солиштириб, бу нисбатлар доимий эмаслигига ишонч ҳосил қилиш мумкин. Бу эса ваттметр

ЎЗГАРМАС ТОК ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРИ

8-1. ЎЗГАРМАС ТОК МАШИНАЛАРИНИНГ ВАЗИФАСИ

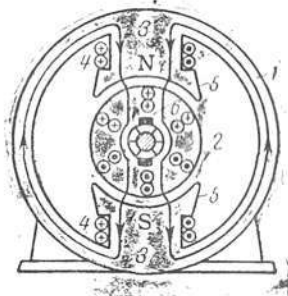
Механик энергияни электр энергиясига айлантириш ва, аксинча, электр энергияни механик энергияга айлантиришга мўлжалланган қурилмалар электр машиналари дейилади. Механик энергияни электр энергияга айлантирувчи машина генератор дейилади. Агар машина электр энергияни механик энергияга айлантирса, электр двигатели деб аталади.

Ўзгармас ток электр генераторлари электролиз қурилмаларида, ўзгармас ток двигателлариغا энергия беришда, аккумуляторларни зарядлашда ишлатилади; электр двигателлари эса катта айлантириш моменти ҳосил қилиш ва тезликни кенг чегараларда ростлаш керак бўлган жойларда — электр ёрдамида тортиш, шахта подъёмниклари ва прокат станларида ишлатилади. Улар автоматикада айланиш тезлигини ўлчаш, берилган сигналларни ижро этиш ва сигналларни ўзгартиришда ишлатилади.

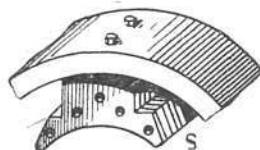
8-2. ЎЗГАРМАС ТОК МАШИНАЛАРИНИНГ ТУЗИЛИШИ

Ўзгармас ток машиналарининг ишлаши 3-9, 3-10- § ларда баён қилинган принципларга асосланган. 8-1- расмда икки қутбли ўзгармас ток машинасининг эскизи берилган. Машина икки асосий қисмдан: қўзғалмас станина 1 ва айланувчи якорь 2 дан иборат. Станинага қутб 3 лар маҳкамланган бўлиб, уларда уйғотиш чулғамлари 4 жойлашган. Уйғотиш чулғамининг магнитловчи кучи чулғамдан I_y уйғотиш токи ўтганида, 8-1-расмда кўрсатилганидек, қутблар, якорь станина орқали туташадиган Φ магнит оқimini ҳосил қилади.

Машинанинг станинаси пўлатдан, қутблари пўлат варақлар (листлар) дан йиғилади (8-2- расм). Қутблар қутб учлари деб ата-



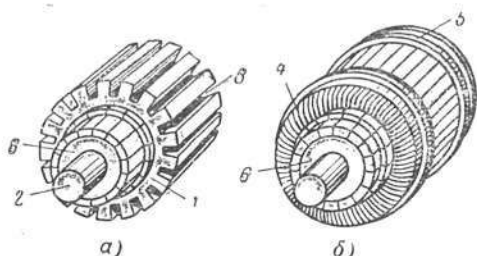
8-1- расм. Икки қутбли ўзгармас ток машинаси.



8-2- расм. Машинанинг қутби.

лувчи 5 чиқиқлар билан тугалланади, қутб учлари уйғотиш чулғамини маҳкамлаш ва магнит индукцияси B ни қутблар ва якорь орасидаги ҳаво оралиғида кераклича тақсимлаш имконини беради.

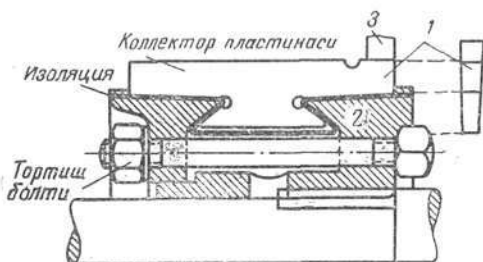
Машинанинг якори 8-3- расмда кўрсатилган. Якорь штампланган ва вал 2 га прессланган пўлат дисклардан йиғилган цилиндр 1 дан



8-3- расм. Машина якори.

а—чулғамсиз; б—чулғамли.

иборат бўлиб, унинг сиртида 3 ариқчалар бор. Ариқчаларга якорь чулғами 4 ни ҳосил қилувчи якорь симлари ётқизилади. Ариқчалардаги чулғам махсус поналар ва бандажлар 5 ёрдамида маҳкамланади ва валга маҳкамланган ҳамда ундан электрик изоляцияланган 6 коллектор билан электрик уланади. Коллектор якорнинг айланувчи чулғамини қўзғалмас чўтка 6 лар (8-1- расм) ёрдамида қўзғалмас ташқи тармоқ билан электрик улаш учун хизмат қилади. Бундан ташқари, коллектор якорь чулғами симларида ўзгарувчан э. ю. к. ҳосил бўлишига қарамасдан (5-2- §), чўткаларда катталиги ва йўналиши доимий бўлган э. ю. к. (машинанинг E э. ю. к.) ҳосил бўлишини таъминлайди.

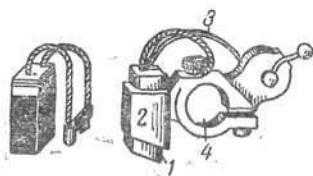


8-4- расм. Коллектор конструкцияси.

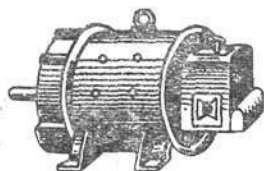
Цилиндрик коллектор (8-4- расм) махсус втулка 2 га йиғилган ва унга болтлар билан маҳкамланган понасимон мис пластинка 1 лардан иборат. Пластинкалар бир-биридан ва валдан миканит

ёрдамида изоляцияланган. Кейинги вақтларда кичик машиналар учун коллектор пластинкалар миканит қистирмалар билан бирга-ликда пластмассага тегишли термик ишлов билан пресслаб қўйиладиган бўлди. Якорь чулғамининг алоҳида нуқталари коллектор пластинкаларининг «хўрозча» («петушок») деб аталган 3 чиқиқларига кавшарлаб қўйилади.

Машинанинг чўткалари (8-5- расм) кўмир ёки график призма 1 лар бўлиб, улар обойма 2 лар — чўтка тутқичларга кири-



8-5- расм. Чўтка ва чўтка тутқич.



8-6- расм. Кичик қувватли ўзгармас ток машинасининг ташқи кўриниши.

тиб қўйилади. Чўткалар коллекторда пружина 3 билан сиқиб турилади. Чўтка тутқичлар тешик 4 дан ўтувчи изоляцияланган болтларга ўрнатилган ва машинанинг корпусига маҳкамланади. Чўтка болтлари машина тутқичларига симлар ёрдамида уланади.

Тутқичлар қуйидагича белгиланади: $Я_1Я_2$ — якорь чулғами; $Ш_1Ш_2$ — параллел (шунтли) уйғотиш чулғами; $С_1С_2$ — кетма-кет уйғотиш (сериес) чулғами; $Д_1Д_2$ — қўшимча қутблар чулғами. 8-6-расмда ўзгармас ток машинасининг ташқи кўриниши берилган.

8-3. ЎЗГАРМАС ТОК МАШИНАСИНING ИШ ПРИНЦИПИ

8-7- расмда ўзгармас ток машинасини улаш схемаси кўрсатилган. Айтайлик, мустақил энергия манбаи 1 дан уйғотиш чулғамига берилаётган I_y уйғотиш токи йўналиши 8-7- расмда кўрсатилгандек бўлсин, переключатель 2 эса пастки тутқичларга туташган. Агар машина якори бирламчи двигатель (ички ёнув двигатели ва ҳоказо) ёрдамида айлантирилса, якорь чулғамида E э. ю. к. пайдо бўлади, унинг таъсирида ташқи занжир r ва якорь чулғами r_a да йўналиши жиҳатидан э. ю. к. билан бир хил бўлган ўзгармас I ток оқади.

Ом формуласига кўра

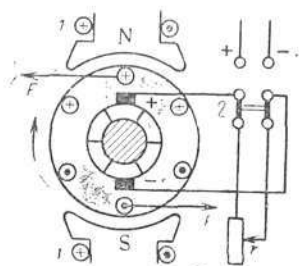
$$I = I_y = \frac{E}{r + r_a} \quad (8-1)$$

ва бундан

$$E = Ir + Ir_a = U + Ir_a \quad (8-2)$$

экани, яъни машинанинг э. ю. к. унинг тутқичларидаги кучланиш ва якорь чулғамидаги кучланиш тушувининг йиғиндисига тенг экани келиб чиқади.

Магнит майдонидаги токли ўтказгичга йўналиши чап қўл қондаси билан аниқланадиган F электромагнит кучлар таъсир қилади (8-7- расмдаги стрелкалар). Э. ю. к. ва I_a якори токининг йўналиши ўнг қўл қондаси билан аниқланган. F кучлар якорнинг айланишига акс таъсир кўрсатади, яъни машина валида M_t тормоз моменти ҳосил қилади. M_t тормозлаш моментини енгил учун бирламчи двигатель унга қарама-қарши M_a айлантирувчи момент ҳосил қилиши керак. Бинобарин, 3-9- § да тушунтирилганидек, машина



8-7- расм. Ўзгармас ток машинасининг ишлаш принципи.

механик энергияни электр энергияга айлантиради ва генератор режимда ишлайди. Бу режимда Э. ю. к. U кучланишдан кучланишнинг якори чулғамида тушувчи $I_a r_a$ миқдор қадар катта бўлади.

Энди 8-7- расмдаги переключатель 2 юқори контактларга туташган, машина якори эса бирламчи двигательдан механик ажратилган деб фараз қилайлик. Унда ташқи энергия манбаидан якори чулғамига $I = I_a$ ток ўтади, унинг йўналиши генератордаги йўналишга тескари бўлади. Бу ток ва магнит майдони ҳосил қилган электромагнит кучларнинг йўналиши тескари томонга бўлади ва M_a ай-

ланиш моменти ҳосил қилади. Якори дастлабки йўналишда айланади. 3-10- § га мувофиқ электр энергиянинг механик энергияга айланиш процесси рўй беради — машина электр двигатель бўлиб ишлайди.

Ўнг қўл қондасидан фойдаланиб, якори симларида ҳосил бўлган Э. ю. к. нинг I_a токига қарама-қарши йўналганига ишонч ҳосил қилиш мумкин, маълумки, бу Э. ю. к. тескари ёки қарама-қарши (учрашма) Э. ю. к. деб аталади. Бунда Кирхгофнинг иккинчи қондасига кўра

$$U - E = I_a r_a \text{ ёки } E = U - I_a \cdot r_a \quad (8-3)$$

ток эса

$$I_a = \frac{U - E}{r_a}. \quad (8-4)$$

Машина электр двигатели бўлиб ишлаганида E Э. ю. к. тутқичлардаги U кучланишдан кучланишнинг якори чулғамида тушиши $I_a r_a$ миқдорида кам бўлади.

Электр двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартириш учун якори чулғамидаги токнинг йўналишини ёки уйғотиш чулғамидаги токнинг йўналишини ўзгартириш етарли, бунга 8-7- расмни қараб чиқиб осон ишониш мумкин. Иккала чулғамда ҳам токнинг йўналишини бир вақтда ўзгартирганда айланиш йўналиши ўзгармайди.

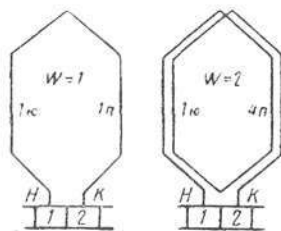
Шундай қилиб, айти бир машина ҳам генератор, ҳам электр двигател бўлиб ишлаши мумкин. Бу қондани биринчи бўлиб Э. Х. Ленц исбот қилган эди.

8-4. ЯКОРЬ ЧУЛҒАМИНИНГ ТУЗИЛИШИ

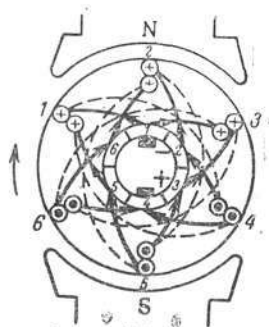
Ўзгармас ток машинасининг чулғами секциялар деб аталувчи бир хил қисмлардан тузилган. 8-8- расмда бир ўрамдан иборат ($w = 1$) бир секция ва икки ўрамдан ($w = 2$) иборат иккинчи секция кўрсатилган. Секция ўрамларининг сони кўп бўлиши ҳам мумкин. Ҳар бир секциянинг боши ва охири иккита коллектор пластинкаларининг «хўрозча» ларига кавшарлаб қўйилади, улар ёнма-ён ёки бирор масофада жойлашган бўлиши мумкин. Ҳар бир секциянинг охири ва ундан кейин келадиган секциянинг боши битта коллектор пластинкасига кавшарланганидан берк чулғам ҳосил бўлади.

Секцияларнинг ён қисмлари (8-8- расм) ариқчаларда ётади. Айланганда уларда э. ю. к. ҳосил бўлади, шунинг учун ҳам улар секциянинг актив томонлари дейилади. Секцияларнинг қолган қисмлари ариқчалардан ташқарида якорнинг учида ётади. Улар секциянинг пешана қисмлари дейилади ва уларда э. ю. к. вужудга келмайди. Секциянинг актив томонлари икки қават бўлиб: тоқлари устида, жуфтлари эса остида — ариқчалар тубида ётади. 8-8- расмдаги рақамлар ариқчанинг номерини, ёнида турган ҳарфлар эса катламини: (ю) юқори ва (п) пасткисини билдиради. Секциялардан тузилган якорь чулғамининг соддалаштирилган схемаси 8-9- расмда берилган. Секциялардаги ўрамлар сони битта деб олинган.

Ўқувчидан расм текислиги ортига кетувчи ариқчаларда ётган актив томонлар доирачалар билан, пешана қисмлар — якорь учининг ўқувчи (бет) томонида жойлашганлари туташ чизиқлар билан, якорнинг расм текислигининг ортида жойлашган учидагилар пунктир чизиқлар билан кўрсатилган. Шундай қилиб, №1 коллектор пластинкадан сим 1 ариқчанинг юқори қатламига боради, сўнг кўринмайдиган учи орқали (пунктир) 4 ариқчанинг пастки қатламига, ундан эса №2 коллектор пластинкага боради. №2 коллектор пластинкадан сим 2 ариқчанинг юқори қатламига ва ҳ. к. кетади.



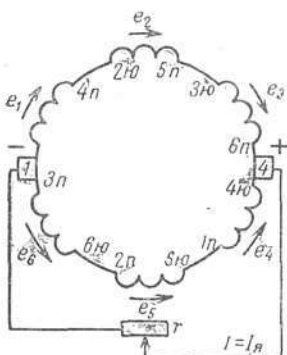
8-8- расм. Якорь чулғамининг секцияси.



8-9- расм. Якорь чулғамининг схемаси.

Якорни тўла айланиб чиққандан кейин чулғам №1 коллектор пластинкага келиб туташади.

Агар якорь чулғами 8-9- расмда кўрсатилган йўналиш бўйича айланса, унинг симларининг актив қисмларида йўналиши ўнг қўл қондаси билан аниқланган э. ю. к. лар пайдо бўлади. Ҳар бир секцияда $e = E_m \sin \omega t$ э. ю. к. ҳосил бўлади (3-8- § ва 5-2- расмга қаранг), табиийки, ҳамма э. ю. к. ларнинг ўзига туташган чулғамдаги йиғиндиси нолга тенг. Бироқ, чулғамнинг ҳаммасини айланиб чиққанда симларнинг бир қисмида э. ю. к. лар бир томонга, иккинчи қисмида эса қарама-қарши томонга йўналганини сезиш мумкин. Бу чулғамнинг иккита параллел тармоғи бор эканини билдиради.



8-10- расм. 8-9- расмдаги схеманинг соддалаштирилган тасвири.

8-10- расмда 1 ва 4 коллектор пластинкалар орасида параллел тармоқларнинг қандай пайдо бўлиши кўрсатилган. Аввалдагидек, расмдаги рақамлар ариқчанинг номерини, ёнидаги ҳарфлар эса (ю) юқори (н) пастки қатламни билдиради. 4 коллектор пластинка юқори, 1 коллектор пластинка қуйи потенциали нуқта бўлар экан. Худди ана шу ерларга чўткалар ўрнатилади. 8-9- расмда чўткалар шартли равишда коллектор ичига

жойлаштирилгандек кўрсатилган, аслида эса улар ҳамма вақт коллекторнинг ташқи сиртига жойлаштирилади.

Якорнинг 8-9- расмда кўрсатилган вазиятига мос келадиган вақт моментида чўткалар орасида машинанинг кучланишига тенг, яъни

$$U = e_1 + e_2 + e_3 = e_6 + e_5 + e_4$$

потенциаллар фарқи мавжуд бўлади.

Якорни 60° бурчакка бурганда U кучланиш катталиги ва нўткаларнинг қутби аввалгидек сақланади, чунки олтинчи ариқча биринчининг, биринчи иккинчининг ва ҳ. к. ўрнини эгаллайди. 8-10- расмдаги схемада (3ю—6н) секция юқори параллел тармоқдан пастки тармоққа, унга тенг кучли бўлган (3н—6ю) секция пастки тармоқдан юқори тармоққа уланади. 60°га каррали бўлган ҳар қандай бурчакка бурилганда ҳам худди шундай аҳвол рўй беради.

Бироқ, якорь 60° дан кичик бурчакка бурилганда аҳвол бошқача бўлади.

8-11- расмда якорнинг 30° бурчакка бурилгандаги ҳолати кўрсатилган. Пешана қисмлар соддароқ бўлсин учун фақат (3ю—6н) ва (3н—6ю) секциялар учун кўрсатилган. Бу вазиятда кўрсатилган секциялар чўткалар билан қисқа туташган, бинобарин, якорь чулғамининг параллел тармоқларидан узиб қўйилган. Машинанинг кучланиши энди қуйидаги э. ю. к. лар йиғиндисидан иборат бўлади:

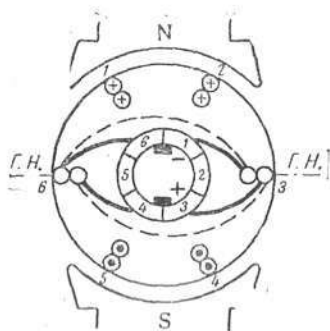
$$U = e_1 + e_2 = e_4 + e_5$$

e_1 ва e_2 ларнинг ўзи эса якорнинг биринчи вазиятидагидан бошқача оний қийматларга эга бўлади. Кучланиш эса якорнинг 8-10- расмда кўрсатилган вазиятидагидан кичик бўлиши равшан. Машина айланганида унинг кучланиши бирор чегараларда узлуксиз тебраниб туради, яъни

$$U_{\max} > U > U_{\min}.$$

Параллел тармоққа қанча кўп секциялар қўшилган бўлса, U кучланишнинг пульсланиш катталиги шунча кам бўлади. Ҳозирги замон машиналарида пульсланиш жуда ҳам кам бўлганидан, кучланиш доимий деб ҳисобланади.

Машина валининг ўқидан ўтиб, қутблар орасидаги масофани тенг иккига бўлувчи текислик машинанинг геометрик нейтрал дейилади. Геометрик нейтрал орқали ўтган чулғам секциясида вужудга келган электр юритувчи куч нолга тенг ёки жуда кам бўлади. Вақтнинг худди шу пайтида секция чўтка билан қисқа туташади. Секциялар бир параллел тармоқдан иккинчисига уланганда содир бўладиган процесслар ҳақида 8-9- § га қаранг.



8-11- расм. Якорь 30° га бурилганида чулғамнинг жойлашishi 8-9- расм билан солиштиринг).

8-5. ЯКОРЬ ЧУЛҒАМИНИНГ ЭЛЕКТР ЮРИТУВЧИ КУЧИ

Генератор ёки двигателнинг якорини магнит майдонида айлантирилса, унинг чулғамида э. ю. к. вужудга келади.

Якорь айланасининг турли нуқталардаги магнит индукция қиймати турлича, бинобарин, якорь чулғамининг айрим симларида вужудга келадиган э. ю. к. ҳам турлича бўлади. Электр машина якорь чулғамининг ихтиёрий параллел тармоғи симларида вужудга келган э. ю. к. лар йиғиндисига тенг бўлган электр юритувчи кучини аниқлаш учун сим э. ю. к. нинг ўртача қийматини шу тармоқ симлари сонига кўпайтириш керак.

Агар бир қутбнинг магнит оқими Φ бўлса, у ҳолда машина қутбларининг сони $2p$ ва якорь сирти S бўлганда, якорь сиртидаги магнит индукциясининг ўртача қиймати

$$B_{\text{ср.}} = \frac{\Phi \cdot 2p}{S} = \frac{\Phi \cdot 2p}{\pi d l}, \quad (8-5)$$

бунда d — якорь диаметри, l — эса унинг узунлиги.

Якорьнинг айланиш тезлиги n айл/мин бўлганда симларнинг ҳар биридаги э. ю. к. нинг ўртача қиймати

$$E_{\text{ср.}} = B_{\text{ср.}} \cdot l \cdot v \cdot \frac{\Phi \cdot 2p}{\pi d l} \cdot \frac{\pi d n}{60} = \Phi 2p \frac{n}{60}.$$

Якорь чулғами симлари сонини N , унинг параллел тармоқлари сонини $2a$ билан белгилаймиз. У ҳолда якорь чулғамининг ҳар бир параллел тармоғида $\frac{N}{a}$ дона кетма-кет уланган симлар бўлади. Якорь чулғамининг ҳар бир параллел тармоғида вужудга келган э. ю. к., ва бинобарин, машинанинг электр юритувчи кучи

$$E = E_{\text{эп.}} = 2p \frac{n}{60} \frac{N}{2a} \Phi = \frac{P}{a} \frac{n}{60} N \Phi. \quad (8-6)$$

Мазкур машина учун доимий бўлган $N \frac{P}{a \cdot 60}$ катталикини C_E билан белгиласак қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$E = C_E \cdot \Phi N. \quad (8-7)$$

Шундай қилиб, машинанинг электр юритувчи кучи магнит оқимига ва якорнинг айланиш тезлигига пропорционал бўлар экан.

8-6. МАШИНА ВАЛИДАГИ МОМЕНТ

Машина қандай режимда — генератор ёки электр двигатели режимида ишлашидан қатъи назар якорнинг ҳар бир симига қуйидагига тенг электрон магнит куч таъсир қилади

$$F_{\text{сим.}} = B_{\text{эп.}} l I = \frac{\Phi \cdot 2P}{\pi d l} l I,$$

бу ерда $B_{\text{эп.}}$ — магнит индукциянинг ўртача қиймати;

d ва l — якорнинг диаметри ва узунлиги;

$\Phi 2p$ — қўп қутбли машинанинг тўла оқими;

$I = I_a / 2a$ — бир параллел тармоқнинг, яъни бир симнинг токи.

Якорнинг $N_{\text{та}}$ симига якорь айланасига уринма равишда таъсир қилаётган тўла куч

$$F = F_{\text{сим.}} \cdot N = \frac{\Phi \cdot 2P}{\pi d} \frac{I_a}{2a} N = \frac{P}{\pi d a} \cdot N \Phi I_a.$$

Машинанинг моменти

$$M = F \frac{d}{2} = \frac{P}{2\pi a} N \cdot \Phi \cdot I_a = C_M \Phi I_a, \quad (8-8)$$

бу ерда $C_M = \frac{P}{2\pi a} N$ — доимий катталик.

Агар машина генератор бўлиб ишласа, момент тормозлаш моменти бўлади ($M_{\text{т}}$); агар у электр двигатели бўлиб ишласа, момент айлантирувчи ($M_{\text{а}}$) бўлади. Момент якорь токи билан машина оқимининг кўпайтмасига тенг.

Электр машина механик энергияни электр энергиясига ёки электр энергияни механик энергияга айлантиради. Бунда механик қувват $P_m = Fv$.

$$F = \frac{2M}{d} \quad \text{ва} \quad v = \omega \frac{d}{2} \quad \text{бўлгани учун}$$

$$P_m = \frac{2M}{d} \omega \frac{d}{2} = M\omega. \quad (8-9)$$

Бу ерда момент ўрнига (8-8) ифодани қўйиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$P_m = \frac{P}{2\pi a} N\Phi I_a \frac{2\pi n}{60} = \Phi N \frac{P}{a} \frac{n}{60} \cdot I_a = EI_a. \quad (8-10)$$

Шундай қилиб, аввал кўрсатилгандай (3-10- §), машина якори ҳосил қиладиган механик момент унинг электр қувватига, яъни электр юритувчи куч билан якорь токи кўпайтмасига тенг экан. Машина генератор бўлиб ишлаганида $E I_a$ қувват истеъмолчига берилаётган UI_a қувватдан катта, чунки $E > U$. Машина электр двигатели бўлиб ишлаганида, $E < U$ бўлганидан, $E I_a$ қувват гармоқдан берилаётган UI_a қувватдан кичик бўлади. Қувватлар орасидаги бу фарқ сон жиҳатидан якорь чулғамидаги иссиқлик исрофлари қувватни $I_a^2 r_a$ га тенг.

8-8. ЯКОРЬ РЕАКЦИЯСИ

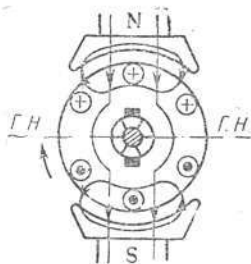
Машина генератор бўлиб салт ишлаётганида, яъни $I_a = 0$ бўлганда, $P_{y\phi}$ магнитловчи куч ҳосил қилган $\Phi_{y\phi}$ уйғотиш магнит оқимининг ўзигина мавжуд бўлади ва у якорь орқали шимоллий қутбдан жанубий қутбга ўтади (8-12- расм). Бу ҳолда ҳаво ораллигидаги B_0 индукция қутб учлари атрофида амалда ўзгармайди.

Агар генераторга нагрузка берилган, яъни якорь чулғамидан ток ўтаётган бўлса, якорнинг ўзи электромагнит бўлиб қолади ва унинг F_a магнитловчи кучи иккинчи — якорнинг кўндаланг Φ_a оқимини ҳосил қилади. Бу оқим машинанинг ҳаво ораллиги орқали машина қутбларига кўндаланг туташади ва қутбнинг бир (шимоллий қутбнинг чап чеккаси ва жанубий қутбнинг ўнг) чеккаси остида ҳаво ораллигида B_0 индукцияни камайтиради, бошқа (шимоллий қутбнинг ўнг ва жанубий қутбнинг чап) чеккаси остида B_0 индукцияни орттиради (8-13- расм). Якорнинг айланиш йўналишига нисбатан қутбнинг яқинлашувчи чеккаси магнитсизланади, узоқлашувчи чеккаси магнитланади дейиш мумкин.

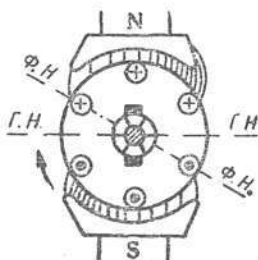
Машинанинг Φ йиғинди оқими якорнинг айланиш йўналишида силжийди; худди шу йўналишда машинанинг нейтралли ҳам силжийди, машинанинг нейтралли бу ҳолда физик нейтрал дейилади (8-13- расм). Натижада Φ оқим нагрузка бўлганда бирмунча камаяди, чунки пўлатнинг тўйиниши туфайли қутбнинг яқинлашувчи чек-

касида магнитсизланиш узоқлашувчи чеккасидаги магнитланишга қараганда каттароқ бўлади. Нагрузка бўлган пайтда якорь магнитловчи кучининг машина магнит оқими катталигига таъсири якорь реакцияси дейилади.

Нормал ясалган ҳозирги замон ўзгармас ток машиналарида магнит оқимининг якорь реакцияси туфайли камайиши жуда кам бўлади.



8-12- расм. Якорнинг кўндаланг реакцияси.



8-13- расм. Магнит индукциясининг якорь реакцияси таъсирида қайта тақсимлаши.

Бу ҳодисанинг асосий хавфи қутб чеккаси остидаги ҳаво оралиғида магнит индукциянинг жуда ҳам ортиб кетиши мумкинлигидир. Бу ҳақда қуйида гапирамиз.

Агар машина электр двигатели бўлиб ишлаётган бўлса, якорь токи 8-12-расмда кўрсатилган йўналишда бўлганда якорь тескарига айланади. Бинобарин, якорь реакцияси Φ оқим ва физик нейтрални якорнинг айланишига тескари томонга силжитади.

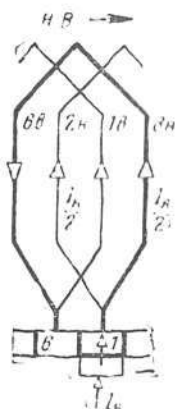
8-9. ТОК КОММУТАЦИЯСИ

Ўтган параграфларда (8-9 ва 8-10-расм) якорь айланганда чулғамнинг ҳар бир секциясини коллектор бир параллел тармоқдан иккинчисига қайта улаши ва бунда секциянинг бирмунча вақт қисқа туташувда бўлиши кўрсатилган эди. Секцияларнинг қайта улашиши ва бунда секцияда бўладиган барча ҳодисалар йиғиндисини коммутация дейилади. Секция қисқа туташув ҳолида турадиган вақт (T) коммутация даври дейилади.

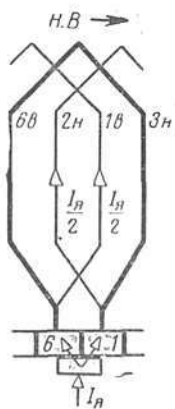
Агар коммутация вақтида коллекторда учқун чиқса, чўткани яроқсиз ҳолга келтириши ва коллектор билан машинани ишдан чиқариши мумкин. Коммутациянинг ёмон бўлиш сабаблари ва уни яхшилаш усуллари билан қисқача танишайлик.

8-9 ва 8-10-расмлардаги ($3n - 6i_0$) секцияни алоҳида 8-14-расмда кўз олдимизга келтирайлик ва секция жуда секин айланади ($T \approx \infty$) ва чўтканинг кенглиги коллектор пластинкасининг кенглигига тенг, чўтка билан коллектор орасидаги ўтиш қатлами

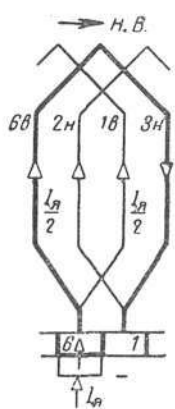
нинг қаршилигидан бошқа ҳамма қаршиликларни назарга олмаслик мумкин, деб фараз қилайлик. I_a ток чўткадан ўтиш қатламининг қаршилиги $r_y = R$ орқали 1 коллектор пластинкасига ўтади, сўнгра иккита тенг $I = 0,5 I_a$ токка бўлинади: бу тоқлардан бири $3n$ — $6ю$ — $1ю$ ва ҳ. к. симли параллел тармоқдан ва иккинчиси $2n$ ва ҳ. к. симли параллел тармоқдан ўтади.



8-14- расм. Коммутациянинг бошланиши ($t=0$).



8-15- расм. Коммутация вақтининг ўртаси ($t = \frac{T}{2}$).

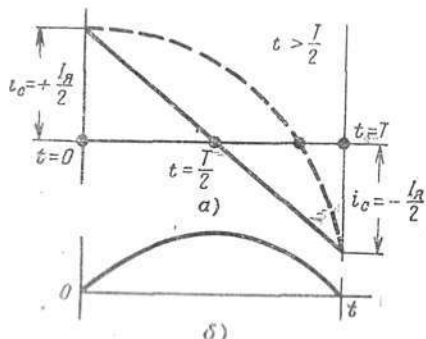


8-16- расм. Коммутациянинг охири ($t=T$).

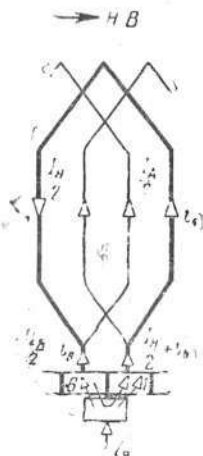
Чўтка 6 коллектор пластинкасига тегиши биланоқ коммутация бошланади ва секцияда ток камая бошлайди. Ҳақиқатан ҳам, агар $t = \frac{T}{10}$ вақт давомида чўтка контакт сиртининг 0,9 қисми 1 коллектор пластинкасига, қолган 0,1 қисми эса 6 пластинкага тегиб турган бўлса, у ҳолда 1 коллектор пластинкасидан ўтаётган ток $0,9 I_a$ га, 6 пластинкадан ўтаётган ток эса $0,1 I_a$ га тенг. I_a ўзгармаганида параллел тармоқлардаги тоқлар аввалгисича $0,5 I_a$ га тенг бўлиши керак, бинобарин, қисқа туташган секциядаги i_c ток аввалги йўналишда бўлади ва унинг катталиги $0,9 I_a - 0,5 I_a = 0,4 I_a$ га тенг бўлади. Иккинчи параллел тармоқдаги ток қисқа туташтирилган секциядаги $0,4 I_a$ ток билан чўткадан 6 коллектор пластинкасига келаётган $0,1 I_a$ токнинг йиғиндисига, яъни $0,4 I_a + 0,1 I_a = 0,5 I_a$ га тенг. Шундай қилиб, қисқа туташтирилган секциядаги ток t вақтга пропорционал камаяр экан ва 8-15-расмда кўрсатилган вазиятда, яъни $t = T/2$ да нолга тенг бўлар экан. Сўнгра секциядаги ток орта бошлайди, аммо тескари томонга йўналган бўлади ва 8-16-расмда келтирилган $t = T$ пайтда яна $0,5 I_a$ га тенг бўлади, чунки энди секция ажралди ва бошқа ўнг параллел тармоққа уланди. $i_c = f(t)$ боғланиш 8-17-а расмда кўрсатилган ва

тўғри чизикдан иборат. Ҳар бир яхши ясалган машинада коммутация ана шундай бўлиши керак.

$T \approx \infty$ бўлганда, яъни айланиш тезлиги жуда кичик ва қисқа туташтирилган секцияда э.ю.к. ҳосил бўлмаганида коммутация юқоридагидек содир бўлади. Аслида эса коммутация вақти секунднинг мингдан бир улушларича давом этади, демак, секциядаги i_c ток жуда тез ўзгаради. Маълумки, бунда секцияда ўзиндукция э.ю.к. e_s вужудга келади $i_c = f(t)$ боғланиш тўғри чизик, яъни $di_c/dt = \text{tg } \alpha = \text{const}$ бўлганидан $e_s = -L_c \frac{di_c}{dt}$ катталик доимийдир. e_s катталикни қисқа



8-17-расм. Табиий шароитлардаги коммутация.



8-18-расм. Секциялашган коммутацияда токлarning тақсимланиши.

туташтирилган секциянинг қаршилигига бўлиб, e_s ўзиндукция э.ю.к. юзага келтирилган қўшимча i_s ток қийматини келтириб чиқариш мумкин:

$$i_s = \frac{e_s}{r_0 + r_1},$$

бу ерда r_0 ва r_1 — чўтканинг олтинчи коллектор пластинкасига яқинлашувчи ўтиш қатлами қисми қаршилиги ва чўтканинг I пластинкадан узоқлашувчи қолган қисмининг қаршилиги. Секциянинг ўзи қаршилиги r_0 ва r_1 қаршиликларга қараганда жуда кам.

$t = T/2$ пайт учун (8-15-расм) $r_0 + r_1 = 2R + 2R = 4R$, $t = T$ ва $t = 0$ пайт учун $r_0 + r_1 = \infty$. Бу мулоҳазалар асосида ҳисобланган токнинг $i_s = f(t)$ қийматлари 8-17-б расмда келтирилган. Ўзиндукция э.ю.к. н бўлганда, яъни реал шароитларда секция тоқларининг йиғиндиси $(i_c + i_s)$ 8-17-а расмда пунктир билан кўрсатилган.

Бу ҳолда коммутация секинлашган дейилади, чунки e_s э.ю.к. ток камайётганда уни кўпайтириб (тутиб туриб), коммутация

даврининг охирида токнинг ортишига тўсқинлик қилиб, токнинг ўзгариш процессини секинлаштиради. 8-18-расмда e_s э.ю.к. бўлганда $t = T/2$ пайтда токларнинг тақсимланиши кўрсатилган. Бунда чўтканинг яқинлашувчи чеккасида ток зичлиги камаяр, узоқлашувчи чеккасида эса ортар экан ва бу чўтканинг мўлжалланганидан кўра ортиқроқ қизишига ва емирилишига сабаб бўлар экан.

Бирок, секинланган коммутациянинг асосий хавфи чўтканинг узоқлашувчи чеккасида чўтка билан коллектор орасида учқун ҳосил бўлишидир. Бу учқунланиш коммутация охирида қисқа туташтирилган секциянинг ажралиш эффектидан ҳосил бўлади. Бу вақтда секцияда йиғилган электромагнит энергия $\frac{1}{2} L c i_s^2$ чўтканинг узоқлашувчи чеккасидаги электр ёйида ажралади. Номинал иш режимида учқунланиш кўз билан баҳоланганда қуйидаги даражалардан ортмаса машинани ишлатиш мумкин:

1 даража — учқунлар бўлмайди (қоронғи коммутация).

1 1/4 даража — чўтканинг унча катта бўлмаган қисми остида заиф нуқтавий учқунланиш. Бу ҳолларда коллектор қораймайди ва чўткаларда куюнди ҳосил бўлмайди.

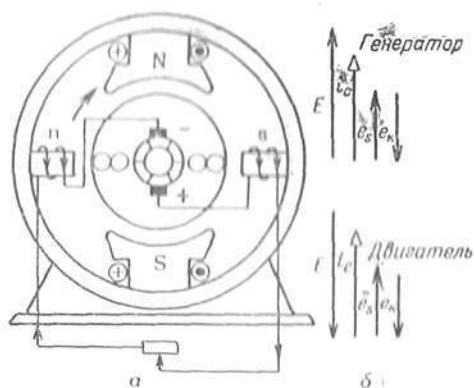
1 1/2 даража — чўтканинг катта қисми остида заиф учқунланиш.

Бунда коллекторда қорайиш излари пайдо бўлади, бу изларни коллектор сиртини бензинда ҳўлланган латта билан артиб осон кетказиш мумкин. Бу даражада чўткаларда ҳам куюнди излари ҳосил бўлади.

Коммутацияни яхшилаш учун қатор тадбирлар кўрилади. i_s токни камайтириш учун нормал хилдаги машиналарда графит чўткалар, тортиш кран машиналари ва прокат станлари двигателларида кўмир-графит ёки электр-графитланган чўткалар ишлатиш йўли билан ўтиш қаршилиги катталаштирилади. Кичик вольтли машиналарда (автотрактор, электролиз машиналари ва ҳоказоларда) мис-графит чўткалар ишлатилади. Чўткалар заводнинг стендларида тажриба йули билан танланади, шунинг учун ишдан чиққан чўткани фақат ўша типдаги чўтка билангина алмаштириш мумкин.

Коммутацияни яхшилашнинг радикал тадбирларидан бири қўшимча қутблар ишлатишдир (8-19-расм). Бунда ўзиндукция э.ю.к. йўқ қилинади, бинобарин, қўшимча i_s ток ҳам йўқ бўлади, қўшимча қутублар машинанинг геометрик нейтралда жойлашади ва машина генератор бўлиб ишланганда, якорнинг айланиш йўналишида асосий қутблар билан навбатлашади, бу 8-19 а расмда кўрсатилган. Улар қуйидагича ишлайди. Секция машинанинг геометрик нейтралга тушиб чўтка билан қисқа туташганда, машинанинг E э.ю.к. и ва секциянинг камаювчи токи i_c бир хил йўналишда бўлади (8-17-б расм). e_s ўзиндукция электр юритувчи кучи камаювчи токни тутиб туради, демак, у ҳам E э.ю.к. сингари йўналган. Шунинг учун e_s ни компенсация қилиш учун секцияда ўзиндукция э.ю.к. га қарама-қарши йўналган қўшимча коммутация э.ю.к. e_k ҳосил бўлиши

керак. Бу шартли равишда 8-19-б расмда кўрсатилган. Агар асосий қутбдан кейин айланиш йўналишида қўшимча s қутб ўриятилса, генераторда ҳам юқоридагидек бўлади (8-19-а расм). Агар $e_k = e_s$ бўлишига эришилса, секциянинг қўшимча токи нолга тенг ва коммутация тўғри чиқиqli бўлади.



8-19-расм. Қўшимча қутблар.

Машина двигатель бўлиб ишлаганида ва якори токи ўша йўналишда бўлганида ҳамда асосий қутбларнинг қутблиги аввалгича бўлганида якорнинг айланиш йўналиши тескари бўлади ва E э.ю.к. ҳам ток билан учрашадиган бўлиб йўналади. Демак e_k э.ю.к. E электр юритувчи куч билан мос тушиши керак (8-19-б расм) ва бу ҳол учун қутблар $NnSs$ тарзида навбатлашади.

Ўзиндукция э.ю.к. ҳамма нагрузкаларда автоматик компенсацияланиши учун қўшимча қутблар чулғами якори чулғами билан кетма-кет уланади (8-19-а расм) ва қутблар тўйинмайдиган қилиб ясалади. Бу ҳолда $e_k = \Phi = I_m \cdot e_s = I_m$ бўлганидан у e_k э.ю.к. билан ихтиёрий нагрузкада компенсацияланади. Аслида коммутация процесси биз баён қилганимиздан мураккаброқ.

Ўзгармас ток машиналарини ишлатишда «коллектор бўйлаб олов» ҳосил бўлиши билан ҳисоблашишга тўғри келади, бу ҳодиса машинани огир аварияга олиб келади. Бу ҳодисанинг моҳияти қуйидагича.

Агар ҳаво оралиғидаги B_0 магнит индукция доимий бўлса, машина кучланишини турли ишорали икки чўтка орасида ётган коллектор пластинкалари сонига бўлиб, иккита ёнма-ён ётган коллектор пластинкалари орасидаги ўртача кучланишни ($U_{\text{ср}}$), ёки худди шунинг ўзи, битта секция ҳосил қилаётган кучланишни топиш мумкин (8-9-расм). Бу кучланиш бирор сабаб билан пластинкалар орасида электр ёйи ҳосил бўлганда, ўша ёйни тутиб турувчи кучланишдан кичик бўлиши керак.

Амалда баъзи пластинкалар орасидаги кучланиш $U_{\text{я}}$ дан катта бўлади, бунга айниқса қутб чеккалари остида якорнинг индукцияни 30—50% га кўпайтирувчи кўндаланг реакцияси (8-8-§) сабаб бўлади. Бунда секцияда, демак у кавшарланган коллектор пластинкалар орасида, юксалган кучланиш ҳосил бўлади. Бу айниқса, катта туртки нагрузка билан ишлаётган қудратли машиналарда кузатилади.

Нагрузка ортиб кетганда чўтканинг узоқлашувчи чеккаси остида коллектор атрофидаги ҳавони ионлаштирувчи кучли учқунланиш ҳосил бўлади. Агар иккита коллектор пластинка орасидаги кучланиш электр ёйини сақлаб туришга қодир бўлса, ёй ҳосил бўлади, у коллектор пластинкалар бўйлаб ёйилади, турли ишорали чўткаларни қоплаб, машина корпусига кўтарилиши мумкин. Ўзгармас ток машиналарида бу ҳодисага қарши махсус канструктив тадбирлар кўрилади.

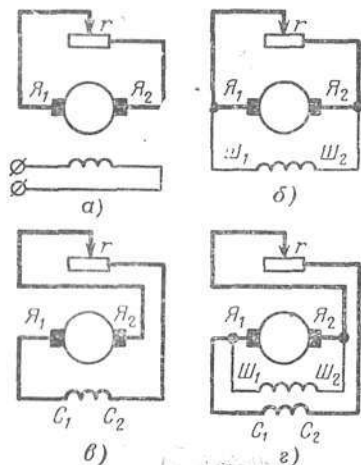
8-10. ЎЗГАРМАС ТОК ГЕНЕРАТОРИНИНГ ТУРЛАРИ

Генераторлар ўзларининг ишлатилиш хусусиятларига кўра бир-бирларидан фарқ қилувчи бир неча турларга бўлинади, ишлатилиш хусусиятлари асосан уларнинг уйғотиш чулғамлари қандай манбалардан таъминланаётганига боғлиқ бўлади.

Уйғотиш чулғамига I_y ток ташқи мустақил энергия манбаидан келадиган генератор мустақил уйғотишли генератор дейилади (8-20-а расм). Бу генераторлар автоматик қуриilmаларда ва якорь тутқичларида кучланиш кам (6-8 в) ёки катта (500 в дан юқори) бўлган жойларда ишлатилади. 8-20-расмда кўрсатилган қолган ҳамма машиналар ўз-ўзидан уйғотишли генераторлар дейилади. Уларнинг уйғотиш чулғамлари ўз якорларидан ток олади.

Уйғотиш чулғами R якорь тутқичларига ташқи занжир r билан параллел уланадиган генератор параллел уйғотишли ёки шунт-генератор дейилади (8-20-б расм). Бу генераторнинг қулайлиги унинг уйғотиш чулғамини таъминлаш учун қўшимча энергия манбаи керак бўлмаслигидадир. Шу сабабли у жуда кенг тарқалган.

Уйғотиш чулғами ташқи занжир билан кетма-кет уланган генератор кетма-кет уйғотишли ёки серияс генератор дейилади (8-20-в расм). Бундай генератор фақат махсус мақсадли машиналар сифатида ишлатилади.



8-20- расм. Уйғотиш чулғамларининг якорга уланиш схемалари.

а—мустақил; б—параллел; в—кетма-кет, г—аралаш.

Аралаш уйғотишли генераторнинг (8-20-з расм) иккита уйғотиш чулғами кетма-кет (серие C) ва параллел (шунгли Ш) уланган чулғами бўлади. Унинг хоссалари параллел уйғотишли генераторнинг хоссаларидан яхшироқ, аммо ундан қиммат туради.

Электр машиналарининг ишлатилиш хоссалари характеристикалар деб аталувчи эгри чизиқлар (графиклар) билан характерланади. Бу эгри чизиқлар қолган ҳамма катталикларнинг қийматлари доимий сақланган ҳолда икки катталик орасидаги боғланишни билдиради. Масалан, генераторнинг айланиш тезлиги n ва I_y уйғотиш токи доимий бўлганда, унинг U кучланиши ва I нагрузка токи орасидаги боғланиш, $n = \text{const}$ ва $I_y = \text{const}$ бўлганда қуйидагича бўлади:

$$U = f(I)$$

Абсцисса ва ордината ўқлари бўйлаб катталикларнинг абсолют қийматлари ёки уларнинг иккибўй қийматлари (улушларда ёки процентларда ифодаланган номинал қийматлари) қўйилади.

Машинанинг шчитиди ёки унинг паспортда белгиланган қийматлари номинал қийматлари дейилади, бу қийматларда маълум муҳит шароитларида машина нормал ишлаш таъминланади. Бу катталиклар «н» индекси билан белгиланади, масалан, қувват P_n кучланиш U_n , ток I_n айланиш тезлиги n_n ва ҳоказо.

8-11. МУСТАҚИЛ УЙЎТИШЛИ ГЕНЕРАТОР

Генераторнинг схемаси 8-21-расмда берилган. Унинг уйғотиш чулғамига уйғотиш токи I_y мустақил энергия манбандан берилади. Бу ток қўшимча контактли r_m реостат ёрдамида ростланади. Реостат сургичини бу контактга ўриштилаётганда уйғотиш чулғами қисқа туташади. Бу контакт бўлмаганда магнит майдонда йиғилган энергия уйғотиш занжириин ажратишда шу контакт ва реостат сургичи орасида электр ёни ҳосил қилади. Натижада контактлар эрийди. Бундан ташқари, уйғотиш чулғамининг индуктивлиги катта бўлганда унинг ажрлишида шунчалик катта ўзиндукция э.ю.к. ҳосил бўладики, чулғамнинг ўрамлараро изоляциясини тешиши ва ишлаётган кишилар учун ҳавф туғдириши мумкин.

Якорь тутқичларига z нагрузка орқали ўтувчи U кучланиш ва $I = I_a$ токни ўлчайдиган вольтметр ва амперметр уланади. Генератор 8-21-расмда кўрсатилмаган бирламчи двигателдан айлантирилади деб фараз қилинади.

Айланиш тезлиги ўзгармас ва нагрузка токи $I = 0$ бўлгандаги салт юриш э.ю.к. $E_0 = U_0$ нинг уйғотиш токи I_y га, яъни $n = \text{const}$ ва $I = 0$ бўлгандаги

$$E_0 = f(I_y)$$

боғланиш салт ишлаш характеристикаси дейилади.

$E_0 = \Phi$ бўлгани учун бу характеристика бошқа масштабда машинанинг магнит характеристикаси бўлади. У машинанинг магнит занжириин назарий ҳисоблашларини текшириш учун олинади (3-12-§га қаранг)

Бу характеристикани олиш учун якорь тутқичлари ажратилган ҳолда генератор якори $n = n_n$ доимий тезлик билан айлантирилади. Уйғотиш занжирининг рубильнигини қўшиб, I_y уйғотиш токини генераторнинг U_0 кучланиши (1,1—1,2) U_n катталиққа эришгунча бир текис орттириб борилади I_y ва U_0 нинг қийматларини ёзиб олиб, уйғотиш токи тобора камайтирилади ва ўлчашни давом эттирилган ҳолда I_y ва u_0 нинг катталиқлари ёзиб борилади. Олинган маълумотлардан 8-22-расмда кўрсатилган график чизилади. Уйғотиш занжирини ажратилган бўлса, $I_y = 0$ бўлганда кучланиш $U_0 = (2; 2,5) \% U_n$ бўлиши кўриниб турибди. Бу кучланиш қолдиқ э.ю.к. $E_{\text{қол}}$ дейилади. Номинал кучланиш U_n га мос бўлган нуқта одатда эгри чизиқнинг эгилиш жойида — салт ишлашдаги уйғотиш токи деб аталувчи $I_{c.y}$ ва номинал кучланишда бўлади.

Генераторнинг ташқи характеристикаси — генератор кучланиши катталигини нарузканинг ўзгаришига боғлиқлиги, яъни айланиш тезлиги ва уйғотиш токи ўзгармас бўлганда кучланишнинг ташқи занжирдаги токка боғлиқлиги ($I_y = \text{const}$ ва $n = \text{const}$ бўлганда):

$$U = f(I).$$

Бу характеристика 8-23-расмда кўрсатилган.

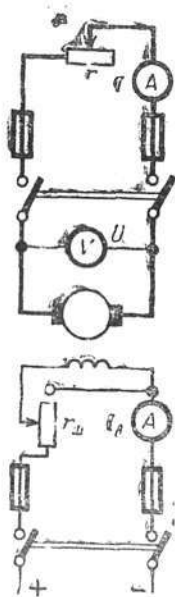
Генератор якори $n = n_n$ тезлик билан айлантирилади ва $U \approx (1,1—1,2) U_n$ кучланиш ҳосил қилинади. Шундан кейин ташқи занжирнинг рубильниги туташтирилади ва уйғотиш токини $I = I_n$ да номинал U_n кучланиш қарор топгунча ростлаб r нарузка қаршилиги ўзгартирилади. Бу характеристиканинг биринчи нуқтаси бўлади. Сўнгра, ўзгармас уйғотиш токи ва айланиш тезлигида r қаршилиқни орттириб, генераторни салт юришгача нарузкаси олинади. U ва I нинг қийматларини ёзиб, характеристика ясалади.

Нарузка олинганда якорь реакциясининг магнитсизловчи таъсири камайиши ва якорь чулғамида кучланиш тушиши $I r_{\text{я}}$ камайиши туфайли генераторнинг э.ю.к. ва кучланиши ортади, чунки $U = E - I r_{\text{я}}$. 8-23-расмдаги характеристика процентларда ясалган, бунда 100% учун U_n ва I_n нинг номинал қийматлари олинган.

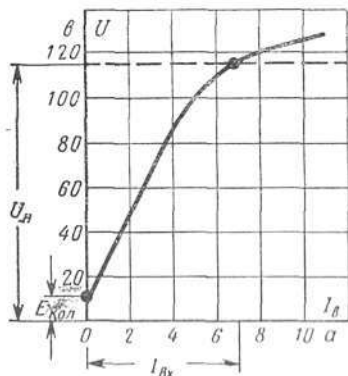
Ҳар бир тур генератор

$$\Delta U \% = \frac{U_0 - U_n}{U_n} 100 \% \quad (8-11)$$

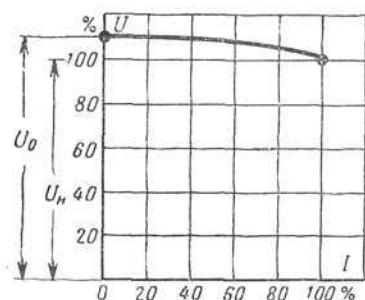
катталиқ билан характерланади, бу катталиқ кучланишнинг процентли ўзгариши дейилади. Мустақил уйғотишли генераторлар учун $\Delta U \% = 5—10 \%$. Кўп истеъмолчилар учун нарузка



8-21-расм. Мустақил уйғотишли генераторнинг уланиш схемаси.



8-22- расм. Генераторнинг салт юриш характеристикаси.



8-23- расм. Мустақил уйғотишли генераторнинг ташқи характеристикаси.

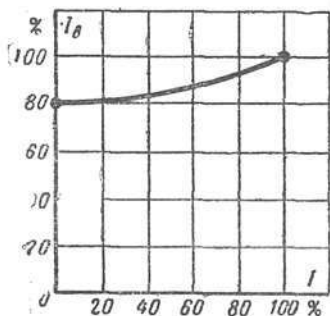
ўзгарганида кучланишнинг бундай ўзгариши маъқул эмас ва уни ўзгартмасдан сақлаш зарурати туғилади.

Ростлаш характеристикаси I ток ўзгарганида U кучланиш ўзгармасдан қолиши учун I_y уйғотиш токини қандай ростлаш кераклигини, яъни $U = \text{const}$ ва $n = \text{const}$ бўлганида

$$I_y = f(I)$$

боғланиш кўрсатилади.

$U = U_n$ ни ўрнатиб, $I = I_n$ бўлганда генераторнинг нагрузкаси салт ишлашгача олинади, бунда I_y уйғотиш токи кучланиш ўзгармай қоладиган қилиб ўзгартириб борилади. I ва I_y тоқларни ёзиб олиб, ростлаш характеристикаси ясалади (8-24- расм).



8-24- расм. Мустақил уйғотишли генераторнинг ростлаш характеристикаси.

8-12. ПАРАЛЛЕЛ УЙҒОТИШЛИ ГЕНЕРАТОР

Параллел уйғотишли генератор схемаси 8-25- расмда берилган. Уйғотиш чулғами якорь тутқичларига уланади ва номинал кучланишда ундаги уйғотиш токи якорь номинал токининг 2 — 3% ини ташкил қилади.

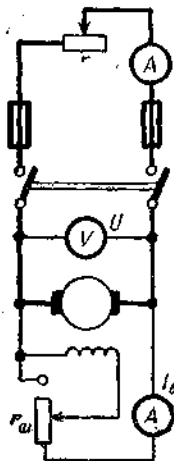
Бу генератор уйғотиш токи ҳосил қилган магнит оқими йўналиши бўйича қолдиқ индукция оқими билан мос тушгандагина уйғонади. Бу ҳолда уйғотиш чулғамида $E_{қол}$ қолдиқ э.ю.к. туфайли ҳосил бўлган ток машинани магнитлайди, генераторнинг магнит оқими кўпаяди ва э.ю.к. ортади. Бунинг натижасида уйғотиш токи ортади ва магнит оқимининг янгидан кўпайишига са-

баб бўлади. Бундай ўз-ўзидан уйғотиш процесси э.ю.к. уйғотиш чулғаида кучланиш тушишига тенглашгунча, яъни $E = I_y r_y$ бўлгунча давом этади.

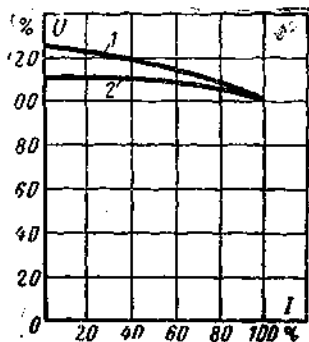
Бу генераторнинг салт ишлаш характеристикаси худди мустақил уйғотишли генераторнинг характеристикаси кўринишида бўлади ва юқорида баён қилинган усулда ҳосил қилинади.

Параллел уйғотишли генераторнинг ташқи характеристикаси, яъни $n = \text{const}$ ва $r_y = \text{const}$ бўлгандаги

$$U = f(I)$$



8-25- расм. Параллел уйғотишли генераторнинг уланиш схемаси.



8-26- расм. Параллел уйғотишли генераторнинг ташқи характеристикаси.

боғланиш (8-26- расмдаги 1 эгри чизик) ҳам мустақил уйғотишли генераторнинг ташқи характеристикаси (2 эгри чизик) сингари олинади, фақат ундан тикроқ бўлади. Гап шундаки, параллел чулғамдаги ток генератор нагрузкасини олишда ўзгаришсиз қолмайди, балки кучланишнинг ортиши билан ортиб боради, чунки r_y қаршилиқ ўзгармасдир. Натижада магнит оқими ва генераторнинг э.ю.к. ортади, кучланишнинг процент ўзгариши $\Delta U\%$ эса 30% га этади.

Юқорида баён қилинган икки генераторни ростлаш характеристикаси бир хил усулда олинади, кўриниши ҳам бир хил.

8-13. КЕТМА-КЕТ УЙЎТИШЛИ ГЕНЕРАТОР

Кетма-кет уйғотишли генераторнинг уланиш схемаси 8-20-в расмда кўрсатилган эди. Уйғотиш чулғаи орқали якорь токининг ҳаммаси ўтганидан унинг қаршилиги якорь қаршилигига тенг қилинади. Бу генератор тутқичларидаги кучланиш, э.ю.к. дан чулғам-

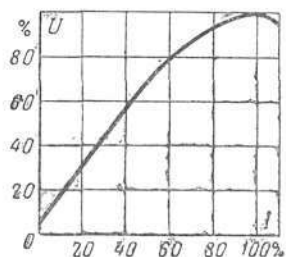
ларда кучланиш тушишлари йиғиндисининг айирмаси сингари аниқланади:

$$U = E - I(r_a + r_y). \quad (8-12)$$

Генераторнинг ташқи характеристикаси 8-27-расмда берилган ва айланиш тезлиги ўзгармас, ҳамда уйғотиш токи якори токига тенг бўлганида генератор кучланишининг нагрузка токига боғланишини, яъни $n = \text{const}$ ва $I_y = I$ бўлгандаги ушбу боғланишни ифодалайди:

$$U = f(I).$$

Ток ортиши билан унинг кичик қийматларида магнит оқими токка пропорционал ортади. Шунингдек, генераторнинг магнит оқимига пропорционал бўлган э.ю.к. дан кам фарқ қилувчи U кучланиши ҳам ортади. Номинал қийматга яқин нагрузкаларда машинанинг пўлати тўйинади, бу нарсаякорь реакцияси таъсири ортиши билан биргаликда магнит оқимнинг ортишини, ва демак, э.ю.к. нинг ортишини секинлаштиради. Якорь чулғамида ва уйғотиш чулғамида кучланиш тушиши кескин ортади ва кучланиш (8-12) ифодага мувофиқ камая бошлайди. Шундай қилиб, нагрузка ўзгарганида генераторнинг кучланиши кескин ўзгаради, бу эса уни одатдаги шаронтларда ишлатилишини чеклайди.



8-27- расм. Кетма-кет уйғотишли генераторнинг ташқи характеристикаси.

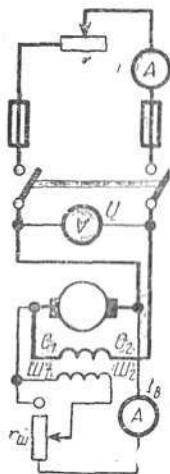
8-14. АРАЛАШ УЙЎТИШЛИ ГЕНЕРАТОР

Генераторнинг икки уйғотиш чулғами—параллел (шунт) ва кетма-кет (серие) чулғамлари айни бир қутб ўзакларида бўлади (8-28-расм). Шундай қилиб, генераторда параллел ва кетма-кет уйғотишли машиналарнинг хоссалари мужассамлашган бўлади. Одатда иккала чулғам якорь билан уларнинг магнитловчи кучлари қўшиладиган қилиб уланади. Бундай улаш мос улаш деб аталади.

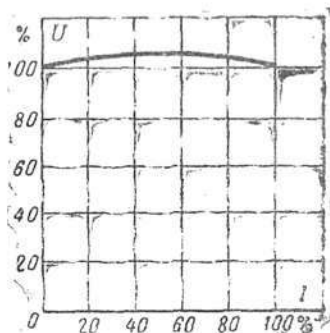
Бу генераторнинг ташқи характеристикаси, яъни $n = \text{const}$ ва $r_y = \text{const}$ бўлгандаги

$$U = f(I)$$

боғланиш 8-29-расмда кўрсатилган. Нагрузка полдан номинал қийматигача ўзгарганида генератор кучланишининг амалда ўзгармаслиги кўринади. Бунинг сабаби нагрузка ортиши билан кетма-кет чулғам генераторни магнитлаб, унинг э.ю.к. ни сақлаб туришидир. Генераторнинг кучланишни автоматик равишда деярли ўзгаришсиз сақлаб туриш қобилияти кучли ва тез-тез ўзгариб турувчи нагрузкали тармоқлар учун катта аҳамиятга эга.



8-28- расм. Аралаш уйғотишли генераторнинг уланниш схемаси.



8-29- расм. Аралаш уйғотишли генераторнинг ташқи хараактеристикаси.

8-15. ГЕНЕРАТОРЛАРНИНГ ПАРАЛЛЕЛ ИШЛАШИ

Генераторларнинг параллел ишлаши учун иккита зарурат бор. Биринчиси генераторларнинг фойдали иш коэффициентини ошириш. Ҳақиқатан ҳам, истеъмолчи учун битта генераторни тўла қувватига қўйиш ёки иккита генераторнинг ҳар бирини ярим қувватига қўйиш мумкин. Агар сутқа давомида нагруканинг катталиги ўзгарса, биринчи ҳолда қудратли генератор кўп соат давомида тўла нагрукда ишламайди, яъни фойдали иш коэффициенти паст бўлади. Иккинчи ҳолда эса истеъмол қуввати тўла бўлганда иккала генератор параллел ишлаши, нагрук камайганда эса битта генераторга тўла нагрук бериб, иккинчисини узиб қўйиш мумкин. Бунда генератор тежамли ишлайди.

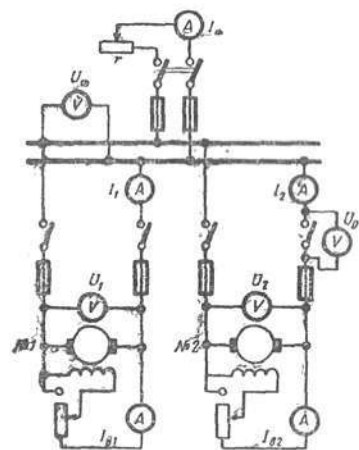
Иккинчи сабаб — камроқ авария резервига эга бўлишидир. Биринчи ҳолда истеъмолчининг 100% қувватига мос резерв генератор бўлиши керак, иккинчи ҳолда эса фақат 50% қувватга мос резерв генератор бўлиши етарли.

Генераторларнинг бир ишорали тутгичлари билан умумий шиналарга уланиб ишлатилиши уларнинг параллел ишлаши дейилади. Қуйида фақат параллел уйғотишли генераторларнинг параллел ишлашини кўриб чиқамиз.

8-30- расмда параллел ишлаши керак бўлган икки генератор кўратилган. Бунинг учун дастлаб уларни қўшиш керак. Агар № 1 генератор шиналарга қўшилган ва ишлаётган бўлса, № 2 генераторнинг якорини номинал тезлик билан айлантириб, унинг I_{y2} уйғотиш токини то U_2 кучланиш $U_1 = U_{ш}$ кучланишга тенглашгунча

кўпайтирилади. №2 генератор рубильникнинг чап пичоғини туташтириб, унинг ўнг, ажратилган тутқичлари орасидаги потенциаллар фарқи текширилади. $U_1 = U_2$ бўлганда вольтметрнинг кўрсатиши нолга тенг бўлиши керак. Бунда рубильникнинг ўнг пичоғини туташтириш мумкин ва шу билан қўшиш тамом бўлади. Агар бу вольтметр $U_0 = U_1 + U_2$ ни кўрсатса, №2 генераторни қўшиб бўлмайди ва унинг шиналарга келувчи симлари ўрнини алмаштириш керак.

Улангандан сўнг иккинчи генераторнинг токи I_2 нолга тенг, чунки унинг $E_2 = U_2$ э. ю. к. $U_{ш}$ га тенг. Уланган генераторга нагрузка берилиши керак. Нагрузка бериш икки ҳолда: ёки шиналарда нагрузка ортганида, ёки нагрузка ўзгармагани ҳолда №1 генераторни нагрузкадан озод қилиш керак бўлганда лозим бўлади. Бироқ, генераторлар нагрузкаси ўзгаришига тегишли барча операциялар энергия истеъмолчисининг ишига халақит бермаслиги керак, бу эса шиналардаги кучланиш доимий туриши лозим дегани. №1 генератордан нагрузкани №2 генераторга ўтказиш ни оддий мисолда кўриб чиқайлик.



8-30-расм. Параллел генераторларни параллел ишлаш учун қўшиш схемаси.

№1 ва №2 генераторлар якорларининг қаршиликлари бир хил бўлсин ($r_{я1} = r_{я2} = 0,02 \text{ ом}$). Генератор №1 $U_1 = U_{ш} = 115 \text{ в}$ ва $I_1 = I_{ш} = 200 \text{ а}$ да ишлаётган бўлсин. Бу ҳолда унинг э. ю. к. $E_1 = U_{ш} + I_1 r_{я1} = 115 + 200 \cdot 0,02 = 119 \text{ в}$. №2 генератор улангандан кейин унинг $U_2 = U_{ш} = E_2 = 115 \text{ в}$ ва $I_2 = 0$. Агар №2 генераторнинг I_{y2} уйғотиш токини унинг E_2 э. ю. к., масалан, 116 в га тенг бўладиган қилиб ўзгартирилса, у ҳолда бир вақтнинг ўзида №1 генераторнинг I_{y1} уйғотиш токини шиналардаги кучланиш ўзгаришсиз қоладиган қилиб камайтириш лозим. Шунда иккинчи генератордан қуйидаги миқдорда ток ўтади:

$$I_2 = \frac{E_2 - U_{ш}}{r_{я2}} = \frac{116 - 115}{0,02} = 50 \text{ а.}$$

$U_{ш}$ кучланиш const бўлгани учун $I_{ш} = 200 \text{ а} = \text{const}$, бинабарин, биринчи параллел тармоқдаги ток (№1 генератордаги) $I_1 = I_{ш} = I_2 = 200 - 50 = 150 \text{ а}$ гача камаяди. Бунга сабаб I_{y1} ток камайганида E_1 э. ю. к. нинг $E_1 = U_{ш} + I r_1 = 115 + 150 \cdot 0,02 = 118 \text{ в}$ қийматгача камайишидир.

Шундай қилиб, нагрузкани ўтказишда нагрузка бериладиган генераторнинг уйғотиш токи кўпайтирилади, нагрузкаси олинадиган

генераторники эса шиналардаги кучланиш ўзгаришсиз қоладиган қилиб камайтирилади.

Табиийки, нагрузка бериладиган генераторда тормозлаш моменти ортади, нагрузка олинadиган генераторда эса камаяди. Биринчи ҳолда бирламчи двигателларнинг автоматик ростлагичлари энергия беришни кўпайтиради, иккинчи ҳолда эса камайтиради.

Агар генераторларнинг уйғотиш токлари ўзгаришсиз қолдирилса, умумий нагрузка генераторлар орасида тахминан уларнинг якорлари қаршилигига тескари пропорционал ҳолда тақсимланади. Одатда, генераторлар якорларининг чулғам қаршиликлари катталиклари генераторларнинг номинал қувватларига тескари пропорционал бўлади, бинобарин,

$$\frac{r_{я2}}{r_{я1}} : \frac{I_1}{I_2} : \frac{P_{1н}}{P_{2н}},$$

яъни генераторлар номинал қувватларининг тартиби бир хил бўлса, нагрузка уларнинг бу қувватларига тескари пропорционал равишда тақсимланади.

8-16. ЎЗГАРМАС ТОК ЭЛЕКТР ДВИГАТЕЛЛАРИ

Электр двигателни 1834 йилда Б. С. Якоби ихтиро қилди.

Юқорида айтганимиздек, аини бир машинанинг ўзи ҳам генератор, ҳам электр двигатели бўлиб ишлаши мумкин. Генератор бўлиб ишлаётган машина якорь чулғамида кучланишнинг тушиши $I_н$ номинал токда $U_н$ номинал кучланишнинг 4—10 % га тенг бўлади. Табиийки, бу машина электр двигатели бўлиб ишлаётганида ҳам унда кучланишнинг тушиши ўшандай бўлиши керак. Бироқ агар қўзғалмас электр двигателга $U = U_н$ кучланиш берилса, унинг токи

$$I_я = \frac{U_н}{r_я}$$

номинал токдан 25—10 марта катта бўлади. Бундай қилиш мумкин эмас, шунинг учун ишга тушириш вақтида двигатель якорига берилган кучланиш номинал кучланишнинг 96—90 % га камайтирилиши керак. Двигатель якорига бериладиган кучланишни пасайтириб берувчи аппарат юргизиб юбориш реостати дейилади ва у якорь чулғамига кетма-кет уланади.

У ҳолда юргизиб юбориш токи

$$I_{ю} = \frac{U_н}{r_я + r_p} \quad (8-13)$$

Реостатнинг қаршилиги r_p юргизиб юбориш вақтидаги $I_{ю}$ ток (1,5—2,0) $I_н$ га тенг бўладиган қилиб олинади.

Агар якорь айлана бошласа, унинг чулғамида аста-секин тескари э. ю. к. ўса боради. Бу ҳолда ток қуйидагича аниқланади:

$$I_я = \frac{U - E}{r_я + r_p}.$$

Тезлик бинобарин, электр йоритувчи куч қанча катта бўлса, ток шунча кам бўлади ва реостатнинг r_p қаршилиги керак бўлмай қолади. Юргизиб юборишнинг охирида реостат батамом узилади ва якорь токи қуйидагига тенг бўлади (8-4-формула):

$$I_a = \frac{U - E}{r_a}. \quad (18-14)$$

Барқарорлашган иш режимида $I_a = I_n$ да якорда вужудга келувчи тескари э.ю.к. (96 — 90%) U_n ни ташкил қилади, салт юришда эса (валда нагрузка полга тенг бўлганда) якорь токи $I_a = I_c \approx (5 - 10)\% I_n$ бўлганда, тескари э.ю.к. катта бўлиб 99% U_n га етиши мумкин.

(8-7) формула

$$E = C_E n \Phi$$

га асосан электр двигателнинг айланмиш тезлиги қуйидагича:

$$n = \frac{1}{C_E} \frac{E}{\Phi}. \quad (8-15)$$

Айланмиш тезлиги якорда ҳосил бўлган э.ю.к. га тўғри ва Φ магнит оқимига тескари пропорционал.

(8-14) ва (8-15) формулаларни солиштириб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$n = \frac{1}{C_E} \frac{U - I_a r_a}{\Phi}. \quad (8-16)$$

Электр двигателнинг айлантирувчи моменти ва унинг ишқала-нишни ҳам ҳисобга олгандаги қуввати (8-8) ва (8-10) формулаларга мувофиқ қуйидагича ифодаланиши мумкин:

$$M = C_M I_a \Phi.$$

$$P = E I_a = C_E I_a \Phi n.$$

Валдаги нагрузка ортганда электр двигателнинг I токи ортади, чунки истеъмол қилаётган $P_1 = U I_a$ кувват ортади, кучланиш U эса ўзгаришсиз қолади. Электр двигателнинг ортиб бораётган айлан-тирувчи моменти валдаги тормозлаш моментини мувозанатга кел-тирмагунча ток ортиб боради. Двигателнинг ҳар бир нагрузкасида унга мос айланмиш тезлиги қарор топади. Ишлатилиш хусусият-ларига кўра электр двигателлари ҳам, генераторлар сингари, тўрт турга: мустақил уйғотишли, параллел, кетма-кет ва аралаш уйғо-тишли электр двигателларга бўлинади.

8-17. ПАРАЛЛЕЛ УЙЎТИШЛИ ЭЛЕКТР ДВИГАТЕЛИ

Параллел уйғотишли электр двигателининг схемаси 8-31-расмда кўрсатилган. Рубильникни туташтаришдан аввал 2 юргизиб юбориш реостатининг I дастаси салг O контактда турганлигига ишонч ҳосил қилиш керак. Уйғотиш занжиридаги реостатининг (шунт реостати —

ШР) дастаси реостатнинг қаршилиги минимал бўлган вазиятда туриши керак (8-31-расм).

Рубильникни туташтириб, даста I ни биринчи ишчи контактга ўтказганда электр двигателига келадиغان I ток иккита: юргизиб юбориш реостати r_p нинг ҳамма секциялари орқали якорга келувчи I_y ва 3 металл ёй орқали уйғотиш чулғамига келадиغان I_y токка бўлинади.

Шундай қилиб,

$$I = I_y + I_y, \quad (8-17)$$

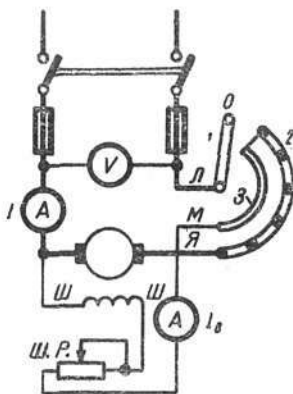
бунда $I_y \approx (1 - 7)\% I_n$.

Токнинг биринчи $I_{y0} \approx (1,5 - 2,0)\% I_n$ сакрашидан кейин, айланиш тезлиги ортган сари якори токи камая бошлайди ва юргизиб юбориш реостатининг I дастаси иккинчи контактга ўтказилади. Ток яна сакраш билан кўпайиб, яна камая бошлайди ва реостатнинг дастаси келгуси контактга ўтказилади ва ҳоказо. Реостатнинг ҳамма қаршилиги r_p узилганда ишга тушириб юбориш тамом бўлади. Юргизиб юбориш қаршилиги r_p ни узоқ муддат ток остида қолдириб бўлмайди, чунки бу қаршилиқ қисқа муддатли ишга мўлжалланган.

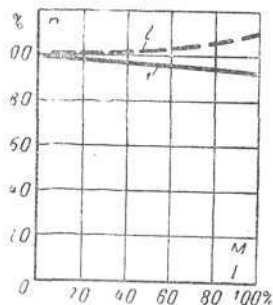
Ишга туширишда I токнинг тезроқ камайиши мақсадга мувофиқ, ток тез камайиши учун эса тескари э.ю.к. тезроқ ортиши керак. Шунинг учун ишга тушириб юборишда $I_y = I_{y, \max}$ токни барқарор қилиб, энг катта магнит оқими ҳосил қилинади. Электр двигателини юргизиб юбориш вақтида катта айлантириш моменти ҳосил қилиши лозим, маълумки, бу момент магнит оқимига пропорционал (8-8 формула), ана шунинг учун ҳам катта магнит оқими ҳосил қилиш зарур.

Электр двигателини ажратиш учун дастлаб юргизиб юбориш реостатининг дастаси нолинчи контактга ўтказилади, сўнгра рубильник ажратилади. Бунда рубильник контактлари куймайди. Двигателини улаш схемаси уйғотиш чулғами занжирининг ажралишига имкон бермайдиган ҳолда бўлиши лозим (8-31-расм).

Монтаж қулай бўлиши учун юргизиб юбориш реостатининг тутқичлари қуйидаги ҳарфлар билан белгиланади: L — энергия берув-



8-31-расм. Параллел уйғотишли двигателнинг улаиш схемаси.



8-32-расм. Параллел уйғотишли двигателнинг тезлик характеристикаси.

чи линияга улаш учун; J — якорга улаш учун ва M — уйғотиш чулғамига улаш учун.

Электр двигателларининг характеристикалари асосан машина механик хоссаларининг ўзгариш графикларидир.

U кучланиш ва I_y уйғотиш токи доимий бўлганда n айланиш тезлигининг I токка боғлиқлиги тезлик характеристикаси дейилади, бошқача $U = \text{const}$ ва $I_y = \text{const}$ бўлгандаги

$$n = f(I)$$

боғланишга айтилади. Бу характеристика 8-32-расмда I эгри чизиқ билан тасвирланган. $I_c < 10\% I_y$ бўлганда салт ишлашдаги тезлик энг катта бўлади, чунки $I_c \cdot r_n \approx 0$;

$$n_c = \frac{1}{C_E} \frac{U - I_c r_n}{\Phi} \approx \frac{1}{C_E} \frac{U}{\Phi}. \quad (8-18)$$

Валда нагрузка ортиши билан I_{rn} ортади ва тезлик камайиши керак. Айни шу вақтда якорь реакцияси Φ магнит оқимини камайтиради (8-8-§), бунинг натижасида тезлик ортиши керак. Мавжуд электр двигателларида кучланиш тушишининг ортиши тезликка кучлироқ таъсир қилади ва тезлик валда нагрузка ортганида ҳамма вақт камаяди, бу камайиш унча катта эмас (5—10)% n_n , чунки $I_{rn} r_n$ 10% U_n дан ошмайди. Тезлиكنинг бундай характеристикаси қаттиқ характеристика дейилади.

$I_y = \text{const}$ бўлганда магнит оқими жуда ҳам кам камаяди, шунинг учун ҳам $\Phi \approx \text{const}$ дейиш мумкин. Бунда электр двигателининг

$$M = C_m I \Phi \approx (C_m \Phi) I \quad (8-19)$$

айлантириш моменти I токка пропорционал бўлади. Шу сабабли 8-32-расмдаги абсциссалар ўқи бўйлаб масштабни ўзгартириб, электр двигателининг механик характеристикаси, яъни $U = \text{const}$ ва $I_y = \text{const}$ бўлгандаги

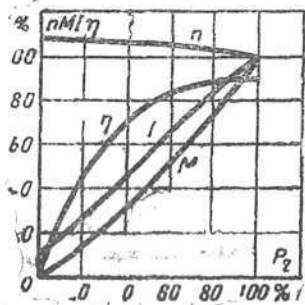
$$n = f(M)$$

боғланиш ҳосил қилинади.

Электр двигателининг барча каталоглари ва тавсифларида бериладиган ишчи характеристикалар двигателларни ишлатишда алоҳида аҳамиятга эга ва улар $U = \text{const}$ ва $I_y = \text{const}$ бўлгандаги

$$n, M, I, \eta = f(P_2)$$

боғланишни ифодалайди, бу ерда η — машинанинг фойдали иш коэффициенти, P_2 — валдаги фойдали қувват (8-33-расм).



8-33-расм. Параллель уйғотишли двигателнинг ишчи характеристикалари.

Электр двигателнинг валида эришиладиган (фойдали) қувват:

$$P_2 = \frac{M \cdot 2\pi n}{60},$$

айлантирувчи момент эса

$$M = \frac{P_2 \cdot 60}{2 \pi n}. \quad (8.20)$$

$M = f(P_2)$ боғланиш айланиш тезлиги ўзгармас бўлганида координаталар бошидан ўтувчи ($M \propto P_2$) тўғри чизиқ бўлар эди. Бироқ, P_2 ортиши билан тезлик бирмунча камаяди ва момент тўғри чизиққа нисбатан тезроқ ортади. I ток ҳам валдаги P_2 қувватга деярли пропорционал, чунки ўзгармас кучланишда у истеъмол қуввати $P_1 = UI$ га пропорционал, электр двигателдаги ($P_1 - P_2$) исроф кам. Салт ишлашда $P_2 = 0$, I_c ток нолга тенг эмас ва эгри чизиқ координаталар бошидан ўтмайди.

Параллел уйғотишли электр двигатель ростланувчи электр двигателларининг энг яхшисидир. У айланиш тезлигини бир текис ва тежамли ростлашга имкон беради. Ростлаш кўп ҳолларда уйғотиш токини ўзгартириш билан амалга оширилади. Бунинг сабаби қуйидагича: электр двигателнинг $M = C_m I \Phi$ айлантурувчи моменти Φ оқим ўзгармас бўлганда I токка пропорционал бўлади. Ўз навбатида ток

$$I = \frac{U - E}{r_a}$$

нисбат билан, яъни (6—10)% U_n дан ортмайдиган $U - E$ айирма билан аниқланади. $U_n = 100\%$, $E = 95\% U_n$ ва $(U - E) = 5\% U_n$ деб фараз қилайлик. Агар уйғотиш токини тахминан 5% га камайтирилса, магнит оқими ва э. ю. к. ҳам 5% га камаяди. У ҳолда $U - E$ айирма деярли 10% I_n катталikkaча ортади, ток эса деярли 2 марта ортади. Бундан электр двигатель айлантурувчи моментининг ортиши ва тезликнинг катталаниши маълум. $I_y \approx (1 - 7)\% I_n$ ва ростлашда энергия исрофи $I_y^2 r_y$ кам бўлгани учун бу усул жуда ҳам тежамлидир.

Якорга кетма-кет қўшимча қаршилиқ улаш билан ҳам айланиш тезлигини ростлаш мумкин. Бироқ, бу усул деярли тежамли эмас ва кам қўлланилади. Махсус қурилмаларда (8-24-§) тезлик ҳам уйғотиш токини, ҳам якорь тутқичларидаги кучланишни ўзгартириш билан ростланади.

Параллел уйғотишли электр двигателлари нагрузкалар турлича бўлганда амалда ўзгармас тезлик талаб этилган жойларда ёки тезликни 1:1,5 нисбатда, махсус ясалган двигателларда ҳатто 1:8 нисбатда ростлаш талаб этилган жойларда ишлатилади.

Кетма-кет уйғотишли электр двигателни улаш схемаси 8-34-расмда берилган. Двигателни улаш учун юргизиб юбориш реостати керак, чунки якорь чулғами ва уйғотиш чулғамларининг йиғинди қаршилиги жуда ҳам кам. Электр двигателларни юргизиб юбориш ҳақида юқорида баён қилинган барча фикрлар бу хилдаги электр двигателларга ҳам тегишли. Иш вақтида электр двигатель сарф қиладиган ток

$$I = I_{\text{я}} = I_{\text{у}} = \frac{U - E}{r_{\text{я}} + r_{\text{у}}}. \quad (8-21)$$

Кичик (25—50 % $I_{\text{н}}$) токларда машинанинг оқими токка пропорционал ($\Phi \approx I$) ва

$$M = C_{\text{м}} I \Phi = c I I = c I^2, \quad (8-22)$$

яъни момент ток квадратига пропорционал. Номинал токка яқин ёки ундан кўп токларда момент, худди параллел уйғотишли электр двигателядаги сингари, токнинг биринчи даражасига пропорционал бўлади.

Электр двигателнинг тезлиги

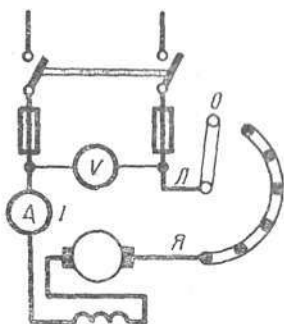
$$n = \frac{1}{C_E} \frac{U - I(r_{\text{я}} + r_{\text{у}})}{\Phi} \quad (8-23)$$

нагрузка ортиши ва Φ магнит оқими ҳамда кучланиш тушиши $I(r_{\text{я}} + r_{\text{у}})$ нинг ортиши туфайли кескин пасаяди. Бундай характеристика юмшоқ характеристика дейилади. Шунинг учун электр двигатели нагрузка ортганида тезликни анчагина камайтириш мумкин бўлган жойларда, шунингдек, юргизиб юбориш вақтида электр двигатель катта айланттирувчи момент ҳосил қилиши керак бўлган жойлардаги қурилмаларда ишлатилади. Подъёмниклар, кранлар, айникса электр транспорти ана шундай қурилмалар жумласидандир.

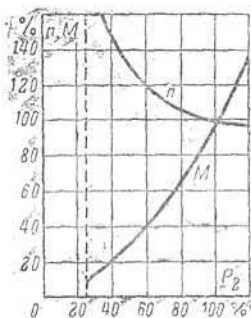
Айланиш тезлиги ва моментнинг балдаги фойдали қувватга боғлиқлиги юқорида айтилган ва 8-35-расмда кўрсатилган.

(25—30) % $P_{2\text{н}}$ нагрузкаларда электр двигатель йўл қўйиб бўлмайдиган даражада катта тезлик билан айланади, чунки бунда унинг магнит оқими жуда камайиб кетади. Марказдан қочирма кучлар натижасида якорнинг механик шикастланиш хавфи туфайли двигателни бундай режимда ишлатиб бўлмайди.

Бундай электр двигателларнинг тезлигини ростлаш фақат кўп двигателли приводлар (электрлаштирилган йўллар) дагина тежамлидир, бунга махсус схемалар ишлатиш билан эришилади.



8-34- расм. Кетма-кет уйғотишли электр двигатель.



8-35- расм. Кетма-кет уйғотишли электр двигателнинг тезлик ва айланттирувчи momenti характеристикалари.

Аралаш уйғотишли электр двигатели параллел ва кетма-кет уйғотишли электр двигателлари хоссаларига эга бўлиши кераклиги равшан (8-36- расм). Иккала уйғотиш чулғамлари мос қилиб, яъни уларнинг магнитловчи кучлари, демак, Φ_m ва Φ_c оқимлари ҳам қўшиладиган қилиб уланади.

У ҳолда

$$n = \frac{1}{C_E} \frac{U - I_a(r_a + r_c)}{\Phi_m + \Phi_c} \quad (8-24)$$

ва

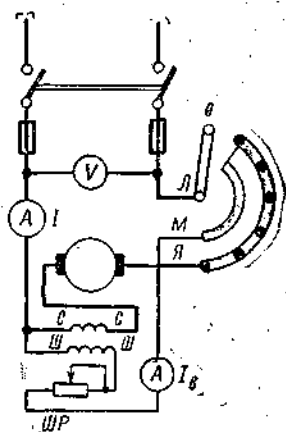
$$M = C_m I_a (\Phi_m + \Phi_c). \quad (8-25)$$

Аралаш уйғотишли электр двигателлари икки ҳолда ишлатилади.

Биринчи ҳоли, электр двигателнинг тезлик характеристикаси юмшоқ бўлиши, бироқ кетма-кет уйғотишли электр двигателларникидан қаттиқроқ бўлиши керак бўлганда. Бу маховиклардан фойдаланиладиган электр юритмалар (қайчилар, пресслар ва ҳоказолар) дир. Айланувчи маховикнинг энергиясидан фақат айланиш тезлиги ўзгарадиган ҳоллардагина фойдаланиш мумкин эканлиги равшан. Нагрузка (туртки билан) тез ортиганида юмшоқ характеристикали электр двигатели тезликни камайтиришга интилади, маховик эса инерция бўйича бу тезликни сақлаб туришга интилади ва у ғамлаб олган кинетик энергия механизмининг ишига айланади. Маховик билан электр двигателнинг бундай биргаликда ишлаши электр двигателни кичик қувватли қилиб танлашга имкон беради.

Иккинчи ҳолда электр двигатели параллел уйғотишли машина бўлгани ҳолда унинг тезлик характеристикаси қаттиқ бўлади. Якорь ва қутблари орасидаги ҳаво оралиғи кичик ва якорь айланаси бирлигига тўғри келган ток миқдори катта бўлган ўзгармас ток электр двигателлари мавжуд. Бундай электр двигателларда якорь реакциясининг айланиш тезлигига таъсири кучланиш тушишининг таъсирига қараганда кўпроқ бўлади (8-18 формулага қаранг) ва нагрузка ортиши билан тезлик камаймайди, балки ортади (8-32- расмдаги 2 эгри чизик), бунга эса йўл қўйиш мумкин эмас. Агар қўшимча (стабиллаштирувчи) кетма-кет чулғам қўйилса, электр двигателнинг ишлаши барқарор бўлади.

Мустақил уйғотишли ўзгармас ток электр двигателлари махсус вазифаларга мўлжалланган двигателлардир. Улар тўғрисида 12-бобда гапирилган.



8-36- расм. Аралаш уйғотишли двигателни улаш схемаси.

Ҳар бир электр машина ишлаганида энергия исроф бўлади: бундай исрофлар пўлатда, ишқаланишда, чулғамлар симларида ва қўшимча симларда содир бўлади.

Пўлатдаги исрофлар P_n ёки магнит исрофлар якорь жисми ва қутб учларининг қайта магнитланишидан, гистерезис ва уюрма тоқлардан вужудга келади. Исрофлар қуввати қайта магнитланиш частотаси $f = p\omega/60$ ва магнит индукциясининг максимал қиймати B_m га боғлиқ.

Механик исрофлар $P_{мех.}$ ёки ишқаланишда бўладиган исрофлар подшипникларининг ишқаланиши, айланувчи қисмларнинг ҳавога ва чўткаларининг коллекторга ишқаланиши туфайли содир бўлади. Механик исрофлар қуввати машинанинг айланиш тезлиги n га пропорционал бўлади, $P_n + P_{мех.}$ айланиш тезлиги ўзгармас ва I_y уйғотиш токи ўзгармас бўлганда доимий бўлади ва машинанинг нагрузкасига боғлиқ бўлмайди. Бу исрофлар салт ишлаш исрофлари P_c дейилади.

Электрик исрофлар ток якорь чулғами ва чўткалар билан коллектор орасидаги ўтиш контактидан ўтганида, шунингдек, барча уйғотиш чулғамларида ва қўшимча қутбларда юзага келади:

$$P_{\Sigma} = I_a^2 r_a + P_q + I_a^2 r_{қўш.} + I_a^2 r_c + UI_y.$$

Чўтка контактидаги исрофлар $P_q = \Delta U_q I_a$ кучланишнинг ΔU_q тушиши билан белгиланади ва кўмир чўткалар, графит ва электрланган графит чўткалар учун 2 в, металл кўмир чўткалар учун эса 0,6 в қабул қилинган.

Якорь чулғами ва пўлатдаги қўшимча исрофлар $P_{қўш.}$ магнит майдонининг якорь реакцияси туфайли ва секциялар атрофида ҳосил бўлиб, коммутацияланувчи майдонлар туфайли магнит майдонининг бузилишидан вужудга келади. Бу исрофлар 0,01 дан 0,005 $U_n I_n$ гача бўлади ва I_a^2 га пропорционал деб ҳисобланади.

Маълумки, машинанинг фойдали қуввати P_2 нинг машинанинг тўла қуввати P_1 га нисбати фойдали иш коэффициентини деб аталади. У ҳолда генератор учун фойдали иш коэффициентини:

$$\eta_g = \frac{P_2}{P_1} = \frac{UI}{UI + (P_n + P_{мех.} + P_{\Sigma} + P_{қўш.})} 100\%. \quad (8-26)$$

Электр двигатели учун эса:

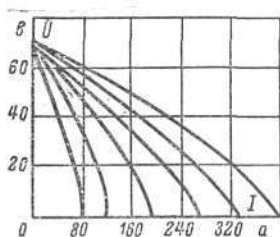
$$\eta_{до} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{UI - (P_n + P_{мех.} + P_{\Sigma} + P_{қўш.})}{UI} 100\%. \quad (8-27)$$

Фойдали иш коэффициентининг нагрузкага боғлиқ равишда ўзгариши 8-33-расмда кўрсатилган. Кичик нагрузкаларда фойдали иш коэффициентини кичик, чунки P_2 фойдали қувват кичик, салт ишлаш исрофи P_c эса P_2 га нисбатан катта. Салт ишлаш исрофи доимий,

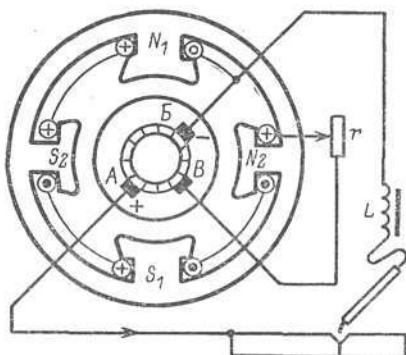
шу сабабли фойдали қувват ортганда фойдали иш коэффициенти ҳам тез ортади. Сўнгра P_e электрик исрофлар ток квадратиға пропорционал равишда ортади, чунки фойдали иш коэффициентининг катталашини секинлашади ва унинг катталиги бирор максимумга етиб, камая бошлайди. Фойдали иш коэффициентининг катталашини секинлашади ва унинг катталиги бирор максимумга етиб, камая бошлайди. Фойдали иш коэффициентининг энг катта қиймати одатда (75—100)% P_n да бўлади ва 70—93% га тенг бўлади. Бунда катта рақамлар катта қувватли машиналарга тегишлидир.

8-21. ЭЛЕКТР ПАЙВАНДЛАШ ГЕНЕРАТОРЛАРИ

Электр ёйи билан пайвандлашда электрод ва пайванд қилинадиган деталь орасидаги кучланиш кескин ўзгаради. Электрод деталга текканда қисқа туташув бўлади ва кучланиш нолга тенг бўлади. Электр ёйи пайдо бўлганидан сўнг электрод деталдан қанча узоқ турса, кучланиш шунча катта бўлади. Бироқ пайвандлаш сифатли бўлиши учун ток катталигини иложи борида доимий сақлаб туриш керак. Бу ҳолда генераторнинг ташқи характеристикаси 8-37- расмда кўрсатилган



8-37- расм. Электр ёйи билан пайвандлаш генераторининг ташқи характеристикалари.



8-38- расм. Электр ёйи билан пайвандлаш генератори.

кўринишда, яъни кескин пасаювчи бўлиши лозим. Характеристикаси кескин пасаювчи бўлган машинада кучланишнинг каттагина ўзгаришларида ҳам ток жуда кам ўзгаради.

Бундай характеристикали генератор 8-38- расмда кўрсатилган. Унинг N_1N_2 ва S_1S_2 қутблари худди парчаланганга ўхшайди. Қутбларнинг кетма-кет уланган уйғотиш чулғамлари B ва B чўткаларга уланган. N_1S_1 қутблар заиф тўйинтирилган, N_2S_2 қутблар эса ўзаклар қесимини камайтириш йўли билан кучли тўйинтирилган.

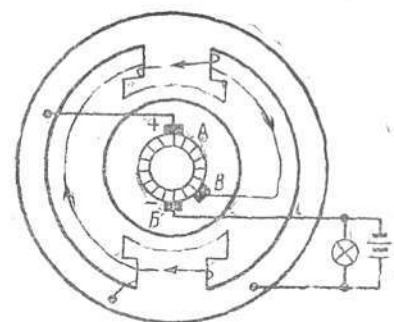
Пайвандлашда A ва B асосий чўткалардан I_a ток олинаётганда, якори реакцияси N_1S_1 қутбларни кучли магнитсизлайди ва N_2S_2

қутблар оқимиға деярли таъсир қилмайди. *А*, *Б* чўткалар орасида кучланиш кескин пасаяди, *Б*, *В* чўткалар орасида эса амалда ўзгармайди, шу сабабли уйғотиш токи ўзгаришсиз қолади. Пайвандлаш токининг энг катта қийматига *r* реостат ёрдамида эришилади. Электрод ва деталь орасидаги масофа ўзгариши туфайли бўладиган ток пульсацияларини *L* дроссель ёрдамида текисланади.

8-22. УЧ ЧЎТКАЛИ ГЕНЕРАТОР

Уч чўткали генератор автомашиналарда ток манбаи сифатида ишлатилади (8-39- расм). Унинг асосий *А* ва *Б* чўткалари ҳамма вақт ўзаро параллел уланган аккумулятор ва ёруғлик манбаларидан иборат занжирга уланган бўлади. Аккумуляторсиз генератор ишлай олмайди.

Автомашиналарда генераторнинг айланиш тезлиги кенг чегараларда (6:1) ўзгаради, унинг кучланиши ҳар қандай тезликда ҳам



8-39- расм. Автомашиналар генераторининг схемаси.

майтиради. Шу сабабли амалда *А* ва *Б* чўткалар орасидаги кучланиш доимий қолади.

Агар айланиш тезлиги жуда кам бўлиб, генераторнинг э. ю. к. аккумулятор кучланишидан кичик бўлса, генератор махсус реле ёрдамида ажратиб қўйилади. Шундай қилиб, ёруғлик манбалари, статор, сигнал аккумулятордан энергия олади, маълум тезликда эса параллел ишлаётган аккумулятор билан генератордан энергия олади. Параллел ишлаганида агар генераторнинг э. ю. к. аккумулятор кучланишидан катта бўлиб қолса, у аккумулятор батареясини зарядлаб туради.

Баъзан автомашиналарда одатдаги генераторлар ишлатилади, кучланиш эса махсус вибрацион типдаги реллагишлар ёрдамида бир хилда сақлаб турилади.

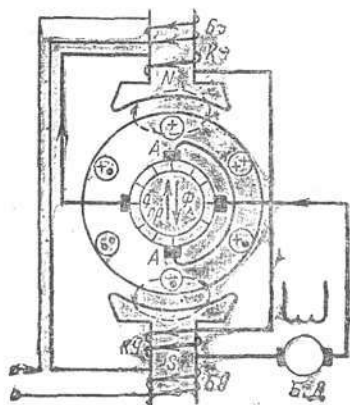
Саноатнинг қатор соҳаларида катта қувватларни датчиклар юборадиган (7-8- §) жуда кичик сигналлар ёрдамида бошқаришга тўғри келади. Бу сигналлар кучайтиргич ёрдамида кучайтирилиши керак. Улардан бири 8-40- расмда кўрсатилган, электр машина кучайтиргичидир.

Бу одатдаги якорли ўзгармас ток машинаси бўлиб, унинг якори ўзгармас ток двигатели ёки асинхрон двигатель ёрдамида айлантиради. Қутбларнинг чулғамлари 10-6 ва 10-7- расмда кўрсатилганидек станина ариқчаларида жойлашади ва бу ерда улар бошқариш чулғамлари деб аталади. Соддалаштириш мақсадида 8-40- расмда қутблар ўзгармас ток машинасидаги сингари чиқиқли қилиб, бир бошқариш чулғами билан кўрсатилган. Датчикдан келган бошқариш токи $I_6 N$ қутбдан S қутбга йўналган бўйлама магнит оқими ҳосил қилади. Якорь айланганида унинг 8-40- расмда тўғарақчалар билан кўрсатилган симларида E_1 э. ю. к. ҳосил бўлади. A, A чўткалар қисқатуташган ва шунинг учун якорь чулғамларидан каттагина I_1 ток ўтади, бу токнинг якорь сиртига яқинроқ бўлган симлардаги йўналиши кўрсатилган. Агар бошқариш чулғамига берилган қувват $U_y I_y$ га тенг бўлса, якорь чулғамидаги $E_1 I_1$ қувват ундан кўп марта катта бўлади. Албатта, бундай «кучайиш» якорни айлантирувчи бирламчи электр двигатели қуввати ҳисобига бўлади.

I_1 ток якорнинг кўндаланг магнит майдонини ҳосил қилади (8-8- §), бу майдон фазода қўзғалмас бўлиб, машинанинг ишчи майдони бўлади. Якорь чулғами шу майдонда айланади ва унда иккинчи E_2 э. ю. к. ва ток ҳосил бўлади, бу ток 8-40- расмда якорь марказига яқин симларда кўрсатилган. Кўндаланг оқим катта бўлганидан сигнал бажарувчи двигател БД (электр двигатели) га юборилаётган $E_2 I_2$ қувват $E_1 I_1$ қувватдан анча катта. Сигналнинг умумий қучланиши

$$k = \frac{E_2 I_2}{U_6 I_6}$$

10 000 гача бўлиши мумкин. Шундай қилиб, сигналнинг 1 *вт* қуввати 10 *квт* гача кучайтирилиши мумкин. Ҳозирги замон ЭМҚлари киловаттнинг ўндан бир улушидан бир неча ўнлаб киловаттга мўлжаллаб тайёрланади. Электр машина кучайтиргичининг ажойиб хос-саси унинг инерцияси камлиги, яъни сигналга тез жавоб беришидир.

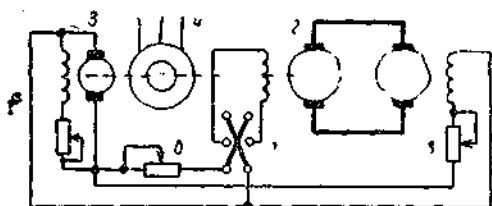


8-40- расм. Электр машина кучайтиргичи.

ЭМК қутбларида (8-40-расм) ишчи занжир билан кетма-кет уланадиган яна бир чулғам бор. Бу чулғам компенсация чулғами (КЧ) дейилади ва у бўлмаса кучайтиргич ишлай олмайди. Бу чулғамнинг магнитловчи кучи I_2 ток ҳосил қилган магнитловчи кучга қарама-қарши йўналган ва уни автоматик равишда компенсациялайди. Акс ҳолда якорнинг I_2 токи ҳосил қилган ва қутблар оқимиға қарама-қарши йўналган бўйлама оқим машинани магнитсизлаб қўйган бўлар эди.

8-24. ГЕНЕРАТОР — ЭЛЕКТР ДВИГАТЕЛИ (Г — ЭД) СХЕМАСИ

8-41-расмда кўрсатилган генератор-электродвигатель схемаси станокни ҳаракатлантираётган электр двигателининг айланиш тезлигини тежамли, текис ва кенг чегараларда ўзгартириш имконини беради.

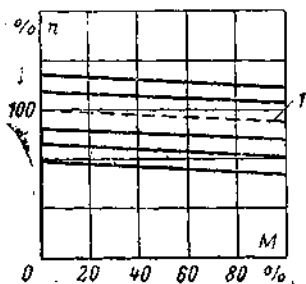


8-41- расм. Генератор-электр двигатели схемаси.

Электр двигатели 1 нинг ўзи юргизиб юбориш реостатсиз шу двигателни энергия билан таъминловчи генераторга уланади. Генератор ва электр двигателнинг уйғотгич деб аталадиган махсус 3 генератор 3 дан бериладиган мустақил уйғотишга эга. Агрегат генератор 2 ва уйғотгич 3 ни асинхрон электр двигатель 4 айлантиради.

Уйғотиш токини реостат 5 билан ростлаш ва генератор 2 нинг уйғотиш токини, бинобарин, генераторнинг кучланишини реостат 6 билан ўзгартириб, электр двигатели 1 нинг айланиш тезлигини ўзгартириш мумкин. Генератор 2 нинг уйғотиш токи йўналишини ўзгартириб, переключатель 7 ёрдамида генератор чўткаларининг қутблигини, бинобарин, электр двигатель 1 нинг айланиш йўналишини ҳам ўзгартириш мумкин.

Бу схема шахта установкаларида, кемаларнинг сузиш виетларининг юритмаларида, металлургия заводларида ва металл қирқиш станоклари юритмаларида кенг қўлланилади. 8-42- расмда Г — ЭД агрегатининг 8-32- расмда келтирилганда.



8-42- расм. Генератор-электр двигатели схемасининг механик характеристикалари

гига ўхшаш механик характеристикалари кўрсатилган. I эгри чизиқ соф назарий характеристикадир. U двигателнинг r_a қаршилиги нолга тенг бўлганида ҳосил бўлар эди. Ундан пастда тезликни генератор кучланишини ўзгартиш билан ростлагандаги, юқорида эса двигателнинг уйғотиш токини ўзгартириш билан ростлагандаги характеристикалари жойлашган.

Бу характеристикалар деярли бир-бирига параллел бўлган тўғри чизиқлардир ва улар ростлашда ўз қаттиқлигини сақлайдилар, бу эса металл қирқувчи станоклар учун жуда муҳимдир. Ростлаш диапазони тахминан 1:20, ЭМК қўлланилганда эса 1:100 ва ундан ҳам ортиқ.

8-25. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ ПАРАЛЛЕЛ УЙЎТИШЛИ ЭЛЕКТР ДВИГАТЕЛИ

Ишни бажаришдан олдин 8-16 ва 8-17-параграфларнинг мазмуни билан таънинг.

Иш плани

1. Сипалаётган электр двигателнинг асосий техник маълумотларини ёзиб олинг. Бу маълумотлар асосида керакли ўлчаш аппаратлари ва ёрдамчи аппаратларни танланг ҳамда бу аппаратларнинг техник маълумотларини ёзиб олинг.

2. 8-31-расмда кўрсатилган схемани йиғинг ва уни раҳбариянгизга кўрсатинг.

3. Электр двигателни юргизиб юборинг. Унинг айланиш йўналишини аниқланг. Электр двигателни тўхтатинг.

4. а) уйғотиш чулғамдаги ток йўналишини ўзгартириш билан;

б) якорь чулғамдаги ток йўналишини ўзгартириш билан электр двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартиринг.

5. Электр двигателни юргизиб юборинг. Номинал кучланиш ва номинал уйғотиш токида тормоз лентасининг тарагглигини ўзгартириш билан электр двигатели нагрукасини нолдан номинал қийматгача ўзгартиринг (8-43-расм).

Турли нагрукаларда U , I , I_y , n ва F ни белгилаб олинг. Бунда F миқдор— l елканнинг учига қўйилган ва ab рычагини горизонтал вазиятда тутиб турувчи куч.

6. Олинган маълумотларга кўра қуйидагиларни аниқланг:

а) электр двигателнинг айлантирувчи моменти

$$M = Fl \text{ (кг} \cdot \text{м)},$$

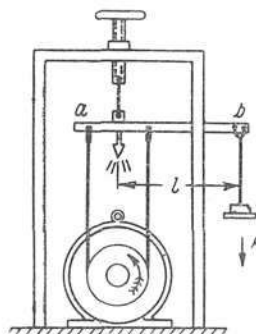
бунда F — килограмм-кучларда, l — метрларда;

б) электр двигателни вужудга келтирган қувват:

$$P_2 = \frac{M2\pi n}{60} = F \frac{2\pi nl}{60} \text{ (кг} \cdot \text{м/сек)};$$

P_2 ни ваттларда ифодаласак:

$$P_2 = \frac{M2\pi n}{60 \cdot 0,102} = 1,03 Mn;$$



8-43- расм. Электр двигателни тормозлаш қурилмасининг схемаси.

в) электр двигателининг фойдали иш коэффициенти

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{10,3 \text{ Мн}}{IU} \cdot 100\%.$$

Агар F — куч ньютонларда ифодаланса, $M = Fl$ (н. м) бўлади, қувват эса:

$$P_2 = \frac{M \cdot 2\pi \cdot n}{60} = F \frac{2\pi nl}{60} \text{ (вт)}.$$

Кузатиш ва ҳисоблаш натижаларини 8-1- жадвалга ёзинг.

8-1- ж а д в а л

Кузатишлар номери	Кузатишлардан						Ҳисоблашлардан				Эслатма
	U	I	I_y	n	F	l	M	$P_1 = UI$	P_2	η	
	в	а	а	айл/мин	кг	м	кГм	вт	вт	%	

7. Кузатишлардан ва ҳисоблашлардан олинган маълумотларга кўра электр двигателининг иш характеристикаларини, яъни $U = \text{const}$ ва $I_y = \text{const}$ бўлганда n ; I ; M ; $\eta = f(P_2)$ ларни ясанг.

8. Номинал кучланишда электр двигатели нагрузкасини холдан номинал қийматгача ўзгартиринг, буида уйғотиш токини шундай ростлаб турунгики, электр двигателининг айланиш тезлиги ўзгаринсиз қолсин.

Олинган маълумотларга кўра электр двигателининг ростлаш характери-
каснини, яъни $U = \text{const}$ ва $n = \text{const}$ бўлганда $I_y = f(I)$ ни ясанг.

8-26. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ. ПАРАЛЛЕЛ УЙҒОТИШЛИ ГЕНЕРАТОР

Ишни бажаришдан олдин 8-10, 8-11 ва 8-12- параграфларининг мазмунини би-
лан таенишинг.

Иш плани

1. Синалаётган генератор ва генераторни айлантиришга мўлжалланган электр двигателининг асосий техник маълумотларини ёзиб олинг. Бу маълумотларга кўра керакли ўлчаш аппаратлари ва ёрдамчи аппаратларни танлаб ҳамда бу аппаратларнинг техник маълумотларини ёзиб олинг.

2. Электр двигатели (8-31- расм) ва генератор (8-25- расм) схемаларини йиғинг ва уларни раҳберингизга кўрсатинг.

3. Генераторнинг номинал айланиш тезлиги n_n да уйғотиш токи $I_y = 0$ дан $I_y = I_{y.n.}$ гача ўзгарганда электр-юритувчи куч катталигини аниқланг. Аниқланган қийматларни 8-2- жадвалга ёзинг.

8-2- ж а д в а л

Кузатишлар номери	E	I_y	n	Эслатма
	в	а	айл/мин	

Олинган маълумотларга кўра салт юриш характеристикасини, яъни $n = \text{const}$ ва $I = 0$ бўлганда $E = f(I_y)$ ни ясанг.

4. Худди шу улаиш схемасининг ўзидан фойдаланиб, номинал айланиш тезлигини, генераторнинг номинал токини ва номинал кучланишини аниқланг. Сўнгра генераторнинг уйғотиш токи ва унинг айланиш тезлигини ўзгаришсиз сақланган ҳолда, генератор токини $I = I_n$ дан $I = 0$ гача камайтиринг, турли нагрузкаларда I , U , I_y ва n катталиклари 8-3- жадвалга ёзиб бориш.

8-3- ж а д в а л

Қузатишлар номери	U	I	I_y	n	Эслатма
	a	a	a	айл/мин	

5. Уйғотиш занжири қаршичилигини ва генераторнинг айланиш тезлигини ўзгаришсиз қолдириб, тажрибани такрорланг.

6. Олинган маълумотларга кўра генераторнинг ташқи характеристикасини, яъни:

а) $n = \text{const}$ ва $I_y = \text{const}$ бўлганда $U = f(I)$;

б) $n = \text{const}$ ва $r_y = \text{const}$ бўлганда $U = f(I)$ ни ясанг.

Кучланишнинг ўзгаришини процент ҳисобида аниқланг (8-11) формула.

7. Худди шу улаиш схемасидан фойдаланиб, генераторнинг номинал айланиш тезлигида уйғотиш токи катталигини генератор токининг турли ($I = 0$ дан $I = I_n$ гача) қийматларида генератор қисмичларидаги кучланиш ўзгаришсиз қоладиган қилиб ўзгартиринг.

8-3- жадвалга U , I , I_y , n катталиклари ёзиб олинг.

Олинган маълумотларга кўра, генераторни ростлаш характеристикасини, яъни $U = \text{const}$ ва $n = \text{const}$ бўлганда $I_y = f(I)$ ни ясанг.

Тўққизинчи б о б

ТРАНСФОРМАТОРЛАР

9-1. ТРАНСФОРМАТОРЛАРНИНГ ВАЗИФАСИ

Электр станциялардаги генераторлар ишлаб чиқарган электр энергия кўп ҳолларда станциялардан узоқ масофалардаги истеъмолчиларга узатилади (19-1-§ га қараиш). Электр узатишнинг таннариhini арзонлаштириш ва унда энергия исрофини камайтириш учун электр узатишда кучланишини юзлаб киловольтгача кўтаришга тўғри келади. Энергияни истеъмолчилар орасида тақсимлашда эса кучланишнинг ўнларча ёки юзларча вольтга пасайтириш зарур. Буларнинг ҳаммаси кучланишнинг кўп мартабалаб ўзгартириш (трансформациялаш) заруратини туғдиради. Кучланиш трансформаторларда ўзгартирилади.



П.Н. Яблочков (1847 — 1894).

Бирор кучланишли ўзгарувчан токнинг частотасини ўзгартирмаган ҳолда бошқа кучланишли ўзгарувчан токка айлантириш учун ишлатиладиган статик аппарат трансформатор дейилади; трансформаторда ўзгарувчан магнит майдони билан боғлиқ бўлган ва ўзгарувчан токни трансформациялашга хизмат қилувчи иккита (баъзида кўпроқ) чулғам бўлади.

Станциядан истеъмолчигача кучланиш кўп марта трансформацияланади, шунинг учун станцияда ўрнатилган генераторнинг 1 квт қувватига трансформаторларнинг 4—5 квт ҳақиқий қуввати тўғри келади. Электр энер-

гиянинг трансформаторларда бўладиган исрофлари йиғиндиси бутун энергосистемада бўладиган исрофларнинг анчагина қисмини ташкил қилади. Шунинг учун трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти анча катта бўлиши зарур. Ҳозирги замон катта қувватли трансформаторларда фойдали иш коэффициенти номинал қувватда 0,995 га етади.

Трансформаторни машҳур конструктор ва олим П. Н. Яблочков (1847—1894) ихтиро қилган.

9-2. БИР ФАЗАЛИ ТРАНСФОРМАТОРНИНГ ИШЛАШ ПРИНЦИПИ ВА ТУЗИЛИШИ

Трансформаторнинг ишлаши ўзаро индукция ҳодисасидан фойдаланишга асосланган. Трансформаторнинг одатда магнитли боғланган ва ўрамлари сони турлича бўлган иккита 2—2 ва 3—3 чулғамлари бўлиб (9-1-расм), бу чулғамлар магнитли боғланишни кучайтириш учун пўлатдан қилинган берк магнитопровод ўзаклар 1 га жойлаштирилган бўлади. Уюрма токлар туфайли бўладиган энергия исрофини камайтириш мақсадида ўзак қалинлиги 0,5—0,35 мм бўлган пўлат варақалардан, токлар юқори частотали бўлганда эса анча юпқароқ (0,2—0,1 мм) варақлардан йиғилади. Варақларни бири-биридан изоляция қилиш учун уларни йиғишдан аввал икки томонига лак суркалади. Трансформатор пўлатининг таркибида 4—5% кремний бўлади, шу туфайли гистерезис ва уюрма токлар туфайли бўладиган исроф жуда камаяди.

Ўзакнинг чулғамлар жойлашган қисмлари стерженлар деб, уларни туташтирувчи қисмлари эса бўйинтуруқ дейилади. Стержень ва бўйинтуруқ орасидаги фазога чулғамлар жойлаштирилади, бу қисм дарча дейилади.

Ўзақ варақлари «айқаш-уйқаш», яъни бир қатлам варақлари улоғини иккинчи қатлам варақлари босадиган қилиб йиғилади. 9-2-расмда варақларнинг икки қатлами кўрсатилган, трансформатор ўзагини йиғишда улар устма-уст қўйилади. Бундай йиғишда улоғларда ҳаво тирқиши энг кам бўлади.

Варақлар дастлаб изоляция қилинган болтлар билан кейин уларга тайёр ҳолдаги чулғамларни кийдириш мумкин бўладиган қилиб пакетларга тортилади (9-3-расм), чулғамларни ўрнатгандан кейин эса магнито-провод беркиладиган қилиб маҳкамлаб қўйилади. Бунда ҳосил бўладиган стер-женларнинг кесимлари 9-4-расмда кўрсатилган: кичик қувватли трансформаторлар учун квадрат шаклида, катта ва ўрта қувватли трансформаторлар учун доира-га яқин крест шаклида бўлади.

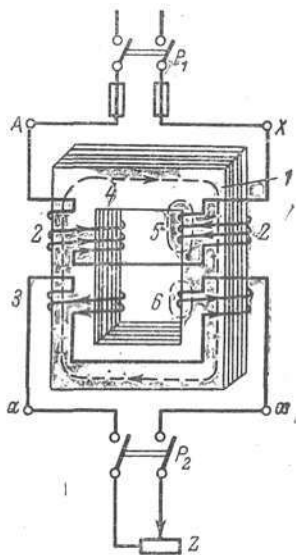
Трансформатор чулғамлари турли кон-струкциядаги ғалтаклардир. Икки хил чулғам — трансформаторнинг паст куч-ланишига мўлжалланган ва стерженга яқинроқ жойлаштириладиган паст куч-ланиш (ПК) чулғами ва юқори кучла-нишга мўлжалланган, (ПК) чулғам усти-га унинг билан концентрик қилиб жой-лаштириладиган юқори кучланиш (ЮК) чулғами бўлади.

9-1-расмда ПК ва ЮК чулғамлар расмини соддалаштириш мақсадида бир-бирига нисбатан сурилган ҳолда кўрса-тилган.

Бир фазали трансформаторларда (9-1-расм) ҳар бир чулғам тенг иккига бўли-нади ва иккала стерженга жойлаштири-лади. ПК чулғам ва ЮК чулғамнинг иккала учлари бу ярим чулғамлар электр юритувчи кучлари қўшиладиган қилиб уланади.

Трансформаторлар чулғамларининг боши ва охириги учлари ла-тин алфавитининг ҳарфлари билан белгиланади. Чулғамларнинг уч-лари A, B, C ва a, b, c билан охириги учлари эса X, Y, Z ва x, y, z билан белгиланади. Катта ҳарфлар билан юқори кучланиш чулғамлари, кичик ҳарфлар билан эса паст кучланиш чулғамлари белгиланади (9-1-расм).

Трансформаторнинг энергия оладиган чулғами бирламчи чул-ғам, энергияни истеъмолчига узатадиган чулғами иккиламчи чулғам дейилади. Энергия бирламчи чулғамдан иккиламчи чулғам-га чулғамларни боғловчи магнит оқими ёрдамида берилади. Икки-ламчи чулғамдаги кучланиш бирламчи чулғамдаги кучланишдан

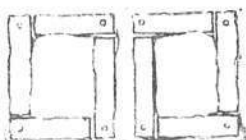


9-1- расм. Бир фазали транс-форматор

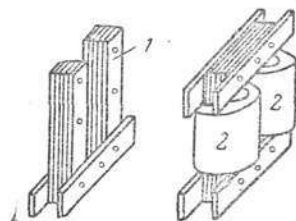
1 — магнито-провод; 2 — юқори кучланиш чулғами; 3 — паст куч-ланиш чулғами; 4 — фойдали оқим йўли; 5 — бирламчи чулғам сочилиш оқимларининг йўли; 6 — иккиламчи чулғам сочилиш оқимларининг йўли.

кичик бўлса, трансформатор пасайтирувчи трансформатор дейилади; иккиламчи чулғамдаги кучланиш бирламчи чулғамдаги кучланишдан катта бўлса, кучайтирувчи трансформатор дейилади.

Шундай қилиб, 9-1-расмда кўрсатилган трансформатор пасайтирувчидир. Бироқ, агар AX чулғамга энергия бу чулғам учун номинал кучланишда берилса, AX чулғамга эса истеъмолчи уланса, трансформатор кучайтирувчи бўлади.



9-2- расм. Бир фазали трансформатор пўлат варақларининг йиғишда жойлашиши.



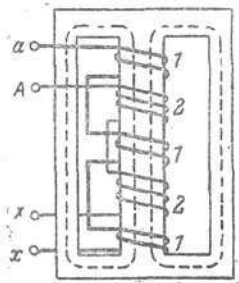
9-3- расм. Трансформатор ўзагини йиғиш:

1 — магнитопровод стержени; 2 — чулғамлар.



9-4- расм. Трансформаторлар ўзақларининг кесими.

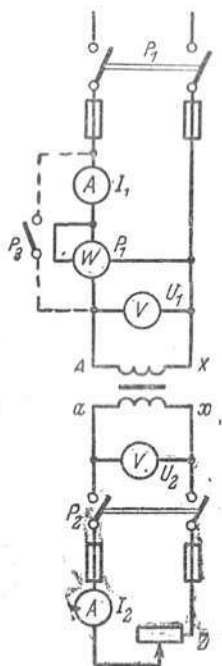
Юқорида кўрсатилган типдаги ўзакли трансформатор стерженли трансформатор деб аталади. Бироқ, брон типдаги трансформаторлар ҳам бор (9-5- расм), бу хил трансформаторларда магнитопровод тармоқланган бўлиб, чулғамлари гўё брондай қоплаб олади. Бундай трансформаторларнинг ЮҚ ва ПК чулғамлари аynи бир стерженнинг ўзида жойлаштириладиган ясси ғалтақлар шаклида тайёрланади. Брон типдаги трансформаторлар, масалан; радиотехника қурилмаларида ишлатилади.



9-5- расм. Бронли (зирҳли) трансформатор.

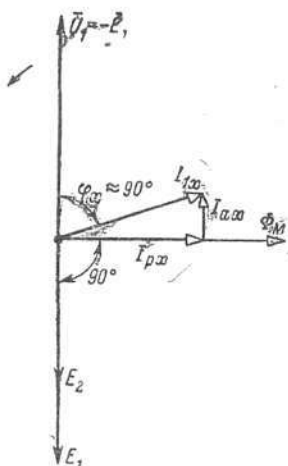
Трансформатор иккиламчи чулғамининг қуввати трансформаторнинг номинал қуввати дейилади. Трансформаторнинг номинал қуввати унинг шчитогида ёзиб қўйилади ва вольт-амперларда ёки киловольт — амперларда ифодаланади.

Трансформаторнинг бирламчи чулғами ток манбаига уланиб, иккиламчи чулғами уланмаган ва унда ток бўлмаган режими унинг салт ишлаши дейилади. 9-1 ва 9-6-расмда агар p_1 рубильник уланган ва p_2 рубильник узилган бўлса, трансформатор салт ишлаш режимида бўлади.



9-6-расм. Трансформаторни қўйиш схемаси.

АХ чулғамга келтирилган бирламчи U_1 кучланиш синусоидал ($u_1 = U_{1m} \sin \omega t$) ўзгаради ва унинг таъсирида салт ишлаш ўзгарувчан токи I_{1c} ўтади. Пўлат ўзак бўлмаганда эди, салт ишлаш токи реактив I_{px} бўлар эди (5-8-§ га қаранг) ва Φ оқим билан фаза бўйича устма-



9-7-расм. Трансформаторнинг салт ишлашдаги вектор диаграммаси.

уст тушиб, U_1 кучланишдан 90° орқада қолган бўлар эди, бу 9-7-расмдаги вектор диаграммада кўрсатилган. Амалда бирламчи чулғам занжиридаги ваттметр салт ишлашда ўзак пўлатидаги исроф қувватига тенг бирор P_c қувватни кўрсатади. Салт ишлашда чулғамни қиздиришга кетадиган қувват исрофи пўлатдаги исрофларга нисбатан жуда кам, шунинг учун ҳам уни ҳисобга олинмайди. Шундай қилиб, салт ишлаш токи $I_{1c} = \sqrt{I_{a.x}^2 + I_{p.x}^2}$, бу ерда $I_{a.x} \equiv P_x$ бирламчи чулғамдаги токнинг актив ташкил этувчиси.

Пўлатнинг сифати юқори бўлгани учун I_{ax} I_{px} дан анча кичик ва I_{1x} ток U_1 кучланишдан 90° га яқин бурчакка орқада қолади, $\cos \phi_c$ эса 0,1 га яқин бўлади. Салт ишлаш токи бирламчи чулғам номинал токининг 4—10%ини ташкил қилади.

I_{1x} ток билан бирламчи чулғам ўрамлари сони ω_1 нинг кўпайтмаси трансформаторнинг магнитловчи кучи $F_{1x} = I_{1x}\omega_1$ дейилади. Бу куч трансформаторнинг магнит оқимини ҳосил қилади, бу Φ_m оқимнинг кўп қисми пўлат бўйлаб туташади (9-1-расм). Бу оқим иккала чулғамни ўраб олган ва фойдали ёки ишчи оқим деб аталади. Бу оқим чулғамларда эффектив қийматлари (5-29 формулага асосан)

$$E_1 = 4,44f \omega_1 \Phi_m, \quad (9-1)$$

$$E_2 = 4,44f \omega_2 \Phi_m \quad (9-2)$$

бўлган электр юритувчи куч ҳосил қилади. Бу ерда Φ_m — оқимнинг максимал қиймати, ω_1 ва ω_2 чулғам ўрамлари сони. Иккала э.ю.к. E_1 ва E_2 ҳам оқимдан 90° бурчакка орқада қолади (5-8- § га қараи) ва фаза жиҳатидан устма-уст тушади (9-7- расм).

Оз сондаги магнит чизиклар 9-1- расмда кўрсатилганидек, ҳавода туташади. Бу чизиклар Φ_{1c} сочилиш оқимини ҳосил қилади ва у фақат бирламчи чулғам ўрамларини кесиб ўтади ва унда сочилиш э.ю.к. ҳосил қилади:

$$E_{1c} = 4,44f \omega_1 \Phi_{1c}. \quad (9-3)$$

(5-8- §) га асосан:

$$E_{1c} = I_{1x} \omega L = I_{1x} x_1, \quad (9-4)$$

бунда, x_1 бирламчи чулғам сочилишининг индуктив қаршилиги дейилади ва сочилиш оқимига боғлиқ бўлади. Пўлатнинг тўйинганлиги қанча катта ва магнитопровод қанча ёмон йиғилган бўлса, сочилиш ва x_1 ҳам кўп бўлади, демак, кучланишнинг бирламчи чулғамда тушиши ҳам шунча кўп бўлади. Одатда, трансформаторлар пўлатида индукция 1,0—1,45 ва 1,65 тл гача олинади. Кам қувватли трансформаторларда индукциянинг кичик қийматлари қабул қилинади.

Салт ишлашда бирламчи чулғамда кучланиш тушиши $I_{1c} \sqrt{r_1^2 + x_1^2}$ жуда кичик бўлади ва Қирхгофнинг иккинчи қонунига кўра кучланишнинг оний қиймати

$$u_1 = -e_1,$$

яъни бу катталиклар бир-бирига тенг ва фазаси бўйича 180° га силжиган бўлади.

$$u_1 = U_{1m} \sin \omega t$$

бўлгани учун,

$$e_1 = -U_{1m} \sin \omega t = U_{1m} (\sin \omega t + 180^\circ).$$

Бинобарин, эффектив қийматлар тенг

$$U_1 = E_1 = 4,44f \omega_1 \Phi_m$$

ва фазаси бўйича 180° силжиган бўлади (9-7- расмга қараи).

Салт ишлашда иккиламчи чулғамдаги ток I_2 , демак, кучланиш тушиши ҳам нолга тенг. Шунинг учун э.ю.к. ва кучланишнинг оний қийматлари тенг

$$u_2 = e_2$$

ва

$$U_2 = E_2 = 4,44f\omega_2\Phi_m.$$

Катта э.ю.к. нинг кичик э.ю.к. га нисбати

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4,44f\omega_1\Phi_m}{4,44f\omega_2\Phi_m} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (9-5)$$

трансформация коэффициентини дейилади.

Салт ишлашда

$$k = \frac{U_1}{U_2}. \quad (9-6)$$

$\frac{\omega_1}{\omega_2} > 1$ бўлганда трансформатор пасайтирувчи, $\frac{\omega_1}{\omega_2} < 1$ да эса кучайтирувчи бўлиб ишлайди.

Салт ишлашнинг вектор диаграммасида (9-7- расм) иккала э.ю.к. E_1 ва E_2 ҳам Φ_m оқимдан 90° га орқада қолади. Бирламчи чулғамда кучланиш тушиши нолга тенг деб олингани учун, $U_2 = E_2$ ва $U_1 = E_1$ бўлади.

9-4. НАГРУЗКАЛИ ТРАНСФОРМАТОРНИНГ ИШЛАШИ

Агар p_2 рубильник туташтирилса (9-1 ва 9-6- расм), у ҳолда E_2 э.ю.к. таъсирида иккиламчи чулғам ва истеъмолчи қаршилиги z орқали I_2 ток ўтади, бу токнинг катталиги Ом формуласидан аниқланади:

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{(r_2 + r_n)^2 + (x_2 + x_n)^2}},$$

бунда r_2 ва r_n иккиламчи чулғам ва истеъмолчининг актив қаршиликлари;

x_2 ва x_n чулғам ва истеъмолчининг реактив қаршиликлари.

Иккиламчи чулғамнинг (индуктив) реактив қаршилиги унинг сочилиш оқими Φ_{2c} нинг бўлишига боғлиқ.

Ленц қонунига кўра ҳосил қилинган E_2 э.ю.к. ҳамма вақт унинг ҳосил қилган токи I_2 трансформатор магнитопроводидаги магнит оқимининг ўзгаришига тўсқинлик қиладиган йўналишда бўлади. Бундан чулғамларнинг I_1 ва I_2 токлари 9-1- расмда кўрсатилганидек, амалда бир-бири билан учранадиган йўналишда ўтар экан деган хулоса чиқади. Бу ҳолда Φ_m оқим чулғамлар ҳосил қилган $F_1 = I_1\omega_1$ ва $F_2 = I_2\omega_2$ магнитловчи кучларнинг биргаликдаги таъсиридан ҳосил бўлади, яъни

$$\overline{F_1} + \overline{F_2} = \overline{F_x}, \quad (9-7)$$

бу 9-8- расмда кўрсатилган.

Қуйидаги сабабларга кўра F_x катталик трансформаторнинг барча нагрукчаларида ўзгармасдан доимийлигича қолади.

Трансформаторларда ҳатто $I_1 = I_{1н}$ бўлганда ҳам бирламчи чулғамда кучланиш тушиши $I_1 \sqrt{r_1^2 + x_1^2} U_{1н}$ нинг $(2-2,5)\%$ ини ташкил қилади. $U_1 = U_{1н}$ доимий бўлгани учун, $E = 4,44 f \omega_1 \Phi_m \approx U_{1н} = \text{const}$; демак, Φ_m оқим ва магнитловчи F_c куч ҳам амалда доимийдир.

I_2 ток кўпайганда F_2 нинг магнитсизлаш таъсири ҳам ортади, бинобарин, бирламчи чулғамнинг токи автоматик равишда магнитловчи F_2 кучининг миқдори қанчага ортса F_1 магнитловчи кучнинг миқдори ҳам шунчага ортади, яъни

$$\bar{F}_1 = \bar{F}_{1x} + (-\bar{F}_2).$$

9-8-расмдаги диаграммадан кўришиб турбдики, I_2 ток ортганида I_1 ток ортади ва φ_1 бурчак камайиб, трансформаторнинг қувват коэффициентини $\cos \varphi_c$ қийматдан $\cos \varphi_1$ гача ортади.

Агар магнитловчи F_c куч катталиги ҳисобга олинмаса (ҳисобга олмаслик мумкин), у ҳолда

$$F_1 = F_2 \text{ ёки } I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2,$$

9-8- расм. Магнитловчи кучларнинг вектор диаграммаси.

бундан

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{1}{k}. \quad (9-8)$$

Энергия истеъмолчиси учун одатда трансформатор кучланишининг процент ўзгариши

$$\Delta U \% = \frac{U_{2c} - U_2}{U_{2x}} \cdot 100 \%, \quad (9-9)$$

яъни трансформатор салт ишлашдан номинал нагруккага ўтганда кучланишнинг иккиламчи тутқишлардаги ўзгариши аҳамиятлидир. Бунда $U_{2x} = U_{2н}$ — иккиламчи номинал кучланиш.

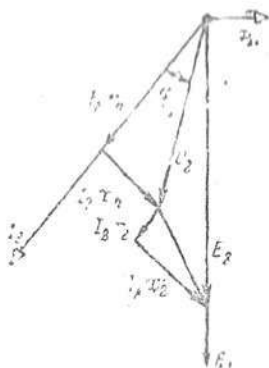
Бу катталик фақат I_2 гагина эмас, балки $\cos \varphi_2$ га ҳам боғлиқ. Ҳозирги замон трансформаторларида иқтисодий ва техник сабабларга кўра $I_2 = I_{2н}$ ва $\cos \varphi_2 = 1$ бўлганда $\Delta U \%$ ни $2-3\%$ га яқин қилиб олинади.

$U_{2c} - U_2$ айрма чулғамларнинг қаршилигига боғлиқ.

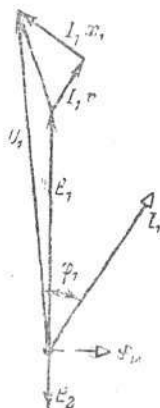
Трансформатор U_2 кучланишининг нагрукка таъсирида ўзгаришини 5-9- § да кўрилгандек вектор диаграммани қараш билан кўриш мумкин (9-9- расм). Салт ишлашда E_2 э.ю.к. U_2 га айнан тенг. Нагрукка бўлганда иккиламчи чулғамда $I_2 \sqrt{r_2^2 + x_2^2}$ кучланиш тушиши рўй беради ва U_2 кучланиш E_2 дан кичик бўлиб қолади. Кучла-

нишининг ўзи сон жиҳатидан истеъмолчида кучланиш тушишига, яъни $U_2 = I_2 \sqrt{r_2^2 + x_2^2}$ га тенг.

Бироқ E_2 э.ю.к. доимий қола олмайди, чунки Φ_m магнит оқими бирмунча камаяди. 9-10-расмда трансформатор бирламчи чулғамининг вектор диаграммаси берилган. Бирламчи чулғам томонидан трансформатор энергия приёминиги бўлади, унда ҳам электр двига-



9-9-расм. Трансформатор иккиламчи занжирининг вектор диаграммаси.



9-10-расм. Трансформатор бирламчи занжирининг вектор диаграммаси.

телдаги сингари E_1 қарши э.ю.к. ҳосил бўлади. Бинобарин, ўзгармас $U_{1н}$ кучланиш бирламчи чулғамда кучланиш тушиши $I_1 \sqrt{r_1^2 + x_1^2}$ га тенг ва E_1 э.ю.к. ни мувозанатловчи — E_1 қисмлардан иборат, яъни

$$\bar{U}_{1н} = -\bar{E}_1 + \bar{I}_1 z_1. \quad (9-10)$$

I_1 ток ортиши билан $I_1 z_1$ ортади, E_1 ва Φ_m оқим камаяди, бинобарин E_2 ҳам камаяди.

Шундай қилиб, (9-9) формулада кучланишнинг иккала чулғамдаги тушиши ҳисобга олинган.

9-5. УЧ ФАЗАЛИ ТРАНСФОРМАТОР

Уч фазали ток кучли трансформатор подстанцияларида учта бир фазали трансформаторлар ёрдамида трансформацияланади. Бу бир фазали трансформаторларнинг уч фазали гурпуага уланиш қоидалари илгари 6-2, 6-3-§ ларда кўриб ўтилган эди. Бироқ, тақсимловчи подстанцияларда кўпинча махсус уч фазали стерженли трансформаторлар ишлатилади, бундай қурилмаларнинг уч фазали гурпуага қараганда нархи арзонроқ.

Уч фазали трансформаторнинг тузилиши 9-11- расмда кўрсатилган. Ўзакни йиғишда варақларнинг жойлашиши 9-12- расмда, стерженларнинг кесими эса 9-4- расмда берилган.

Ҳар бир стерженда бир фаза чулғамлари жойлашади. Чулғамлар концентрик жойлашади, бунда паст кучланиш чулғамлари стерженга яқинроқ бўлади. 9-11- расмда чулғамлар шартли равишда стерженлар ўқи бўйлаб бир-биридан силжитилган ҳолда кўрсатилган. Бирламчи чулғамлар ҳам, иккиламчи чулғамлар ҳам юлдуз (Y) ёки учбурчак (Δ) шаклида уланиши мумкин. Бироқ, ГОСТ га кўра фақат уч хил схемада: юлдуз — ноли чиқарилган юлдуз (Y/Y_0), юлдуз — учбурчак — (Y/Δ) ва нолли юлдуз — учбурчак (Y_0/Δ) схемаларидагина улаш мумкин. Бу белгилашлардаги сурат юқори кучланиш ЮК чулғамларининг, махраждагиси эса паст кучланиш ПК чулғамларининг уланишини кўрсатади.

Уч фазали трансформаторларда бирламчи ва иккиламчи чулғамларни юлдуз ёки учбурчак шаклида улашда чулғамларнинг магнитли боғланганлигини назарда тутиш керак (9-11- расм): Φ_A оқим

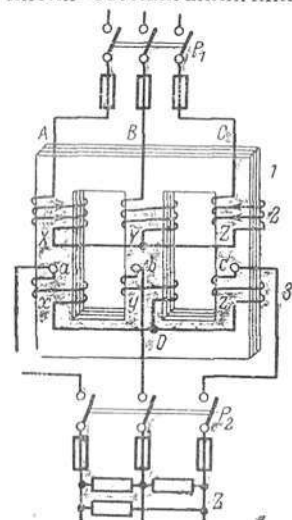
B ва C стерженлар орқали Φ_B оқим A ва C стерженлар орқали ва Φ_C оқим A ва B стерженлар орқали туташади. Чулғамлардаги магнитловчи тоқлар, масалан, A_X, B_Y, C_Z ҳамма вақт 9-13- расмда кўрсатилганидек, фаза бўйича силжиган. Стерженларнинг тоқлар билан мос тушувчи Φ_A, Φ_B, Φ_C оқимлари вақтнинг ҳар бир моментида

$$\bar{\Phi}_A + \bar{\Phi}_B + \bar{\Phi}_C = 0 \quad (9-11)$$

йиғиндини бериши равшан.

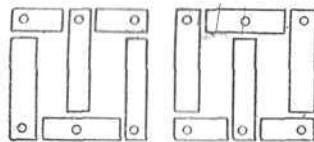
Жумладан, вақтнинг бир моменти учун 9-13- расмда $\bar{\Phi}_A + \bar{\Phi}_B + \bar{\Phi}_C = -0,5 \Phi_{BM} + \Phi_{BM} - 0,5 \Phi_{BM} = 0$. Бу шартга, масалан, фақат X, Y, Z охириги учлар ёки A, B, C , бош учлар юлдуз шаклида уланганда амал қилинади. Агар X, B, Z тутқичлар битта қилиб уланганда (9-11) шартга амал қилинмайди. Шундай қилиб, юлдуз ёки учбурчак шаклда улашда чулғам учларини ва охирилари ноллаш ўз-ўзидан зарур бўлиб қолади, ҳолбуки, магнитли боғланмаган чулғамларда бундай зарурият йўқ.

Агар трансформаторга устидан қаралса (9-11- расм), чулғамлар соат стрелкаси бўйича (ўнгга) ўралганини кўриш мумкин. Бундай ўраш ўнг ўраш дейилади (чап ўраш ҳам бўлади). Бу ҳолда



9-11- расм. Уч фазали трансформатор:

1 — магнитопровод; 2 — юқори кучланиш чулғами; 3 — паст кучланиш чулғами.

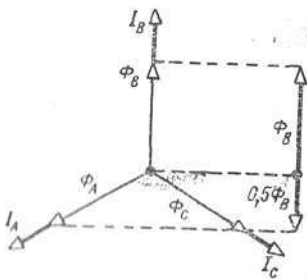


9-12- расм. Уч фазали трансформатор пўлат варақларининг йиғиши.

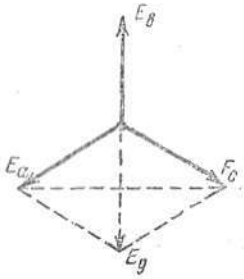
симларнинг юқори учларини бошланиш A, B, C деб, пасткиларини охирги X, Y, Z лар деб олиш керак; ёки аксинча қилиш мумкин. Айтилганлар иккиламчи чулғамга ҳам тааллуқли. 9-11-расмда кўрсатилган чулғамларнинг уланиши учун фаза э. ю. к. лари юлдузи 9-14-расмда кўрсатилган. x, b, z тутқичларни бирга улаш мумкин эмас, чунки бу ҳолда E_b э. ю. к. вектори 180° га бурилади ва a, c тутқичлар орасидаги кучланиш линия кучланиши бўлиб, ay ва cz тутқичлар орасидаги кучланиш эса фаза кучланиши бўлиб қолади.

Трансформатор ичтигоида чулғамларни улаш схемасининг белгисидан кейин $Y/Y_0-12, Y/\Delta-11, Y_0/\Delta-11$ сивари рақамлар туради. Бу рақам шартли равишда трансформаторнинг уланиш группасини белгилайди. Группа паст кучланиш чулғами линия э. ю. к. ининг юқори кучланиш чулғами линия э. ю. к. ига нисбатан бурчак силжишини соат стрелкаси йўналишида кўрсатади. 30° бурчак бирлик қилиб олинган. Шундай қилиб, 12 группада силжиш 360° га, 11 группада эса силжиш 330° га тенг. Трансформаторларни параллел улаб ишлатишда группани билиш шарт.

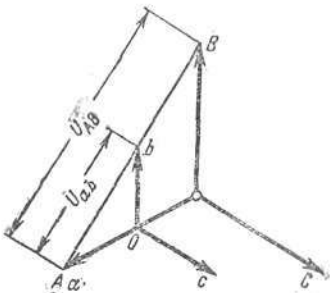
9-11-расмда кўрсатилган трансформаторнинг уланиш группасини аниқлайлик. Агар p_2 рубильник узук бўлганда p_1 рубильник уланса, A, B, C тутқичларининг потенциаллар диаграммаси 9-15-расмда кўрсатилгандек тасвирланади (A, B, C нуқталар) A ва a электр тутқичларни улайлик. Y ҳолда A ва a нуқталар диаграммада тенг потенциалли нуқталар бўлиб устма-уст тушади. Барча чулғамлар ўнг, демак, барча фазаларда иккиламчи э. ю. к. лар бирламчи э. ю. к. лар билан устма-уст тушади. Шунинг учун a нуқтадан E_a векторни E_A вектор билан фаза бўйича қўйиб, диаграммада иккиламчи чулғам поль нуқтасининг потенциалини топамиз (0 нуқта). U_b ва U_c векторларни U_B ва U_C векторлар билан фаза бўйича қўйиб, иккиламчи э. ю. к. ларнинг юлдузини ҳосил қиламиз. Диаграммадан иккиламчи линия кучланиши U_{ab} нинг бирламчи линия кучланиши U_{AB}



9-13-расм. Уч фазали трансформатор оқимларининг вектор диаграммаси.



9-14-расм. Иккиламчи чулғам фаза э. ю. к. ларининг юлдузи.

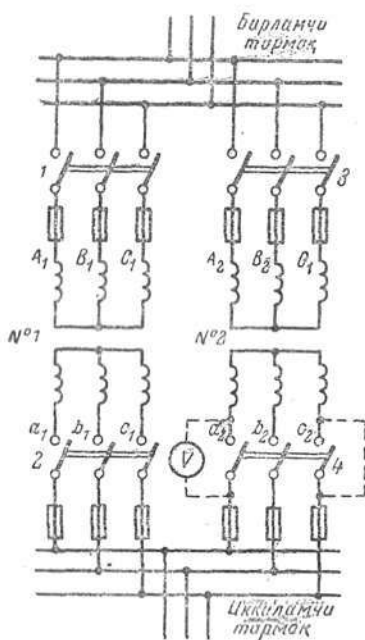


9-15-расм. Улаш группасини аниқлашдаги потенциал диаграммаси.

га нисбатан силжиши нолга ёки 360° га тенг эканини кўриш мумкин. Бунинг уланиш группаси ўн иккинчи бўлади, чунки $360:30=12$.

9-6. ТРАНСФОРМАТОРЛАРНИНГ ПАРАЛЛЕЛ ИШЛАШИ

Истеъмолчиларни энергия билан узлуксиз таъминлаш, шунингдек, трансформаторларни ремонт қилиш имконига эга бўлиш учун трансформаторларни параллел улаб ишлатиш зарурати туғилади. Трансформаторларнинг бирламчи чулғамлари унга ток келтирувчи



9-16- расм. Трансформаторларни параллел ишлашга улаш.

бир умумий шиналарга, иккиламчи чулғамлари энергияни истеъмолчиларга тақсимловчи бошқа умумий шиналарга уланиши уларнинг параллел уланиши дейилди. Икки трансформаторни параллел улаш схемаси 9-16- расмда кўрсатилган.

Трансформаторларни параллел улаш ва ишлатиш учун қуйидагилар бўлиши зарур:

1. Бирламчи чулғамлар бир умумий шиналарга, иккиламчи чулғамлар бошқа умумий шиналарга уланиши сабабли, табиийки, трансформаторларнинг номинал кучланишлари тенг бўлиши керак. Трансформаторларнинг трансформация коэффициентларидаги фарқ 0,5 % дан ортиқ бўлмаслиги лозим.

2. Трансформаторларнинг қисқа туташув кучланишлари $u_{KI} = u_{KII}$ тенг бўлиши керак, бунда I ва II индекслар трансформаторнинг номерини кўрсатади. Трансформаторнинг бир чулғами қисқа туташган ҳолда иккинчи чулғамига берилади-

ган ва чулғамларда номинал токни таъминлайдиган u_K пасайган кучланиш қисқа туташув кучланиши дейилади. Қисқа туташув кучланиши одатда номинал кучланиш $U_{ин}$ нинг (5 — 10) % ини ташкил қилади. Қисқа туташув кучланиши u_K уланаётган трансформаторлар учун ўзининг ўртача қийматидан $\pm 10\%$ дан ортиққа фарқ қилмаслиги керак.

Бу параллел уланаётган трансформаторларда нагрузка ўзаро уларнинг номинал қувватларига пропорционал равишда тақсимланишидан келиб чиқади. Трансформаторларнинг э. ю. к катталигига, масалан, ўзгармас ток генераторларида қилинганидек, таъсир қилиб бўлмайди. Қисқа туташув кучланишлари тенг ($u_{KI} = u_{KII}$) бўл-

ганда, кучланиш тушишининг нисбий катталиклари барча нагрузкаларда тенг бўлади, яъни

$$\left(\frac{I_1 r_1}{U_{\text{ин}}}\right)_1 + \left(\frac{I_2 r_2}{U_{\text{ин}}}\right)_1 = \left(\frac{I_1 r_1}{U_{\text{ин}}}\right)_2 + \left(\frac{I_2 r_2}{U_{\text{ин}}}\right)_2,$$

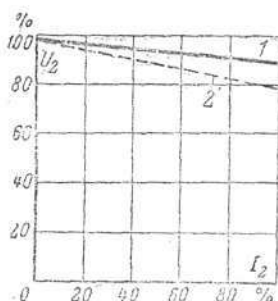
трансформаторларнинг токлари эса уларнинг номинал қувватларига пропорционал бўлади:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{P_{\text{ин}}}{P_{\text{нп}}}. \quad (9-12)$$

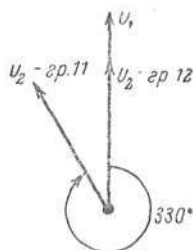
9-17-расмда икки трансформаторнинг ташқи характеристикалари кўрсатилган. Агар $n_{\text{к1}} = n_{\text{к2}}$ бўлса, трансформаторларнинг номинал қувватлари тенг бўлганда, тоklar ҳамма вақт тенг бўлади, чунки ташқи характеристикалар устма-уст тушади (1 эгри чизиқ). Агар $n_{\text{к2}} > n_{\text{к1}}$ бўлса, у ҳолда иккинчи трансформаторнинг ташқи характеристикаси пастроқдан кетади (2 эгри чизиқ) ва биринчи трансформаторнинг нагрузкаси ортиб кетади, иккинчисиди эса нагрузка етарли бўлмайди ($I_1 > I_{\text{н}}$).

3. Трансформаторларнинг уланиш группалари бир хил бўлиши керак. Агар бир трансформаторнинг группаси 12, бошқасиники 11 бўлса, бу трансформаторларни параллел улаб бўлмайди, чунки бирламчи U_1 кучланишлар фаза бўйича устма-уст тушгани ҳолда (9-18-расм), иккиламчи U_2 кучланишлар устма-уст тушмайди.

Параллел ишлатиш учун трансформаторлар қуйидагича уланади (9-16-расм). № 1 трансформаторнинг 1 ва 2 рубильниклари уланади. Бунда № 2 трансформаторнинг 4 рубильниги пастки тутқичларининг потенциаллари № 1 трансформаторнинг иккиламчи чулғами кучланишлари, яъни U_{a1} , U_{b1} , U_{c1} лар билан берилган бўлади. № 2 трансформаторнинг 3 рубильниги уланганда 4 рубильникнинг юқори тутқичлари потенциаллари U_{a2} , U_{b2} , U_{c2} кучланишлар билан аниқланади. Агар 4 рубильникнинг $a_1 - a_2$, $b_1 - b_2$ ва $c_1 - c_2$ нуқталари орасидаги потенциаллар фарқи нолга тенг бўлса, бу трансформаторларни параллел улаш мумкин. Бунга 4 рубильникнинг иккита мос тутқичини сим билан (масалан, c_1 ва c_2) туташтириб, вольтметр билан текшириш мумкин. Агар вольтметрни $a_1 - a_2$ ва



9-17-расм. Параллел ишлатишган трансформаторларда нагрузканинг тақсимланиши.



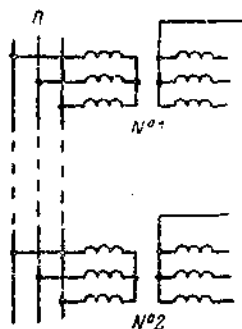
9-18-расм. Турли улаш группаларида иккиламчи кучланишлар вектор диаграммаси.

b_1 — b_2 тутқичларга уланганда потенциаллар фарқи нолга тенг бўлмаса, трансформаторларнинг турли группаларга мансублиги ёки шиналарга мос бўлмаган тутқичлар уланганлиги сабабли уларни параллел ишлашга улаб бўлмайди.

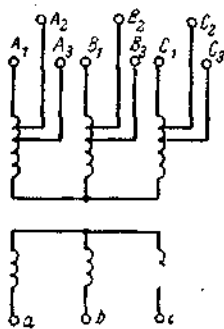
Подстанцияларда трансформаторларни параллел улаш масъулиятли операция бўлиб, махсус инструкцияларга риоя қилган ҳолда бажарилади.

9-7. ТРАНСФОРМАТОРЛАР КУЧЛАНИШИНИ РОСТЛАШ

9-19-расмда бири энергия берувчи линиянинг бошига (№ 1), иккинчиси линиянинг охирига (№ 2) уланган икки трансформатор кўрсатилган. Линияда кучланиш тушиши туфайли № 2 трансформаторнинг бирламчи кучланиши номинал кучланишдан паст бўлиши мумкин, демак, иккиламчи кучланиш ҳам пасайган бўлади. Бунда одатда № 2 трансформаторнинг бирламчи кучланишینی $\pm 5\%$ U_n миқдорида ростлашга тўғри келади.



9-19- расм. Трансформаторларни (тармоққа) улаш схемаси.



9-20- расм. Трансформатор чулғамига тармоқларининг жойлашиши.

Бунинг учун юқори кучланиш чулғамида, 9-20-расмда кўрсатилганидек, тармоқлаш керак бўлади. A_2 , B_2 , C_2 тармоқланишлар бирламчи чулғамнинг номинал кучланишига мос келади. Агар бирламчи кучланиш пасайган бўлса, бу трансформаторни линияга A_2 , B_2 , C_2 тутқичлари билан уланади. Бунда трансформация коэффициенти камаяди, иккиламчи кучланиш эса ортади.

Бунда трансформатор унинг бакига қурилган ва дастаси ташқарига чиқиб турадиган махсус переключатель ёрдамида уланади. Улаб бўлгунга қадар иккиламчи тармоқ узиб қўйилган бўлиши керак. Нагрузка бўлганида кучланишни ростлаш учун эса махсус қурилмалардан фойдаланилади.

Чулғамларда қувват исрофи фақат I_1 ва I_2 тоқларга боғлиқ ва $P_{\kappa} = I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2$ га тенг, бунда r_1 ва r_2 чулғамларнинг актив қаршиликлари. Бу исрофларни трансформаторни қисқа туташтириш тажрибасида осонгина аниқлаш мумкин. Бунинг учун чулғамлардан бири кичик қаршиликли сим воситасида қисқа туташтирилади, бошқасига иккала чулғамда ҳам ($I_{1н}$, $I_{2н}$) номинал тоқлар барқарор бўладиган, пасайтирилган $U_{\kappa.т}$ кучланиш берилади ва тармоқдан $P_{\kappa.н}$ қувват бериб турилади. Маълумки, бу пасайтирилган кучланиш қисқа туташув кучланиши дейилади ва бу кучланиш ҳамма вақт трансформатор шитогиди кўрсатилган бўлади. Асбобнинг ўзида ва уловчи контактларда энергия қўшимча исрофи бўлмаслиги учун иккиламчи занжирга амперметр уланмайди.

$U_{\kappa.т}$ (5 — 10) % $U_{1н}$ дан ошмаганлигидан қисқа туташув вақтидаги индукция, бинобарин, пўлатдаги исрофлар $P_{пўл. \kappa. т.}$ жуда кичик ва улар назарга олинмайди. У ҳолда чулғамлардаги исрофлар қуйидагича:

$$P_{\kappa.н} = P_{\kappa.н} + P_{пўл. \kappa. т.} \approx P_{\kappa.н}, \quad (9-15)$$

бунда $P_{\kappa.н}$ номинал тоқларда чулғамлардаги исрофлар.

Пўлатдаги исрофлар трансформаторни салт ишлатиш тажрибасида аниқланади. Частота доимий бўлганда улар фақат пўлатдаги магнит индукциянинг максимал қийматига боғлиқ бўлади. Агар бирламчи кучланиш ўзгармас бўлса, $B_m = \text{const}$ ва пўлатдаги исрофлар салт ишлашда ҳам, нагрузка билан ишлашда ҳам бир хил. Трансформаторни иккиламчи чулғами узилган ҳолда $U_{1н}$ номинал кучланишга уланади (вольтметр олиб қўйилади). Бирламчи чулғамдаги I_c ток жуда кичик, I_2 ток эса 0. Шунинг учун тажрибада чулғамлардаги $P_{\kappa.с.}$ исрофни ҳисобга олмаслик мумкин.

У ҳолда

$$P_c = P_{пўл.} + P_{\kappa.с.} \approx P_{пўл.} \quad (9-16)$$

Электр ўлчаш асбобларини улаш схемаси 9-6- расмда кўрсатилган. Салт ишлаш тажрибасида амперметр ва ваттметрнинг кетма-кет уланган чулғамини шунтловчи ρ_3 рубильник ρ_1 рубильникдан аввал туташтирилиши керак, чунки улаш вақтида тоқнинг катталиги (6 — 8) I_n гача ортиб кетиши мумкин. ρ_3 рубильникни ρ_1 рубильник улангандан кейин узиб қўйилади.

Бу тажрибалар билан $I_{1н}$, $I_{2н}$ номинал тоқларда ва $U_{1н}$ кучланишда ишлайтган трансформатордаги исрофлар аниқланади:

$$\sum P = P_{\kappa.н.} + P_{пўл.} \quad (9-17)$$

9-12. ТРАНСФОРМАТОРНИНГ ФОЙДАЛИ ИШ КОЭФФИЦИЕНТИ

Трансформатор бераётган P_2 қувватнинг у олаётган P_1 қувватга нисбати трансформаторнинг фойдали иш коэффиценти η дейилади. Бу нисбат актив қувват бирликларида, яъни ватт ёки киловаттларда ифодаланади.

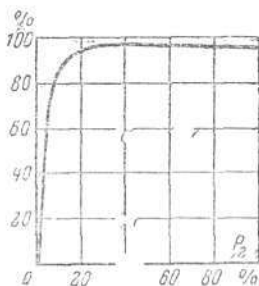
Трансформатор учун

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{P_2}{P_2 + P_{\text{пўл.}} + P_{\text{ч}}} \cdot 100\% \quad (9-18)$$

Пўлатда бўладиган исрофлар доимий, чулғамларда бўладиган исрофлар эса ток квадратига ёки иккиламчи қувват S_2 нинг квадратига пропорционал бўлади. Айтайлик, $S_2 : S_{2н} = k_{\text{н2}}$, яъни трансформаторнинг нагрузка коэффициентига тенг бўлсин. У ҳолда $P_{\text{пўл.}}$ ва $P_{\text{ч.н}}$ ни билган ҳолда трансформаторнинг ихтиёрий нагрузкиси учун фойдали иш коэффициентини ҳисоблаш мумкин:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{k_{\text{н2}} \cdot S_{2н} \cos \varphi_2}{k_{\text{н2}} \cdot S_{2н} \cos \varphi_2 + P_{\text{пўл.}} + k_{\text{н2}}^2 P_{\text{ч.н}}} \quad (9-19)$$

Бу формулага асосан ҳисобланган фойдали иш коэффициентининг иккиламчи қувватга боғлиқлиги 9-26-расмда кўрсатилган.



9-26-расм. Трансформатор фойдали иш коэффициентининг иккиламчи қувватга боғлиқлиги графиги.

Аввал (9-1-§) кўрсатиб ўтилганидек, трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти жуда юқори. Чулғамлардаги исрофлар пўлатдаги исрофга тенг бўлгандаги нагрузкада ф. и. к. ўзининг максимал қийматига эришади. Тежамкорлик мулоҳазаларига кўра, ҳисоблаш вақтида бу нагрузкани номинал нагрузкадан кичик қилиб белгиланади. Трансформатор учун каталогларда берилган маълумотларни $P_{\text{с}} = P_{\text{пўл.}}$ ва $P_{\text{ч.н}} = P_{\text{ч.н}}$ деб олинса, бу нагрузкани осонгина ҳисоблаш мумкин. У ҳолда

$$P_{\text{с}} = k_{\text{нг}}^2 P_{\text{к}} \text{ ёки } k_{\text{нг}} = \sqrt{\frac{P_{\text{с}}}{P_{\text{к}}}} \quad (9-20)$$

Мисол. Қуввати $P_{\text{н}} = 560 \text{ кВА}$, кучланиши 35 ва 10,5 кВ бўлган трансформаторнинг номинал кучланишда салт ишланадиган исрофи 3350 Вт ва номинал тоқларда қисқа туташувдаги исрофи 9400 Вт. Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти энг катта бўладиган нагрузкани топинг.

$$k_{\text{нг}} = \sqrt{\frac{3350}{9400}} = 0,579 \text{ номинал.}$$

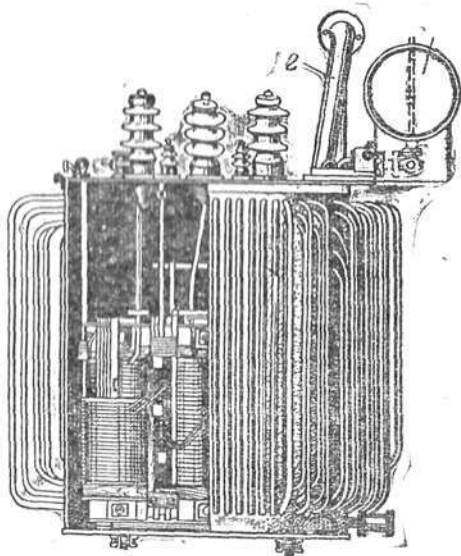
9-13. ТРАНСФОРМАТОРЛАРНИНГ ҚИЗИШИ ВА УЛАРНИ СОВИТИШ

Трансформатор ишлаганида унинг чулғамларида ва пўлатида ажраладиган иссиқлик туфайли қизийди ва изоляцияси эскиради, шунинг учун бу иссиқликни атрофдаги муҳитга чиқариб юбориш керак. Йўл қўйиладиган температура атрофига ҳаво температураси 35°C бўлганда: чулғамлар учун 105°C , ўзакнинг сиртлари учун 110°C ва мойнинг юқори қатламлари учун 95°C белгиланган.

Ҳаво билан совитиладиган ва мой билан совитиладиган трансформаторлар бўлади. Катта қувватли трансформаторлар одатда мой билан совитилади. Мой чулғамларни яхши совитади ва изоляцияни ҳавонинг зарарли таъсиридан сақлайди. Бунинг учун трансформатор минерал мой солинган пўлат бакка жойлаштирилади. Қуввати унча катта бўлмаган (20 — 30 ква) трансформаторларда бак текис қилинади. Катта қувватли трансформаторларда эса бак труба қилиб ясалади ва бу билан совитиладиган шрт орттирилади (9-27). Чулғамларнинг чиқишлари бак қопқоғидаги ўтиш изоляторлари орқали чиқариб қўйилади. Жуда катта қувватли трансформаторларда радиаторли баклар ишлатилади.

Қувват 100 ква дан катта бўлганда, 6300 в дан катта кучланишлар ва қувват кичик бўлганда ҳам бак мой кенгайтиргич билан таъминланади (9-27-расмдаги 1). Бу бак билан труба орқали уланган резервуардир. Трансформатор қизиганда кенгайтиргичдаги мой сатҳи кўтарилади ва совиганда пасаяди. Унинг сифими трансформаторнинг ҳар қандай нагрузкасида ва атрофдаги ҳаво температу-раси — 35° дан + 35° га ўзгарганида ҳам бакда мой бўладиган қилиб ясалган. Мой сатҳи мой кўрсаткич орқали кузатилади. Мой кенгайтиргич мой билан ҳавонинг бир-бирига тегиб туришини камайтиради ва мойнинг ифлосланишини ва намланишини камайтиради.

$S \geq 1000$ ква бўлган трансформаторларда 2 чиқариш трубаesi ҳам бўлади. Бу бакка уланган ва усти ойна мембрана билан бекитилган пўлат трубадир. Трансформаторнинг авария ҳолатида мойнинг буғланишидан ҳосил бўлган газлар мембранани босади ва ундан чиқиб, трансформаторни ёрилиб кетишидан сақлайди.



9-27- расм. Найсимон бакли трансформаторнинг ташқи кўрinishи.

9-14. ЭЛЕКТР ПАЙВАНДЛАШДА ИШЛАТИЛАДИГАН ТРАНСФОРМАТОРЛАР

Электр пайвандлашда ишлатиладиган трансформаторлар махсус аппаратлар бўлиб, улар пайвандлаш билан бирга электр ёйи билан кесиш ва эритишда ҳам ишлатилади. Улар узлукли режимда иш-

Трансформатор учун

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{P_2}{P_2 + P_{\text{ўл.}} + P_{\text{ч.}} \cdot 100\% \quad (9-18)$$

Пўлатда бўладиган исрофлар доимий, чулғамларда бўладиган исрофлар эса ток квадратага ёки иккиламчи қувват S_2 нинг квадратага пропорционал бўлади. Айтайлик, $S_2 : S_{2н} = k_{н2}$, яъни трансформаторнинг нагрузка коэффициентига тенг бўлсин. У ҳолда $P_{\text{ўл.}}$ ва $P_{\text{ч.н.}}$ ни билган ҳолда трансформаторнинг ихтиёрий нагрузкаси учун фойдали иш коэффициентини ҳисоблаш мумкин:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{k_{н2} \cdot S_{2н} \cos \varphi_2}{k_{н2} \cdot S_{2н} \cos \varphi_2 + P_{\text{ўл.}} + k_{н2}^2 P_{\text{ч.н.}}} \quad (9-19)$$

Бу формулага асосан ҳисобланган фойдали иш коэффициентининг иккиламчи қувватга боғлиқлиги 9-26-расмда кўрсатилган.

Аввал (9-1-§) кўрсатиб ўтилганидек, трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти жуда юқори. Чулғамлардаги исрофлар пўлатдаги исрофга тенг бўлгандаги нагрузкада ф. и. к. ўзининг максимал қийматига эришади. Тежамкорлик мулоҳазаларига кўра, ҳисоблаш вақтида бу нагрузкани номинал нагрузкадан кичик қилиб белгиланади. Трансформатор учун каталогларда берилган маълумотларни $P_{\text{с}} = P_{\text{ўл.}}$ ва $P_{\text{ч.н.}} = P_{\text{к.н.}}$ деб олинса, бу нагрузкани осонгина ҳисоблаш мумкин. У ҳолда

$$P_{\text{с}} = k_{нг}^2 P_{\text{к}} \text{ ёки } k_{нг} = \sqrt{\frac{P_{\text{с}}}{P_{\text{к}}}} \quad (9-20)$$

Мисол. Қуввати $P_{н} = 560 \text{ ква}$, кучланиши 35 ва 10,5 кВ бўлган трансформаторнинг номинал кучланишида салт ишлашдаги исрофи 3350 вт ва номинал тоқларда қисқа туташувдаги исрофи 9400 вт. Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти энг катта бўладиган нагрузкани топинг.

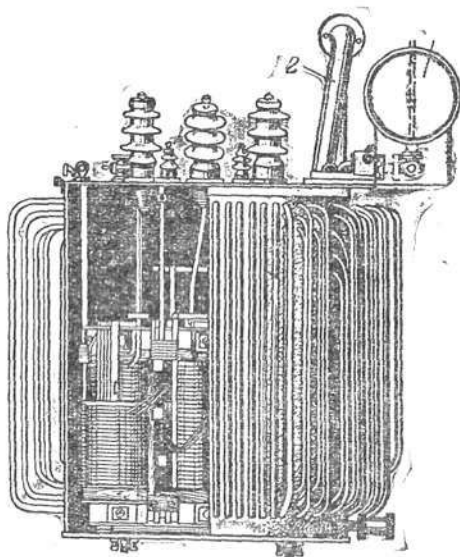
$$k_{нг} = \sqrt{\frac{3350}{9400}} = 0,579 \text{ номинал.}$$

9-13. ТРАНСФОРМАТОРЛАРНИНГ ҚИЗИШИ ВА УЛАРНИ СОВИТИШ

Трансформатор ишлаганида унинг чулғамларида ва пўлатида ажраладиган иссиқлик туфайли қизийди ва изоляцияси эскиради, шунинг учун бу иссиқликни атрофдаги муҳитга чиқариб юбориш керак. Йўл қўйиладиган температура атрофига ҳаво температураси 35°С бўлганда: чулғамлар учун 105°С , ўзакнинг сиртлари учун 110°С ва мойнинг юқори қатламлари учун 95°С белгиланган.

Ҳаво билан совитиладиган ва мой билан совитиладиган трансформаторлар бўлади. Катта қувватли трансформаторлар одатда мой билан совитилади. Мой чулғамларни яхши совитади ва изоляцияни ҳавонинг зарарли таъсиридан сақлайди. Бунинг учун трансформатор минерал мой солинган пўлат бакка жойлаштирилади. Қуввати унча катта бўлмаган (20 — 30 ква) трансформаторларда бак текис қилинади. Катта қувватли трансформаторларда эса бак трубаби қилиб ясалади ва бу билан совитиладиган оғирт орттирилади (9-27). Чулғамларнинг чиқишлари бак қопқоғидаги ўтиш изоляторлари орқали чиқариб қўйилади. Жуда катта қувватли трансформаторларда радиаторли баклар ишлатилади.

Қувват 100 ква дан катта бўлганда, 6300 в дан катта кучланишлар ва қувват кичик бўлганда ҳам бак мой кенгайтиргич билан таъминланади (9-27-расмдаги 1). Бу бак билан труба орқали уланган резервуардир. Трансформатор қизиганда кенгайтиргичдаги мой сатҳи кўтарилади ва совиганда пасаяди. Унинг сифими трансформаторнинг ҳар қандай нагрузкасида ва атрофдаги ҳаво температу-



9-27- расм. Пайсимон бакли трансформаторнинг ташқи кўриниши.

раси — 35° дан $+35^{\circ}$ га ўзгарганида ҳам бакда мой бўладиган қилиб ясалган. Мой сатҳи мой кўрсаткич орқали кузатилади. Мой кенгайтиргич мой билан ҳавонинг бир-бирига тегиб туришини камайтиради ва мойнинг ифлосланишини ва намланишини камайтиради.

$S > 1000$ ква бўлган трансформаторларда 2 чиқариш трубаби ҳам бўлади. Бу бакка уланган ва усти ойна мембрана билан бекитилган пўлат трубадир. Трансформаторнинг авария ҳолатида мойнинг буеланишидан ҳосил бўлган газлар мембранани босади ва ундан чиқиб, трансформаторни ёрилиб кетишидан сақлайди.

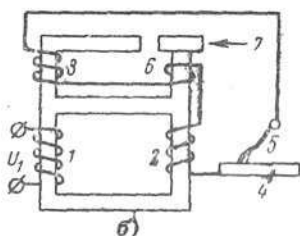
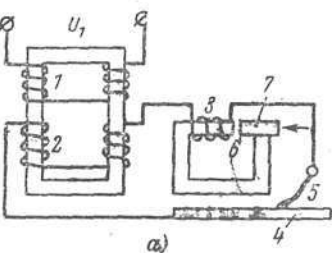
9-14. ЭЛЕКТР ПАЙВАНДЛАШДА ИШЛАТИЛАДИГАН ТРАНСФОРМАТОРЛАР

Электр пайвандлашда ишлатиладиган трансформаторлар махсус аппаратлар бўлиб, улар пайвандлаш билан бирга электр ёйи билан кесиш ва эритишда ҳам ишлатилади. Улар узлукли режимда иш-

лайди; тўла ишлаш цикли (пайванд + пауза) 5 мин ва пайвандлаш муддати $ПМ = 60 - 100 \%$. Бу трансформаторларда: иккиламчи тутқичлардаги кучланиш осонгина ёй ҳосил қилади ва одамларнинг ишлаши учун хавфсиз, нагрузка берилганда кучланиш пайванд токини деярли ўзгартирмайдиган (ташқи характеристика тик бўлиши керак 8-21-§ га қаранг) қилиб ясалади, қисқа туташув

вақтидаги ток ишчи токнинг 20—40% идан ортмайди, пайванд токини эса осонгина ростлаш мумкин. Бу трансформаторлар бир фазали, қуруқ, табиий ҳаво билан совитиладиган қилиб ясалади.

Уларни ясаш шаклларида бири 9-28 а расмда кўрсатилган. Бирламчи 1 чулғам $U_1 = 220$ ёки 380 в га (керак бўлганда эса 500 в га) мўлжалланган. Алоҳида реактив ғалтак 3 билан кетма-кет уланган иккиламчи чулғам 2 салт юришда $U_{2c} = 70$ в ва нагрузка бўлганда $U_2 = 30$ в кучланишга эга бўлади. Пайвандланаётган буюм 4 ва электрод 5 орасидаги пайванд токи ғалтак 3 нинг ҳаво завори 6 ни ўзгантириш билан ростланади. Бир корпусли қилиб ясалган трансформаторларда (9-28 б расм) реактив ғалтак 3 ва иккиламчи чулғам 2 умумий магнитопровод орқали магнитли боғланган. Магнитопровод 7 нинг қўзғалувчан қисми ҳар иккала ясалишда ҳам махсус даста ёрдамида ҳаракатланиши мумкин.



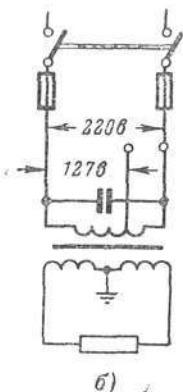
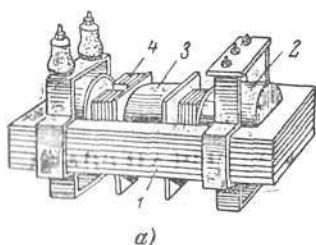
9-28- расм. Электр ёйи билан пайвандлаш трансформатори.

Трансформаторлар вазифасига кўра: қўл билан пайвандлаш, флюс билан автоматик пайвандлаш, электр шлакли ва ҳимоя газлари билан пайвандлаш трансформаторларига бўлинади. Улардаги тоқларга кўра: 100—150 а гача, 350—380 а гача ва 2000—2500 а гача тоқларда ишловчи трансформаторларга бўлинади. Трансформаторларнинг фойдали иш коэффициентлари 83—90% га, $\cos \varphi$ эса 0,52÷0,62 га тенг.

9-15. ГАЗ ЁРУҒЛИК ТРАНСФОРМАТОРЛАРИ

Газ ёруғлик трансформаторлари қозон қурилмаларидаги ёқишни автоматлаш схемаларида, биқсима разрядли газ-ёруғлик найларини, реклама қурилмалари ва ёруғлик сигналлари ёзувларини ток билан таъминлаш занжирларида ишлатилади.

Трансформаторнинг ғилофсиз ташқи кўриниши (а) ва унинг уланиш схемаси 9-29-расмда (б) тасвирланган. Магнитопроект 1 тўғри тўртбурчак шаклида; юқори кучланиш чулғами 2 каркассиз ва икки ғалтақдан иборат бўлиб, магнитопроект орқали ерга уланган; трансформаторнинг салт ишларида унинг кучланиши 10 кВ, нагрукка бўлганда эса 6 кВ. Паст кучланиш (бирламчи) чулғами 3 каркасса ўралган 127 ва 220 в га мўлжалланган икки қисмдан иборат. Трансформаторнинг ташқи харақтеристикаси тик пасажовчи ва у туташувга яқин режимода ишлайди. Қисқа туташув токи трансформаторда магнит сочилишини кўпайтирувчи магнит шунт 4 лар воситасида чекланади. Шунтлар магнитопроект



9-29- расм. Газ-ёруғлик трансформатори.

дарчасига жойлаштирилган тўртта пўлат пакетдан иборат. Конденсатор 5 қувват коэффициентини орттиришга мўлжалланган.

9-16. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ. БИР ФАЗАЛИ ТРАНСФОРМАТОР

Ишни бажаришдан аввал 9-3, 9-4, 9-11, 9-12-§ ларнинг мазмунини билан танишиб чиқинг.

Ишнинг тавсифи

Трансформатор 9-6- расмда кўрсатилган схема бўйича уланади. Трансформаторнинг салт ишлари тажрибасида p_a рубильникни узиб, p_1 рубильник туташтирилади ва I_{1c} , P_{1c} , P_{2c} ўлчаб. p_1 рубильникни улашдан аввал амперметр ва ваттметр ток занжирини кичик қаршиликли (9-6- расмда пунктир билан кўрсатилган) сим билан шутланади. Занжир улангандан кейин p_a рубильник ўзилади ва ўлчашлар бажарилади. U_{1c} кучланиш трансформатор шчитогида кўрсатилган кучланишга, яъни U_{1n} га тенг бўлиши керак. P_{1c} қувват ўлчанаётганида иккиламчи занжирдаги вольтметр ажратилган бўлиши керак.

Қисқа туташувга онд тажрибада иккиламчи чулғамнинг ах тутқичларини кичик қаршиликли сим билан қисқа туташтириб қўйиш керак, бирламчи АХ чулғамга бирламчи чулғамдаги ток номинал токка тенг ($I_1 = I_{1n}$) бўладиган қилиб пасайтирилган кучланиш берилади.

1. Трансформатор билан танишиб чиқинг ва трансформатор ҳамда ўлчанг асбобларининг асосий техник маълумотларини ёзиб олинг. Схемани йиғинг (9-8-расм) ва ўқитувчига кўрсатинг.

2. Трансформаторни салт ишлатинг ва бирламчи ҳамда иккинламчи U_{10} , U_{20} кучланишларни ўлчанг. Салт ишлаш қуввати P_0 ва салт ишлаш токи I_{10} ни ўлчанг. Трансформация коэффициентини, пўлатдаги исрофни ва $\frac{I_{10}}{I_{1н}}$ 100% нисбатини ҳисобланг.

3. Қисқа туташувга оид тажрибани қилинг ва қисқа туташувдаги кучланиш $U_{1к}$, қисқа туташувдаги қувват $P_{к-т}$ ва бирламчи чулғамдаги $I_1 = I_{1н}$ токни ўлчанг.

4. $U_{к.т.} = U_{1к.т.}$ ($U_{1н}$ ни, $I_1 = I_{1н}$ номинал токда) а) $\cos \varphi_2 = 1$; б) $\cos \varphi_2 = 0,8$ бўлганда трансформаторнинг фойдала иш коэффициентини ҳисобланг.

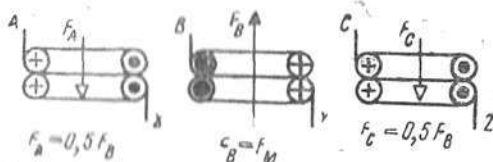
Унингчи боб

АСИНХРОН ЭЛЕКТР ДВИГАТЕЛЛАРИ

10-1. АСИНХРОН ЭЛЕКТР ДВИГАТЕЛЛАРИНИНГ ВАЗИФАСИ

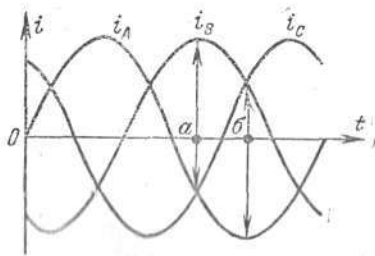
Ҳозирги вақтда энг кўп тарқалган асинхрон электр двигателларининг пайдо бўлишига айланувчан магнит оқимини ҳосил қилувчи қурилмаларни яратиш имконини берган уч фазали ўзгарувчан ток системаси сабаб бўлди. Уларнинг асинхрон деб аталишининг сабаби машинанинг айланувчи қисми — ротор ҳамма вақт магнит оқими тезлигига тенг бўлмаган тезлик билан, яъни у билан синхрон бўлмаган ҳолда айланади. 127, 220, 380, 500, 600, 3000, 6000 ва 10 000 в кучланишларда ваттнинг улушларидан то минглаб киловатт қувватга мўлжаллаб ясаладиган бу электр двигателининг конструкцияси содда, бошқа электр двигателларга қараганда ишлатишга ишончли ва арзондир. Уни айланиш тезлигини донмий сақлаш зарур бўлмаган ҳар қандай ишларда, шунингдек, бир фазали қилиб кичик қувватларда турмушда ҳам ишлатиш мумкин. 1889 йилда М. О. Доливо-Добровольский кашф қилган уч фазали асинхрон электр двигателида унинг ўзи кашф этган уч фазали айланувчан магнит майдонидан фойдаланилган. Бундан ташқари, Доливо-Добровольский уч фазали генератор, уч фазали трансформаторни яратди ва жаҳонда биринчи бўлиб электр энергиясини уч фазали ток ёрдамида узатишни ишлаб чиқди; юқоридаги уч фазали генератор—двигатель—трансформатор энергияни ана шундай узатишнинг ажралмас қисми бўлган.

Уч фазали трансформаторларни баён қилишда учала стержень пульсланувчи (ўзгарувчи) магнит оқимларининг оний қийматлари йиғиндиси ҳамма вақт нолга тенг бўлиши кўрсатилган эди (9-5-§). Бунинг сабаби учала AX , BY , CZ чулғамларининг ўқлари 10-1-

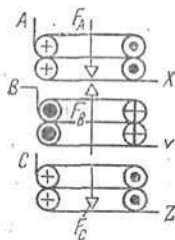


10-1- расм. Уч фазали трансформатор магнит оқимларининг магнит оқим қийматларини қўшиш.

расмда кўрсатилганидек бир-бирига параллел бўлганлигидир. 10-2-расмда уч фазали ток учун вақтнинг α моментида тоқлар оний йўналишларининг диаграммаси кўрсатилган. Агар чулғамлар биргина умумий ўқ бўйлаб жойлашган бўлса ҳам шундай эффект ҳосил бўлар эди (10-3- расм).



10-2- расм. Уч фазали ток эгри чизиқлари.



10-3- расм. Бир ўқда жойлашган учта чулғам магнит оқимларини қўшиш.

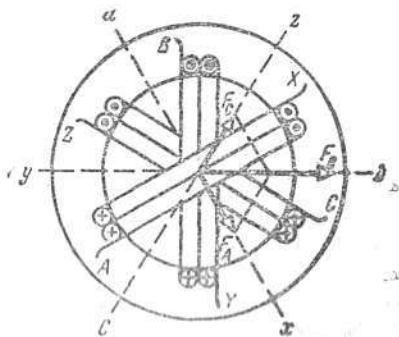
Бироқ чулғамлар фазода ўқлар сингари 120° эл. град бурчак остида жойлашганда аҳвол анча ўзгарарди. Чулғамларни пўлат цилиндрнинг ички сирти бўйлаб бундай жойлаштириш 10-4-расмда кўрсатилган. Вақтнинг α моментида чулғамлар симларидаги тоқлар 10-2- расмдаги диаграммада кўрсатилган ва у 10-3-расмдагига мос келади.

BY чулғамининг магнитловчи F_{BM} кучи бу чулғамнинг ўқи бўйлаб йўналган ва $i_B = I_{BM}$ бўлгани учун максимал қийматга эга. AX

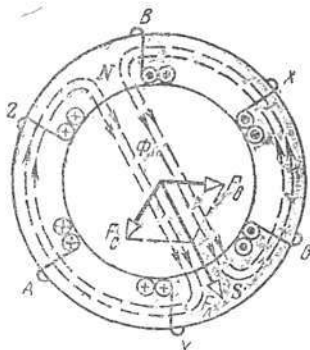
чулғамнинг F_A магнитловчи кучи ўзининг ax чулғамининг ўқи бўйлаб йўналган, бироқ ток $i_A = 0.5I_{BM}$ бўлгани учун $0.5 F_{BM}$ га тенг. Худди шунингдек, $F_C = 0.5F_{BM}$ ва cx ўқи бўйлаб йўналган. Чулғамлар шундай жойлашганида йиғинди магнитловчи куч ҳосил қилиши равшан:

$$F = F_A + F_C + F_{BM} = 1.5F_{BM}.$$

Агар ҳодисани даврнинг $1/6$ дан кейин кўрсак (10-2-расмдаги b нукта), у ҳолда натижавий магнитловчи куч ўзининг қийматини сақлаган ҳолда, айлананинг $1/6$ сига, яъни 60° га бурилганини кўриш мумкин (10-5-расм).



10-4-расм. Асинхрон двигателъ уч фазали чулғамининг йиғинди магнит оқими.



10-5-расм. Двигателнинг b вақт momenti учун йиғинди магнит оқими (10-2-расм).

Уч фазали чулғамнинг магнитловчи кучи билан бирга у ҳосил қилган Φ йиғинди магнит оқими ҳам айланади. Чулғамларнинг айна шу конструкциясида оқим икки қутбли ($p = 1$) экан, бу 10-5-расмда кўрсатилган.

Токнинг бир даврида магнит оқими битта айланиши, секундига f давр ичида ёки минутига $f \cdot 60$ давр ичида икки қутбли оқим

$$n = \frac{f \cdot 60}{p} \text{ айл/мин}$$

айланиши мумкин.

Агар чулғамларни қутблар жуфти сони бирдан ортиқ ($p = 2, 3, 4, \dots$) бўладиган қилиб ясалса, $p > 1$ дан неча марта катта бўлса, магнит оқимининг айланиш тезлиги шунча марта камаяди.

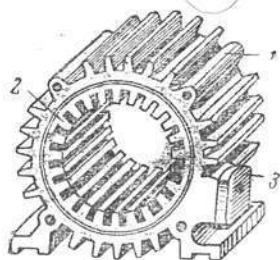
Уч фазали ток уч фазали чулғамдан ўтар экан, ўзгармас тезлик билан айланувчи магнит оқими ҳосил қилади, бу оқимнинг амплитудаси битта фаза оқимининг амплитудасидан 1.5 марта катта бўлиб сақланади:

$$\Phi = 1.5_{\text{фаза}} \quad (10-1)$$

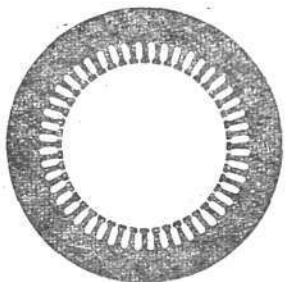
Асинхрон электр двигателларида уч фазали чулғам машина қўзғалмас қисми—статорнинг ички цилиндрик сиртидаги ариқчаларга жойлаштирилади (10-6-расм). Статор 1 ташқи пўлат корпус ва унга прессланган пўлат ўзак 2 дан иборат бўлиб, пўлат ўзакнинг ариқчалари бор. Ўзак штампланган пўлат варақлардан (10-7-расм) йиғилади, бу варақлар бир-биридан махсус лак билан изоляцияланган. Расмда кўрсатилган двигатель статорининг корпуси ташқи томондан вентилятор ёрдамида ҳаво билан шамоллатилади, совиладиған сирт каттароқ бўлсин учун у қиррали қилиб ясалган.

Чулғамларнинг махсус ясалиши туфайли (10-12-расм) айрим фазалар магнит оқимлари ва уч фазали йиғинди оқим катталиклари статорнинг ҳаво зазорида синусоидал тақсимланган.

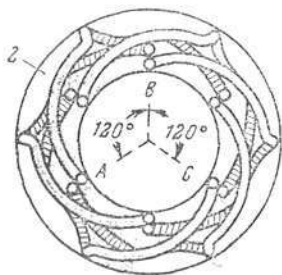
Статор ичига машинанинг айланувчи қисми—ротор жойлаштирилади, шунинг учун чулғамнинг ариқчаларда ётмаган чекка қисмлари 10-4-расмда кўрсатилгандек эмас, балки статор ўзагининг чекка қирқим қисми 2 да (10-8-расм) жойлаштирилиши керак. Бундан ташқари, секцияларнинг актив қисмлари ариқчаларда 10-4-расмда кўрсатилгандек ёнма-ён эмас, ўзгармас ток машинасининг якори сингари икки (пастки ва устки) қатлам қилиб жойлаштирилади (8-9-расм). Фазаларнинг А,



10-6-расм. Асинхрон двигателнинг чулғамсиз статори.



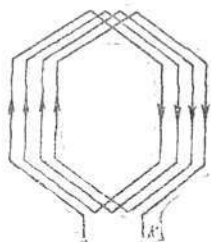
10-7-расм. Статорнинг пўлат варағи.



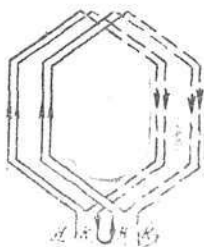
10-8-расм. Статор чулғамининг ариқчаларда жойлаштириши.

В, С бошланиш учлари фазода бири-биридан 120 эл. град суриб (10-8-расм), уларнинг учлари эса тақсимлаш қутиси 3 га жойлаштирилган (10-6-расм).

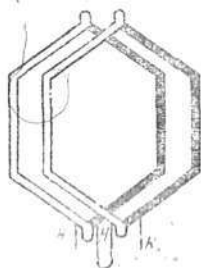
Статор чулғами, ўзгармас ток машиналаридаги сингари, айрим секциялардан тузилади. Ўзгармас ток машинаси якориининг чулғамларида секция ўрамлари сонини иложи борица камроқ қилинганга ҳаракат қилинади. Бунга сабаб шуки, якор секцияси коммутация вақтида ажралади ва туташади ҳамда унда кераксиз ўзиндукция э. ю. к. ҳосил бўлади, бу э. ю. к. ўрамлар сони қанча кўп бўлса, шунча катта бўлади.



10-9- расм. Статор чулғами секцияси.



10-10- расм. Статор чулғамининг икки секциясини улаш.



10-11-расм. Секцияларнинг белгиланиши.

Асинхрон двигателининг коллектори бўлмайди ва ишлан вақтида секциялар узилмайди, шунинг учун уларда ўрамлар сонини катта қилиб олиш мумкин, бу айниқса чулғамда катта э. ю. к. ҳосил қилиш учун муҳимдир.

10-9-расмда статор чулғамининг тўрт ўрамли секцияси кўрсатилган. Бироқ, секция ўрамлари сони катта бўлса, ариқчалар катта бўлиб кетади ва ариқчалар орасидаги ўзак сирти фойдаланилмай қолади (10-4, 10-5, 10-8-расмлар). Шунинг учун секцияларни 10-10-расмда кўрсатилгандек, қисмларга бўлиш афзалдир. Бу ҳолда ҳар бири ўз жуфт-жуфт ариқчаларига жойлаштирилган кетма-кет уланган бир неча секциядан иборат ғалтак ҳосил бўлади. Шу туфайли ариқчалар сони ортади, ариқчаларнинг кенглиги кичрайдиган, ўзакнинг пўлатидан эса яхшироқ фойдаланилади (10-6-расм).

Секцияларнинг барча актив томонлари ариқчаларга икки қатлам қилиб жойлаштирилади: пастки қатлам 10-10-расмда пунктир чизик билан, юқори қатлам эса туташ чизик билан кўрсатилган. Юқори ва пастки қатламларнинг, шунингдек, кўндаланг кесим томонларининг жойлашиши 10-8-расмда кўриниб турибди. Секцияларнинг барча симлари биргаликда изоляция қилинади ва келгусида секция унинг ўрамларининг сонидан қатъи назар бир ўрамли қилиб тасвирланаверади (10-11-расм).

Чулғамдан ўтаётган токнинг частотаси ўзгармас бўлганда, магнит оқимининг айланиш тезлиги, фақат статор чулғами тайёрланган қутблар жуфтининг сонига боғлиқ бўлади. Масалан, $f = 50$ Ғц

ва $p = 1, 2, 3, 4$ ва ҳоказо бўлганда оқимнинг айланиш тезлиги мос равишда $n_1 = 3000, 1500, 1000, 750$ *айл/мин* ва ҳоказо бўлади. Бундан ташқари, берилган p да ҳар бир қутбга ҳар бир фазадан бирор сондаги ариқчалар келиши равшан. Шунинг учун статор ҳамма ариқчаларининг сони қуйидагига тенг бўлиши лозим:

$$z = 2pmq, \quad (10-2)$$

бунда $2p$ —қутблар ёки қутб бўлаклари сони (қутб бўлаклари τ —деб иккита ёнма-ён ётган турли исмли қутбларнинг ўрталари орасидаги ҳамма вақт 180 *эл. град* га тенг бўлган масофага айтилади);

m —чулғам фазалари сони;

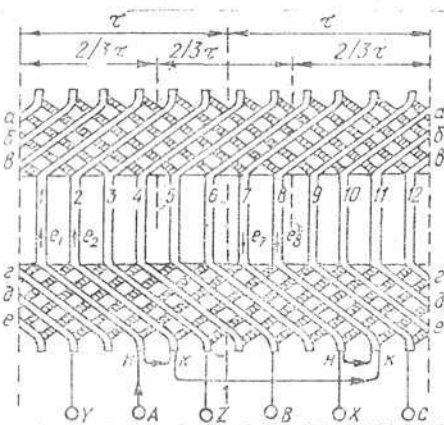
q —қутб ва фазага тўғри келадиган ариқчалар сони, яъни ҳар бир фазанинг ҳар бир қутб бўлагига банд бўлган ариқчалар сони.

$2p = 2, m = 3, q = 2$ бўлсин. 10-2-формулага мувофиқ статор ариқчаларининг сони 12 та бўлади. Ҳар бир ариқчада секциянинг иккита актив томони ётади, бинобарин, секциялар сони ҳам 12 та. Чулғам уч фазали бўлгани учун ҳар бир фаза тўрт секциядан иборат, бу секциялар иккитадан бўлиб кетма-кет уланган иккита ғалтак ҳосил қилади (10-11-расм). Чулғам 10-12-расмда одатда қабул қилинганидек ёйилган ҳолда кўрсатилган, чунки энг содда схемаларни ҳам 10-8-расмдагидек диск кўринишида тасвирлаш жуда қийин.

Айлана ёйилмасида (10-12-расм) икки қутб бўлинмаси τ нинг зоналари кўрсатилган. Ҳар бир қутб бўлинмасида ҳар бир фаза иккита ариқчани эгаллайди, яъни $q = 2$, шунинг учун алоҳида фазаларга тегишли ариқчаларни белгилаш осон. Агар ихтиёрий равишда ариқча 1, 2 лар A фазага тегишли деб олинса, у ҳолда худди шу фазанинг келгуси икки ариқчаси иккинчи қутб бўлинмасида бўлиши, яъни 180 *эл. град* га сурилган бўлади. Бу 7, 8 ариқчалар бўлади. Белгилар секциялар актив томонларининг юқори қатламига қўйилади.

Ғалтакларга уланган 1, 2 ва 7, 8 секцияларнинг э. ю. к. лари қўшилиши керак бўлгани учун улар 10-10-ва 10-11-расмда кўрсатилганидек қилиб уланади. Энди бу икки ғалтак A фазанинг чулғамига уланиши керак. Бироқ, ғалтаклар турли қутб бўлинмаларига жойлаштирилган, бинобарин, уларнинг э. ю. к. лари фаза жиҳатидан 180° га сурилган. Шундай қилиб, фазанинг

$$e_A = e_1 + e_2 + (-e_7 - e_8)$$



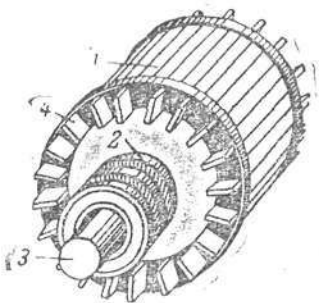
10-12-расм. Статор икки қатламли чулғамининг ёйилмаси.

э. ю. к. ни топиш учун галтакнинг охири 1, 2 ни галтакнинг охири 7, 8 га улаш керак, 10-12-расмда шундай қилинган. Агар А фазанинг учи деб 1 ариқчадан чиққан сим олинса, фазанинг Х охири ариқча 7 дан чиқади.

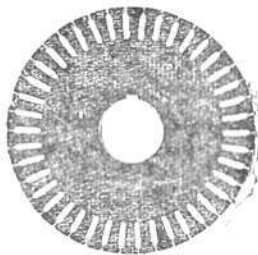
В фазанинг боши ариқча 5 да, яъни А фазанинг бошланишига нисбатан $2/3$ т га, ёки 120 эл. град га сурилган бўлади. ВУ фазага 5, 6 ва 11, 12 ариқчалар тегишли бўлади. С фазанинг бошланиши ариқча 9 да жойлашади, яъни яна $2/3$ т га силжиган бўлади. Сз фазага 9, 10 ва 3, 4 ариқчалар тегишли. Иккинчи ва учинчи фазаларнинг уланиши 10-12-расмда кўрсатилмаган, балки В, С учлари ва У, Z охирлари белгилаб қўйилган, холос. Статор чулғами энергия берувчи тармоққа, трансформатордаги сингари, юлдуз ёки учбурчак шаклида уланади.

10-4. РОТОР ЧУЛҒАМЛАРИ

Асинхрон двигателнинг айланувчи қисми — роторнинг ҳам чулғами бўлади. Бу чулғам статор ўзаги сингари пўлат варақалардан (10-14-расм) йиғилган бўлиб, 1 пўлат цилиндрнинг ариқчаларига жойлаштирилади (10-13-расм). Чулғам фазали бўлиши, яъни



10-13-расм. Асинхрон двигатель роторининг чулғами.

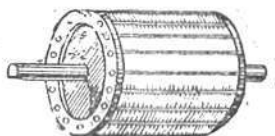


10-14-расм. Роторнинг пўлат варағи.

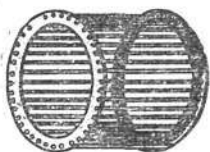
статор чулғамининг тайёрланиш принципи бўйича ясалиши ҳам мумкин. Чулғам фазасига двигателни юргизиб юбориш ёки тезлигини ростлашда зарур бўладиган қўшимча қаршилик (реостат) уланганида шундай қилинади. Чулғам юлдуз шаклида уланади, учлари эса роторнинг вали 3 га кийдирилган ҳамда валдан ва бир-биридан изоляция қилинган учта контакт ҳалқалар 2 га уланади (10-13-расм). Цилиндрнинг чекка кесим учларига двигателни совитувчи вентиляторларнинг парраклари 4 маҳкамланади. Бундай двигатель фаза роторли ёки ҳалқали двигатель деб аталади.

Қўпинча двигателлар қисқа туташтирилган қилиб ясалди, уларда пўлат стержень ариқчаларида мис стерженлар бўлиб, улар чекка кесимлардаги мис ҳалқаларга қисқа туташтирилган бў-

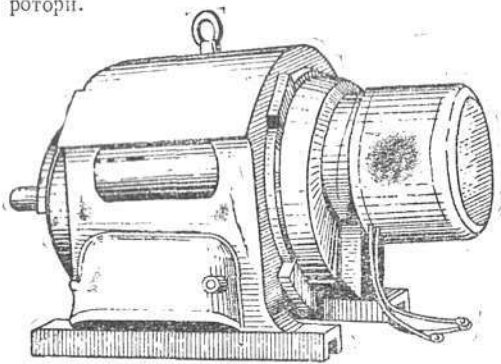
лади (10-15-расм). Чулғам 10-16-расмда алоҳида қилиб кўрсатилган қафас кўринишида бўлади. 100 кВт гача двигателларда бу чулғам ариқчаларига алюминий қуйиб ясаллади. Бунда 10-13-расмда кўрсатилганидек, чекка ҳалқалар ва двигателни совитувчи вентилятор парраклари ҳам бир вақтда бира тўла қўйиб қўйилади. Двигателнинг ҳалқалари ва ташқи совитиш қисми билан қисқа туташтирилган ҳолдаги кўриниши 10-17-ва 10-18-расмларда кўрсатилган.



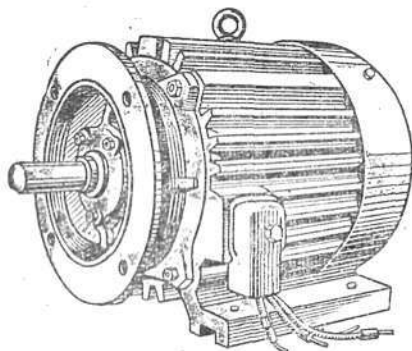
10-15-расм. Қисқа туташтирилган двигатель ротори.



10-16-расм. «Олмахон» ғилдирағи.

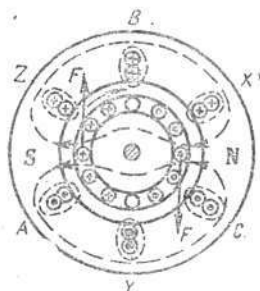


10-17-расм. Уч фазали ҳалқали асинхрон двигатель.



10-18-расм. Уч фазали қисқа туташтирилган асинхрон двигатель.

Статорга берилган U_1 тармоқ кучланиши (10-19-расм) таъсирида унинг чулғамида I_1 ток ўтади, бу токнинг оний йўналиши a пайтга мос равишда (10-2-расмда) кўрсатилган. Бу ток статор ва ротор орқали туташувчи айланувчан Φ магнит оқими ҳосил қилади. Бу оқим трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамида ҳосил қилганидек, иккала чулғамда ҳам



10-19-расм. Асинхрон двигателнинг $\cos \psi_2 = 1$ бўлгандаги иши.

E_1 ва E_2 э. ю. к. ҳосил қилади. Шундай қилиб, асинхрон двигатель айланувчи магнит оқими э. ю. к. ҳосил қиладиган уч фазали трансформаторга ўхшайди.

Оқим соат стрелкаси ҳаракати йўналишида айланаётган бўлсин. E_2 э. ю. к. таъсирида ротор чулғамида йўналиши 10-19-расмда кўрсатилган I_2 ток ўтади; бу ток фаза жиҳатидан E_2 билан бир хил дейлик. I_2 ток ва Φ оқимнинг ўзаро таъсиридан роторни магнит оқими айланиши кетидан айлантирувчи F электромагнит кучлар вужудга келади. Шундай қилиб, асинхрон двигателни иккиламчи

чулғами айланувчи ва $E_2 I_2 \cos \psi_2$ қувватни механик қувватга айлантира олувчи трансформатор дейиш мумкин.

Ротор ҳамма вақт айланувчи магнит оқимидан орқада қолади, чунки фақат шу ҳолдагина E_2 э. ю. к. ва, бинобарин, I_2 ток ҳамда F кучлар вужудга келиши мумкин. Роторнинг айланиш йўналишини ўзгартириш учун оқимнинг айланиш йўналишини ўзгартириш керак. Бунинг учун тармоқдан статорга ток келтирувчи ихтиёрий иккита симнинг ўрнини алмаштириш кифоя. Бу ҳолда фазаларнинг кетма-кетлиги ABC дан ACB га ёки BAC га ўзгаради ва оқим қарама-қарши томонга айланади.

10-6. РОТОРНИНГ СИРПАНИШИ

Асинхрон двигателнинг ротори ҳамма вақт айланувчи магнит оқимидан орқада қолиши кераклиги юқорида айtilган эди. Оқимнинг айланиш тезлиги n_1 билан белгиланади, $p = \text{const}$ ва $f_1 = \text{const}$ бўлгани учун бу тезлик ўзгармас. Роторнинг айланиш тезлигини n_2 билан белгилаш мумкин.

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \text{ ёки } S\% = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\% \quad (10-3)$$

катталики сирпаниш дейилади.

Назарий жиҳатдан сирпаниш 1 дан 0 гача ёки 100% дан 0 гача ўзгаради, чунки биринчи ишга тушириш моментидан ротор қўзғалмай турганда $n_2 = 0$, агар ротор оқим билан синхрон айланыпти деб фараз қилсак, $n_2 = n_1$.

Валга бериладиган нагрузка қанча катта бўлса, шунчалик катта тормозлаш моменти катта айлантирувчи момент билан мувозанатланиши лозим. Бу фақат I_2 ни, демак, E_2 ни кўпайтирилганидагина бўлиши мумкин. Қуйида E_2 нинг n_2 камайганида, яъни S кўпайтирилганида кўпайиши кўрсатилади. Шундай қилиб, валга берилган нагрузка ортганида роторнинг тезлиги n_2 камаяди. Номинал S_n нагрузкада асинхрон двигателларда сирпаниш 1 дан 6% гача тенг бўлади; кичик рақамлар катта қувватли двигателларга тегишли.

10-7. РОТОР ЧУЛҒАМИДАГИ Э. Ю. К. ВА ТОКНИНГ ЧАСТОТАСИ

Магнит оқими n_1 тезлик билан, ротор эса n_2 тезлик билан айланади. Маълумки, ротордаги э. ю. к. ва токнинг частотаси оқимнинг роторга нисбатан айланишига, яъни $n_1 - n_2$ катталиikka пропорционал бўлади. У ҳолда

$$f_2 = \frac{P(n_1 - n_2)}{60} = \frac{Pn_1 S}{60} = f_1 S. \quad (10-4)$$

Ротор ҳаракатланмаганида $f_2 = f_1 \cdot 1 = f_1$; агар ротор синхрон айланаётган бўлса, $f_2 = f_1 \cdot 0 = 0$. Номинал айланиш тезлигида, яъни $S_n \approx 2-4\%$ бўлганда f_2 частота жуда кичик: $f_2 = f_1 S = 50 \cdot 0,02 \div 50 \times 0,04$, яъни 1—2 Ғц.

10-8. СТАТОР ВА РОТОР ЧУЛҒАМЛАРИНИНГ ЭЛЕКТР ЮРИТУВЧИ КУЧЛАРИ

Агар ротор ҳаракатсиз бўлса, у ҳолда статор ва ротор чулғамларида, трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамларидаги сингарн,

$$E_1 = 4,44 f_1 \omega_1 \Phi_m k_1; \quad (10-5)$$

$$E_2 = 4,44 f_1 \omega_2 \Phi_m k_2 \quad (10-6)$$

электр юритувчи кучлар вужудга келади. Бу k_1 ва k_2 коэффициентларда статор ва роторнинг цилиндрик сиртлари бўйлаб тақсимланган чулғамларнинг хусусиятларини назарга олиш билан фарқ қилади. Ротор айланганида унинг э. ю. к. ҳамма вақт ўзгариб туради, чунки $f_2 = f_1 \cdot S$. Бу ҳолда айланувчи роторнинг э. ю. к.

$$E_{2s} = 4,44 f_2 \omega_2 \Phi_m k_2. \quad (10-7)$$

Бу э. ю. к. ни роторнинг айланмаётганидаги э. ю. к. орқали ифодалаш қабул қилинган:

$$\frac{E_{2s}}{E_2} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{f_1 S}{f_1} = S$$

ёки

$$E_{2s} = E_2 \cdot S. \quad (10-8)$$

Бинобарин, роторнинг электр юритувчи кучи двигателнинг ишлаш процессида жуда кучли ўзгаради. $S = 1$ бўлганда, $E_{2s} = E_2$, $S = 0$ бўлганда эса $E_{2s} \cdot S = 0$.

Трансформатордаги сингари, статор оқимининг бир қисми сочилиш йўллари билан, яъни роторга кирмасдан статор симлари атрофидан туташади (10-19). Бу оқимлар x_1 чулғамнинг реактив (индуктив) қаршилигини вужудга келтириши равшан. Ротор чулғамидан ток ўтганида ротор чулғами симлари атрофида ҳам шундай сочилиш оқимлар вужудга келади. Бу оқимлар роторнинг x_2 қаршилигини ҳосил қилади.

Ротор айланмаётганда

$$x_2 = \omega_1 L_2 = 2\pi f_1 L_2.$$

Ротор айланаётганда

$$x_{2s} = 2\pi f_2 L_2 = 2\pi f_1 S L_2.$$

У ҳолда

$$\frac{x_{2s}}{x_2} = \frac{f_1 S}{f_1} = S$$

ёки

$$x_{2s} = x_2 S. \quad (10-9)$$

Бундан двигателнинг иш режими ўзгарганида роторнинг реактив қаршилиги ротор айланмаганидаги $x_{2s} = x_2 \cdot 1 = x_2$ катталиқдан ротор синхрон айланганидаги $x_{2s} = x_2 \cdot 0 = 0$ катталиқкача узлуксиз ва жуда кучли ўзгариши келиб чиқади.

Нормал ясалган двигателларда частота 50 *гц* дан 0 гача ўзгарганида роторнинг актив қаршилиги ўзгаришини назарга олмаслик мумкин ва $r_2 = \text{const}$ деб ҳисоблаш керак.

10-10. РОТОР ЧУЛҒАМИДАГИ ТОК

Ротор чулғамининг э. ю. к. ва реактив қаршилигининг ўзгариши ҳақида юқорида баён қилинган фикрлардан айланиш тезлиги ўзгарганида ротордаги ток

$$I_2 = \frac{E_{2s}}{\sqrt{r_2^2 + x_{2s}^2}} \quad (10-10)$$

ҳам ўзгаради деган хулосага келиш мумкин. E_2 жуда катта, чулғамнинг x_2 реактив қаршилиги одатда r_2 актив қаршилигидан 8-10 марта катта бўлгани учун I_{210} юргизиш токи катта бўлиши ва э. ю. к. дан каттагина ψ_2 бурчакка орқада қолиши керак. Ротор айланганида E_{2s} ва x_{2s} камаяди. Бунинг натижасида I_2 ток ва ψ_2 бурчак ҳам камаяди. Бу нарса жуда муҳим, чунки трансформатор билан асинхрон двигатель орасидаги асосий фарқ ана шунда (10-12-§).

Уч фазали I_1 ток статорнинг уч фазали чулғамидан ўтиб, $n_1 = \frac{f_1 \cdot 60}{p}$ тезлик билан айланувчи F_1 магнитловчи кучни ҳосил қилади (10-4, 10-5-расмлар). Роторнинг уч фазали токи I_2 роторнинг уч фазали чулғамида ротор атрафида $n_2 = \frac{f_2 \cdot 60}{p}$ тезлик билан айланувчи F_2 магнитловчи кучни ҳосил қилади. Роторнинг ўзи магнитловчи куч томонга n_2 тезлик билан айланади. У ҳолда F_2 магнитловчи кучнинг статорга нисбатан айланиш тезлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$\begin{aligned} n_2 + n_3 + n_2 + \frac{f_2 \cdot 60}{p} &= n_2 + \frac{f_1 \cdot S \cdot 60}{p} = \\ &= n_2 + n_1 S = n_2 + n_1 \frac{n_1 + n_2}{n_1} = n_1. \end{aligned}$$

Шундай қилиб, F_1 ва F_2 магнитловчи кучлар бир хил n_1 тезлик билан айланади ва бир-бирига нисбатан қўзғалмас ҳамда биргаликда Φ магнит оқимини ҳосил қилади. Бинобарин, 9-4-§ да ва ҳамда 9-9-расмларда келтирилган барча нарсалар асинхрон двигател учун ҳам ўринлидир.

Шуни қайд қилиш керакки, ротор ва статор орасидаги ҳаво вазори туфайли двигателнинг салт юриш токи (9-7-расм) жуда катта (20—40)% $I_{1н}$ бўлади. Бинобарин, тармоқнинг $\cos \varphi_1$ сини яхшилаш учун двигателни тўла нагрузкалаш лозим.

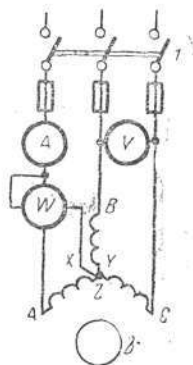
10-12. ДВИГАТЕЛНИ АЙЛАНТИРУВЧИ МОМЕНТ

Ўзгармас ток двигателларида айлантирувчи момент $M \equiv \Phi I_2$ ифода билан белгиланади, яъни у оқимга ва якордаги токка пропорционал бўлади. Асинхрон двигателда моментни Φ айланувчи оқим ва ротор токи I_2 ҳосил қилади. Уни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$M = \Phi I_2 \cdot \cos \psi_2. \quad (10-11)$$

Демак, момент оқимга ва ротор токининг актив ташкил этувчиси $I_2 \cos \psi_2$ га пропорционал, чунки қувватни токнинг фақат актив ташкил этувчиси-гина аниқлайди. Бинобарин, у моментни ҳам аниқлайди.

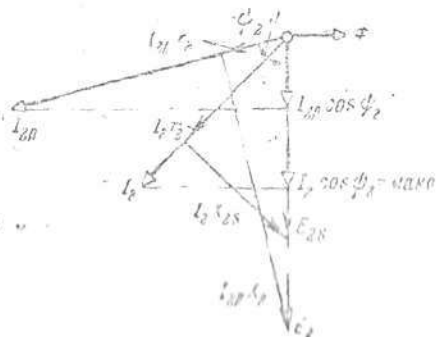
10-20-расмда қисқа туташтирилган двигателни улаш схемаси кўрсатилган. Агар I рубильникни улаб, двигател юргизилса, юргизишнинг биринчи $n_2 = 0$ ва $S = 1$ бўлган моментиди ротор 2 да ҳосил қилинган э. ю. к. E_2 ва юргизиш токи $I_{2ю}$ максимал бўлади. Бироқ, юргизиб юбориш momenti $M_{ю}$ максимал эмас, [максималдан 2—2,5 марта кичик бўлади. Ротор занжири учун 9-9-расмда тасвирлангандагига ўхшаб ясал-



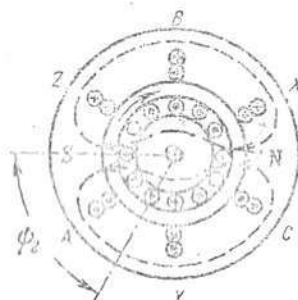
10-20-расм. Қисқа туташтирилган асинхрон двигателнинг улаш схемаси.

ган вектор диаграмма бунинг сабабини кўрсатиб беради (10-21-расм). Одатда роторда x_2 қаршилик r_2 дан кўп марта катта ва I_{20} ток E_2 кучланишдан орқада қоладиган ψ_2 бурчак катта бўлади. Шу сабабли токнинг актив ташкил этувчиси $I_{20} \cos \psi_2$, демак, $M_{ю}$ юргизиш юбориш моменти кичик бўлади. Ҳозирги замон асинхрон двигателларида $\frac{M_{ю}}{M_n} = 1 - 1,5$, ҳолбуки $\frac{I_{20}}{I_n} \approx 4,5 - 6,5$.

10-19 ва 10-22-расмда худди шу ҳодисанинг ўзи бошқача тushунирилади. Двигателнинг иш принципини баён қилишда (10-19-



10-21-расм. Ротор занжирининг вектор диаграммаси.



10-22-расм. Юргизиш пайтида двигатель роторидаги ток.

расм), I_2 ток фаза жиҳатидан E_2 э. ю. к. га мос тушади, яъни ψ актив ($\psi_2 = 0$) деб фараз қилинган эдн. 10-22-расмда ротор симларида э. ю. к. йўналиши 10-19-расмда белгиланганига мос тушган, токнинг э. ю. к. дан ψ_2 бурчакка орқада қолган юргизиш пайти кўрсатилган. У вақтда роторнинг олтига сими (N қутб остида учта ва S қутб остида учта) оқимнинг айланиши йўналишида куч ҳосил қилади, иккита сим эса акс таъсир этувчи куч ҳосил қилади. Натижада I_2 ток билан E_2 э. ю. к. фазалари орасидаги силжиш қанча катта бўлса, айлантирувчи момент шунча кичик бўлади.

Роторнинг айланиши тезлашган сари ротор чулғамининг $x_{2S} = x_2 \cdot S$ реактив қаршилиги камаяди, шу билан бирга қаршилик $r_2 \approx \text{const}$ бўлгани учун ψ_2 бурчак ҳам камаяди. Шундай вазият вужудга келадиги (10-21-расм) бунда бирор $S_m \approx 0,1 - 0,15$ сирпанишда $x_2 S$ реактив қаршилик r_2 актив қаршиликка, бурчак эса $\psi = 45^\circ$ га тенг бўлади ва E_{2S} э.ю.к. кучланишининг $I_2 r_2$ ва $I_2 x_{2S}$ дан иборат иккала тенг тушишини мувозанатлайди. Бу вақтда I_2 токнинг бирмунча камайишига қарамай, токнинг $I_2 \cos \psi_2$ актив ташкил этувчиси ва айлантирувчи M_m момент максимал қийматга эришади. Одатда $\frac{M_m}{M_n} = 1,8 - 2,5$ бўлади ва ўта нагрузка қобиляти дейилади.

Ротор янада тез айланганда x_{2S} қаршилиқ r_2 дан анча кичик бўлади ва уни назарга олмасдан ротор токини актив ($I_2 \approx I_2 \cos \varphi_2$) деб ҳисоблаш мумкин. $E_{2S} - E_2 S$ ҳам камаё боргани учун I_2 ток билан бирга айлантирувчи момент ҳам камаёди. Двигатель салт ишлаганида айланиш тезлиги максимал бўлади ва бунда $n_2 \approx n_1$, $S \approx 0$ бўлади. Айлантирувчи моментнинг сирпанишга боғлиқлиги $M = f(S)$ 10-23-расмда тасвирланган.

Двигатель эгри чизиқнинг сирпаниш S нолдан S_M гача бўлган оралиқдагина нормал ишлайди, чунки бу ҳолда тормозловчи момент, демак, S айлантирувчи момент ҳам ортади. $S = S_M$ дан $S = 1$ гача оралиқда двигателнинг ишлаши барқарор бўлмайди. Одатда M_H номинал момент номинал $S_H = 1 - 6\%$ сирпанишга мос келади.

Авалл кўрсатиб ўтилганидек (9-14-§), Φ оқим трансформаторга келтириладиган U_1 кучланишга пропорционал бўлади. Бу айтилганлар асинхрон двигатель учун ҳам ўринли. $M \equiv \Phi I_2 \cos \varphi_2$ бўлгани учун қуйидагини ёзиш мумкин:

$$I_2 \cos \varphi_2 = E_{2S} = \Phi = U_1,$$

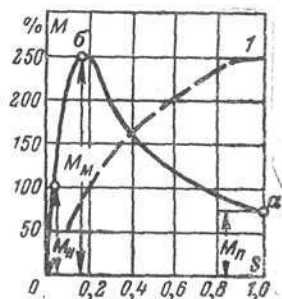
Бундан асинхрон двигателлар учун жуда муҳим бўлган қуйидаги хулосани чиқариш мумкин:

$$M \equiv U_1 U_1 \equiv U_1^2, \quad (10-12)$$

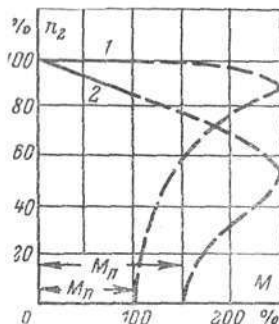
яъни айлантирувчи момент статорга келтирилган кучланишнинг квадратиға пропорционал. Шундай қилиб, тармоқда кучланиш, масалан $0,9 U_{1н}$ га камаёганида момент $0,9 \cdot 0,9 M_H = 0,81 M_H$ га камаёди ва нагрузкали двигатель тўхтаб қолиши мумкин. Асинхрон двигателлар ток оладиган тақсимловчи тармоқларда кучланиш тушишини нормалаш қисман ана шу билан тушунтирилади.

Амалда истеъмолчини қўпинча двигателнинг механик хараактеристикаси,

$U_1 = \text{const}$ ва $f_1 = \text{const}$ бўлганда, $n_2 = f(M)$ қизиқтиради. Фойдаланишга қулай бўлиши учун ўқлар бўйлаб $\frac{n_2}{n_1} \cdot 100\%$ ва $\frac{M}{M_H} \cdot 100\%$, қийматлар қўйилади. Бу хараактеристикани 10-23-расмни осонгина қайта ясаш билан ҳосил қилиш мумкин, у 10-24-расмда кўрсатилган ва



10-23-расм. Двигатель айлантирувчи моментнинг сирпанишга боғлиқлиги.



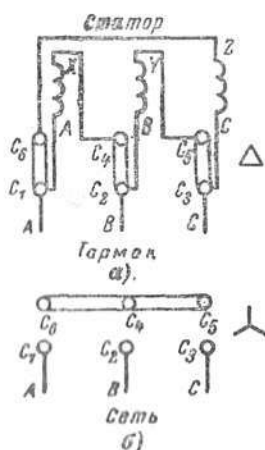
10-24-расм. Двигателнинг механик хараактеристикаси.

характеристиканинг ишчи қисми туташ чизик билан белгиланган. Нормал қурилган двигателлар учун ясалган 1 эгри чизик асинхрон двигателнинг тезлик ҳарактеристикаси параллел уйғотишли ўзгармас ток двигателининг тезлик характеристикаси сингари қаттиқ бўлишини кўрсатади. Айланиш тезлигини ростловчи фаза роторли асинхрон двигателнинг характеристикаси бирмунча юмшоқроқ бўлади (2 эгри чизик). Бундай двигателлар, масалан, кранли ва кўтариш қурилмаларида ишлатилади.

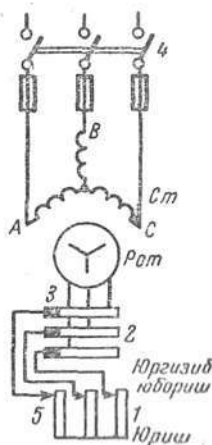
10-13. АСИНХРОН ДВИГАТЕЛЛАРНИ ЮРГИЗИБ ЮБОРИШ

Статор чулғамининг A, B, C, X, Y, Z чиқишлари двигателнинг шчитига уланади, шчитда стандартга мувофиқ равишда уларнинг бошлари C_1, C_2, C_3 ва охирлари C_4, C_5, C_6 билан белгиланган бўлади. Чиқишлар уларни 10-25-а ва б расмда кўрсатилганидек, юлдуз ёки учбурчак шаклида улаш қулай бўладиган қилиб жойлаштирилади.

Статор ҳар бир фазасининг чулғамлари маълум фаза кучланиши U_ϕ га мўлжалланган. Шу сабабли чулғамни юлдуз ёки учбурчак шаклида улаш билан двигателни кучланишлари бир-биридан $\sqrt{3}$ марта фарқ қилувчи тармоқларга улаш мумкин. Масалан, агар $U_\phi = 127$ в бўлса, статорни учбурчак шаклида улашда уни $U_1 = 127$ в кучланишли тармоққа улаш керак. Агар $U_1 = 220$ в бўлса, у ҳолда статор чулғамларини юлдуз шаклида улаш лозим. Худди шунингдек, бошқа двигателни $U_\phi = 220$ в ва $U_1 = 380$ в бўлган тармоқларга улаш мумкин.



10-25-расм. Статор чулғам-
ни тутқичларининг жой-
лашшини.



10-26-расм. Ҳалқа-
ли асинхрон двига-
телнинг схемаси.

а) Фаза роторли (ҳалқали) асинхрон двигатель ротор занжирига уланган реостат ёрдамида ишга туширилади (10-26-расм). Ротор ҳалқалари 2 га чўтка 3 лар ёрдамида уланган реостат 1 нинг қаршилиги (юргизиб юбориш) энг катта қийматиға эға эканлигига қаноат ҳосил қилинганч рубильник 4 уланади. Ротор тезлаша борган сари унинг э.ю.к. ва токи узлуксиз камаё боради. Натижада қўзғалувчан контакт 5 ни босқичма-босқич суриш билан реостат 1 нинг қаршилигини камайтириш имкони туғилади. Юргизиб юборишнинг охирида ротор қисқа туташган (ишга тушган) бўлиб қолади. Реостат фақат двигательни юргизиб юбориш вақтига ҳисобланган. Баъзи вақтда чўткаларнинг ҳалқаларга ишқаланишидан бўладиган исрофни камайтириш мақсадида двигательга ҳалқаларни қисқа туташтирувчи ва юргизиб юбориш охирида чўткаларни ҳалқалардан кўтариб қўювчи мослама ўрнатилади. Бироқ кейинги вақтларда двигательни ишлатишда дуч келинадиган ноқулайликлар туфайли бундай мосламалардан воз кечилмоқда. Қуйидаги мақсадларни кўзда тутиб ротор занжирига r_p қаршилиқ уланади: роторда, демак, статorda юргизиб юбориш токини камайтириш ва актив қаршилиқ $r_2 + r_p$ ни x_2 қийматгача орттириб, $I_2 \cos \varphi_2 = \text{макс.}$ ҳосил қилиш (10-21-расм) ва бу билан юргизиб юбориш моментини кўпайтриш (10-23-расмдаги 1 эгри чизиқ). Двигательни тўхтатишда ротор қисқа туташтирилган ҳолда ток берувчи тармоқдан узилиши керак.

б) Қиёсқа туташтирилган двигатель тўғридан-тўғри тармоққа улаш билан юргизиб юборилади (10-20-расм). Бу усулнинг камчилиги юргизиб юбориш momenti нисбатан кичик $M_{ю} = (1 - 1,5) M_n$ бўлгани ҳолда, юргизиб юбориш токининг анча катта (4,5 — 6,5) $I_{1н}$ бўлишидир.

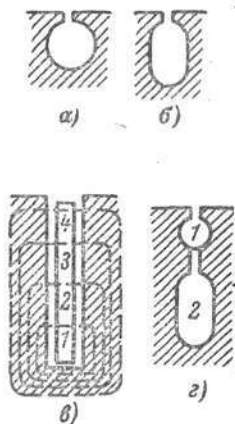
Ротори 9-15 ва 9-16-расмда кўрсатилган жуда кичик қувватли двигательларнинг ариқчалари доиравий шаклда бўлади (10-27-а расм). Бу ариқчаларга қаршилиқлари x_2 қаршилиққа нисбатан катта бўлган мис стерженлар жойлаштирилган, шу сабабли двигательларнинг юргизиб юбориш momenti ҳам етарлича катта бўлади.

Қуввати 2 — 3 *квт* дан катта бўлган двигательларда ротор ариқчаларининг шакли 10-27-б расмда кўрсатилгандек бўлади, қуввати 20 — 30 *квт* дан ҳам катта бўлган двигательларда эса ариқчалар яна ҳам чуқурроқ. Бу ариқчалар алюминий қуймаси билан тўлдирилган бўлади. Двигательларнинг қуввати 120 — 150 *квт* дан ортиқ бўлганда ариқчалар тор чуқур тирқешлар шаклида қилиниб (10-27-в расм), уларга ингичка баланд мис стерженлар ётқизилади.

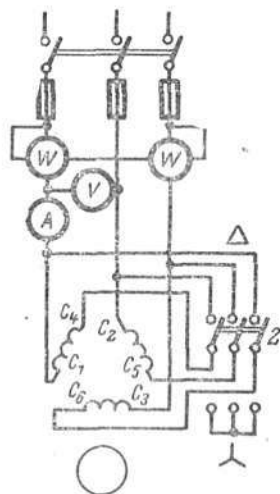
Чуқур ариқчалар қилишининг маъноси қуйидагича. Юргизиб юборишнинг дастлабки оннда, $f_2 = f_1$ бўлганда, чуқур ариқчада ётган сим магнит чизиқлари билан 10-27-в расмда кўрсатилгандек ўраб олинади. Симнинг ариқча тубида ётган 1 қисмини энг кўп сондаги чизиқлар ўраб олади, 2, 3, 4 қисмларини кам чизиқлар ўраб олган, яъни уларнинг ариқча тубидан қанча узоқ бўлса, шунча кам сондаги чизиқлар ўраб олади. Шунинг учун сим метали пастки қатламларининг индуктив қаршилиги юқори қатламларининг индуктив қаршилигидан анча катта ва $f_2 = f_1$ бўлганда роторнинг

барча токи ариқча сиртига сиқиб чиқарилади. Бунда симнинг кесимидан тўла фойдаланилмайди, чулғамнинг актив қаршилиги r_2 катталашади ва юргизиб юбориш моменти катта бўлади. Ротор тезлаша борган сари частота $f_2 = f_1 S$ камаяди, токни сиқиб чиқариш ҳодисаси тўхтайди ва r_2 автоматик равишда камаяди. Юргизиб юбориш ротор занжирида реостати бўлган асинхрон двигателни юргизиб юборишга ўхшайди.

М. О. Доливо-Добровольский роторида икки қатлам ариқчалар



10-27-расм. Асинхрон двигателлар роторларининг ариқчалари.



10-28-расм. Статорни юлдуздан уч бурчакка қайта улаш йўли билан двигателни юргизиш схемаси.

бўлган двигателни таклиф қилган эди (10-27-г расм). Устки 1 ариқчаларда $r_2 > x_2$ бўлган ва жез ёки бронзадан қилинган қисқа туташтирилган чулғам жойлаштирилади. Пастки ариқчалар 2 да $x_2 > r_2$ бўлган бошқа қисқа туташтирилган чулғам жойлаштирилган. Юргизиб юбориш вақтида, $f_2 = f_1$ бўлганда, айлантирувчи момент асосан актив ток ўтадиган устки чулғам томонидан вужудга келтирилади, чунки r_2 катта. Бу юргизиб юбориш чулғами дейилади. Пастки чулғамда x_2 индуктив қаршилиқ катта бўлгани учун юқорида баён қилинган сиқиб чиқариш сабабига кўра ток кам. $f_2 \approx 0$ бўлган ишчи ҳолатида ток асосан пастки чулғам орқали оқади, чунки унинг r_2 актив қаршилиги кам. Момент ишчи чулғами деб аталувчи ана шу чулғам томонидан ҳосил қилинади.

СССР нинг ҳозирги замон завод ва электр станцияларида катта қувватли тармоқларнинг мавжудлиги қуввати бир неча юз киловатт бўлган қисқа туташтирилган двигателлардан фойдаланиш имконини беради. Одатда уланаётган қисқа туташтирилган двигателнинг қуввати двигателни юргизиб юбориш вақтида унга ток бераётган тармоқда кучланишнинг мумкин бўлган тушишига боғлиқ бўлади.

Қисқа туташтирилган двигателлар тузилишининг соддалиги, ишлатишнинг қулайлиги ва нисбатан арзонлиги туфайли кенг тарқалган.

Статори учбурчак усулида улашиб ишлатган қисқа туташтирилган двигателларнинг юргизиб юбориш токини камайтириш учун кўпинча юргизишнинг биринчи босқичида статорни қайта юлдуз усулида улаш схемасидан фойдаланилади (10-28-расм). Агар переключателнинг 2 пичоқлари пастга

туташтирилса ва сўнгра $1/\sqrt{3}$ рубильник уланса, фазадаги кучланиш номинал кучланишдан $\sqrt{3}$ марта кам бўлади ва ток тахминан 3 марта камаяди. Ротор айлана бошлаганида переключатель пичоқлари юқорига тортиб қўйилади ва двигатель номинал кучланишда ишлайди. Бундай юргизиб юбориш юргизиш моментини тахминан 3 марта, яъни U_1^2 га пропорционал камайтиради ва двигатель деярли салт ҳолда юргизиб юбориладиган жойларда, масалан вентилятор юритмасида ишлатилади.

Қисқа туташтирилган двигателлар статорни тармоқдан оддийгина ажратиш билан тўхтатилади.

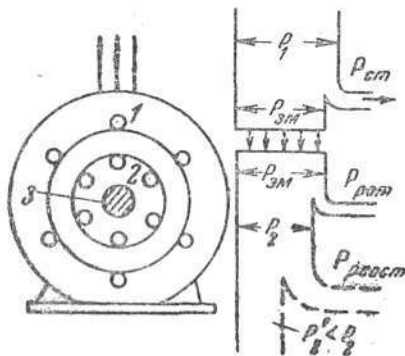
10-14. АСИНХРОН ДВИГАТЕЛНИНГ АЙЛАНИШ ТЕЗЛИГИНИ РОСТЛАШ

Асинхрон двигатель асосан айланиш тезлигини ростлаш талаб қилинмайдиган механизмлар приводида ишлатилади. Асинхрон двигатель айланиш тезлигини ростлаш энергиянинг анча исроф бўлишига олиб келади ёки махсус конструкциядаги двигателларни ишлатишни талаб қилади.

Ҳалқали двигатель тезлигини ростлаш принципи 10-29-расмда тушунтирилади. Двигателнинг статори 1 га P_1 қувват берилади, у эса ўнгдаги энергетик диаграммада кўрсатилган. Статорда исроф бўладиган $P_{ст}$ қувватни айланиш ташлаганда айланувчи оқимнинг $P_{эм} = M\omega_1$ қуввати қолади, бу қувват электромагнит қувват деб юритилади; у ротор 2 га берилади. Двигателнинг 3 валидаги $P_2 = M\omega_2$ қувватни ҳосил қилиш учун электромагнит қувватдан ротордаги исрофлар P_p ни айланиш керак. Реостатни улаб (10-26-расм), ротор занжиридаги исрофларни сунъий равишда кўпайтириш билан P_2 ни камайтириш мумкин, бу 10-29-расмда пунктир чизиқ билан кўрсатилган. Агар двигатель айлантираётган механизмнинг қаршилик моменти доимий бўлса, у ҳолда двигателнинг айлантирувчи моменти ҳам доимий бўлади ва $P_2 = M\omega_2$ нинг камайтириши айланиш тезлигининг камайтириши ҳисобига бўлади. Айни ҳолда масалан, тезликни 20% га камайтириш керак бўлса, реостатни қиздиришга энергиянинг 20% ини исроф қилиш лозим бўлади.

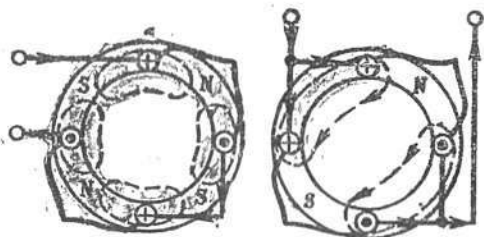
Қисқа туташтирилган двигателлар тезлигини ростлашнинг иккинчи усули оқимнинг айланиш тезлигини ўзгартиришдир:

$$n_1 = \frac{f_1 60}{P}.$$



10-29-расм. Асинхрон двигателнинг энергетик диаграммаси.

Бунинг учун n_1 тезликни босқичлаб (3000 — 1500 *айл/мин*, 1000 — 500 *айл/мин*, яъни икки марта ўзгартиришга имкон берадиган кўп тезликли махсус двигателлар мавжуд. Чулғамнинг ҳар бир фазаси тенг икки қисмга бўлиниши ва улар ё параллел, ёки кетма-кет уланиши мумкин (10-30-расм). Параллел уланганда n_1 кетма-кет улангандагига қараганда икки марта катта ва бунга мос



10-30-расм. Икки тезликли двигатель чулғамларининг уланиш схемаси.

равишда ротор тезлиги n_2 ҳам ўзгаради. Тўртта тезлик ҳосил қилиш учун статорга иккита алоҳида чулғам жойланади ва уларнинг ҳар бири ўзининг икки тезлигига уланади. Қутблари қайта уланиши мумкин бўлган двигателлар вентиляторлар ва металл қирқувчи станоклар приводларида ишлатилади. Уларнинг металл қирқувчи станокларда ишлатилиши тезликлар қутисини соддалаштириш имконини беради.

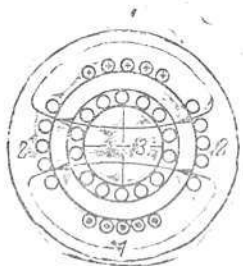
Асинхрон двигателлар жуда кам ҳолларда — махсус қурилмалардагина ўзгарувчан f_1 частотали генератордан ишлайди. Бу ҳолда f_1 ўзгарганида магнит оқимининг n_1 ва роторнинг n_2 тезлиги ўзгаради.

Двигателлар ишлайдиган ток частотасини ўзгартириш билан асинхрон двигателларнинг тезлигини ўзгартириш қобилияти туфайли sanoatда жуда катта айланиш тезлиги керак бўлган соҳаларни қаноатлантириш имкони яратилди; масалан, жуда кичик диаметрли тешикларни силлиқлаш шарикли подшипникларни ишлаб чиқаришда ички қисмларни силлиқлаш ишлари ана шундай катта тезликларни талаб қилади. Бу ҳолларда силлиқлаш доираси шпинделининг айланиш тезлиги 200 000 *айл/мин* га етади. Бундай тезликни бирорта ҳам механик узатма бера олмайди.

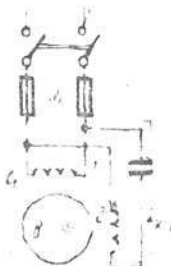
Юқори частотали қисқа туташтирилган двигателлар ана шу сабабларга кўра яратилди. Уларнинг ротори юқори сифатли пўлатдан қилинган бутун цилиндр кўринишида, статори эса юқори частота генераторидан ток оладиган бўлади. $p = 1$ ва $f_1 = 2000$ *Гц* бўлганда айланувчи оқим тезлиги $n_1 = 120\,000$ *айл/мин* бўлади. Агар сирпаниш, масалан, $S = 0,08$ бўлса, роторнинг тезлиги $n_2 = 110\,400$ *айл/мин* бўлади. Бундай электр шпинделларининг конструкция қилишдаги энг қийин масала подшипникларнинг тузилиши ва уларни совитишдир.

Бир хил амплитудали, бир хил частотали, лекин фаза жиҳатидан $1/4$ даврга силжиган, иккита ўзгарувчан ток икки фазали ток системаси дейилади. Фазада 90 эл град га силжитиб жойлаштирилган икки чулғамдан ўтказилган икки фазали ток худди уч фазали ток сингари айланувчи магнит оқими ҳосил қилади.

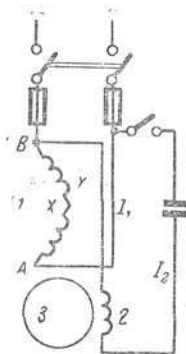
а) Икки фазали асинхрон двигатель автоматика схемаларида кенг тарқалган. Бу двигателнинг статори 1 , 2 да иккита чулғами ва қисқа туташтирилган ротори 3 бўлади (10-31-расм). Двигателни улаш схемаси 10-32-расмда кўрсатилган. Фазалардан бирига конденсатор улаб, I_1 ва I_2 токлар орасида фазалар силжишига эришилади. Фазалар-



10-31-расм. Икки фазали асинхрон двигателнинг тузилиш принципи.



10-32-расм. Икки фазали двигателни юргизиш схемаси.



10-33-расм. Бир фазали асинхрон двигатель схема-си.

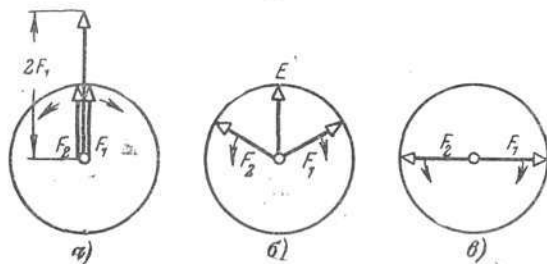
дан бирида ток йўналишини ўзгартириш билан айланиш йўналишини ўзгартириш мумкин, роторнинг тезлигини эса кучланишлардан бирини камайтириш ёки кўпайтириш билан ростланади.

б) Бир фазали асинхрон двигателларнинг қуввати $0,5$ кВт дан ҳам кам бўлади. Бир фазали двигатель статори 1 нинг (10-33-расм) бир фазали ишчи чулғами уч фазали чулғамнинг икки фазасига ўхшаш юлдуз усулида уланган ва қисқа туташтирилган ротори 3 бор. Статор 1 нинг чулғамидан ўтувчи I_1 ўзгарувчан ток пульсланувчи магнит оқими ҳосил қилади, бу оқим юргизувчи момент ҳосил қилмайди. Бу моментни ҳосил қилиш учун статорда ишчи чулғамга нисбатан 90° силжитиб ёрдамчи чулғам 2 жойлаштирилади. Чулғам 2 га конденсатор ёрдамида I_1 токка нисбатан $1/4$ даврга силжитилган I_2 ток берилади. Айланувчи магнит оқими роторни айлантира бошлайди, шундан сўнг ёрдамчи чулғам узиб қўйилади, ротор эса 1 чулғамнинг пульсланувчи оқимида айланишда давом этади. Агар конденсатор орқали уланган чулғам иш даврида узиб қўйилмаса, двигатель конденсаторли деб аталади.

Бундай ҳодиса уч фазали асинхрон двигателда кузатилади. Ишлаб турган двигателнинг фазаларидан бирида сақлагич куйиб қол-

са, фаза узилади, агар роторнинг нагрузкаси номинал нагрузканинг 50 — 55% идан ортмаса, у пульсланувчи магнит майдонида айланишда давом этади. Бироқ уч фазали двигателни унинг бир фазаси узилган ҳолда юргизиш юбориш мумкин эмас.

Бунинг сабаби қуйидагича. 10-34-а расмда икки тенг F_1 ва F_2 магнитловчи кучларнинг векторлари тасвирланган. Улар тенг n_1 тезлик билан турли томонга айланади ва бир давр давомида бир марта айланади. 10-34-а расмда кўрсатилган вазиятда магнитловчи



10-34- расм. Пульсланувчи магнитловчи кучни икки айланувчи кучларга ажратиш.

кучларнинг оний қийматлари йиғиндиси $F_1 + F_2 = 2F_1$ га тенг. Йиғинди магнитловчи кучнинг ўқи бу икки магнитловчи кучларнинг ўқи билан усма-уст тушади. 1/6 даврдан кейин (10-34-б расм) магнитловчи кучлар 60° га бурилади, ва қўшилгач, натижаловчи $\bar{F} = F_1 + F_2$ магнитловчи кучни беради. 1/4 даврдан кейин (10-34-в расм) уларнинг йиғиндиси нолга тенг ва ҳ. к. Бироқ пульсланувчи магнитловчи кучнинг ўқи қўзғалмайди. Бундан иккита айланувчи магнитловчи куч қўзғалмас ўқ бўйлаб ток частотаси билан пульсланувчи ҳамда мусбат ва манфий максимумларига эришувчи йиғинди магнитловчи куч берар экан деган хулоса келиб чиқади. Бу максимумлар икки айланувчи магнитловчи кучларнинг арифметик йиғиндисига тенг бўлади.

Шундай қилиб, агар бир фазали двигатель юргизиш юборувчи чулғамсиз ёки уч фазали двигатель ажратилган фаза билан юргизилса, статорнинг пульсланувчи F_n магнитловчи кучи ҳосил қилган Φ_n пульсланувчи магнит оқимини иккита турли томонга бирхил тезлик билан айланувчи ва ҳар бири ўзининг магнитловчи кучи томонидан ҳосил қилинган тенг оқимларнинг қўшилишидан иборат деб олиш мумкин экан. Оқимлар ротор чулғамида иккита э.ю.к. ва иккита ток ҳамда бу тоқлар билан бирга турли томонга таъсир қилувчи иккита тенг айланувчи момент ҳосил қилади. Табиийки, бу ҳолда ротор айлана олмайди.

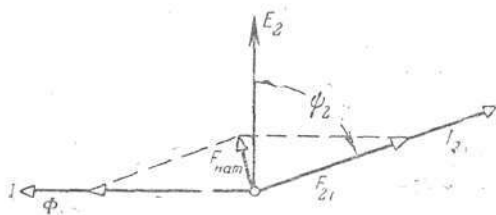
Бироқ роторни бирор йўл билан ихтиёрий томонга айлантирилса, у ҳолда статорнинг ротор билан бир томонга айланаётган оқими уни айлантиришда давом эттиради. Бу оқим ва уни ҳосил қилган магнитловчи куч тўғри оқим Φ_T ва тўғри магнит-

ловчи куч F_T дейилади. Оқим n_2 тезлик билан айланаётган роторда $E_{2\text{тр}}$ э.ю.к. ва $I_{2\text{тр}}$ ток ва натижада уч фазали двигателдаги сингари M_T айлантирувчи момент ҳосил қилади. Бу ҳолда $n_2 \approx n_1$ бўлгани учун сирпаниш $S_T = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \approx 0$ бўлади.

Иккинчи магнитловчи куч ва у ҳосил қилган айланувчи оқим ротор айланишига қарши айланади ва тескари магнитловчи куч $F_{\text{тес}}$ ҳамда тескари айланувчи оқим $\Phi_{\text{тес}}$ дейилади. Бу куч ва оқим роторга нисбатан $n_1 + n_2 \approx 2n_1$ тезлик, яъни $S = \frac{n_1 + n_2}{n_1} \approx 2$ сирпанишда айланади. Статорнинг тескари оқими роторда ҳосил қилган $E_{2\text{тес}}$ ва $I_{2\text{тес}}$ нинг частоталари тахминан $2f_1$ га тенг. Буида роторнинг реактив қаршилиги $x_{2\text{тес}} = 2\pi f_2 L_2$ шунчалик каттаки, $I_{2\text{тес}}$ ток э.ю.к. дан деярли 90° га орқада қолади. Буларнинг ҳаммаси 10-35-расмда кўрсатилган, бунда $F_{\text{тес}}$ ва $\Phi_{\text{тес}}$ статорнинг тескари магнитловчи кучи ва унга мос тескари оқим, $E_{2\text{тес}}$ ва $I_{2\text{тес}}$ эса оқимдан 90° орқада қолган роторнинг э.ю.к. ва э.ю.к. дан деярли 90° орқада қолувчи ток.

Табиийки, $I_{2\text{тес}}$ ўзи роторнинг $F_{2\text{тес}}$ магнитловчи кучини вужудга келтиради. У куч $I_{2\text{тес}}$ билан бир фазада ва статорнинг $F_{\text{тес}}$ магнитловчи кучи билан деярли тескари фазада бўлади. Бу икки магнитловчи куч амалда бир-бирини компенсация қилади ($F_{\text{нат}} \approx 0$) ва тескари оқим жуда кичик. Шу сабабли $I_{2\text{тес}}$ ток ҳосил қилган $M_{\text{тес}}$ айлантирувчи моменти жуда кичик ва двигателнинг натижаловчи айлантирувчи моменти қуйидагича:

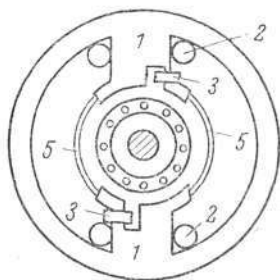
$$M = M_{\text{тўғри}} - M_{\text{тес}} \approx M_{\text{тўғри}}.$$



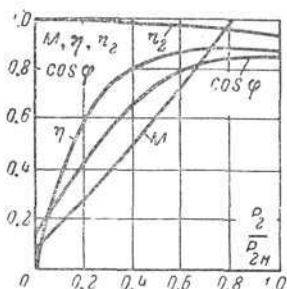
10-35-расм. Тескари айланувчи магнитловчи кучни компенсациялаш диаграммаси.

в) Қутблари экранланган бир фазали асинхрон двигатель 0.5 — 30 *вт* қувватга мўлжаллаб қурилади, унинг тузилиши жуда содда бўлиб, катта юргизиб юборувчи момент талаб қилинмайдиган жойларда кенг ишлатилади. 10-36-расмда 1 қутбларини чиқарилган статор кўрсатилган, бу қутбларга иккита 2 галтакдан иборат бир фазали чулғам жойлаштирилган. Бу чулғам пульс-

ланувчи оқим ҳосил қилади. Қутб чиқиқларининг бир томонида ариқчалар бўлиб, уларга трансформаторнинг иккиламчи чулғами ро-
лини ўйновчи қисқа туташтирилган ҳалқалар киритилган. Бу ҳал-
қаларда фаза жиҳатидан қутблар чулғамидаги токка нисбатан сил-
жиган тоқлар вужудга келади ва чул-
ғамларнинг фазода бир-биридан бир оз
силжиб жойлашганлиги туфайли ҳаво
азорида заиф ўткинчи ток ҳосил бўла-
ди. Қисқа туташтирилган 4 ротор n_1
тезликдан кичик n_2 тезлик билан айлана
бошлайди. Двигателнинг ишчи харак-
теристикасини яхшилаш учун қутблар
орасига пўлат пластинкадан қилинган
5 магнит шунтлар қўйилади.



10-36-расм. Қутблари экраниланган бир фазали двигатель.



10-37-расм. Асинхрон двигателнинг ишчи характеристикалари.

$P_{\text{мех}}$ — ишқаланишдаги исрофлар.

Ротор пўлатидаги исрофларни ҳисобга олмаслик мумкин, чунки f_2 частота нолга яқин.

У ҳолда двигателнинг фойдали иш коэффициенти

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1} \cdot 100\%. \quad (10-15)$$

Асинхрон двигателнинг 10-37-расмда келтирилган ишчи харак-
теристикалари параллел ўйғотишли ўзгармас ток двигателининг ха-
рактеристикаларига ўхшаш. Электр машиналар уларнинг фойдали
иш коэффициентлари номинал нагрузка ёки унга яқин бўлган наг-
рузкада максимум қийматга эришади ан қилиб ясалади.

10-16. АСИНХРОН ДВИГАТЕЛДАГИ ИСРОФЛАР ВА УНИНГ ФОЙДАЛИ ИШ КОЭФФИЦИЕНТИ

Асинхрон двигателнинг тезлигини рўстлаш усулларини баён қилишда 10-29-расмда унинг энергетик диаграммаси кўрсатилган эди. Двигателга бериладиган қувват

$$P = \sqrt{3} U_1 I_1 \cos \varphi_1. \quad (10-13)$$

Агар P_1 дан двигателдаги барча ис-
рофларни айириб ташланса, валдаги фой-
дали қувват қуйидагича бўлади:

$$P_2 = P_1 - (P_{01} + P_{\text{пўл}} + P_{02} + P_{\text{мех}}), \quad (10-14)$$

бунда P_{01} — статор чулғамидаги исроф-
лар;

P_{02} — ротор чулғамидаги исрофлар;

$P_{\text{пўл}}$ — статор пўлатидаги исрофлар;

ёрдамида айлантириладиган синхрон генераторлар турбогенераторлар дейлади, уларнинг айланиш тезлиги одатда $n = 3000, 1500$ *айл/мин* бўлади. Қутблар жуфти сони 1,2 та бўлади.

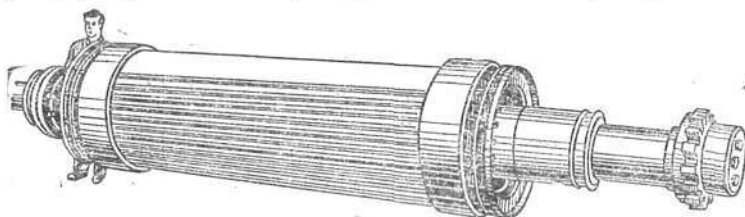
Дарёлар ва сув омборларининг сув энергиясидан фойдаланиб гидравлик турбиналар ёрдамида айлантириладиган синхрон генераторлар гидрогенераторлар дейлади. Бу ҳолда гидравлик турбина тез айлана олмайди, шунинг учун стандарт 50 *гц* частотадаги ток олиш учун гидрогенератор қутблари жуфти сони кўпайтирилади. Масалан, Братск ГЭСининг гидрогенераторларининг қуввати 225 000 *квт* дан, кучланиши 15 750 *в*. $\cos \varphi = 0,85$ бўлиб, қутблар жуфти сони $p = 24$, айланиш тезлиги $n = 125$ *айл/мин*. Красноярск ГЭСининг гидрогенератори 500 000 *квт* қувватга, 15 750 *в* кучланишга мўлжалланган ва $\cos \varphi = 0,85$, $n = 93,8$ *айл/мин* ва қутблар жуфти сони $p = 32$.

Синхрон машиналар ҳам бемаълал катта қувватли асинхрон электр двигателлари ўрнини босиб, электродвигателлар режимида ишлаши мумкин. Улар кучли насослар ва ҳаво дамлари приводларида ишлатилади.

Салт ишлайдиган, шу сабабли енгил механик конструкцияли синхрон двигателлар синхрон компенсаторлар дейлади ва тармоқларнинг $\cos \varphi$ сини ҳамда электр станцияларнинг фойдали иш коэффициентини яхшилашда ишлатилади.

11-2. СИНХРОН МАШИНАНИНГ ТУЗИЛИШИ ВА ИШЛАШ ПРИНЦИПИ

Синхрон машиналарнинг иккита асосий қисми бўлади: э. ю. к. ҳосил бўладиган чулғам жойлаштирилган статор (бу чулғам якорь чулғами дейлади) ва ротор. Нормал қурилган машиналарнинг роторида уйғотиш чулғамли қутблар ўрнатилган бўлади. Статор (якорь) чулғами асинхрон двигателнинг статор чулғамига та-



11-1-расм. Турбогенератор роторининг умумий кўриниши.

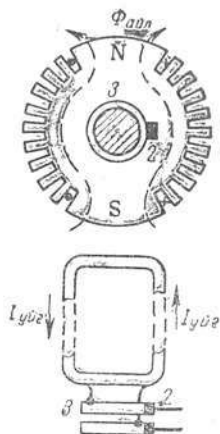
моман ўхшаш бўлади (10-9—10-12-расмлар). Турбогенераторлар ротори ариқчаларига уйғотиш чулғами жойлаштирилган цилиндр кўринишида бўлади (11-1-расм). Ротор ариқчалари ва уйғотиш чулғами секцияси 11-2-расмда схематик равишда тасвирланган. Секция айланивчан машинанинг роторида 11-3-расмда схематик кўрсатилганидек чиқиқ қутблар бўлади.

Барча ҳолларда ҳам 1 уйғотиш чулғамига ток *уйғ.* уйғотувчидан 2 чўткалар ва 3 контакт ҳалқалар орқали келтирилади; уйғотувчи—

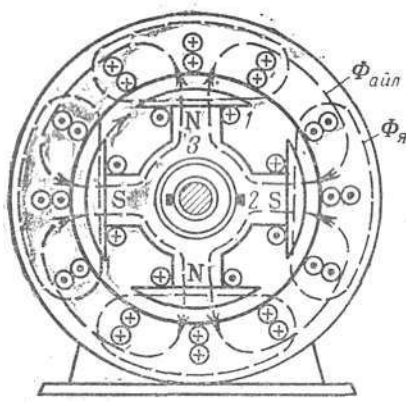
ротор билан умумий валга ёки механик бирлаштирилган валга ўрнатилган параллел уйғотишли махсус ўзгармас ток генераторидир (11-4-расм). Кейинги вақтларда уйғотиш учун ўзгармас ток баъзан симобли ёки ярим ўтказгичли тўғрилагичлардан олинади.

Кам қувватли машиналар баъзан тескари принципда, яъни қутблари қўзғалмайдиган, якорь чулғами эса айланадиган қилиб ясалади.

Генератор қуйидагича ишлайди. Машинанинг роторини бирламчи двигателъ (11-3, 11-4-расм) номинал тезликда айлантириб беради,



11-2-расм. Турбогенератор роторининг чулғамсиз кўриниши ва уйғотиш чулғамининг битта секцияси.



11-3-расм. Секин айланувчи синхрон генератор схемаси.

бу тезлик эса двигателъ тезлигини автоматик ростловчи регулятор ёрдамида бирдай сақлаб турилади. Бундан кейин I ротор чулғамига I_y уйғотиш токи бериб, генератор уйғотилади. Қутбларнинг доимий тезликда айланувчи Φ_a оқими 4 якорь чулғамини кесиб (11-4-расм) унда

$$E_o = 4,44\Phi_a f m k_o \quad (11.1)$$

э. ю. к. ҳосил қилади, бу э. ю. к. салт ишлаш электр юритувчи кучи дейилади.

Синхрон генераторнинг $I = 0$ ва $f = \text{const}$ бўлгандаги салт ишлаш характеристикаси $E_o = f(I_y)$ мустақил уйғотишли ўзгармас ток генераторининг ана шундай характеристикасига батамом ўхшайди.

11-3. УЧ ФАЗАЛИ СИНХРОН ГЕНЕРАТОРНИНГ НАГРУЗКА БИЛАН ИШЛАШИ

Синхрон генераторларда якорь — истеъмолчи занжирдан ўтувчи I нагрузка токи (11-3, 11-4-расм) одатда қутблар оқимлари Φ_a томонидан вужудга келтирилган E_o э. ю. к. га нисбатан бирор ψ

бурчакка силжиган бўлади. Бу силжиш истеъмолчининг z нагрукасига ва генератор параметрларига боғлиқ бўлади. Одатда ток орқада қолади.

Якорь токи I якорининг магнитловчи кучи $F_{\text{я}}$ ни, бу куч эса якорь оқими $\Phi_{\text{я}}$ ни ҳосил қилади (11-3-расм), натижада якорь реакцияси вужудга келади. Агар I ток фаза жиҳатидан э. ю. к. га мос келади деб фараз қилинса (11-3-расм), у ҳолда якорининг групп (учталаб) симлари ҳосил қилган $\Phi_{\text{я}}$ оқими қутб учларига кўндаланг йўналган бўлади. Ўзгармас ток генераторидаги сингари (8-8-§ га қаранг) якорь кўндаланг реакцияси вужудга келади. Бироқ ток орқада қолганда синхрон машинада якорь реакцияси иш режимга ўзгармас ток генераторидагига нисбатан кўпроқ таъсир қилади. Бу ҳолда якорь магнит чизиқларининг бир қисми қутблар бўйлаб туташиб, машинани кучли магнитсизлайди. I ток билан E_0 э. ю. к. орасидаги фаза силжиш бурчаги 90° эл. град га қанча кўп яқинлашса, якорининг бу бўйлама реакциясининг таъсири шунча кўп бўлади.

11-5-расмда икки қутбли генератор учун роторнинг 11-3-расмда кўрсатилгандагидек вазияти кўрсатилган. Якорь симларида э. ю. к. ларнинг йўналиши 11-13-расмдагидек, бироқ 11-5-расмда симларда э. ю. к. нинг йўналиши эмас, ундан ψ бурчакка орқада қолган I якорь токи кўрсатилган.

Якорь реакцияси таъсирида машинанинг натижавий магнит оқими Φ камаяди ва нагрукаланган машинанинг E э. ю. к. E_0 дан анчагина кичик. Якорь симларида кучланиш тушиши $I\sqrt{r_{\text{я}}^2 + x_s^2} \approx Ix_s$ ҳам, ўзгармас ток машиналаридагидан катта, шунинг учун орқада қолувчи токда синхрон генератор кучланишининг процент ўзгариши жуда катта;

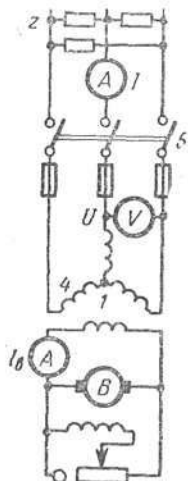
$$\Delta U = \frac{E_0 - U_{\text{н}}}{U_{\text{н}}} 100\% = (20-40)\% U_{\text{н}} \quad (11-2)$$

11-6-расмда синхрон генераторнинг орқада қолган токдаги ташқи характеристикаси, яъни $I_{\text{н}} = \text{const}$, $f = \text{const}$, $\cos \varphi \leq 1$ бўлгандаги

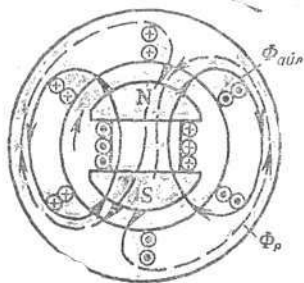
$$U = f(I)$$

боғланиш кўрсатилган.

Баён қилинганларнинг ҳаммаси, трансформатор иккиламчи занжирининг диаграммасига ўхшаш (9-9-расмга қаранг),



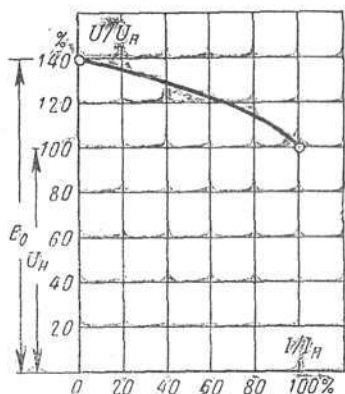
11-4-расм-Генераторнинг уланниш схемаси.



11-5-расм. Синхрон генераторнинг якорь реакцияси.

генераторнинг вектор диаграммасида (11-7-расм) тасвирланган. Роторнинг $F_{\text{маг}}$ магнитловчи кучи салт ишлашда E_0 э. ю. к. ҳосил қилувчи $\Phi_{\text{маг}}$ оқимини ҳосил қилади. Агар якори чулғамиди E_0 э. ю. к. дан ψ бурчакка орқада қолувчи I ток оқса, у ҳолда якори-нинг I ток билан фаза жиҳатидан мос бўлган $F_{\text{я}}$ магнитловчи кучи

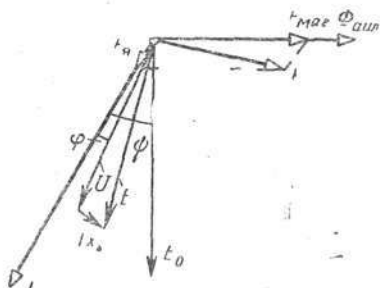
$F_{\text{маг}}$ магнитловчи кучдан 90° дан катта бурчакка силжиган бўлади. Нагрузкаланган машинанинг йиғинди оқими Φ камроқ натижавий магнитловчи куч $\bar{F} = \bar{F}_{\text{маг}} + \bar{F}_{\text{я}}$ томонидан ҳосил қилинади, демак, нагрузка бўлганда $E < E_0$ э. ю. к. ҳосил бўлади. E дан якорида кучланиш тушиши $I x_s$ айириб ташланса, генератор тутқичларидаги кучланиш U келиб чиқади. Айни ҳолда x_s якори чулғамининг сочилиш оқимлари ҳосил қилган қаршилиқдир, $r_{\text{я}}$ қаршилиқ эса ҳисобга олинмайди.



11-6- расм. Синхрон генераторнинг ташқи характеристикаси.

11-4. СИНХРОН ГЕНЕРАТОРЛАРНИ ПАРАЛЛЕЛ ИШЛАТИШ УЧУН УЛАШ

Электр машиналарнинг параллел ишлатиш учун улашнинг зарурати тўғрисида ўзгармас ток машиналари ва трансформаторларни ўрганишда гапирилган эди (8-15 ва 9-6-§ лар). Иккита бир фазали синхрон генераторларни параллел ишлатишга улаш схемаси 11-8-расмда кўрсатилган. Икки генератор статорларининг якори шартли равишда A_1, X_1 ва A_2, X_2 спираль чулғамли пўлат ҳалқалар кўринишида тасвирланган. № 1 генератор 2 истеъмолчи линиясига ток берувчи I



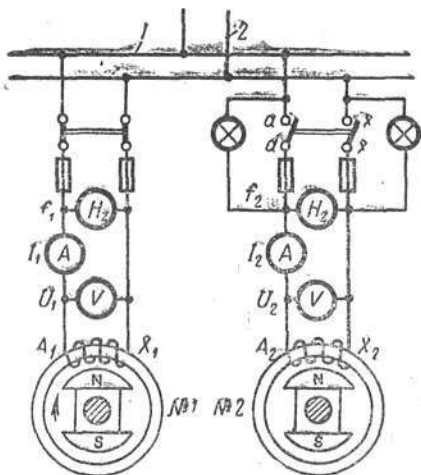
11-7- расм. Синхрон генераторнинг вектор диаграммаси.

умумий шиналарга қўшилган. Худди шу шиналарнинг ўзига № 2 генераторни қўшиш керак. Генераторларнинг роторлари ўзларининг бирламчи двигателлари томонидан айлантирилувчи икки магнит кўринишида тасвирланган. № 1 генератор $U_1 = \text{const}$, $f_1 = \text{const}$ ва $I_1 = \text{const}$ бўлганда ишлайди.

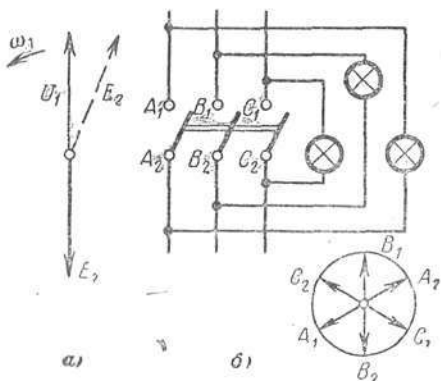
№ 2 генераторни шиналарга улаш учун унинг ротори айлантирилади, уйғотилади ва $U_2 = U_1$; $f_2 = f_1$ бўлишига эришилади. Агар булар трансформаторлар бўлганида, $a - a$ ва $x - x$ тутқичлар орасидаги потенциаллар фарқи нолга тенг, № 2 генераторнинг рубильниги туташган эканини текшириб кўриш етарли бўлар эди. Биз

кўраётган ҳолда у етарли эмас, чунки генераторлар механик ҳам, электрик ҳам бирлашмаган ва уларнинг роторлари бир-биридан фарқ қилувчи n_1 ва n_2 тезликлар билан айланавериши мумкин. № 1 генераторнинг U_1 вектори (11-9-а расм) кўрсатилган йўналишда доимий ω_1 бурчак тезлик билан айлансин. Агар U_2 вектор қўзғалмас деб фараз қилинса, у ҳолда $n_2 \neq n_1$ да № 2 генераторнинг E_2 э. ю. к. нинг вектори U_1 векторга нисбатан секинроқ ёки тезроқ айланиши, демак, унга нисбатан $\omega_1 - \omega_2$ тезлик билан силжиши мумкин. № 2 генераторнинг рубильнигини U_1 ва E_2 фаза жиҳатидан устма-уст тушган вақтдагина, яъни $a-a$ ҳамда $x-x$ тутқичлар орасидаги потенциаллар фарқи нолга тенг бўлгандагина улаш мумкин. Бу пайтда якорлар чулғамларининг берк контурларини, масалан, X_1-A_1 , 1 шина, лампа A_2-X_2 , лампа 2 шина, X_1 йўналишида айланганда U_1 ва E_2 нинг бир-бири билан учрашувчи таъсир қилишини пайқаш мумкин ва 11-9-а расмда тескари фазада тасвирланган.

Бу пайтти синхронизация мосламаси ёрдамида билиш мумкин. Бу ҳолда синхронизация масаласи 11-8-расмда иккита сигнал лампаси шаклида кўрсатилган. Синхронизация процесси давомида бу лампалар даврий ёниб, ўчиб туради. $n_1 - n_2$ қанча кичик бўлса, бу лампаларнинг липиллаш даври шунча катта бўлади ва улаш вақти осонгина аниқланади. Лампалар ўчганда рубильник уланади; шу пайтдан бошлаб генераторлар синхрон ишлай бошлайди, яъни уларнинг роторлари бир хил ўзгармас бурчак тезлик билан айланади. Агар генераторларнинг қутблари сони бир хил бўлмаса, уларнинг роторлари қутблар сонига тескари пропорционал бўлган бурчак тезликлар билан айланар эди. Уч фа-



11-8- расм. Бир фазали генераторларни параллел ишлаш учун улаш.



11-9- расм. Уч фазали генераторларни параллел ишлаш учун улаш.

зали генераторлар ҳам худди шундай синхронланади. Бунда уларнинг қарама-қарши тутқиқларига учта лампа уланади (11-9-б расм). Генераторлар учала лампа ҳам ўчган вақтидагина уланади. U_1 ва E_2 векторларининг юлдузчалари, яъни $A_1B_1C_1$ ва $A_2B_2C_2$ шу пайт учун қарама-қарши фазада кўрсатилган. Амалда эса электр станцияларда синхронлаш учун фақат улаш пайтини кўрсатувчи эмас, балки уланадиган генератор роторининг керагидан тез ёки секин айланаётганини ҳам пайқашга имкон берувчи синхронизаторлари ишлатилади.

11-5. ЎЗГАРМАС УЙҚОТИШ ТОКИДА СИНХРОН ГЕНЕРАТОРНИНГ ТАРМОҚ БИЛАН ПАРАЛЛЕЛ ИШЛАШИ

11-8-расмдаги № 2 генератор № 1 генератор билан параллел уланган деб фараз қилайлик. № 1 генераторнинг P_n қуввати № 2 генераторнинг P_{2n} қувватидан жуда катта бўлсин. Бу ҳолда № 2 генераторда бажарилган ҳар қандай операция ҳам № 1 генераторнинг U_1 ва f_1 ни ўзгартира олмайди. Фақат бир фаза учун текшириб кўрайлик.

№ 2 генератор улангандан кейин генераторларнинг роторлари бир хил $n_1 = n_2 = \text{const}$ тезлик билан айлана бошлайди. U_1 ва E_2 векторлар эса қарама-қарши фазада бўлиб (11-9-а расм), бир томонга $\omega_1 = \omega_{\text{синхр}} = \text{const}$ тезлик билан айланади. № 2 генераторнинг бирламчи двигатели шундай қувватга эришадими, бунда ток $I_2 = 0$ бўлгани учун генераторнинг салт ишлашига кетган исрофлар қолинади.

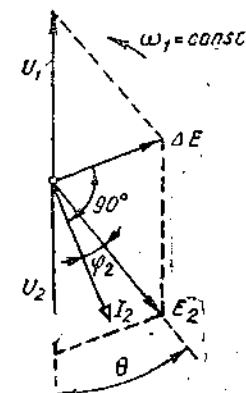
Агар № 2 генераторнинг бирламчи двигателига бериладиган энергия миқдори орттирилса (сув, буғ ва ҳоказо), двигателнинг айлантирувчи моменти қаршилик моментидан катта бўлиб қолади ва № 2 генераторнинг ротори тезланиш билан айлана бошлайди. Унинг ротори № 1 генераторнинг роторига нисбатан

секин сурилади ва роторлар ўқлари орасида номувофиқлик бурчаги θ пайдо бўлади. E_2 э. ю. к. салт ишлашдаги вазиятига нисбатан шу θ бурчакка илгари кетади, бу 11-10-расмда кўрсатилган.

Энди U_1 ва E_2 мувозанатлашмайди ва ΔE фарқ пайдо бўлиб, якорлар чулғамларининг берк контуридан

$$I_2 = \frac{\Delta E}{x_1 + x_2} = \frac{\Delta E}{x}, \quad (11-3)$$

ток ўтади, бунда $x = x_1 + x_2$ — якорлар чулғамларининг реактив қаршилиги; актив қаршилик жуда кичик бўлгани учун назарга олинмайди.



11-10-расм. Генераторнинг параллел ишлашдаги вектор диаграммаси.

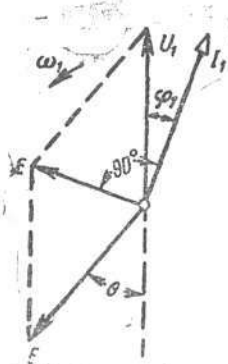
I_2 ток ΔE дан 90° га (чорак даврга) орқада қолади, бироқ фаза жиҳатидан E_2 га деярли мос тушади. Генераторнинг қуввати $P_2 = E_2 I_2 \cdot \cos \varphi_2$ бўлади. Токнинг $I_2 \cdot \cos \varphi_2$ актив ташкил этувчиси θ бурчак қанча катта бўлса, шунча катта тормозловчи момент ҳосил қилади. θ нинг бирор қийматида тормозловчи момент ортиқча айлантирувчи моментни мувозанатлайди, роторнинг тезланиши нолга тенглашади ва у яна $\omega_1 = \text{const}$ билан айланади.

Шундай қилиб, генераторга нагрузка бериш учун бирламчи двигателнинг айлантирувчи моментини орттириш, яъни унга берилаётган энергия миқдорини кўпайтириш керак экан.

Агар № 2 генератор улангандан кейин унинг бирламчи двигателининг айлантирувчи моменти камайтирилса, у ҳолда θ бурчак ва P_2 қувват камаяди, яъни генератор нагрузка ташлайди. Айлантирувчи момент янада камайтирилса, ротор салт ишлаш ҳолатидан орқада қола бошлаши мумкин.

Яна номувофиқлик бурчаги θ пайдо бўлади, бироқ энди у тескари томонга йўналади; электр юритувчи куч салт юриш ҳолатидан орқада қолади (11-11- расм), э. ю. к. нинг ΔE фарқи ва I_1 ток пайдо бўлади. Бу ток ΔE дан 90° га орқада қолади,

бироқ фаза жиҳатидан U_1 билан деярли мос тушади. Бу ҳолда № 1 генераторнинг қуввати $P_1 = U_1 I_1 \cdot \cos \varphi_1$ га эришади, бунинг ҳисобига айлантирувчи момент вужудга келади ва № 2 синхрон машина двигатель режимига ўтади. Электр станцияларда бундай режимга йўл қўйилмайди, шу сабабли машина тескари қувват реле-си ёрдамида шиналардан автоматик равишда ажратиб қўйилади.



11-11- расм. Уйғотиш токи ўзгармаганда синхрон машинанинг иш диаграммаси.

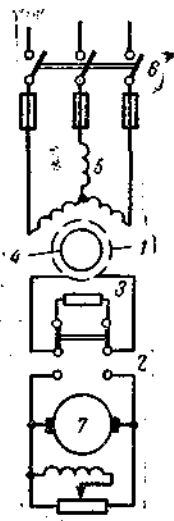
11-6. СИНХРОН ДВИГАТЕЛЬ

Юқорида синхрон машинанинг двигатель режимда ишлаши мумкин эканлиги кўрсатилган эди, бироқ двигатель режимига ўтказишнинг бу усули қўлланилмайди. Синхрон двигателни юргизиб юборишнинг кўпгина схемаларидан бири 11-12- расмда кўрсатилган. Бу ҳолда роторнинг одатдаги уйғотиш чулғами 1 дан ташқари (бу чулғам расмда шартли равишда нуқтир билан кўрсатилган), асинхрон двигателдаги сингари иккинчи — қисқа туташтирилган чулғами 4 ҳам бўлади. У юргизиш чулғами хизматини ўтайди.

Юргизиб юбориш қўйилганча. Уйғотиш чулғами 1 переключатель 2 билан қаршилик 3 га туташтирилади, бу қаршилик чулғамнинг ўз қаршилигидан 8—10 марта катта бўлади. Статор 5, рубильник 6 билан ток берувчи тармоққа уланади ва айланувчи магнит оқими роторнинг қисқа туташтирилган чулғами 4 да тоқлар ҳосил қилиб, роторни $n < n_1$ тезликка эриштиради. Ротор n_1 тезлик билан, яъни оқим билан синхрон айлана бошлаши учун

переключатель 2 пичоқларини пастга, уйғотғич якори тутқичлари 7 га бирлаштириб, ротор уйғотилади. Бунда машина синхронликка яқинлаша бошлайди.

Юқорида айтиб ўтганимиздек, бу двигателлар қуввати юз ва минглаб киловат бўлган насослар ва ҳаво дамлари приводларида ишлатилади. Синхрон двигателларнинг нагрузка ортишига бўлган қобилияти, яъни $M_M/M_N \approx 1,8-2,5$. Бир неча юз ваттдан ошмайдиган кичик қувватларда, бу двигателлар уйғотиш чулғамисиз ясалади ва реактив синхрон двигателлар дейиладди. Бу двигателлар ўзгармас айланиш тезлиги талаб қилинадиган (овозли кино, телемеханика) соҳаларда ишлатилади.



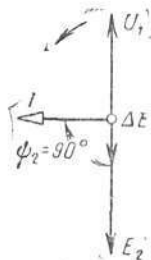
11-7. УЙЎТИШ ТОКИ ЎЗГАРАДИГАН БЎЛГАНДА СИНХРОН МАШИНАНИНГ ТАРМОҚ БИЛАН ПАРАЛЛЕЛ ИШЛАШИ

№ 2 генераторни параллел ишлашга улаш пайтида (11-9-а расм) якорь чулғамиди унинг токи ҳосил бўлмайди. Агар улангандан кейин, генераторнинг уйғотиш токи кўпайтирилса, унинг E_2 э. ю. к. U_1 дан катта бўлади ва $\Delta E = E_2 - U_1$ фарқ таъсирида генераторлар якорлари чулғамларида I_2 ток ўта бошлайди, бу ток юқорида баён қилинган сабабларга кўра ΔE дан фаза бўйича 90° орқада қолади. Бу ҳолнинг диаграммаси 11-13-расмда кўрсатилган. Бу ток E_2 дан ҳам фаза бўйича 90° орқада қолади; шунинг учун № 2 генератор ҳосил қиладиган актив қувват $P_2 = E_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 0$ бўлади.

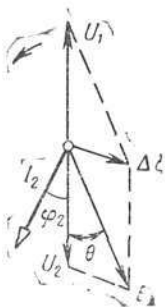
Шундай қилиб, параллел ишлашда уйғотиш токининг ўзгариши генератор актив қувватининг ўзгаришига олиб келмас экан. Бироқ генератор ишитогидан ҳамма вақт орқада қолувчи токда ишловчи генераторга мўлжалланган $\cos \varphi$ (одатда у 0,85 га тенг бўлади) кўрсатилади. Бу генераторнинг $P = E_2 I_2 \cdot \cos \varphi_2$ актив қувват ва $Q = E_2 I_2 \sin \varphi_2$ реактив қувват ҳосил қилиши кераклигини кўрсатади. Бу ҳолга тегишли диаграмма 11-14-расмда кўрсатилган. У 11-10-расмдаги диаграммдан θ номувофиқлик бурчагини ўзгартирмасдан E_2 векторни катталаштириш йўли билан ҳосил қилинган.

11-12-расмда двигатель режимида ишлашга мўлжалланган синхрон машинанинг уланиш схемаси кўрсатилган. Бироқ кўпинча синхрон компенсатор режими ўрнатилади, бундай режимида синхрон двигатель актив қувватнинг жуда кам қисмини сарф қилгани ҳолда, кучли илгариланма ток билан салт ишлайди. Бу ҳол учун ишлаш диаграммаси 11-15-расмда кўрсатилган. Роторнинг салт ишлаш вазиятидан силжишини кўрсатувчи θ бурчак кичик, демак, актив қувват ҳам салт ишлашга мувофиқ кичик бўлади. Ротор

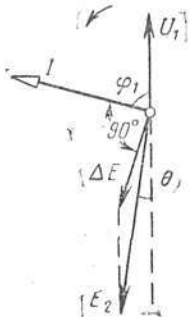
чулгамида уйғотиш токининг катталиги туфайли машинанинг электр юритувчи кучи $E_2 > U_1$. Ток $I \Delta E$ дан 90° бурчакка орқада қолади, бироқ деярли батамом реактив бўлиб, U_1 кучланишдан 90° га яқин бурчакка илгариланма бўлади.



11-13. расм. Уйғотиш токи ўзгарувчан бўлганда синхрон машинанинг иш диаграммаси.



11-14. расм. Актив ва реактив ток билан нагрузкаланган синхрон генераторнинг иш диаграммаси.



11-15. расм. Синхрон компенсаторнинг иш диаграммаси.

Агар бундай машина, 10-38-расмда кўрсатилгандек, 5 ёки 6 пунктларда уланган бўлса, у конденсатор сифатида ишлаб, тармоқда тоқлар резонанси ҳосил бўладиган шароитга яқин шароитни вужудга келтиради (5-14-§ га қаранг). Бундай айланувчи конденсатор одатдаги конденсаторлардан уйғотиш токини ўзгартириш билан илгариланма ток катталигини, демак, E_2 нинг катталигини ҳам ўзгартириш ва тармоқда энг фойдали $\cos \varphi$ ҳосил қилиш мумкинлиги билан афзалдир.

11-8. ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРИНИНГ ПАРВАРИШИ

Нормал ишлаётган машинанинг парвариши машинани тоза ҳолда сақлашдан ва унинг контакт қисмларининг бекам-кўст бўлишини кузатиб туришдан иборатдир. Шунингдек, машина айрим қисмларининг нормадан ортиқ қизиб кетишига йўл қўймай, температурани кузатиб бориш керак.

Машинанинг қирлари тоза қуруқ латта билан тозаланади, чангини тозалаш учун эса металл учлиги (соплоси) бўлмаган дастаки дам ишлатилади.

Машинанинг энг «ишчи» қисми коллектордир. Тўғри ишлаётган коллектор учқун чиқармаслиги керак. У аниқ цилиндр шаклида бўлиши (коллектор «тепмаслиги») керак. Пластинкалар орасига қўйилган изоляция коллекторнинг ташқи сиртидан чиқиб қолмаслиги, бу сирт силлиқ қилиб ишланиши, тирналган ва куйган жойлари бўлмаслиги керак.

Машинани юргизиш олдидан коллекторни қуруқ ёки бензинда сал ҳўлланган тоза суруп латта билан тозаланади. Агар коллекторнинг сиртида сал-пал тирналган жойлар, ғадир-будурликлар, ифлосланиш, сал-пал куйган жойларнинг борлиги ёки слюданинг бир оз чиқиб қолгани сезилса, у қайта силлиқланади. Коллектор кичик номерли шипа қоғоз ёрдамида силлиқланади; жилвир қоғоздан мутлақо фойдаланмаслик керак, чунки жилвир қоғоз чанглари ток ўтказиши.

Шиша қ ғоз ёғоч дастага маҳкамланади, дастанинг ботиқ қисми коллекторнинг эгрилигига қатъий мос бўлиши керак. Қоғозли даста коллекторга қистириб қўйилади ва якорь айлантирилади. Коллектор унинг сирти тоза ва силлиқ бўлгунча силлиқланади. Коллектор сиртининг бир текисда қорамтир (қўнғир) бўлиши зарарсиз ва бундай ҳолда уни силлиқлаш керак эмас. Чўткалар ва коллекторнинг нормал ишлаши коллектор сиртининг жигар ранг ва ҳатто қўнғир-ҳаво ранг бўлиши билан характерланади.

Коллекторни жуда зарур бўлган ҳоллардагина йўйилади. Коллектор пластинкаларини бир-биридан ажратиб турувчи миканит (слюда) изоляция мис пластинкаларига қараганда камроқ ейилади, шу сабабли вақт ўтиши билан бу изоляция коллектор сиртига чиқиб қолади. Коллектордан учкун чиқишига сабаб бўладиган бу ҳодисани бартараф қилиш учун коллекторни «равонлаштирилади», яъни пластинкалар орасидаги изоляцияни 0,5—1 мм чуқурликда араланади ёки фрезерланади. Бу иш ножовка пологности парчасидан қилинган ва ёғоч дастага маҳкамланган маҳсуе кичик арри ёрдамида қўлда ёки электр двигатели билан айлан-тириладиган маҳсуе кичик ($d = 20 - 25$ мм) фрезерлар ёрдамида амалга оширилади. Равонлаштирилганидан сўнг коллектор юқорида тавсифланган усул билан силлиқланади.

Чўтка тутқичлар маҳкамланган траверса завод томонидан кўрсатилган белги чизиқларига аниқ ўрнатилиши керак, шундагина чўткалар коллекторга тўғри жойлаштирилади.

Ўзгарувчан ток машиналарининг ҳалқалари коллекторга инебатан кам қаров талаб қилади. Контакт ҳалқалар «тепмаслиги» керак; уларнинг сиртида тирналган, пачоқланган ва кемтик жойлар бўлмаслиги лозим. Чўткалар ҳалқаларга бутун сиртлари билан тегиб туришлари, уларда осилиб қолмасликлари лозим.

Машинанинг мажкур хили учун чўткаларнинг машинани тайёрлаб берган завод тавсия этган маркаларинингга ишлатилиши керак. Чўткаларнинг нотўғри танланган тури ҳаддан ташқари кўп учкун чиқариб, машинани мутлақо яроқсиз қилиб қўяди. Тўғри ишлайётган кўмир чўткаларнинг коллектор ёки контакт ҳалқасига тегиб турган сиртининг ҳамма юзи кўзгу сингари ярқираб туриши лозим.

Чўткалар чўтка тутқичининг обоймаларида осон силлиниши ва коллекторга ҳамда ҳалқаларга маълум босим билан ёпишиб туриши керак. Кўмир-графит, графит электрографит, мис-графит, бронза-графит чўткатар бўлади. Биринчи уч хил чўткалар ўзгармас ток машиналарига, кейинги икки хили эса асинхрон ва синхрон машиналарга ўрнатилади.

Янги чўткаларни ўрнатишда уларни албатта коллекторга мослаб қайта силлиқлаш керак. Бунинг учун чўтка тутқичига ўрнатилган чўтка остига силлиқловчи сирти билан чўткага қараган шиша қоғоз солинади ва у олдинга ҳамда орқага ҳаракатлантирилади. Тўғри силлиқлаш учун қоғозни коллектор бўйлаб қисиб қўйиш лозим.

Электр машиналарида сирпаниш подшипниклари ҳам, юмалаш подшипниклари ҳам ишлатилади. Ҳозирги замон кам қувватли ва ўртача қувватли машиналарида, одатда, шарикли ва роликли подшипниклар бўлади, йирик машиналарда эса сирпаниб ишқаланиш подшипниклари, кўпинча эса ҳалқа ёрдамида мойланидиган подшипниклар ишлатилади.

Роликли ва шарикли подшипниклар жуда кам қаров талаб қилади. Улар куюқ мой (тавот) билан мойланади; мойни 3—4 ойда бир марта алмаштириш етарли, бироқ ҳар бир навбатдаги текшириш — тозалаш ва мойлаш пухта бажарилиши керак. Очилган подшипникнинг ёски мойи тозаланади, унинг барча деталлари (обойма, шариклари) бензин билан тозалаб ювилиб, сўнгра янги мой қўйилади. Подшипник камераси ҳажмининг тахминан $\frac{2}{3}$ қисми мой билан тўлдирилади, бу подшипникнинг яхши ишлашини таъминлайди. Подшипникнинг нуқсонсиз эканлигига бир оз бўлса-да, шубҳа қилинса, яхшииш подшипникни очиб кўриш, ундаги кичкинагина нуқсонларни ҳам бартараф этиш керак. Шундагина жиддий бузиллишлар ва катта маблағлар сарф бўлишининг олдини олиш мумкин.

Сирпаниб ишқаланиш подшипниклари катта эътибор ва парвариш талаб қилади. Подшипникларнинг ҳамма қопқоқлари зич ёпилиши керак. Бу подшипникларда мой сатҳини узлуқсиз қузатиб бориш ва ўз вақтида қўшимча мой қўйиб туриш лозим. Одатда, мой ҳафтасига бир марта қўйилиши керак. Ҳатто қопқоғи

жуда зич ёпиладиган подшинникларда ҳам мой вақт ўтиши билан ифлосланади. Шунинг учун мойни камида 1—2 ойда бир марта алмаштириб туриш лозим. Бунинг учун эски мой чиқариш тешиги орқали чиқариб юборилиб, подшинник камераси керосин билан ювилади. Камерадан оқиб чиқаётган керосин мутлақо тоза бўлгач, чиқариш тешигини ёпмасдан подшинникка тоза мой қуйилади. Бунда подшинник камераси қолган керосиндан тозаланади. Ниҳоят, чиқариш тешиги ёпилиб, мой қуйиб қўйилади.

Подшинникларни мойлаш учун ишлатиладиган мойда чўкча ҳамда таркибида смола ва кислота бўлмаслиги керак.

Подшинникларни мойлаб туриш билан бирга вкладишларининг ейилишини ҳам кузатиб туриш керак. Бу нарса асинхрон двигателлар учун айниқса муҳимдир, чунки уларда ҳаво зазори жуда кичик (0,3—0,5 мм) бўлади ва подшинник вкладиши ейилганда ротор статорга тегиб қолиши мумкин. Шунинг учун ротор билан статор орасидаги ҳаво зазорини ҳар хил қалинликда калибрланган ленталар шаклидаги ичуллар ёрдамида вақт-вақти билан текшириб турилади. Роторнинг анча ўтириб қолиши сезилса, подшинникларнинг вкладишлари қайта қўйилади. Подшинниклар (мойнинг 80° гача қизishiга йўл қўйилади). Подшинникларнинг қизishi, кўпинча қўл теккизиб кўриш йўли билан (сутка давомида бир неча марта), масъулиятли ҳолларда эса подшинникнинг мойига ботириладиган симобли термометрлар билан текшириб турилади.

Машина изоляциясининг қаршилиги даврий равишда бутун иш давомида, иш орасида узоқ вақт узилиш бўлганда, шунингдек, машина монтаж қилинганда ва ўриatilганда ўлчанади. Изоляция қаршилигининг катта бўлиши изоляциянинг етарлича электрик пухта эканлигини билдиради.

Машина чулғамлари, коллектор ҳалқа ва машина корпуси (ер) орасидаги изоляция қаршилиги индуктор ёки мегомметр ёрдамида ўлчанади.

Қизиган машина изоляциясини қаршилигининг катталиги мегомметр билан ўлчанганда асинхрон генератор статорининг ҳар бир фазаси учун 1 *Мом*; ротор чулғами учун 0,5 *Мом*; асинхрон электр двигателининг статор чулғами учун 1 *Мом* дан; ротор учун 0,2 *Мом* дан кам бўлмаслиги керак. Ўзгармас ток машиналари изоляция қаршилиги катталигининг нормаси бўлмайди.

Агар машина изоляциясининг қаршилиги етарли бўлмаса (машина намланиб қолганда кўпинча шундай бўлади), у ҳолда машина қуритилади. Қуритиш печлари бўлганда, жуда катта бўлмаган электр двигателларини қуритишдагина улардан фойдаланиш мумкин. Печнинг температураси 90°—100° С. Қуритиш 8—10 соат давом этади. Статор ва ротор айрим-айрим қуритилади. Қуритиш печлари ёки бошқа қуритиш қурилмалари бўлмаганда машинани электр токи ўтказиб қизитиш йўли билан қуритилади.

Ўзгармас ток машинасини генератор режимида ишлашга ўтказишда мустақил уйғотишли схема бўлиши керак. Уйғотиш чулғами кичик кучланишга (2—4 *а*) уланади, якорь амперметр орқали қисқа туташтирилади. Уйғотиш чулғамига ток бериш мутлақо керак бўлмайдиган ҳоллар ҳам бўлиши мумкин, бундай ҳолларда якорда етарли ток ҳосил қилиш учун қолдиқ индукция оқимининг ўзи етарли бўлади. Уйғотиш чулғамидаги токни ва якорнинг айланиш тезлигини ростлаб, якордаги токни чулғамларнинг термометр билан ўлчанган температураси 70°—75° С дан ошмайдиган катталikkaча етказилади. Уйғотиш чулғамлари қизиган якорнинг иссиқлиги билан қуритилади.

Асинхрон двигателларини қуйидаги усул билан қуритиш мумкин. Двигатель ротори қисқа туташтирилади (агар у фазали бўлса) ва термозланади. Статор чулғамларига машина чулғамларида уларни 70°—75° С температурагача қиздирадиган ток ҳосил қилувчи насайтирилган кучланиш берилади. Беришган кучланиш катталиги машинанинг номинал кучланишиндан 5—7 марта кам бўлади.

Шу нарсани қайд қилиб ўтиш керакки, айтиб ўтилган температура қуритишнинг охириги температураси бўлиб, қуритиш процесси эса анча паст температурадан бошланиши зарур. Машинани қуритиш процесси (машинанинг қувватига қараб) бир неча соатдан 5—6 суткагача давом этади. Қуритиш процесси изоляция қаршилиги нормал катталikka еганинда тугалланади.

Металл ресеталарга ўтириб қолган чанг ёки ифлосликларни латта билан артиб ёки ҳаво пуркаб тозаланади. Контактларнинг бекам-қўст ҳолатда бўлишини кузатиб Сориш: қуйиб қорайган жойларини қуриб ташлаш, қўзгалувчи кон

тактининг сиқиб туришини, спиралларнинг салқиланиб қолмаганлигини, бир-бирига ёки корпусга тегиб қолмаганлигини текшириб туриш керак.

Мойли реостатларда мойнинг сатҳини кузатиб бориш, агар керак бўлса, мой қуйиб туриш лозим. Одатда минерал мой — трансформатор мойи ишлатилади. Мойни 1—2 ойда бир марта алмаштириб туриш тавсия қилинади, бунда бак ва қаршиликларни керосин билан ювиб ташлаш керак.

Ў И К К И Н Ч И Б О Б

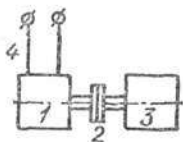
АВТОМАТИК ҚУРИЛМАЛАРНИНГ ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРИ

12-1. МАШИНАЛАРНИНГ ВАЗИФАСИ

Автоматик бошқариш қурилмаларида ишлатиладиган электр машиналар одатдаги электр машиналардан ишлаш принципи жиҳатидан фарқ қилмаса ҳам, конструкцияси ва хоссалари жиҳатидан фарқ қилади. Бундай машиналар кичик — ваттнинг улушларидан ўнлаб ваттгача қувватларга мўлжаллаб ясалади ва микромашиналар деб аталади.

Бизнинг саноатимиз турли типдаги кўплаб микромашиналар ишлаб чиқаради. Биз мазкур бобда улардан баъзиларининг тузилиши ва ишлаш принципи ҳақида қисқачагина маълумот берамиз.

Вазифаларига қараб бу машиналар ижро қилувчи двигателларга, тахогенераторларга, бурилма трансформаторларга, синхрон алоқа машиналарига бўлинади ҳамда автоматика, телемеханика ва ҳисоблаш техникасида ишлатилади. Бу машиналар ва уларнинг автомат қурилмалардаги ролига қараб, нормал ясалган машиналарни ўрганишда учрамаган баъзи тушунчалар ҳақида шартлашиб оламиз.



12-1- Сигнални ўзгартириш схемаси.

12-1- расмда генератор 3 билан муфта 2 орқали уланган электр двигатели 1 кўрсатилган. Агар энергия тармоғи 4 дан двигателга энергия берилса, двигатель уни механик энергияга айлантиради, бу механик энергия эса генератор 3 да яна электр энергияга айлантирилади. Бироқ бу ерда асосий масала энергиянинг бир турдан иккинчи турга айланиши эмас, балки сигнални узатиш ва ўзгартаришдир.

Двигателга доимий U кучланиш бериш, двигателга айлана бошлаш ҳақида берилган команда (буйруқ) бўлиб хизмат қилади. Двигатель сигнал — кучланиш олиши билан айлана бошлайди, яъни буйруқни бажара бошлайди. Иккинчи томондан, двигателнинг айлана бошлагани унинг сигнални олганлигидан дарак беради. Шундай қилиб, электр сигнали (кучланиш) механик сигналга (валнинг айланишига) айланади. Двигатель генератор 3 ни айлантиради ва гене-

ратор тутқичларида кучланиш пайдо бўлади, бу кучланиш айна вақтда генераторга механик сигнал келганлигидан дарак беради. Демак, бу мисолда сигналнинг узатилиши ва икки марта ўзгариши рўй беради, чунки сигнал доимий кучланиш тарзида берилган эди, масалан, синусондал кўринишда олинди.

12-2. ЎЗГАРМАС ТОК ИЖРО ҚИЛУВЧИ ДВИГАТЕЛИ

Схемаси 12-2- расмда кўрсатилган мустақил уйғотишли ўзгармас ток ижро қилувчи двигатели иккита турли манбадан энергия олади. Уйғотиш чулғами 1 га U_y кучланиш берилади, бу кучланиш одатда ўзгармайди. Якорь чулғамига бошқа сигнал — U_θ бошқариш кучланиши берилади ва двигатель унинг катталиги ҳамда йўналишини ўзгартириш билан бошқарилади.

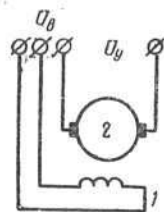
Ҳар бир ижро қилувчи двигатель қуйидаги шартларга эга бўлиши керак. У сигнал пайдо бўлиши биланоқ юриши ва сигнал тўхтаган заҳоти тўхташи лозим. У ўз-ўзидан юрмаслиги, яъни сигнал йўқолганда ҳам айланишни давом эттириш қобилиятига эга бўлмаслиги керак. Двигателнинг айланиш тезлиги бир текис бўлиши ва кенг чегараларда ростланидиган бўлиши керак, унинг айланиш йўналиши эса сигналнинг қўбилилиги ёки фазаси ўзгарганда дарҳол ўзгариши лозим. Мустақил уйғотишли ижро қилувчи двигатель ана шу талабларнинг ҳаммасини қаноатлантиради.

Ҳар қандай электр двигателининг ҳам энг муҳим характеристикаларидан бири унинг механик характеристикаси дир (10-24- расм). Бу характеристика, яъни $U_y = \text{const}$ ва $U_n = \text{const}$ бўлганда $n = f(M)$ мазкур двигатель учун 12-3- расмда кўрсатилган. Абсцисса ўқи бўйлаб $M\% = \frac{M}{M_{ю}} \cdot 100\%$ миқдор қўйилган, бу ерда M — айлантирувчи момент, $M_{ю}$ эса двигатель учун доимий бўлган юргизиш моменти.

Ўзгармас ток машиналарида $M = c\Phi I_n$ ва $U_y = \text{const}$ бўлганда I_y ҳамда $\Phi = \text{const}$ бўлгани учун $M = c_m \cdot I_n$. Тезлик $n = 0$ бўлганда момент $M = M_{ю}$ бўлади ва $I_n = 0$ бўлганда нолга тенг бўлади. Якорь токи

$$I_n = \frac{U_y - E}{r_n}. \quad (12-1)$$

$U_y \neq 0$ ва $r_n \neq \infty$ бўлгани учун $U_y = E$ бўлганда I_n нолга айланади. Қарама-қарши э. ю. к. фақат бирор n_0 назарий тезликда, тормозлаш моменти M_T мутлақо йўқ бўлгандагина кучланишга тенг бўлиши мумкин. Бу тезлик идеал салт ишлаш тезлиги дейилади ва асинхрон двигателнинг n_1 синхрон тезлигига ўхшайди.

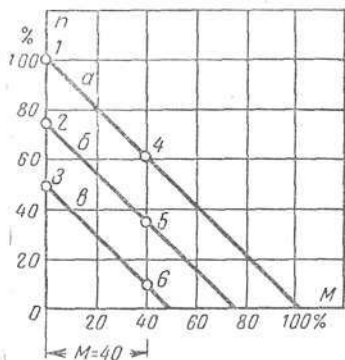


12-2- расм. Ўзгармас ток ижро қилувчи двигатели.

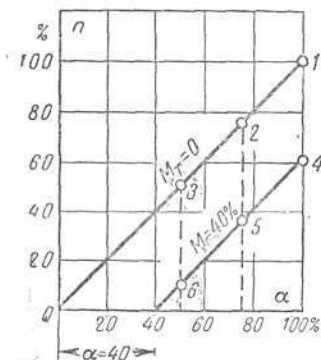
Реал n тезликнинг n_0 га нисбати, яъни $n\% = \frac{n}{n_0} 100\%$ 12-3- расмда ординаталар ўқи бўйлаб жойлаштирилган

$$\alpha = \frac{U_6}{U_y} \quad (12-2)$$

нисбат бошқариш коэффициенти дейилади. 12-3- расмда a эгри чизик, $\alpha = 1$ учун, b ва c эгри чизиклар эса мос равишда $\alpha = 0.75$ ва $\alpha = 0.5$ учун ясалган. Механик характеристикалар тўғ-



12-3- расм. Ижро қилувчи двигателнинг механик характеристикалари.



12-4- расм. Ижро қилувчи двигателнинг ростлаш характеристикалари.

ри чизиклар экан. Ўзгармас уйғотиш ва якорь кучланишларида айланиш тезлиги n нинг валдаги момент M га пропорционаллиги ижро қилувчи двигателнинг автоматик қурилмаларда ишлатиш мумкинлигининг зарурий шартидир.

Механик характеристикаси тўғри чизикдан иборат бўлган двигатель барча айланиш тезликларида двигателнинг турғун ишлашини таъминлайди, чунки n тезлик ҳар қандай пасайганида унга пропорционал равишда айлантирувчи момент ортади ва мувозанат сақланади. Ижро қилувчи двигатель учун бу шарт ҳам зарурийдир. 12-4- расмда $U_y = \text{const}$ ва $M = \text{const}$ бўлганда

$$n = f(U_y) \text{ ёки } n = f(\alpha)$$

ростлаш характеристикаси кўрсатилган. Айланиш тезлиги якорга берилган сигналга пропорционал бўлиши учун бу характеристика ҳам тўғри чизикли бўлиши керак.

У механик характеристикадан қуйидагича ясалиши мумкин. $M_T = 0$ моментга (идеал ҳолда) $\alpha = 1, 0.75, 0.5$ бўлганда 12-3- расмдаги 1, 2, 3 нуқталар мос келади. Мос равишда $\alpha = 1, 0.75$ ва 0.5 учун 12-4- расмда бу нуқталарни яшаш ва $M_T = 0$ учун идеал ростлаш характеристикасини ҳосил қилиш мумкин. 12-3- расмда $\alpha = 1, 0.75, 0.5$ лар учун бироқ $M_T = 40\%$ га мос келувчи 4, 5, 6 нуқталарни олиб, 12-4- расмда α нинг ўша қийматлари учун, бироқ

$M_T = 40\%$ даги иккинчи характеристикани олиш мумкин. Бу кейинги характеристиканинг абсцисса ўқи билан кесишиши бошқариш кучланиши U_b нинг катталигини кўрсатади, кучланишнинг бу қийматида двигатель $M = 40\%$ момент ҳосил қилиб ўрнидан қўзғалади.

Мустақил уйғотишни ўзгармас ток ижро қилувчи двигатели шу типдаги двигателлар орасида энг яхшиси ҳисобланади ва автоматик ростилашда ва айниқса, кузатиш системаларида ишлатилади.

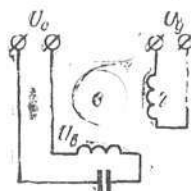
12-3. ЎЗГАРУВЧАН ТОК ИККИ ФАЗАЛИ ИЖРО ҚИЛУВЧИ ДВИГАТЕЛИ

Саноатда ишлаб чиқариладиган барча микродвигателларнинг 90% га яқини ўзгарувчан ток двигателлариридир.

Автоматик системалар ва ҳисоб-ечиш техникаси системаларида энг кўп қўлланиладиган ўзгарувчан ток двигатели магнитсиз ғовак роторли икки фазали асинхрон двигателдир. Бу двигателлар саноат частотасидаги ($f = 50$ Ғц) тармоқлардан ҳам, юқори (330, 400, 500, 800 ва 1000 Ғц) частотали тармоқларда ҳам ишлайверади, бунда айланиш тезлиги 1500 дан 30000 *айл/минга* етиши мумкин. Бу двигателларга ҳам 12-2- § да саналган талаблар қўйилади. Бироқ, бу талабларни тўла равишда қаноатлантириб бўлмайди, буни қуйида кўрсатамиз.

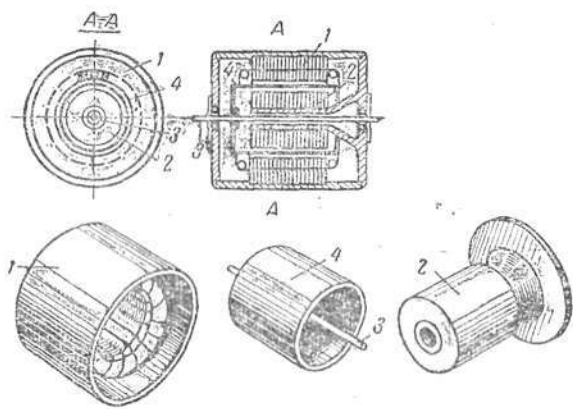
12-5- расмда икки фазали двигателнинг 10-15- § да келтирилганга ўхшаш улаш схемаси тасвирланган. Конденсатор билан кетма-кет уланган 1 уйғотиш чулғами U_c кучланишли тармоққа уланади ва чулғамнинг U_n кучланиши ўзгаришсиз қолади. U_y сигнал бошқариш чулғами деб аталган чулғам 2 га берилади. Конденсатор туфайли чулғамлардаги тоқлар фаза бўйича 90° га силжиган бўлади. Қисқа туташган 3 ротор U_r кучланиш берилиши билан айлана бошлайди ва бу кучланиш йўқолиши ҳамоно тўхташи керак.

Двигатель. 12-6- расмда кўрсатилганидек, махсус конструкцияга эга. Қўзғалмас статор икки қисмга эга; ҳамма чулғамлар жойлашадиган ташқи қисм 1 ва системанинг магнит қаршилигини камайтирадиган ички қисм 2. Массасини камайтириш, демак, ҳаракат тезлигини ошириш мақсадида ротор 4 алюминий қотишмадан юпқа деворли стакан шаклида ясалади ва ўқ 3 га маҳкамланади. Ўқ ички статор 2 орқали ўтказилади ва двигатель чекка қопқоқларидаги подшипникларда айланади. Бундай двигателлар 4—70 *вт* қувватга мўлжаллаб ясалади; 0,1—1,5 *вт* қувватга мўлжалланганида уларнинг конструкцияси 12-7- расмда кўрсатилганидек бўлади. Статорнинг 1 ташқи қисми магнит қаршиликни камайтириш учун хизмат қилади, ички қисми 2 да эса чулғамлар жойлаштирилади. Бундан аввалги двигательдагидек, бунда ҳам ротор 3 алюминий қотишмасидан юпқа деворли стакан шаклида ясалади.



12-5- расм. Икки фазали ўзгарувчан ток ижро қилувчи двигатели.

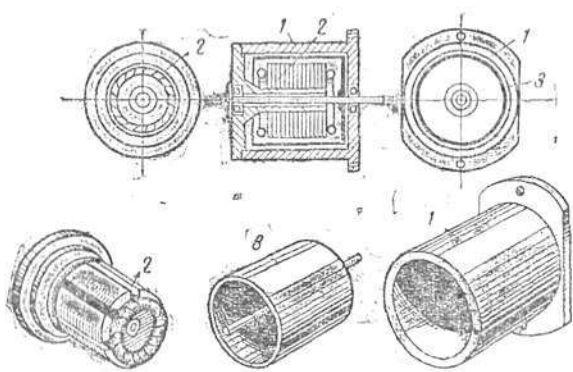
Нормал ясалган ўзгарувчан ток икки фазали асинхрон двигателнинг битта нуқсони бор, двигателни автоматик қурилмаларда ишлатиш учун бу нуқсонни бартараф қилиш лозим.



12-6- расм. Магнитсиз ғовак роторли двигатель конструкцияси.

Нуқсон шундан иборатки, икки чулғам майдони таъсирида айланаётган двигатель майдонлардан бири, яъни бошқариш чулғами узилганда ҳам айланишда давом этаверади, яъни у ўзидан-ўзи айланаверади. Бунинг сабаби 10-15- § да баён қилинган эди (10-35-расм).

Биз юқорида кўрган двигателларда (12-6, 12-7- расм) r_2 актив қаршиликлари x_2 реактив қаршиликдан катта бўлган магнитсиз ғовак роторлардан фойдаланиш натижасида двигателлар ўз-ўзидан

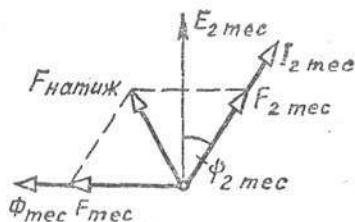


12-7- расм. Магнитсиз ғовак роторли ва ички ста-
торида чулғами бўлган двигатель конструкцияси.

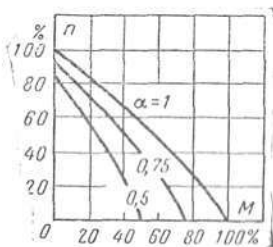
айланмайди. Бу ҳолда 10-35- расмда тасвирланган диаграмма 12-8- расмда кўрсатилганидек ўзгаради. x_2 нинг қиймати r_2 нинг қийматига нисбатан кичик бўлгани учун, ҳатто бу x_2 қаршилик иккиланган частотада катталашганда ҳам роль ўйнамайди. Шунинг учун E_2 тес. э. ю. к. ҳосил қилган $I_{2\text{тес.}}$ ток ундан фаза бўйича 10-35- расмда кўрсатилгандагидан анча кичик ψ_2 тес. бурчакка орқада қолади. Демак, $F_{2\text{тес.}}$ магнитловчи куч $F_{\text{тес.}}$ магнитловчи кучни компенсацияламайди ва айланаётган двигателда $\Phi_{\text{тес.}}$ тескари оқим мавжуд бўлади, бу оқим $I_{2\text{тес.}}$ ток билан бирга M_T тормозловчи моментни вужудга келтиради. Бу тормозловчи момент тўғри Φ_T оқим ҳосил қилган айлантирувчи моментдан катта бўлади, чунки бунда r_2 қаршилик катталиги туфайли тўғри E_2 э. ю. к. томонидан ҳосил қилинган $I_{2\text{ток}}$ кичик бўлади. Бу ҳолда тормозланиш иккала U_6 ва U_y кучланишни олгандагидан кўра тезроқ бўлади. Ҳолбуки, бу икки кучланиш олинганда ҳеч қандай оқимлар бўлмайди ва ротор инерцияси бўйича айланиши мумкин.

Бундан ташқари, $r_2 \geq x_2$ бўлганда s сирпаниш ортиши билан айлантирувчи момент узлуксиз ортади ва двигатель ҳар қандай нагрузкада ҳам тургун ишлайди, бу 10-23- расмда 1 эгри чизик билан кўрсатилган.

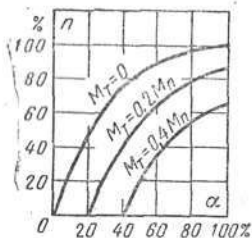
Бу двигатель учун 12-9- расмда кўрсатилган механик характеристикаларни, мустақил уйғотишли ўзгармас ток двигателидаги сингари, тўғри чизикли деб ҳисоблаш мумкин. Аксинча, ростлаш характеристикалари (12-10- расм) фақат $\alpha = 30-50\%$ гачагина тах-



12-8-расм. Магнитсиз ғовак роторли икки фазали асинхрон двигателнинг ўз-ўзидан юрмаслигини изохловчи диаграмма.



12-9-расм. Икки фазали ижро қилувчи асинхрон двигателнинг механик характеристикалари.



12-10-расм. Икки фазали ижро қилувчи асинхрон двигателнинг ростлаш характеристикалари.

минан тўғри чизиқ деб ҳисобланиши мумкин. Шу сабабли двигателнинг номинал тезлиги учун тахминан салт ишлашдаги тезлигининг ярмига тенг катталиқ олинади.

Двигатель ҳаракатлантираётган система тез айланмаслиги мумкин бўлган ҳолларда магнитсиз ғовак роторли асинхрон двигатель ўрнига бемалол одатдаги ротори қисқа туташтирилган асинхрон двигатель ишлатилиши мумкин. Бу двигателда ҳаво зазори кичик бўлгани сабабли магнитлаш токи, демак, статор чулғамидаги исрофлар ҳам кам бўлади, натижада двигателнинг фойдали иш коэффициентини $\cos \varphi$ ортади. Салт ишлашдан то двигатель тўхтагунча ($s = 0 \div 1$) двигатель тургун ишлаши керак бўлгани учун, роторнинг r_2 актив қаршилиги x_2 реактив қаршилиқдан анча катта қилиниши керак. Бундай двигателларнинг қуввати ваттнинг улушларидан то бир неча ваттгача бўлади.

12-4. ФЕРРОМАГНИТЛИ ҒОВАК ЁКИ ЯХЛИТ РОТОРЛИ ИККИ ФАЗАЛИ АСИНХРОН ДВИГАТЕЛЬ

Бу двигатель одатдаги икки фазали чулғамга ва ғовак ёки яхлит ферромагнит роторга эга. Айланувчи магнит оқими ферромагнит ротор орқали туташгани учун, бунда 12-6- расмда кўрсатилгани сингари, ички статор бўлмайди. Айланувчи оқим ротор сиртида уюрма тоқлар ҳосил қилади, бу тоқлар ҳам оқим билан биргаликда айлан-тирувчи момент ҳосил қилади. Роторнинг актив қаршилиги катта ($r_2 > x_2$), шунинг учун юргизиш моменти катта бўлиб, двигатель барча ишлаш днапазонида тургун ишлайди ва ўз-ўзидан айланмайди. Механик ва ростлаш характеристикалари (12-9 ва 12-10- расмлар) тўғри чизиққа яқин ва улар ток олаётган тармоқ частотаси қанча катта бўлса, характеристикалар ҳам тўғри чизиққа шунча яқинлашади. Двигателнинг тезлигини кенг днапазонда ростлаш мумкин, тузилиши содда ва ишлатиш учун ишончли. Унинг ёққ-сонни двигатель фойдали иш коэффициентини $\cos \varphi$ нинг кичиклигидир. Бу двигателлар қуввати 5—300 *вт* бўлганда автоматикада кенг қўлланилади ва конденсаторли двигателлар бўлади.

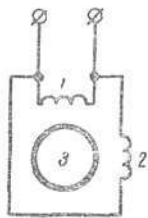
Айланувчи қисмларнинг инерция моментини орттириш керак бўлган қурилмаларда (магнитофонлар, гироскоплар) юқорида баён қилинган двигателлар тескари ясалишда, яъни статор чулғами, 12-7- расмда кўрсатилганидек цилиндрда қўзғалмас қилиб жойлаштирилади, ротор эса ғовак пўлат цилиндр кўринишида статор атрофида айланади.

12-5. ЮРГИЗИШ ҚАРШИЛИГИ ЎРНАТИЛГАН БИР ФАЗАЛИ АСИНХРОН ДВИГАТЕЛЬ

Бир фазали асинхрон двигателнинг ишлаш принципи 10-15- § да, унинг схемаси 10-33- расмда кўрсатилган эди. Бундай двигателларни юргизиш учун конденсатор улаш талаб қилинар эди, бу конденсаторнинг сифими ҳатто двигатель қуввати 50—200 *вт* бўлганда

ҳам 20—30 мкф эди. Бу конденсаторнинг ўлчамлари одатда двигателъ ўлчамларидан катта бўлиб, уларни автоматик схемаларда ишлатишга мутлақо имкон бермайди.

Мазкур типдаги двигателъ конденсаторсиз ишлайди (12-11-расм) ва қуйидагича тузилган. Двигателъ статорининг, 10-31-расмда кўрсатилгандек, иккита чулғами бор. Ишчи чулғам 1 статор ариқчаларининг учдан икки қисmini эгаллайди, ўрамлари сони кўп ва индуктив қаршилиги катта. Юргизини чулғами 2 қолган қисм ариқчаларда жойлашган ва ўрамлари сони кам бўлган ҳолда, актив қаршилиги индуктив қаршилигидан катта. Шундай қилиб, 90° эл. град га сурилган икки чулғам орқали фаза жиҳатидан деярли чорак даврга силжиган иккита ток ўтади ва ротор 3 ни эргантирувчи айланувчи магнит оқими ҳосил қилади. Бу двигателлар юргизини ситимли уч фазали двигателлардан ўзларининг юргизини характеристикалари билан фарқ қилади ва $p=1-2$ та қилиб, 18—600 атт қувватларга мўлжаллаб, берк шамоллатиладиган қилиб ясалади.

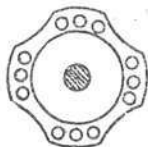


12-11-расм. Юргизини қаршилиги ичига ўриштирилган бир фазали асинхрон двигателъ.

12-6. БИР ФАЗАЛИ СИНХРОН РЕАКТИВ ДВИГАТЕЛЬ

Кичик қувватли барча типдаги синхрон двигателлардан энг кўп тарқалгани реактив двигателдир. Реактив двигателъ синхрон алоқа системаларида, овозли кино установкаларида, овоз ёзиб олувчи аппарат (магнитофон)ларда, ҳисоблаш қурилмалари магнит хотирасининг лента тортувчи механизмларида, медицина ва рўзгор аппаратураларида юритма двигатели сифатида ишлатилади. Двигателнинг конструкцияси содда ва арзон.

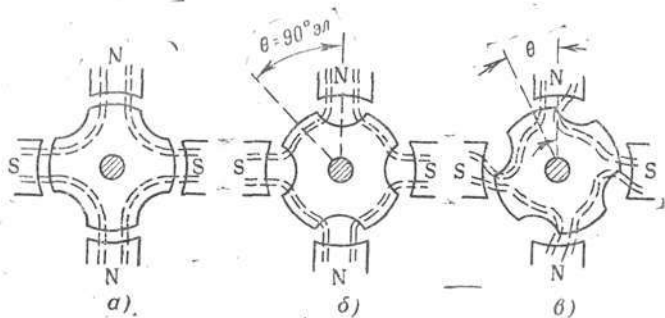
Синхрон реактив двигателъ қисқа туташтирилган роторли асинхрон двигателдан кам фарқ қилади. Унинг статорида иккита чулғам бўлиб, булардан бирига айланувчи магнит оқими ҳосил қилиш учун конденсатор кетма-кет уланган (12-5-расм). Ротор қисқа туташтирилган чулғамли, лекин унинг доирасида ўқ бўйлаб тешиклар бор (12-12-расм), бу тешиклар туфайли чиқиқлар ҳосил бўлади, бу чиқиқларсиз двигателъ синхрон режимда ишлай олмайди. Двигателнинг ишлаш принципи 12-13-расмда тушунтирилган.



12-12-расм. Бир фазали синхрон реактив двигателнинг ротори.

Тўрт қутбли оқим шартли равишда магнитлар қутблари билан алмаштирилган. Агар улар орасига цилиндрсимон ротор жойлаштирилса, у ҳамма вазиятда ҳам тинч туради. Бироқ чиқиқлар сони қутблар сонига тенг бўлганда у фақат икки вазиятда: қутблар ўқи ва чиқиқлар ўқлари орасидаги бурчак нолга тенг ($\theta = 0$) ёки бу бурчак 90° эл. град. га тенг бўлгандагина (12-13-а ҳамда 12-13-б расм) мувозанат ҳолатда туради. Бироқ кейинги ҳолда мувозанат

турғун бўлмайди. Мувозанат вазиятидан бир оз оққанда ҳам ротор магнит қаршилиқ энг кам бўлган, яъни $\theta = 0$ бурчакка мос келувчи вазиятга қайтади. Агар қутблар (оқим) айлана бошласа (12-13-в расм) ва θ номувофиқлик бурчаги пайдо бўлса, у ҳолда ротор ҳамма вақт оқим (қутблар) билан синхрон айланади, чунки бунда θ бурчакни камайтиришга интилувчи куч мавжуд бўлади.



12-13- расм. Бир фазали синхрон реактив двигателнинг иш принципи.

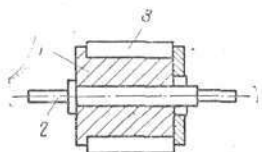
Юқорида айтилган вазият вужудга келиши учун ротор дастлаб синхрон тезликка яқин тезлик билан айлантирилиши керак. Шунинг учун ротор қисқа туташтирилган чулғам билан таъминланган ва дастлабки вақтда у асинхрон двигатель тарзида ишлайди, сўнгра ротор синхронликка эришади. Ротор чулғамидаги ток нолга тенглашади ва двигатель айланувчи оқим ва ротор чиқиқлари орасидаги реактив момент ҳисобига айланади. Бу двигателлар бир фазали бўлганда йиғирма ваттгача қувватларга мўлжаллаб, $n = 1000 \div 1500$ айл/мин тезликда айланадиган қилиб ясалади. Бу двигателларнинг нуқсонлари уларнинг қувват бирлигига тўғри келадиган оғирлигининг катталиги, ф. и. к. нинг ва $\cos \phi$ нинг пастлигидир.

12-7. УЧ ФАЗАЛИ ВА БИР ФАЗАЛИ ГИСТЕРЕЗИСЛИ СИНХРОН ДВИГАТЕЛЛАР

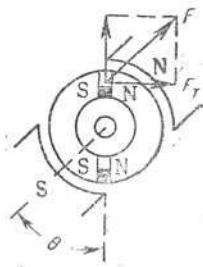
Реактив синхрон двигателларнинг юқорида қайд қилинган камчиликлари қувватлар кичик ($3-20$ вт) бўлганда гистерезисли синхрон двигателлардан фойдаланишга мажбур қилади. Бу хил двигатель статорида уч фазали ва бир фазали (ишчи ва юргизиш) чулғамлари ва яхлит (ёки шихталанган) ферромагнит ротори бўлади. Бироқ электр машиналар учун одатда гистерезис ҳалқаси тор бўлган пўлат ишлатилса, гистерезисли двигатель ротори учун гистерезис ҳалқаси кенг бўлган магнитли-қаттиқ материал—викеллой ишлатилади. Двигатель арзонга тушиши учун унинг ротори йиғма қилиб ясалади (12-14- расм) ва вал 2 га ўтказилган втулка 1 ҳамда

магнитли-қаттиқ материалдан қилинган ташқи цилиндрлар 3 дан иборат бўлади.

Агар ротор айланувчи магнит оқимида жойлаштирилган деб фараз қилинса (у 12-15-расмда иккита қутб билан алмаштирилган), у ҳолда ташқи цилиндрда элементар магнитчалар ишқаланиш туфайли бир онда айланувчи оқимнинг ўқи бўйлаб бурила ололмайди. Бу магнитчаларга F_T тангенциал кучлар таъсир қилиб M_T гистерезис momenti ҳосил қилади. Ротор синхрон тезлик билан оқим орқасидан эргашади. Айланувчи



12-14-расм. Синхрон гистерезисли двигателнинг ротори.



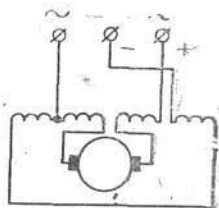
12-15-расм. Гистерезисли синхрон двигателнинг иш принципи.

магнит оқими ва элементар магнитчалар ўқи орасида номувофиқлик бурчаги θ ҳосил бўлади, бу бурчак фақат материалнинг коэрцитив кучига боғлиқ бўлади.

Двигателни юргизишда натижавий момент гистерезис momenti ва уорма тоқлар ҳосил қилган M_y момент йиғиндисидан иборат бўлади. Шунинг учун юргизиш momenti анча катта. Нормал режимда двигатель гистерезис momenti ҳисобига синхрон айланади, чунки синхрон тезликда роторда уорма тоқлар бўлмайди.

12-8. КОЛЛЕКТОРЛИ УНИВЕРСАЛ ДВИГАТЕЛЬ

Маълумки, ток берувчи тармоқ тугқичларининг қутблги ўзгарганда ўзгармас ток двигатели ўзининг айланиш йўналишини ўзгартирмайди (8-3-§). Шунинг учун коллекторли двигательга баъзи конструктив ўзгаришлар киритилса, у ўзгарувчан ток тармоғидан ҳам ишлайиш мумкин. Бу ўзгартiriшлар қисқача қуйидагилардан иборат. Ҳар қандай ўзгарувчан ток машиналаридаги сингари бутун магнитопровод пўлат варақлардан йиғилиши керак. Индуктивликни камайтириш мақсадида уйғотиш чулғамидаги ўрамлар сони камайтирилиши лозим. Шунинг учун ҳам ўзгарувчан токда ишловчи коллекторли двигательларнинг ҳаммаси кетма-кет уйғотишли бўлади. Ўзгарувчан токда коммута-



12-16-расм. Коллекторли универсал двигатель схемаси.

ция жуда мураккаблашиб кетиши туфайли уни яхшилаш усуллари кўзда тутилган бўлиши керак.

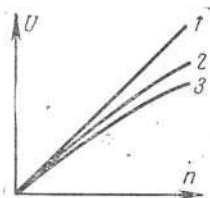
Ўзгармас токда 110 ва 220 в кучланишларда ҳамда ўзгарувчан токда 127 ва 220 в кучланишлар ва 50 гц частотада ишлашга мослаштирилган 5—600 вт қувватли кетма-кет уйғотишли коллекторли двигателлар универсал двигателлар дейилади. Двигателларнинг айланиш тезлиги 2000 дан 8000 ай/мин гача.

Двигатель ўзгарувчан токда ишлаганида исрофларнинг кўпайиб кетиши туфайли унинг кўрсаткичлари ўзгармас токда ишлаганидиган кўра анча ёмон бўлади.

Двигателнинг уланиш схемаси 12-16- расмда кўрсатилган. Двигатель турли хилдаги электр асбобларнинг приводларида ва турмушда ишлатилади. Двигатель радио бузилишларни йўқотувчи фильтр билан таъминланади.

12-9. ЎЗГАРМАС ТОК ТАХОГЕНЕРАТОРИ

12-1- расмда генераторни айлантирувчи ижро қилувчи двигатель кўрсатилган эди. Генераторда ω тезлик кириш сигнали, тутқичлардаги U кучланиш эса чиқиш сигнали эди. Агар кириш ва чиқиш сигналлари орасидаги $U = f(\omega)$ боғланиш амалда чизиқли бўлса, бундай генератор тахогенератор деб юритилади. 12-17- расмда 1 тўғри чизиқ билан кўрсатилган бу боғланиш тахогенераторнинг идеал чиқиш характистикаси дейилади.



12-17- расм. Тахогенераторнинг чиқиш характистикалари.

Тахогенераторнинг асосий вазифаси ижро қилувчи двигатель валининг айланиш тезлигини ўлчашдир. Тезликни автоматик ростловчи системаларда тахогенератор тезликнинг кўрсатилган катталикдан четга чиқиб кетганлигини кўрсатувчи ва сигнал берувчи ўлчаш элементи ролини ўйнайди. Тахогенератор берган сигнал ўзгартирилиб узатилгандан сўнг тезлик қайта тикланади. Бундан ташқари, тахогенераторлар турли хил механик ҳисоблаш операцияларида кенг қўлланилади.

Одатда мустақил уйғотишли генератор ўзгармас ток тахогенератори вазифасини ўтайди. Баъзи ҳолларда доимий магнитлар билан уйғотиладиган тахогенератор ишлатилади.

Агар тахогенераторнинг тутқичлари туташтирилмаган ҳолда ишлаётган бўлса, унда $E = c_E \Phi_n = c \Phi \omega$ бўлади, яъни магнит оқими Φ ўзгармас бўлганда бурчак тезлик ω га боғлиқ ҳолда тўғри чизиқ қонуни бўйича ўзгаради. Агар тахогенератор тутқичларига қаршилиқ уланган ва якорь чулғамидан I_a ток ўтса, у ҳолда якорь реакцияси ва кучланишнинг симларда ҳамда якорь чўткаларида тушиши натижасида, тутқичларга уланган қаршилиқнинг қанчалик кичик бўлишига боғлиқ ҳолда, U кучланиш E дан шунча кичик бўлади. Бу ҳолда 12-17- расмда кўрсатилган эгри чизиқ 2 ва 3 лар билан кўрсатилган $U = f(n)$ тўғри чизиқ 1 дан четга сғади. Шунинг

учун тахогенератор нагрузкасининг қаршилиги ҳамма вақт ўзгармас бўлиб қолиши ва якорь чулғами қаршилигидан бир неча марта катта бўлиши керак.

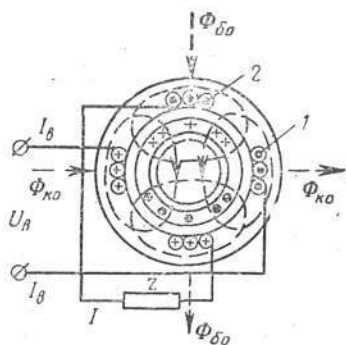
12-10. ХОВОЛ МАГНИТМАС РОТОРЛИ ЎЗГАРУВЧАН ТОК ТАХОГЕНЕРАТОРИ

Ўзгарувчан ток асинхрон тахогенератори кам қувватли кузатиш приволида, ўзгарувчан токда ишловчи автоматик бошқариш системаларида ва ҳисоблаш қурилмаларида ишлатилади.

Конструкция жиҳатидан асинхрон тахогенератор, одатда ховол магнитмас стакан кўринишидаги ротордан ҳамда ўзгарувчан ток ижро қилувчи двигателидаги сингари (12-6- расм) ташқи ва ички қисмли статордан иборат бўлади. Ички статорнинг чулғами бўлмайди, ташқи статорда эса фазода 90° га силжитилган иккита чулғам бўлади. Чулғамлардан бири — уйғотиш чулғами 1 (12-18- расм) га доимий амплитудали ва ўзгармас частотали U_y кучланиш берилган бўлиб, бу чулғам 12-18- расмда унинг ўқи вертикал ҳолда жойлашган. Бошқа — генератор чулғами деб аталувчи чулғам 2 нинг ўқи горизонтал жойлашган. Ҳовол ротор деворининг қалинлиги 3- расмда катта қилиб кўрсатилган.

I_y ўзгарувчан ток статор чулғами 1 орқали ўтиб, пульсланувчи $F_{ст.}$ магнитловчи куч ва $\Phi_{ст.}$ оқимни ҳосил қилади, бу оқим кўзгалмас ротор жисмида, трансформаторнинг иккиламчи чулғамидаги сингари, э. ю. к. ва уюрма тоқлар ҳосил қилади. Бу ток ва э. ю. к. нинг йўналиши уйғотиш чулғамидаги токнинг йўналишига қарама-қарши бўлади, бироқ улар расмда кўрсатилмаган. Бу тоқлар роторнинг $F_{рот.}$ магнитловчи кучини вужудга келтиради ва у статорнинг $F_{ст.}$ магнитловчи кучи билан қўшилиб $\Phi_{бўйл.}$ бўйлама оқим ҳосил қилади, бу оқимнинг йўналиши уйғотиш чулғамининг ўқи билан устма-уст тушади.

Агар ротор айлана бошлаган бўлса, унинг жисмида $E_{айл.}$ айлантирувчи э. ю. к. ҳосил бўлади, демак, 12-18- расмда йўналиши ўнг қўл қондаси билан аниқланадиган ва роторда кўрсатилган токни вужудга келтиради. Ротор токи кўндаланг $\Phi_{кўнд.}$ оқим ҳосил қилади, бу оқимнинг йўналиши статор чулғами 2 нинг ўқи билан устма-уст тушади. Шундай қилиб, ўзига хос трансформатор ҳосил бўлади: бу трансформаторнинг бирламчи чулғами ротор, иккиламчи чулғами эса чулғам 2 бўлади. Кўндаланг оқим чулғам 2 да трансформатор э. ю. к. ни вужудга келтиради, бу э. ю. к. нинг частотаси ротордаги токнинг частотасига, демак, $\Phi_{бўйл.}$ оқимнинг частотасига тенг



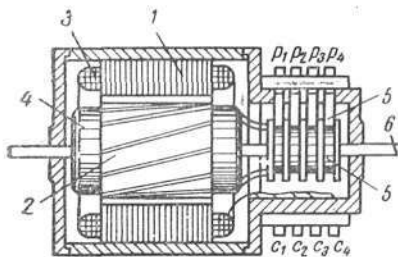
12-18- расм. Ўзгарувчан ток тахогенератори.

Бўлади. Ўз навбатда $\Phi_{\text{бўл.}}$ оқимнинг частотаси статор уйғотиш чулғами 1 нинг токи частотасига тенг, бу частота эса ўзгармасдир. Шундай қилиб, статор чулғами 2 да вужудга келтирилган э. ю. к. нинг частотаси ўзгармас, унинг амплитудаси эса роторнинг айланиш тезлигига пропорционал, чунки бу тезликка ротор токининг ва $\Phi_{\text{қўл.}}$ оқимнинг амплитуда қийматлари пропорционалдир.

Ўзгармас ток тахогенераторидаги сингари нагрузканинг z қаршилиги статор чулғами 2 нинг қаршилигидан бир неча марта катта бўлиши керак.

12-11. БУРИЛМА ТРАНСФОРМАТОРЛАР

Бурилма (айланувчи) трансформаторлар бурилиш бурчаги α ёки $\sin \alpha$ ва $\cos \alpha$ га пропорционал кучланиш олини учун ишлатилади. Бурилма трансформаторлар ҳисоблаш қурилмаларида тригонометрик масалаларни ечишда, масалан, тўғри бурчакли учбурчакнинг катетларига кўра гипотенузасини топишда ишлатилади.



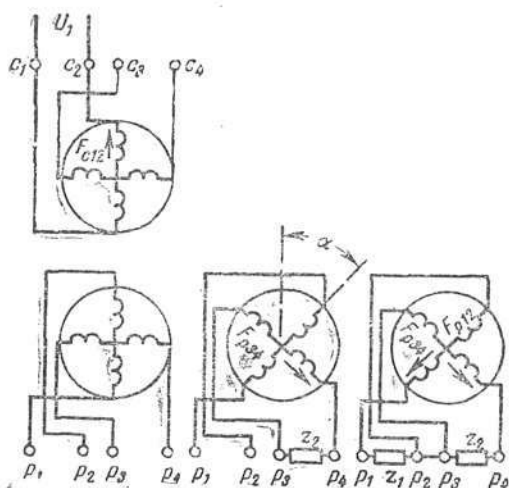
12-19- расм. Бурилма трансформатор.

Бурилма трансформатор (12-19- расм) статор 1 ва ротор 2 дан иборат бўлиб, улар варақли электротехник пўлатдан йиғилган. Статор ва роторнинг ариқчаларида 3 ва 4 чулғамлар жойлаштирилган, бу чулғамлар ҳам бир-бирига нисбатан 90° силжитилган, икки чулғамдан иборат. Статор чулғамининг c_1, c_2, c_3, c_4 ва ротор чулғамининг p_1, p_2, p_3, p_4 учлари трансформаторнинг чекка қопқоқларидан бирига жойлаш-

тирилган. Роторнинг бурилиш бурчаги $\pm 360^\circ$ билан чекланган ҳолларда ротор чулғамларининг учлари контакт ҳалқалар ва чўткалар кўрinishида эмас, роторнинг вали 6 га маҳкамланган изоляция барабанига ўралган лента 5 лар кўрinishидаги юмшоқ симлар кўрinishида чиқарилади.

Трансформатор чулғамларининг уланиш ва жойланиш схемаси 12-20-а расмда кўрсатилган. Масалан, $c_1 c_2$ чулғамга ўзгарувчан кучланиш берилса, $p_1 p_2$ ротор чулғамида, одатдаги трансформаторнинг иккиламчи чулғамидаги сингари, $E_{p12} = E_m$ э. ю. к. вужудга келади, чунки $c_1 c_2$ ва $p_1 p_2$ чулғамларнинг ўқлари устма-уст тушади. Бошқа икки чулғамнинг E_{c31} ва E_{p31} электр юритувчи кучлари нолга тенг, чунки бу чулғамларнинг ўқлари $c_1 c_2$ чулғамнинг ўқига перпендикуляр. Агар ротор α бурчакка бурилса (12-20- б расм) у ҳолда $E_{p12} = E_m \cdot \cos \alpha$ ва $E_{c31} = E_m \cdot \sin \alpha$ бўлади. Шунинг учун $p_1 p_2$ чулғам косинус чулғами, $p_3 p_4$ чулғам эса синус чулғами деб аталади. $E_{p34} = f(\alpha)$ боғланишни ифодаловчи эгри чизиқ, яъни синусоида 12-21- расмнинг юқори тармоғи билан кўрсатилган. Бироқ бундай

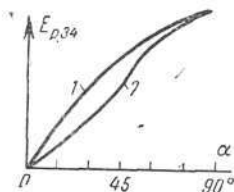
боғланиш $p_3 p_4$ чулғам нағрузкаланмаганда ҳосил бўлади. Агар $p_3 p_4$ чулғамни z_2 қаршилиқ билан туташтирилса (12-20-б расм), I_{p34} ток туфайли F_{p31} магнитловчи куч юзага келади, унинг йўналиши $p_3 p_4$



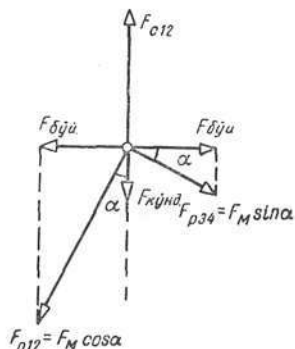
12-20- расм. Бурилма трансформатор чулғамларининг қўшилиш схемаси.

чулғамнинг ўқи билан устма-уст тушади, бу 12-22- расмда кўрсатилган.

Бу магнитловчи куч $F_{бўйла}$ бўйлама магнитловчи куч ва кўнда-ланг $F_{кўнд.}$ магнитловчи кучдан иборат; бўйлама магнитловчи куч, одатдаги трансформатордаги сингари, бирламчи чулғамдаги токни



12-21- расм. Бурилма трансформатор э.ю.к. нинг ротор бурилиш бурчагига боғлиқлиги.



12-22- расм. Бурилма трансформатор кўнда-ланг магнитловчи кучни компенса-циялаш диаграммаси.

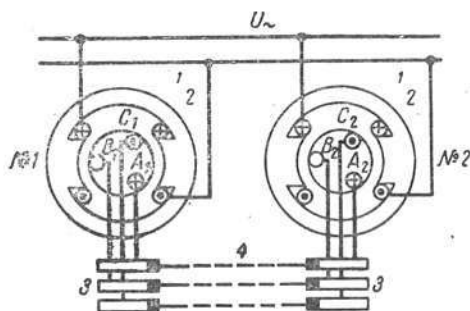
кўпайтириш билан батамом компенсация қилинади. Кўндаланг, магнитловчи куч F_{c12} магнитловчи кучлар йиғиндисидан иборат бўлиб трансформаторнинг магнит оқими, ва бинобарин, 12-21- расмда кўрсатилганидек, $E_{p31} = f(\alpha)$ эгри чизиқни бузади (2 эгри чизиқ). Кўндаланг магнитловчи кучни турли усуллар билан компенсация қилиш мумкин. Улардан бири қуйидагича.

$p_1 p_2$ чулғамга z_1 қаршилиқни $z_1 + z_{12} = z_2 + z_{31}$ бўладиган қилиб ҳисоблаб уланади, бунда z_{12} ва z_{31} мос равишда $p_1 p_2$ ва $p_3 p_4$ чулғамларнинг қаршилиқлари. Бундай улаш 12-20- в расмда кўрсатилган. Бунда ҳар қандай α бурчак учун магнитловчи куч $F_{p31} = F_m \cdot \sin \alpha$ ва кўндаланг магнитловчи куч $F_{k\text{ўнд.}} = F_m \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$. Иккинчи томондан, магнитловчи куч $F_{p12} = F_m \cdot \cos \alpha$ ва унинг кўндаланг магнитловчи кучи $F_{k\text{ўнд.}} = F_m \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$. Шундай қилиб, иккала кўндаланг магнитловчи куч бир-бирига тенг ва бир-бирини компенсация қилади, 12-21- расмда кўрсатилган 2 эгри чизиқ синусоида бўлади. Ҳар қандай α бурчакда ҳам ординаталарнинг йўл қўйиш мумкин бўлган фарқи синусоида ординатасининг 0,05% дан ортиқ бўлмаслиги керак.

12-12. СИНХРОН АЛОҚА УЧУН АСИНХРОН МАШИНАЛАР

Кузатувчи электроприводда сельсинлар деб аталувчи кичик габаритли индукцион электр машиналар қўлланилади. Бу аслида айланувчи трансформаторлар бўлиб, уларнинг роторида ҳалқали ва чўткали чулғамлари бўлади. Бундай электр машиналар ўз-ўзидан синхронлашиш хоссасига эга бўлиб, уларнинг номи ана шу хоссасига асосланган.

12-23- расмда яшаш усулларида бири бўйича қурилган иккита сельсин кўрсатилган. Ҳар бир сельсин қуйидагича тузилган. Ҳамма вақт фақат иккита чиқиқ қутби бўлган статорлар 1 да умумий ўзгарувчан ток тармоғига уланган бир фазали уйғотиш чулғамлари 2 жойлаштирилган. Роторлар ариқчаларида юлдуз қилиб уланган уч фазали синхрон-



12-23- расм. Номувофиқлик бурчаги бўлмаганда сельсинлар схемаси.

лаш чулғамлари жойлаштирилган, бу чулғамларнинг учлари контакт ҳалқалари 3 га уланган. Чўткалар орқали сельсинлар алоқа линияси 4 билан бир-бирига уланган. Сельсинлар ҳамма вақт жуфт-жуфти билан (датчик—приёмник типда) ишлайди. 12-23- расмда № 1 сельсин сигналлар датчиги, № 2 сельсин эса сигналлар приёмниги бўлиб хизмат қилсин. Схема индикатор режимида ишлаётган, яъни ўзаро механик боғланмаган машина ва аппаратларнинг икки

ёки бир неча валининг бурчак силжишларини масофадан туриб уза-тишда ишлаётган сельсинларни кўрсатади.

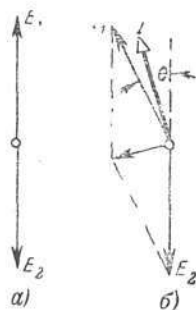
12-23-расмда кўрсатилган роторларнинг вазиятида уйғотиш чулғамлари ҳосил қилган ўзгарувчан оқимлар роторлар фазаларида $E_{A1} = E_{A2}$, $E_{C1} = E_{C2}$ э.ю.к. лар ҳосил қилади, E_{B1} ва E_{B2} лар айни вақтда нолга тенг бўлади. Алоқа линияси 4 да ток нолга тенг бўлади, чунки A_1 ва A_2 , C_1 ва C_2 фазаларнинг берк контурида иккита тенг ва фаза жиҳатидан мос бўлган э.ю.к. бир-бирига қарама-қарши таъсир қилади. Бу ҳолат икки синхрон машинани параллел ишлатиш учун улаш моментига тўғри келади (12-24-а расм).

Агар №1 сельсиннинг ротори билан боғланган механизм бурилса ёки у бирор сабабга кўра, масалан, 30° бурчакка бурилса, у ҳолда №1 сельсиннинг ротори фазаларида э.ю.к. нинг йўналиши 12-25-расмда кўрсатилгандагидек бўлади. E_1 ва E_2 электр юритувчи кучлар барча фазаларда ҳам номувофиқлик бурчаги θ нинг синусига пропорционал равишда ўзгаради, бунини 12-24-б расмда E_1 нинг θ бурчакка силжиши билан кўрсатиш мумкин. Ротор чулғамларининг берк контурида ҳар бир фазада э.ю.к. лар фарқи ΔE бўлади ва

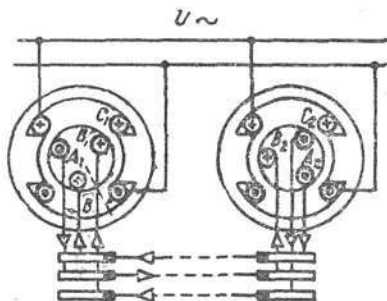
$$I = \frac{\Delta E}{2z}$$

ток оқади. Ротор фазасининг актив қаршилиги унинг реактив қаршилигига нисбатан катта бўлгани учун $z \approx x$ деб ҳисоблаш мумкин ва ток ΔE дан 90° бурчакка орқада қолади. Бироқ, синхрон машинадаги сингари, бу ток E_1 э.ю.к. билан мос тушади ҳамда №1 сельсиннинг ўқида эса айланттирувчи момент ҳосил қилади. Токларнинг йўналиши 12-25-расмда кўрсатилган ва №2 сельсиннинг ротори 30° га бурилишга интилади. Бироқ приёмник сельсининг бурилиш бурчаги ҳамма вақт талаб қилинганидан $0,25^\circ$ - $0,75^\circ$ бурчакка кичик бўлади.

Сельсинлар конструкцияларига кўра датчикларга ва приёмникларга бўлинади; улар, юқорида кўрсатилганидек, контактли ва контактсиз бўлиши мумкин; чулғамлари жамланган ва тақсимланган қилиниши; уйғотиш чулғами роторда ёки статorda бўлиши мумкин. Сельсинлар жуфти агар улар команда берувчи ва ижро қилувчи ўқлар-



12-24-расм. Номувофиқлик бурчаги бўлмаганда ва бу бурчак бўлганида сельсинлар э.ю.к. ларининг диаграммаси.

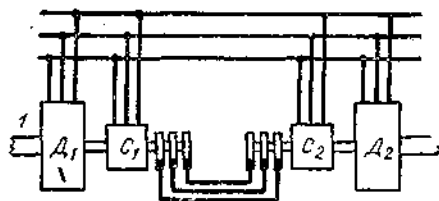


12-25-расм. Номувофиқлик бурчаги бўлганида сельсинлардаги токларнинг ўзаро таъсири.

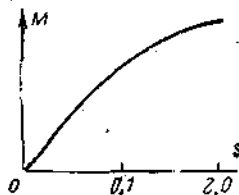
нинг номувофиқлик бурчакларини датчик-сельсин роторининг сил-
жишига пропорционал бўлган приёмник-сельсиннинг чиқиш кучланиши
катталигига кўра ўлчаш учун ишлатилса, трансформатор режимида
ҳам ишлаши мумкин. Сельсинларнинг чиқиш қувватлари 20 *вт* дан
ортиқ эмас, частотаси 50 ва 400, 500 *гц*.

12-13. ЭЛЕКТР ВАЛИ

Юқорида баён қилинган машиналарнинг синхрон алоқада ишлаш
принципи электр вали деб аталувчи қурилмаларда ишлатилади
(12-26-расм). Мазкур ҳолда C_1 ва C_2 лар энергияни схеманинг
бир қисмида иккинчи қисмига узатишга мўлжалланган нормал ясал-
ган асинхрон машиналардир.



12-26-расм. Электр вали схемаси.



12-27-расм. Электр вали учун моментнинг сирпанишига боғлиқлиги диаграммаси.

Бир-бири билан механик боғланмаган ва ўзларининг D_1 ва D_2 алоқада двигателлари билан айлантириладиган икки 1 ва 2 вал синхрон ишлаши керак. Бу валлар орасидаги масофа валларни механик боғлашни қийинлаштиради ёки батамом йўл бермайди дейлик. Масалан, қоғоз тайёрловчи машиналар, портал кранлар, огир токарлик станокларида юргизувчи винтларни алмаштириш, карусель станоклари ва ҳоказоларда шундай бўлади. 1 ва 2 валлар орасида номувофиқлик бурчаги ҳосил бўлганда C_1 ва C_2 ёрдамчи машиналар D_1 ва D_2 асосий двигателларни синхрон ишлашини таъминловчи қўшимча айлантирувчи моментлар ҳосил қилади. Айлантирувчи моментнинг сирпанишига $M = f(s)$ боғлиқлиги 12-27-расмда кўрсатилган. Кичик сирпанишларда C_1 ва C_2 машиналарнинг роторлари магнит оқими йўналишида айланганида ҳосил бўлган моментлар кичик. C_1 ва C_2 машиналарнинг айланиш тезлиги кенг ўзгарганда катта моментларни узатиш учун улар оқимга қарши ишлайди, бунда сирпаниш, бинобарин, момент ҳам катта бўлади.

Ўн учинчи боб

САНОАТ ЭЛЕКТРОНИКАСИ

13-1. ЭЛЕКТРОН АСБОБЛАРНИНГ КЛАССИФИКАЦИЯСИ ВА УЛАРНИНГ ВАЗИФАСИ

Электроника электрон, ион ва чала ўтказгичли асбобларнинг тузилиши, ишлаш принципи ва қўлланишини ўрганади.

Ток ҳодисаси фақат электронларнинг ҳаракати билангина боғлиқ бўлган асбоблар электрон асбоблар дейилади, бу асбобларда электронларнинг газ атомлари билан тўқнашмаслигини таъминлайдиган юқори вакуум мавжуд бўлади. Масалан, икки ва уч электродли электрон лампалар, баъзи фотоэлементлар, электрон нур трубкалар ва ҳоказолар ана шу группа асбобларга киради.

Электрон асбоблар тўғрилагичларда, кучайтиргичларда, генераторларда, юқори частотали қабул қилувчи қурилмаларда, шунингдек автоматика, телемеханика, ўлчаш ва ҳисоблаш техникасида ишлатилади.

Ток ҳодисаси электронларнинг ва учиб бораётган электронларнинг газни ёки симоб буғларини ионлаши туфайли ҳосил қилган ионларининг ҳаракати билан боғлиқ бўлган асбоблар ион асбоблар дейилади. Ион асбобларга газотронлар, тиратронлар, симобли вентиллар ва шу сингарилар киради.

Ион массаси электрон массасидан жуда катта бўлгани туфайли ион асбоблар электрон асбоблардан инерциясининг кўплиги билан фарқ қилади. Шу сабабли ион асбоблар частотаси бир неча килогерцдан ошмайдиган частотали қурилмалардан, ўрта ва катта қувватли тўғрилагичларда, механизмларни автоматик бошқариш схемалари ва бошқаларда ишлатилади.

Ток электронлар ва тешикларининг ҳаракати туфайли ҳосил қилинадиган ва чала ўтказгичларнинг баъзи хусусиятларидан фойдаланиладиган асбоблар чала ўтказгичли асбоблар дейилади.

Чала ўтказгичли асбобларнинг электрон ва ион асбоблардан қатор афзалликлари туфайли кейинги вақтларда чала ўтказгичли асбоблардан тобора кенгроқ фойдаланилмоқда. Бу афзалликлардан асосийлари: энергиянинг кам исроф бўлиши, ўлчамлари, оғирлиги ва таннархининг кичиклиги механик мустаҳкамлигининг юқорилиги, узоқ муддат ишлатилиши ва ишлатишнинг қулайлигидир. Радиотехника, энергетика, автоматика, телемеханика ва ҳисоблаш техникасининг қатор соҳаларида чала ўтказгичли асбоблар электрон ва ион асбобларни муваффақият билан сиқиб чиқармоқда.

13-2. КАМ ҚУВВАТЛИ ЭЛЕКТРОН ТЎҒРИЛАГИЧЛАР. ФИЛЬТРЛАР

Икки электродли электрон лампа — диод — иккита металл электроди A анод ва K катоди бўлган металл, керамика ёки шиша баллондан иборат (13-1-расм).

Баллонда ток ўтказмайдиган даражадаги вакуум ҳосил қилинган. Лампанинг электр ўтказувчанлигини таъминлайдиган электронлар катоддан уни юқори температурагача ($700 - 2400^{\circ}\text{C}$) қиздирганда ажралиб чиқади. Катод батарея накалидан ёки накал трансформаторидан ток берилганда қизийди.

Металлниң сирт қатламида бўлган эркин электронлар катодни ташлаб кетиши учун ўзларига металлниң мусбат ионлари томонидан таъсир қилувчи кучни енгишлари, яъни электронлар чиқиши иши деб аталган бирор W_0 ишни бажаришлари керак. Бу иш e_0 электрон зарядини чиқиш потенциали ϕ га кўпайтмасига тенг, яъни

$$W = e_0 \cdot \phi.$$

ϕ катталик ҳар бир металл учун донмий, демак, W_0 чиқиш иши ҳам ҳар бир металл учун донмийдир.

Бу иш электронвольтларда ўлчанади (эв) ва одатда $1 - 6$ эв бўлади.

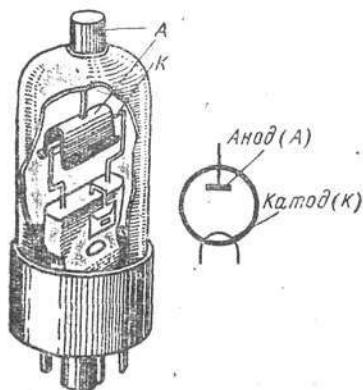
Нормал температурада катод эркин электронлариниң кинетик энергияси катодни ташлаб чиқиш учун етарли бўлмайди. Катод температураси ортганида эркин элект-

ронларниң ҳаракат тезлиги ортади, улардан бир қисми W_0 чиқиш ишини бажариш учун етарли бўлган $mv^2/2$ кинетик энергия олади ва улар катодни ташлаб чиқади. Қизиган металлдан электронларниң чиқиш процесси термоэлектрон эмиссия деб юритилади.

Кўпинча вольфрам катодлардан фойдаланилади, уларниң иш температурасини пасайтириш ва эмиссияни ортириш учун вольфрам катод чиқиш потенциали вольфрамниқидан кичик бўлган металлар — кальций, стронций, барийниң юпқа оксид пардаси билан қопланади.

Лампа катодини ток манбаиниң манфий тутқичи, анодини эса мусбат тутқичи билан улаб, яъни лампага анод кучланиши деб аталган u_a кучланиш бериб, лампа электродлари орасида электр майдони ҳосил қилиш мумкин, бу майдон таъсирида электронлар катоддан анодга қараб силжийди ва i_a анод токи ҳосил қилади. Бу токниң йўналиши, ўтказгичлардаги сингари, электронларниң ҳаракат йўналишига тескари бўлади.

Катод яқинида жойлашган электронларга анод кучланиши ҳосил қилган майдон кучларидан ташқари, анод яқинида турган электронлар ҳосил қилган тескари йўналишдаги кучлар ҳам таъсир қилади. Натижада катод яқинида электронлар тормозланади ва тўпланиб электронларниң катоддан учиб чиқиши ва анодга қараб



13-1- расм. Икки электродли электрон лампаниң тузилиши ва шартли белгиси.

ҳаракатланишига қаршилиқ қилувчи ҳажми каттагина манфий заряд ҳосил қилади.

Анод кучланиш u_a нинг ортиши анод токи i_a нинг фақат маълум бир катталиқкача — тўйиниш токигача ортишига олиб келади (13-2-расм). Бунда катоднинг айна шу температурасида эмиттирланган электронларнинг ҳаммаси анодга етиб келади, бинобарин, вақт бирлиги ичида катоддан чиққан электронлар сони анодга келувчи электронлар сонига тенг бўлади.

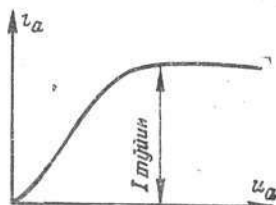
Лампа катодини ток манбаининг мусбат тутқичига, анодини манфий тутқичига улаб, электродлар орасида катоддан учиб чиққан электронлар яна катодга қайтиб келадиган, яъни лампа орқали ток ўтишига йўл қўймайдиган электр майдон ҳосил қиламиз. Бинобарин, лампа фақат бир йўналишда ток ўтказишига, яъни бошқача айтганда, лампа бир томонлама ўтказиш қобилиятига эга бўлади. Ана шундай хоссага эга бўлган асбоблар электр вентиллар дейилади.

Икки электродли лампалар кўпинча ўзгарувчан токни тўғрилашда ишлатилади. Саноат частотасидаги токни тўғрилашда ишлатиладиган лампа кенотрон дейилади.

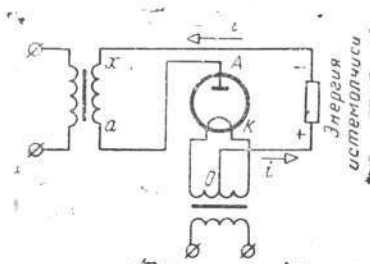
Ўзгарувчан токни битта ярим даврли тўғрилаш схемаси 13-3-расмда кўрсатилган.

Трансформатор иккиламчи чулғамининг битта тутқичи анодга, шу чулғамнинг иккинчи тутқичи энергия приёмниги орқали накал трансформатори иккиламчи чулғамининг ўрта нуқтаси O га уланган.

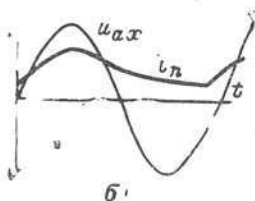
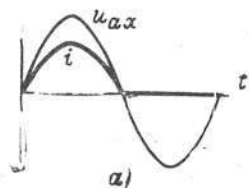
Лампа бир томонлама ўтказгани учун $AKO + - xaA$ занжирдаги i ток трансформатор иккиламчи кучланиши u_{ax} лампанинг аноди катодга нисбатан мусбат потенциалга эга бўла оладиган ярим давр давомида ўтади. Демак, приёмник занжирда давр давомида токнинг битта ярим тўлқини ўтади (13-4-а расм).



13-2-расм. Диоднинг вольт-ампер характеристикаси.

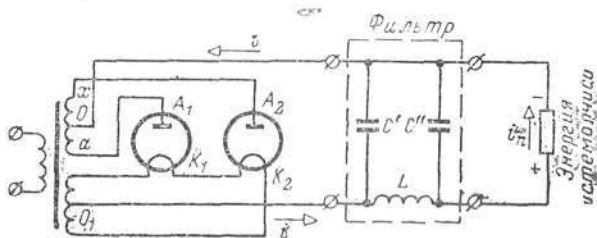


13-3-расм. Ўзгарувчан токни электрон лампа ёрдамида тўғрилаш.



13-4-расм. Битта ярим даврли тўғрилаш.

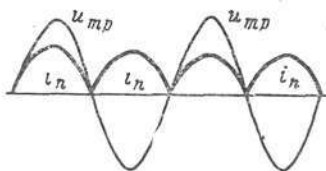
Ток пульсациясини камайтириш учун приёмникка параллел қилиб C конденсатор уланади. Бу ҳолда даврнинг бириинчи чораги давомида, трансформатор иккиламчи кучланиши нолдан максимумгача ортганда конденсатор зарядланади. Даврнинг қолган давомида конденсатор приёмник орқали разрядланади. Шундай қилиб, i_n ток приёмникдан бутун давр давомида ўтади (13-4-б расм).



13-5- расм. Кенотронлар ёрдамида иккита ярим даврли тўғрилаш схемаси.

Токнинг пульсациясини камайтириш учун реактив ғалтак (дрессель) ҳам ишлатилади, у энергия приёмнигига кетма-кет уланади. Ғалтак магнит майдонида ток ортганида энергия йиғилади. Ток камайганда ўзиндукция э. ю. к. шу йўналишдаги токни тутиб туради.

Энг кичик пульсацияли ток олиш зарурати туғилганда ғалтак ва конденсатор ёки ғалтак ва икки конденсатордан иборат текисловчи фильтр ишлатилади (13-5- расм).

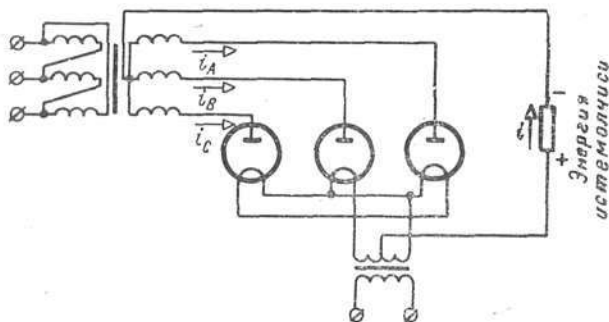


13-6- расм. Фильтрсиз иккита ярим даврли тўғрилашда ток эгри чизиқлари.

Икки анодли бир кенотрон билан алмаштириш ҳам мумкин) иккита ярим даврли тўғрилаш схемасида (13-5- расм) анодлар трансформатор иккиламчи чулғамининг тутқичларига уланган, чулғамнинг ўрта нуқтаси занжирнинг минуси бўлиб хизмат қилади. Кенотронлар катодини ток билан таъминловчи накал чулғамининг ўрта нуқтаси занжирнинг плюсидир. u_{ax} кучланишининг битта ярим даври давомида ток a , A_1 , K_1 , O_1 , *фильтр*, *энергия приёмниги*, O , a орқали, яъни бир кенотрон орқали ўтади. Иккинчи ярим давр давомида ток x , A_2 , K_2 , O_1 , *фильтр* *энергия приёмниги*, O , x орқали, яъни иккинчи кенотрон орқали ўтади. Приёмник токи i_n нинг *фильтрдан* фойдаланилмаган ва иккита ярим давр учун тўғрилангандаги эгри чизиғи 13-6- расмда кўрсатилган. *Фильтрдан* фойдаланилганда приёмникда жуда кичик пульсацияли ток ҳосил қилиши мумкин.

Уч фазали тўғрилагичда (13-7- расм) ҳар бир кенотрон орқали ток даврнинг фақат $1/3$ қисми давомидагина ўтади (13-8- расм),

чунки кенотроннинг ўзаро уланган катодлари бир хил потенциалга эга бўлади, ток эса қайси кенотроннинг анод потенциали каттароқ бўлса, шундан ўтади (13-8-расм). Уч фазали тўғрилагичнинг тўғриланган токининг пульсацияси ўзгарувчан токни иккита ярим даврли тўғрилашдагидан анча кичик бўлади — бу уч фазали тўғрилагичнинг энг катта афзаллигидир.



13-7-расм. Уч фазали тўғрилагич схемаси.

Филтрсиз ҳар қандай иккита ярим даврли тўғрилагич учун (унда кучланишнинг тушишини ҳисобга олмаганда) тўғриланган кучланиши ўзгарувчан кучланишнинг ярим даврдаги ўртача қийматига тенг бўлади. Анод кучланишнинг амплитудаси $U_m = 1/2 U_{m\text{-дох}}$ бўлганда (13-5-расм), ўртача қиймат.

$$U_{\text{ўрт.}} = U_{\text{доим.}} = \frac{2}{\pi} U = 0,637 U_m.$$

Тўғриланган кучланишнинг ҳақиқий қиймати синусоидал кучланишники сингари бўлади:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,707 U_m.$$

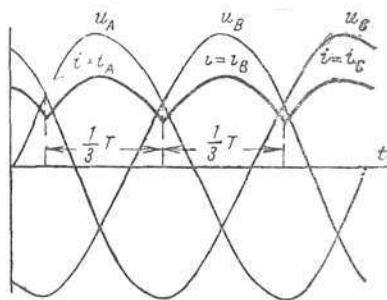
Шундай қилиб, иккита ярим даврли тўғрилагич учун

$$\frac{U_{\text{доим.}}}{U} = \frac{U_{\text{ўрт.}}}{U} = \frac{0,637 U_m}{0,707 U_m} = \frac{1}{1,11} = 0,9;$$

уч фазали тўғрилагич учун

$$\frac{U_{\text{доим.}}}{U_{\text{фаза}}} = 1,17,$$

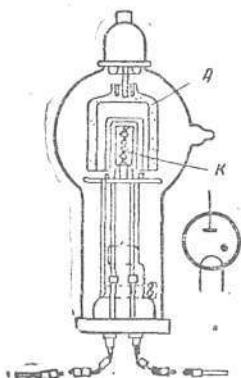
бунда $U_{\text{фаза}}$ — трансформатор фаза кучланишнинг ҳақиқий қиймати (13-7-расм).



13-8-расм. Занжир (13-7-расм) даги ток ва кучланишнинг эгри чизиқлари.

а) Газотрон

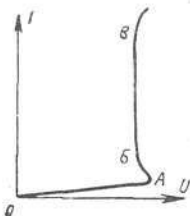
Газотрон ион асбобдир. Унинг шиша ёки металл баллониди вакуум ҳосил қилингандан сўнг у $0,1 - 0,5$ мм *сим. уст.* босимида симоб буғлари ёки инерт газ билан тўлдирилади. Газотроннинг иккита электроди бор (13-9-расм). Анод никель ёки графитдан қилинади, катод эса оксид қопламли вольфрамдан қилинади. Катта қувватли газотронлардан катод иссиқлик исрофларини камайтирувчи цилиндрик экран ичига жойлаштирилади.



13-9-расм. Газотрон ва унинг шартли белгиси.

Катодга накал трансформаторидан ток берилади. Накал кучланиши 5 в дан ортиқ бўлмаслиги керак, чунки катта кучланишда, ионизация потенциали кичик бўлганда (симоб учун 10 в га яқин) катод учлари орасида ёй пайдо бўлиши мумкин. Шундай қилиб, накал токи катта — бир неча ампердан бир неча ўнлаб ампергача бўлиши, шунингдек, катоднинг совиш вақти ҳам катта бўлиши мумкин.

Анод кучланиши нолдан орта бошлаганида газотронда дастлаб фақат кичкинагина электрон токи ҳосил бўлади, чунки электронлар катод ва анод орасидаги заиф электр майдонида газни ионлаштириш учун етарли тезликка эга бўлмайди. Бу иш режимига газотрон вольт-ампер характеристикасининг OA соҳаси тўғри келади (13-10-расм). Агар анод кучланишини газнинг ионлашиш потенциалидан бирмунча каттароқ қийматга орттирилса, катодни тарк этган электронлар электр майдон таъсирида газни ёки симоб буғларини уйютиш ва ионлаш учун етарли тезлик олади. Шундай қилиб, асбобда газнинг ионлашиши, плазма ҳосил бўлиши процесси бошланади ва ёй разряд вужудга келади, бунга газотрон характеристикасининг A нуқтаси мос келади.



13-10-расм. Газотроннинг вольт-ампер характеристикаси.

Газ ионлашганда ҳосил бўлган мусбат ионлар катод яқинида ҳосил бўлган ҳажмли манфий зарядни компенсация қилади, натижада электрон эмиссия бирмунча ортади.

Нагрузка ўзгарганда анод занжири қаршилигининг камайиши ёки ток манбаи кучланишининг ортиши натижасида токнинг ортиши анод ва катод орасида кучланишнинг тушиш катталигига деярли таъсир қилмайди.

Газотроннинг иш режимига унинг вольт-ампер характеристикасининг BB қисми мос келади. Кучланиш ва токнинг (B нуқтадан)

кейинги ортишига йўл қўймаслик керак, чунки бунда газотрон ишдан чиқиши мумкин.

Газотроннинг вакуум диоддан афзаллиги унда кучланиш тушишининг камлигидир, шу туфайли газотронли тўғрилагичларнинг фойдали иш коэффициентлари анча юқорироқ бўлади.

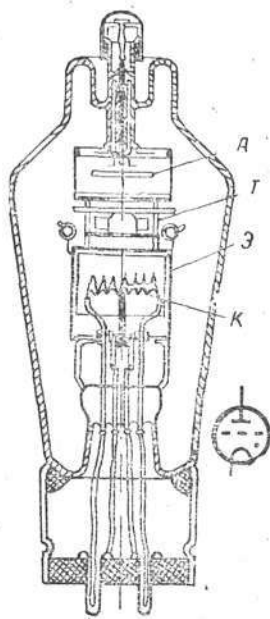
Юқорида қайд қилинганидек, газотрон катодни ишчи температурагача қиздириб олиш учун кўп вақт талаб қилади, катоддаги эмиссиянинг исроф бўлишига йўл қўймаслик учун катодни ўша температурагача анод кучланиши улагунча қиздириб олиш керак.

Газотронли тўғрилагичларнинг схемалари ҳам вакуумли диодларнинг схемасига ўхшаш бўлади, фақат уларда филтърнинг кириш тутқичларида конденсатор бўлмаслиги (13-5-расмдаги С) керак, акс ҳолда конденсаторнинг заряд токи катод эмиссиясининг исрофланишига, яъни газотроннинг ишдан чиқишига олиб келиши мумкин.

б) Тиратрон

Тиратрон газотрондан учинчи электроди — тўрининг борлиги билан фарқ қилади (13-11-расм), тиратроннинг тўри анод токига йўл очиб ёки ёпиб турувчи эшик ролини ўйнайди. Тиратроннинг катоди металл экран билан ўралган бўлиб, унинг ташқи тешиги диск шаклидаги тешикли тўр билан ёпилган. Экран анод ва катод орасида тўрдан ташқари электр майдони ҳосил бўлишига йўл қўймайди.

Агар тўрга катодга нисбатан манфий потенциал берилса, тўр ва катод орасидаги электр майдон тиратроннинг асосий майдонига қарама-қарши йўналган бўлади ва электронларнинг катоддан анодга ҳаракати секинлашади. Шундай қилиб, анод кучланишининг ҳар бир қийматида тўр манфий потенциалнинг шундай қийматлари мавжуд бўладикки, бу қийматларда электронлар газ ёки симоб бугларини ионизация қилиш учун етарли бўлмаган тезликда ҳаракатланади. Тўрнинг манфий потенциални бирор критик қийматгача камайтирамиз, бунда электронларнинг тезликлари газни ионлаштириш учун етарли бўлади ва демак, ёй ёнади ҳамда плазма ҳосил бўлади. Ёй ёниб турганида тўр мусбат ионлар қатлами билан қопланган бўлади, бу қатлам ионлар тўрнинг манфий зарядини нейтраллайди ва тўр анод токига таъсир кўрсатмай қўяди. Шу сабабли ёйни сўн-

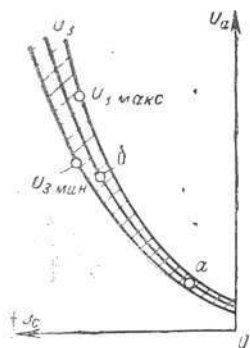


13-11- расм. Тиратрон ва унинг шартли белгиси.

А — анод; К — катод; Т — тўр;
Э — экран.

дириш учун анод кучланишини нолга яқин қийматгача камайтириш зарур.

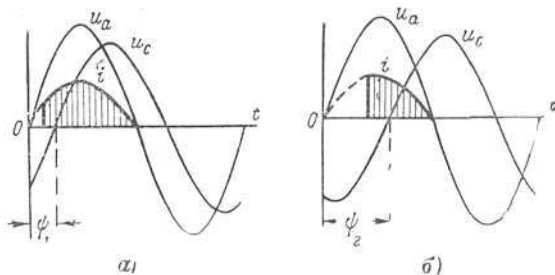
Тўр ва катод орасида бирор ўзгармас u_c кучланиш бўлганда ёй анод кучланиши u_a нинг бирор қийматида ёнади, бинобарин, тўрдаги кучланишни ўзгартириш билан тиратрон ёниши мумкин бўлган анод кучланиш u_a қиймати u_c ни ростлаш мумкин.



13-12-расм. Тиратроннинг ишга тушириш характеристикаси ва ишга тушириш соҳаси.

U_c нинг тўрдаги кучланиш U_c га боғланишининг эгри чизиги тиратроннинг ишга тушириш характеристикаси дейилади (13-12-расм). Тўрда аниқ бир кучланиш мавжуд бўлиб анод кучланиши ортганда тиратрон $U_{a, мин}$ дан $U_{a, макс.}$ чегарада ётувчи кучланишда ёниши мумкин, чунки ёниш кучланиши колбадаги босимга, муҳитнинг температурасига, тўр занжирининг қаршилигига, нақал токига ва ҳоказоларга боғлиқ. Шунинг учун ишга тушириш характеристикаси ўрнига $U_{a, мин.}$ ва $U_{a, макс.}$ эгри чизиклар билан чегараланган ишга тушириш соҳаси берилади (13-12-расм).

Тиратрон тўгрилагич занжирида ишлаганида у ҳар бир давр давомида 1 марта мусбат анод кучланишда ёнади ва 1 марта нолга яқин бўлган анод кучланишда сўнади. Тўрга u_a анод кучланиши билан бирдай частотали u_c ўзга-



13-13-расм. Тиратронда анод ва тўр кучланиши орасида силжиган бурчаги турлича бўлганда тиратрон кучланиши ва токи эгри чизиклари.

рувчан кучланиш берамиз, бироқ у анод кучланишидан фаза жиҳатидан ϕ_1 бурчакка силжиган бўлсин (13-13-а расм). Манфий тўр кучланиши камайиб, анод кучланиши кўпайганда, яъни иккала кучланиш ишга тушириш характеристикадаги a нуқтага мос бўлганида тиратрон ёнади (13-12-расмдаги a нуқта).

Тўр кучланиши фазасини ўзгартириб, тиратроннинг ёниш моментини ҳам ўзгартириш мумкин (13-12-расмдаги b нуқта). Шун-

дай қилиб, давр давомида анод токининг ўтиш муддатини ростлаш яъни ток ва кучланишнинг ўртача қийматини ростлаш мумкин (13-13-б расм).

Тиратронлар частотаси 1 — 10 кгц дан ортиқ бўлмаган ўзгарувчан ток занжирларида ишлатилади, чунки катта частотада тўр олдидаги зарядни сўриб улгурилмайди ва тиратронни бошқариш мумкин бўлмай қолади.

Тиратронлар тўғрилагичларда, ўзгармас токни ўзгарувчан токка айлантиргичларда, автоматика, телемеханика ва электр пайванд установаларида ишлатилади.

13-4. ЧАЛА ЎТКАЗГИЧЛАРНИНГ ЭЛЕКТР ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ

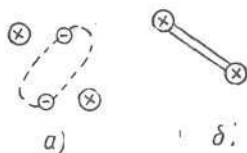
а) Хусусий электр ўтказувчанлик

Чала ўтказгичлар — ўтказгичлар ва ноўтказгичлар оралигидаги ҳолатни ағалловчи материаллардир. Ўтказгичларнинг солиштирма қаршиликлари $10^{-6} \div 10^{-3}$ ом.см чегарасида; чала ўтказгичларнинг солиштирма қаршилиги эса $10^{-3} \div 10^{-9}$ ом.см чегарасидадир.

Чала ўтказгичлар учун ўтказувчанликнинг температурага, электр ва магнит майдони кучланганлигига, ёритилганликка, қисилишга ва ҳоказоларга боғлиқлиги характерлидир.

Электротехникада германий, кремний, селен, мис оксиди ва шу сингарилар кенг қўлланилади.

Икки қўшни атомнинг бир орбита бўйлаб айланувчи умумий электронлар жуфти ҳосил бўлиши билан боғлиқ бўлган (13-14-а расм) химиявий боғланиши жуфт электронли ёки ковалент боғланиш дейилади. Бундай боғланиш шартли равишда атомларни туташтирувчи икки чизиқ билан белгиланади (13-14-б расм).



13-14- расм. Атомларнинг ковалент боғланиши.

Менделеевнинг элементлар даврий системасида германий тўрттинчи группа элементларга мансуб. Бинобарин, унинг ташқи орбитасида тўртта валент электрони бор. Германий кристаллида ҳар бир атом тўртта қўшни атом билан жуфт электронли боғланишлар ҳосил қилади (13-15- расм).

Абсолют ноль температурага яқин температурада германий кристаллида аралашмалар бўлмаганида атомларнинг барча валент электронлари ўзаро боғланган, эркин электронлар йўқ, демак, кристалл ўтказувчан эмас. Температура ортганида электронларнинг энергияси ортади, натижада ковалент боғланиш қисман бузилади ва эркин электронлар пайдо бўла бошлайди. Германий хона температурасидаёқ ярим ўтказгич бўлиб қолади.

Ташқи электр майдони таъсирида эркин электронлар ҳаракатланиб, электрон ўтказувчанликни вужудга келтиради (н-ўтказувчанлик).

Эркин электронлар ҳосил бўлишида ковалент боғланишларда бўш жой «электрон-тешик» ҳосил бўлади.

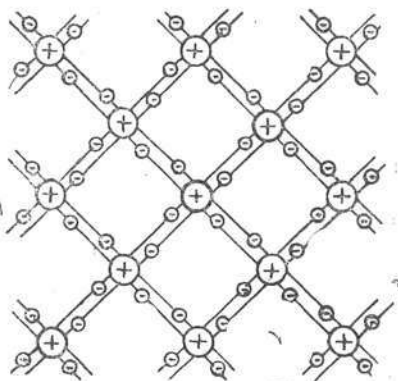
Тешик мавжуд бўлганда боғланиш электронларидан бири тешикнинг ўрнини эгаллаши мумкин ва бу ерда нормал боғланиш тикланади, бироқ бошқа жойда нормал боғланиш бузилади, бу янги тешик ўрнини бошқа бирор электрон эгаллаши мумкин ва ҳоказо.

Тапқи электр майдони таъсирида тешиклар майдон йўналишида силжийди.

Тешикларнинг силжиши катталик жиҳатидан электронлар зарядига тенг бўлган мусбат зарядлар токига эквивалент. Бу процесс тешикли ўтказувчанлик деб аталади (p -ўтказувчанлик).

Шундай қилиб, чала ўтказгичларнинг ўтказувчанлиги электрон ва тешикли ўтказувчанликлар йиғиндисидан иборат.

Жуфт электронли боғланишлар бузилганда кристаллда бир вақтда тенг сондаги эркин электронлар ва тешиклар ҳосил бўлади. Агар, бир томондан, тем-



13-15- расм. Германий кристалл панжарасида жуфт электрон боғланишлар схемаси.

пература сртиши билан электрон-тешик жуфти ҳосил бўлса, иккинчи томондан, уларнинг қисман қайта бирлашиши рўй беради. Ҳар қандай температурада чала ўтказгичнинг ҳажм бирлигида жуфтлар сони ўртача доимий қолади. Аралашмалардан тоза бўлган чала ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги чала ўтказгичларнинг хусусий электр ўтказувчанлиги дейилади. Чала ўтказгичларнинг хусусий ўтказувчанлиги металларникига қараганда жуда ҳам кичикдир.

б) Аралашмали электр ўтказувчанлик

Чала ўтказгич таркибига арзимаган миқдорда аралашма киритиш билан унинг хоссасини ўзгартириш мумкин. Чала ўтказгич кристаллига бошқа элементларнинг атомларини киритиб, кристаллда эркин электронларнинг тешиклардан кўп бўлишига ёки аксинча, тешикларнинг эркин электронлардан кўп бўлишига эришиш мумкин.

Масалан, кристалл панжарада германий атомини бешта валент электрони бўлган мишьяк атоми билан алмаштирилса, мишьякнинг тўртта электрони қўшни германий атомлари билан тўла боғланишлар ҳосил қилади, мишьяк атоми билан заиф боғланган бешинчи электрон эркин электрон бўлиб қолади. Бешинчи валент электронини йўқотган мишьяк атоми мусбат ион бўлиб қолади. Аралашма

берган шу электронлар ҳисобига аралашмали чала ўтказгичнинг ўтказувчанлиги ортади. 10

Германий атоми ўрнини учта валент электрони бўлган индий атоми олганда индий электронлари германийнинг учта атоми билан ковалент боғланади, индийда тўртинчи электрон етишмаслиги туфайли германийнинг тўртинчи атоми билан боғланиш бўлмайди. Агар етишмаётган тўртинчи электрон германийнинг энг яқин атомидан олинадиган бўлса, ҳамма боғланишларни тиклаш мумкин. Бироқ бу ҳолда германий атомини ташлаб кетган электрон ўрнида тешик ҳосил бўлади, бу тешик германийнинг қўшни атомидаги электрон томонидан тўлдирилади. Эркин боғланишларни кетма-кет тўлдириш процесси тешикларнинг чала ўтказгичда силжишига тенг кучли. Шундай қилиб, индий аралашмаси германий кристаллининг тешикли ўтказувчанлигини таъминлайди. (+)

Электрон ўтказувчанлиги устун бўлган чала ўтказгичлар *n*-тур (латинча *negative* — манфий сўзидан) чала ўтказгичлар деб, тешикли ўтказувчанлиги устун бўлган чала ўтказгичлар *p*-тур (латинча *positive* — мусбат сўзидан) чала ўтказгичлар деб аталади. Аралашмали чала ўтказгичда ўтказувчанлик турини билдирувчи заряд ташувчилар (*n*-тур чала ўтказгичларда электронлар ёки *p*-тур чала ўтказгичларда тешиклар) асосий деб, тескари ишорали заряд ташувчилар ёрдамчи заряд ташувчилар деб юритилади.

Аралашманинг қандай процентда бўлишига қараб аралашмали чала ўтказгичнинг электр ўтказувчанлиги соф чала ўтказгичникидан ўн ҳатто юз минг марта ортиқ бўлади. Масалан, нормал шаронгларда 1 см^3 соф германийда тахминан 10^{22} атом ва 10^{13} ўтказиш электрони ва тешик бўлади, ҳолбуки 0.001% миқдорида мишьяк аралашса, худди шу ҳажмда яна қўшимча 10^{17} ўтказувчан электронлар ҳосил қилади, бу эса электрон ўтказувчанликни 10 000 марта ортиришни таъминлайди.

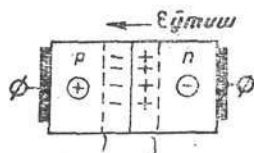
13-5. ЧАЛА ЎТКАЗГИЧЛИ ЎРТА ВА КАМ ҚУВВАТЛИ ТЎҒРИЛАГИЧЛАР

а) Чала ўтказгичли вентиль

Чала ўтказгичли вентиль бири электрон ўтказувчан, иккинчиси тешикли ўтказувчан, масалан, *p*-тур германий ва *n*-тур германий бўлган (13-16- расм) икки чала ўтказгичнинг контакт уланишидир.

n чала ўтказгичда *p* чала ўтказгичга нисбатан электронлар концентрацияси катта бўлиши туфайли электронларнинг биринчи чала ўтказгичдан иккинчи чала ўтказгичга диффузияланиши рўй беради. *n* чала ўтказгичдаги тешиклар диффузияси ҳам шунга ўхшаш бўлади.

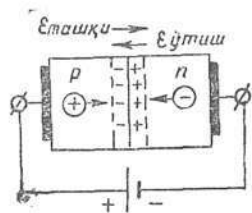
n-чала ўтказгичнинг чегара қатламида мусбат заряд, *p*-чала ўтказгичнинг чегара қатламида манфий заряд вужудга келади. Турли ишорали зарядланган қатламлар орасида диффузиянинг давом этишига қаршилик кўрсатувчи $E_{\text{утиш}}$ кучланганликли электр майдо-



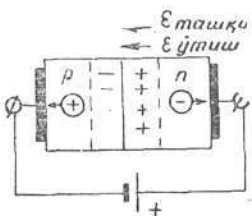
13-16- расм. Чала ўтказгичли вентиль.

ни ҳосил бўлади, натижада электр кучлари билан диффузия кучлари тенглашганда диффузия тўхтади. Асосий заряд ташувчилари камайган ва қаршилиги катта бўлган юпқа чегара қатлам бекитувчи қатлам ёки $p-n$ ўтиш деб аталади.

Ток манбаининг мусбат тутқичини p чала ўтказгичнинг металл электроди билан, манфий тутқичини n чала ўтказгичнинг электроди билан улаб, $p-n$ ўтиш майдонига тескари йўналган ташқи электр майдонини вужудга келтирамиз, бу майдон таъсирида электронлар ва тешиклар бир-бири билан учрашувчи йўналишда ҳаракатлана бошлайди (13-17- расм). Электронлар ва тешикларнинг бундай ҳаракатида ўтиш қатламида асосий заряд ташувчилар сони ортади, ўтиш қатламининг қалинлиги камайди, унинг қаршилиги тушади. Шундай қилиб, занжирда тўғри ток деб аталадиган $I_{тўғ.}$ ток барқарор бўлади, бу ток миқдори кичкинагина кучланишда ҳам анча катта бўлади.



13-17- расм. Вентилни тўғри йўналишда қўшиш.



13-18- расм. Вентилни тескари йўналишда қўшиш.

Вентилга ток манбаини тескари йўналишда улаб (13-18- расм), $p-n$ ўтиш майдони билан бир хил йўналган, бинобарин уни кучайтирадиган ташқи майдон ҳосил қиламиз. Энди майдон асосий заряд ташувчиларининг бекитувчи қатлам орқали ўтишини яна ҳам қийинлаштиради. Бундан ташқари, ташқи майдон n -чала ўтказгичда электронларнинг ва p -чала ўтказгичда тешикларнинг бекитувчи қатламдан қарама-қарши томонга ҳаракатлантиради. Бу бекитувчи қатламнинг қалинлиги ва қаршилигини орттиради. Бу ҳолатдаги ток тескари ток $I_{тес.}$ дейилади ва жуда кичик ҳамда кўпгина ҳолларда ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Шундай қилиб, турли ўтказувчанликка эга бўлган икки чала ўтказгичнинг контакт уланиши аниқ намоён бўлувчи бир томонлама ўтказишга эга, яъни вентиль бўлар экан.

Токларнинг айни бир кучланишдаги нисбати

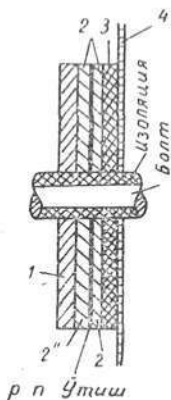
$$k_{тўғ.} = \frac{I_{тўғ.}}{I_{тес.}}$$

тўрилаш коэффициентини деб аталади.

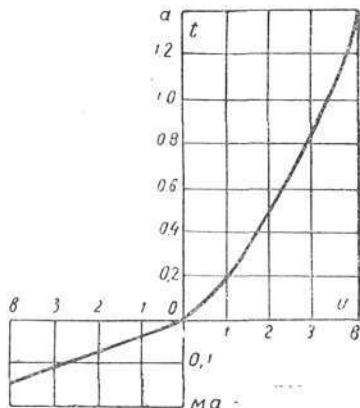
б) Мис 1 оксидли вентиль

Мис 1 оксидли вентиль 2 мис 1 оксиди қатлами суркалган 1 мис дискдан иборат (13-19- расм). Яхши контакт ҳосил қилиш учун бу қатламга 3 қўрғошин диск зич ёпиштирилади, унинг кетидан иссиқликни чиқариб юбуровчи катта диаметрли юпқа 4 латунь диск — радиатор диски жойлаштирилади.

Мис I оксид (CuO_2) қатлами мисни кислород атмосферасида термик ишлаш йўли билан ҳосил қилинади. Мис I оксид қатлами 2' нинг ташқи қатлами ортиқча кислород бўлганда ҳосил қилиниб, p -ўтказувчанликка эга бўлади. Оксид қатламнинг мис шайбага тақалувчи 2 қисми кислород етишмаслигида ҳосил қилиниб, n -ўтказувчанликка эга бўлади. Мис I оксиднинг икки қатлами орасида p - n ўтиш вужудга келади.



13-19- расм. Мис I оксидли вентилнинг тузилиши.

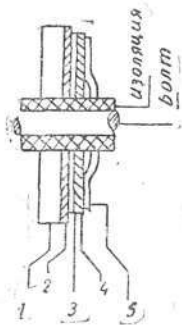


13-20- расм. Мис I оксидли вентилнинг вольт-ампер характеристикаси.

Вентилда йўл қўйиш мумкин бўлган кучланиш 8—10 в дан ошмайди; чунки 20—30 в тескари кучланишда вентиль тешилади. Вентилни катта кучланишларда тўғрилаш учун бир неча вентиль болтта монтаж қилиниб, тўғрилагичлар устунчаси ҳосил қилинади. Совитишни яхшилаш мақсадида температурани 55°С дан оширмайдиган радиатор шайбалари ўрнатилади, акс ҳолда вентиль вентиллик хусусиятларини йўқотиши мумкин. Вентилнинг вольт-ампер характеристикаси 13-20-расмда берилган.

в) Селенли вентиль

Бу вентиль (13-21- расм) бир томони чала ўтказувчан селен кристали қатлами 2 билан қопланган алюминий ёки пўлат диск 1 дан иборат. Селен кристали қатлами тешикли ўтказувчан бўлиб битта электрод ролини ўйнайди. Селенга суртилган қалайи, кадмий, висмут қотишмаси қатлами 4 иккинчи электрод бўлиб хизмат қилади, унга пружиналанувчи 5 латунь шайба зичланган. Электронлар бир-биридан 3 бекитувчи қатлам орқали ажратилган.



13-21-рasm. Селенли вентилнинг тузилиш схемаси.

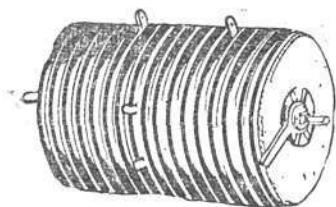
Селенли вентилда йўл қўйиладиган кучланиш 20—40 в, вентиль 60—80 в тескари кучланишда тешилади.

13-22-рasmда селенли вентиль устунчаси, 13-23-рasmда эса унинг вольт-ампер характери- каси кўрсатилган.

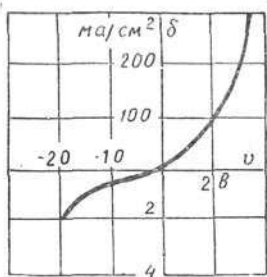
г) Германийли ва кремнийли вентиллар

Германийли ва кремнийли диодларда $p-n$ ўтишларда германий (кремний) кристаллининг p ўтказувчан соҳаси билан n ўтказувчан соҳаси орасида бўладиган ҳодисалардан фойдаланилади.

Бу вентиллар нуқтавий ва ясси қилиб яса- лади.

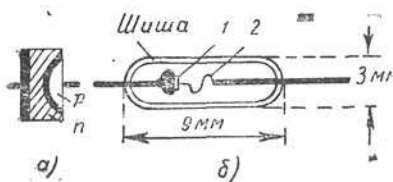


13-22-рasm. Селенли вентиль устунчаси.



13-23-рasm. Селенли вентилнинг вольт-ампер характеристикаси.

Д1Г типдаги германийли нуқтавий диод диаметри 3 мм ва узунлиги 10 мм бўлган-шиша (ёки металл-шиша) баллон ва унга кавшарланган иккита чиқиш симидан иборат (13-24-рasm). Бу сим- лардан бирининг учига n -ўтказувчан 1 германий кристалли, ик- кинчисининг учига ингичка ўткир- ланган индий сими 2 маҳкамлан- ган. Бекитувчи қатлам ($p-n$ ўтиш) формовка — яъни ток импульслари ўтказиш вақтида ҳосил бўлади. Ток импульслари таъсирида индий атомлари германий кристаллига диф- фузияланиб, кристаллда тешикли ўтказувчан ярим сферик соҳа ҳосил қилади (13-24- а рasm). Шу ярим сфера чегарасида $p-n$ ўтиш ву- жудга келади.



13-24-рasm. Германийли нуқтавий вентиль.

Бу вентилнинг максимал тўғриланган токи 16 ма, йўл қўйиладиган максимал тескари кучланиш 50 в. Вентилнинг вольт-ампер характеристикаси 13-25-рasmда кўрсатилган.

Ясси вентиль (13-26-расм) сурьма ёки мышьяк аралашмали 1 германий пластинкаси (электрон ўтказувчан) ва 2 индий пластинкасидан иборат.

Вентилни яшаш вақтида германий сиртида жойлашган индий пластинка индийнинг эриш температурасигача қиздирилади. Бунда индий атомлари германийга диффузияланади ва тешикли ўтказувчан 2а соҳани ҳосил қилади. Чегарада р-типидаги ўтиш пайдо бўлади.

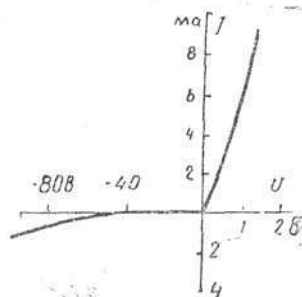
13-26-б расмда Д-7 типидagi германийли ясси вентиллардан бирининг тузилиши кўрсатилган.

Узунлиги 20 мм га яқин бўлган 5 металл корпусда 4 ток олгич маҳкамланган, унинг учида 1 германий кристали жойлаштирилган. 2 индий электрод чиқиш симларидан бири 7 билан 6 изолятор орқали ўтган 3 ўтказгич ёрдамида уланган.

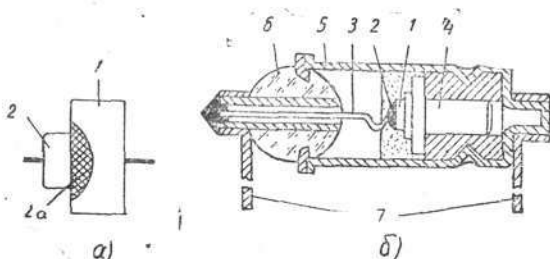
Мумкин бўлган максимал тескари кучланиш 50 в, тўғриланган ток 300 ма. 13-27-расмда вентилнинг вольт-ампер характеристикаси берилган.

Германийли ва кремнийли куч вентиллари 1 000 а гача номинал тоқларга мўлжаллаб тайёрланади.

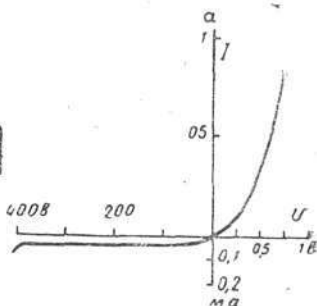
13-28-расмда ВК-100 типидagi кремнийли диод кўрсатилган, у ҳаво билан совитилади ва 100 а номинал тоққа мўлжалланган.



13-25-расм. Германийли нуқтавий вентилнинг вольт-ампер характеристикаси.



13-26-расм. Д-7 типидagi германийли ясси вентиль.

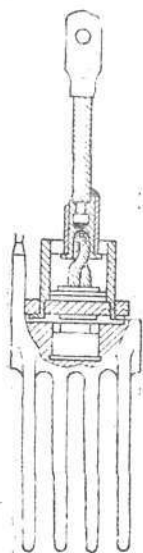


13-27-расм. Ясси вентилнинг вольт-ампер характеристикаси

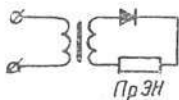
13-29 ва 13-30-расмларда ўзгарувчан токни битта ва иккита ярим даврли тўғрилаш схемалари берилган, бу схемалар 13-3 ва 13-5-расмларда берилган лампали вентиллар ёрдамида тўғрилаш схемаларига ўхшайди. Иккита ярим даврли кўприк схемаси 13-31-расмда кўрсатилган. Тўғриланган кучланиш ва токни орттириш учун схеманинг ҳар бир тармоғига бир нечтадан вентиль улаш мумкин, улар ўзаро кетма-кет параллел ёки группалаб уланади.

Мис I оксидли тўғрилагичларнинг фойдали иш коэффициенти 50—60%, селенли тўғрилагичларники 80—90%, германийли ва кремнийли тўғрилагичларники 90% дан юқори бўлади.

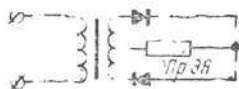
Тўғрилагичлар аккумуляторлар батареяларини зарядлаш, электролиз ванналари, ўлчаш техникаси, автоматика, радиотехникадаги электр двигателлари ва аппаратларни ток билан таъминлашда кенг ишлатилмоқда.



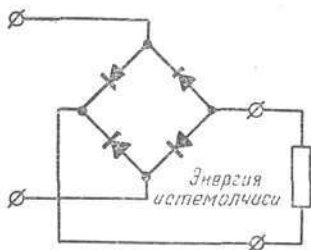
13-28- расм. ВК-100 типдаги кремнийли диод.



13-29- расм. Олти ярим даврли тўғри-
лаш.



13-30- расм. Иккита
ярим даврли тўғри-
лаш.



13-31- расм. Тўғрилагичнинг
кўп-ик схемаси.

13-6. КАТТА ҚУВВАТЛИ ТЎҒРИЛАГИЧЛАР — СИМОБЛИ ТЎҒРИЛАГИЧЛАР

Симобли тўғрилагичлар конструкцияси жиҳатидан шишадан қилинган ва металлдан қилинган тўғрилагичларга бўлинади. Фазалари сони жиҳатидан бир фазали ва уч фазали, анодлари сони жиҳатидан бир анодли, икки, уч ва олти анодли бўлади.

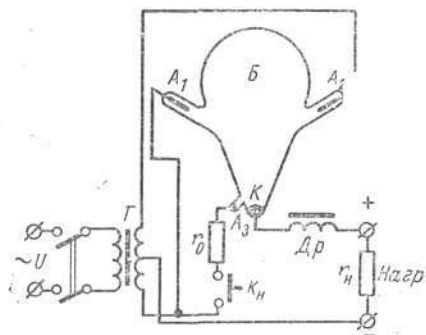
Энг содда бир фазали иккита ярим даврли симобли вентиль энгли *Б* шиша қолба бўлиб, унинг энглари ичида вакуум ҳосил қилинган бўлади (13-32- расм). Графитдан қилинган A_1 ва A_2 анодлари *T* трансформаторнинг иккиламчи чулғамига уланган. Бу чулғамнинг ноль нуқтаси тўғриланган ток занжирининг манфий тутқи-чи бўлади. Қолба тубидаги симоб *К* катод бўлади. Қолбанинг пастки ўсимтасидаги симоб ёниш аноди A_3 бўлиб хизмат қилади.

Тўғрилагични ишга тушириш учун у ўзгарувчан кучланишга уланади ва k_n кнопка босилади ҳамда колба катод ва ёқиш аноди симоблари бирлашадиган қилиб оғиштирилади. Трансформатор иккиламчи чулгамининг пастки ярми э.ю.к. таъсирида r_0 қаршилик ва ёқиш аноди ҳамда катод орасидаги симоб кўприкчасидан ток ўтади.

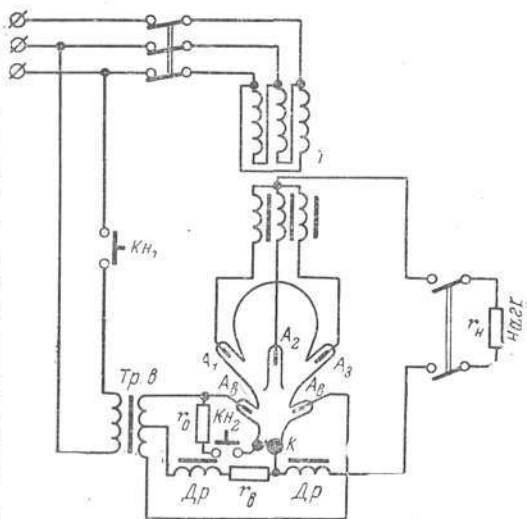
Колба қайтадан вертикал вазиятга қайтарилганида симоб кўприги узилади, бу жойда ёй пайдо бўлади ва катод эркин электронлар чиқара бошлайди. Катоддан чиққан электронлар электр майдон таъсирида вақтининг айни шу пайтида қайси анод катодга нисбатан мусбат погенциалли бўлса, ўша анодга қараб йўл олади. Электронлар ўз ҳаракати давомида симоб буғларини ионлаштиради ва катод билан анод орасида ёй разряд вужудга келади. Шундан кейин k_n кнопка узилади.

Ёй вақтида катод симобиди ёруғ катод доғи ҳосил бўлади ва симоб буғланади ҳамда ундан интенсив равишда электронлар ажралиб чиқади. Догни, демак, ёйни ҳам сақлашиб туриши учун анод токи 4—5 а дан пастга тушмаслиги лозим. Анодлардан бирида анод кучланиши критик қийматдан камайиб кетганида Dr дроссель (13-32-расм) ёй ёниши учун зарур бўлган токни таъминлаб туради, дросселнинг ток билан таъминлаши анодларга берилган кучланишнинг ишораси ўзгариши билан ток босшқа аноддан ўта бошлаган вақтгача давом этади. Шундай қилиб, ёйнинг ёниши ва токнинг r_n нагрузка занжиридан ўтиши узлуксиз равишда давом этади.

Анод билан катод орасидаги кучланишнинг ишораси ўзгарганда, яъни тескари кучланишда электродлар орасида жуда оз (бир неча миллиампер) тескари ток пайдо бўлади.



13-32- расм. Бир фазали симобли тўғрилагич.



13-33- расм. Уч фазали симобли тўғрилагич.

Тўғрилагичларда кучланиш одатда кўп тушмайди (20—25 в гина холос).

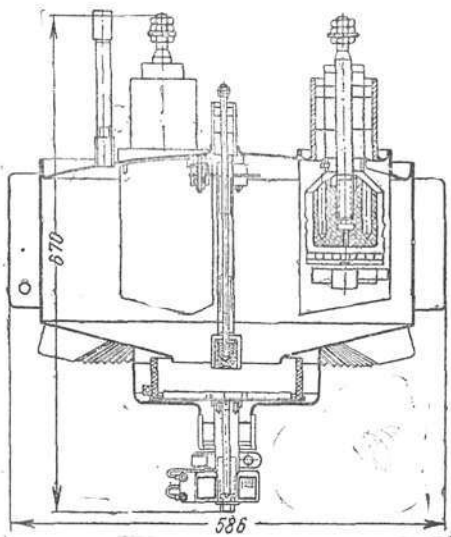
Яна ҳам мукаммаллашган симоб венти́лларда ишчи анодлар билан бирга қўшимча ёндириш анодлари ҳам бўлади, қўшимча анодлар ёрдамчи трансформаторлардан ток олади ва нагрузка занжиридаги токка боғлиқ бўлмаган ҳолда катод доғини сақлаб туради (13-33- расм).

Уч фазали симобли тўғрилагич (13-33- расм) бир фазали симобли тўғрилагичдан учта ишчи аноди бўлиши билан фарқ қилади. Бу анодлар трансформаторнинг юлдуз қилиб уланган учта иккиламчи чулғамига уланади, юлдузининг ноль нуқтаси нагрузка занжирининг минуси бўлиб хизмат қилади. Ток ҳар бир ишчи анод орқали даврнинг фақат $1/3$ қисми давомидагина ўтади.

Симобли шиша тўғрилагичлар 600 в гача кучланишда 500 а гача номинал тоқларга мўлжаллаб тайёрланади.

Симобли шиша венти́ллар билан бирга кўп анодли металл венти́ллар ҳам тайёрланади. 13-34- расмда уч анодли металл венти́лнинг тузилиши кўрсатилган. Бу венти́ль ҳаво билан совитилади, 200 а номинал токка ва 250 в номинал кучланишга мўлжалланган.

Кучли типовой тўғрилаш қурилмаларида 10—12 ка номинал тоқларга мўлжалланган бир неча бир фазали металл венти́ллар комплекти ишлатилади.



13-34- расм. Уч анодли насоссиз симобли тўғрилагичнинг кесими.

Бир анодли вентилнинг тузилиши 13-35-расмда кўрсатилган.

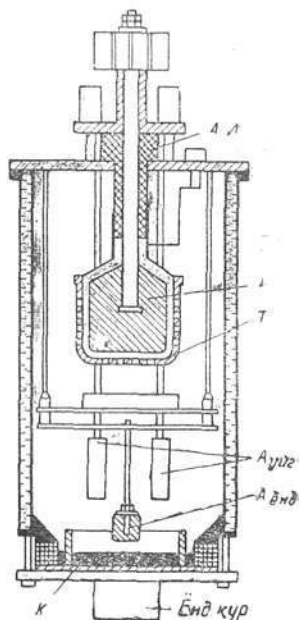
Вентилнинг корпуси деворлари совитувчи сув учун каналлар қилинган металл цилиндрдан иборат. Қопқоғида асосий графит анод A , уйғотиш анодлари $A_{уғг.}$, ёндириш аноди $A_{ёнд.}$ ва T тўр учун кириш ўрнатилади. K катод корпусдан изоляция қилинган қуйи фланцга жойлашган симобли тагликдан иборат.

Ёндириш қурилмаси электромагнит ўзак жойлаштирилган стакандан иборат. Ўзак юқори вазиятда пружина билан нормал ушлаб турилади. Электромагнит ғалтагида ток импульси бўлганда ўзак пастга тушади ва стакандан симоб тортиб олади, натижада тагликдаги тирқиш орқали симоб оқими отилиб чиқади. Бу оқим катод ва ёндириш аноди орасидаги занжирни туташтиради. Оқим узилганда ёй ёнади.

Симобли вентилдаги тўр (13-34 ва 13-35-расмлар), тиратрондаги сингари, ёйнинг ёниш пайтини ростилашга имкон беради.

Одатда олти ёки ўн икки вентилли вентиль комплектлари насос қурилмаси билан бир рамага монтаж қилинади. Насос вентилларда вакуумни сақлаб туриш учун қўлланилади. Масалан, РМНВ-500×12 комплекти 6 ка номинал тўғриланган токка ва 600 в номинал тўғриланган кучланишга мўлжалланган 12 та вентилдан тузилган.

Симобли тўғрилагичлар электролиз қурилмаларида, станоклар, механизмлар, кучли кранлар ва электрлаштирилган темир йўлларга ток беришда ишлатилади.



13-35-расм. Бир анодли симобли вентилнинг кесими.

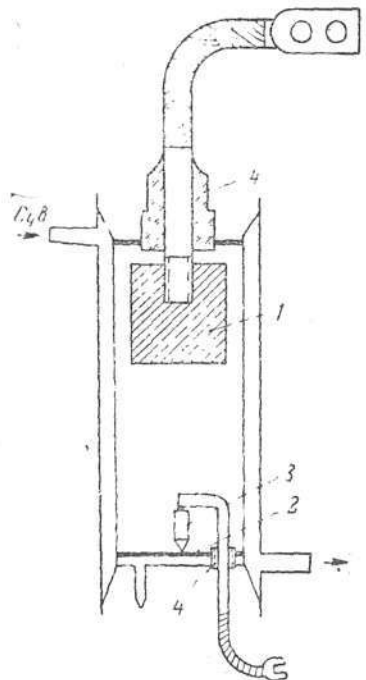
A — анод; K — катод; T — Тўр; $A_{уғг.}$ — уйғотиш аноди; $A_{ёнд.}$ — ёндириш аноди; E, K — ёндириш қурилмаси; $A, И.$ — анод изоляцияси

13-7. ИГНИТРОН

Игнитрон бир анодли симобли вентилнинг бир туридир.

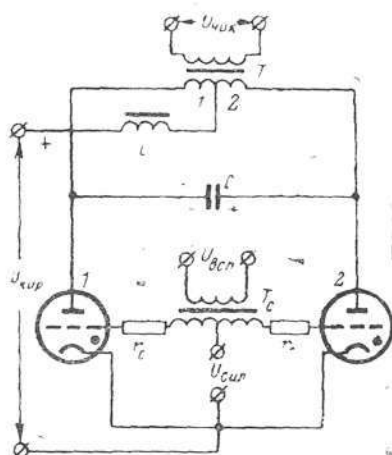
Металл игнитроннинг корпуси (13-36-расм) деворлари ичига сув билан совитиш учун ясалган каналлардан иборат пўлат цилиндрдир. Корпусда графит анод 1, симобли катод 2 ва электрод-ёндиргич 3 жойлашган; ёндиргич бир анодли симобли вентилда ҳам, уйғотиш аноди ҳам ёндириш аноди вазифасини бажаради.

Ёндиргич карборунд ёки бошқа чала ўтказгич материалдан қилинган учи ўткирланган стержень шаклида бўлади. Карборунд симобда ҳўлланмайди, шу сабабли ёндиргич орқали ток импульси ўтганда у билан симобнинг туташуш чегарасида кичик учқунлар чиқади ва бу учқунлар тезда катод билан анод орасидаги ёй разрядга айланади.



13-36- расм. Игнитрон:

1 — анод; 2 — символ катод; 3 — Ёндир-
гич; 4 — изолятор.



13-37- расм. Инвертор схемаси.

Ёндиргич занжирига импульс бериш пайтини ўзгартириш билан ённинг ёниш пайтини тиратрондаги сингари ўзгартириш мумкин.

Игнитронда кучланиш тушиши катта эмас, 15—20 в.

Шиша игнитронлар 100 а га-ча токка, металл игнитронлар эса 300—500 а ва ундан юқори токларга мўлжалланади.

Игнитронлар қудратли тўғри-лаш қурилмаларида, инверторлар-да, электр пайванд қурилмалари ва ҳоказоларда ишлатилади.

13-8. ИНВЕРТОР

Ўзгармас токни ўзгарувчан токка айлантирувчи ион асбоби инвертор дейлади.

Икки тиратронли инверторнинг энг содда схемаларидан бири 13-37- расмда кўрсатилган.

Ўзгармас ток манбаининг мусбат тутқичи L дроссель орқали чиқиш трансформатори T нинг бирламчи чулгамининг ноль нуқтасига уланган бу чулгамнинг охири эса C конденсаторнинг тутқичи ва тиратронларнинг анодларига уланган. Шу манбаининг манфий тутқичи тиратронларнинг катодларига уланган.

Тиратронлар тўрларининг занжирига T_c тўр трансформатори орқали ёрдамчи ўзгарувчан ток манбадан ток берилади. Бу трансформаторнинг иккиламчи чулгамининг нейтрал нуқтаси тўр силжиш кучланиши $U_{снл}$ манбаи орқали тиратронларнинг катодларига уланган. Бу кучланиш туфайли тиратронлар тўрларидаги кучланишлар қарама-қарши фазада бўлиб ўзгаради ва тиратронлар навбат билан ярим даврга силжиган ҳолда ёнади.

Ток биринчи тиратрон ва T чиқиш трансформатори бирламчи чулгамининг чап (1) ярмидан ўтишида худди шу чулгамнинг ўнг (2) ярмида чап ярмидаги сингари э.ю.к. индукцияланади. Шундай қилиб, T трансформатор бирламчи чулгами тутқичларидаги кучланиш унинг чап ярмидаги кучланишининг икки бараварига тенг бўлади.

C конденсаторнинг ёнаётган тиратронга уланган қопламаси манфий зарядланади, иккинчиси эса мусбат зарядланади. Иккинчи тиратрон ёнган пайтда конденсатор тиратронлар орқали разрядланади ва разряд токи биринчи тиратроннинг токини компенсациялайди. Шундай қилиб, унда ток камаяди ва тиратрон сўнади, иккинчи тиратрондаги ток маълум бир катталikkaча ортади. Иккинчи тиратронда ток бўлганида конденсатор қайта зарядланади.

Шундай қилиб, чиқиш трансформатори бирламчи чулгамининг иккала ярмидан ҳам навбатма-навбат ток ўтади. Бунинг натижасида трансформаторнинг иккиламчи чулгамида ўзгарувчан э.ю.к. индукцияланади, бу э.ю.к. нинг частотаси тўр трансформаторини таъминлаётган ўзгарувчан ток манбаининг частотаси билан бир хил бўлади.

Чиқиш трансформаторининг ташқи занжиридаги ток эгри чизилиннинг шакли дроссель L нинг индуктивлигига, T трансформаторининг параметрларига, C конденсаторнинг сизимига ва нагрузка характерига боғлиқ.

Агар тўр трансформаторининг бирламчи чулгамига берилаётган $U_{\text{всп}}$ (ёрдмчи) кучланиш ташқи манбадан эмас, чиқиш трансформаторидан олинган бўлса, у ҳолда инвентор ўз-ўзидан уйғонувчан инвертор дейилади.

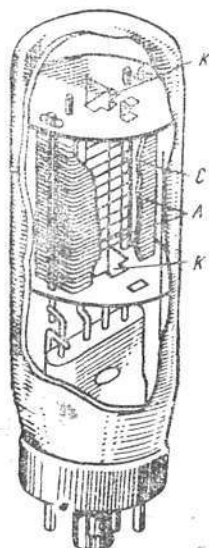
13-9. УЧ ЭЛЕКТРОДЛИ ЛАМПА

Уч электродли лампа, ёки триод (13-38- расм) икки электродли лампадан бошқарувчи тўр деб аталувчи учинчи электроднинг бўлиши билан фарқ қилади, бу электрод катод ва анод орасига жойлашган спираль шаклида бўлади.

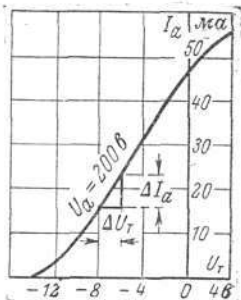
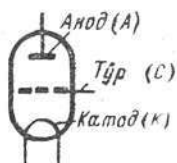
Тўрнинг вазифаси лампанинг катод ва аноди орасидаги электрон оқимини, бинобарин, анод токини бошқаришдир. Тўрга катодга нисбатан мусбат потенциал бериб, катод ва тўр орасида лампанинг асосий майдони билан бир хил йўналишда бўлган қўшимча майдон ҳосил қилинади. Қўшимча майдон ҳажмли манфий зарядни камайтиради ва лампанинг анод токини кўпайтиради. Аксинча, тўрнинг катодга нисбатан потенциални манфий бўлганда қўшимча майдон асосий майдонга тескари йўналади, натижада анод токи камаяди ва тўр манфий потенциалининг бирор қийматида анод токининг қиймати нолга тенг бўлади ва лампа бекилади. Тўр анодга нисбатан катодга яқинроқ жойлашган, шунинг учун тўр потенциалининг ўзгариши анод кучланишидан кўра анод токига кучлироқ таъсир қилади.

Анод токининг катодга нисбатан тўр потенциалига ёки худди шунинг ўзи, анод кучланиши ўзгармас бўлганда анод токининг тўр кучланишига боғлиқлиги $I_a = f(U_T)$ нинг графиги лампанинг анод-тўр характеристикаси дейилади (13-39- расм).

Ўзгармас анод кучланишида анод токи орттирмасининг тўр кучланишининг мос орттирмасига нисбати характеристика тиклиги дейилади, яъни



13-38- расм. Уч электродли лампа ва унинг белгиси.



13-39- расм. Триоднинг анод-тўр характеристикаси.

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_T}.$$

Тўр кучланиши ўзгармас бўлганда анод кучланиши орттирмасининг анод токининг мос орттирмасига нисбати лампанинг ички қаршилиги дейилади, шундай қилиб,

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}.$$

Лампанинг ички қаршилиги билан характеристика тиклигининг кўпайтмаси кучайтиришнинг статик коэффиценти дейилади, яъни

$$\mu = R_i S = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \cdot \frac{\Delta I_a}{\Delta U_T} = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_T}.$$

Бу коэффицент анод кучланиши орттирмасининг анод токи ўзгаришсиз қолгандаги тўр кучланиши орттирмасига нисбатига тенг.

Кучайтиришнинг статик коэффиценти тўрда кучланишнинг ўзгариши анод токи катталигига анод кучланишининг ўзгаришига қараганда неча марта кучлироқ таъсир қилишини кўрсатади.

Триодлар кучайтирувчи лампалар ва генератор лампалари сифатида ишлатилади.

Тетрод деб аталадиган тўрт электродли лампанинг триоддан фарқи биринчи тўр билан анод орасида иккинчи — экранловчи тўрнинг бўлишидир. Экранловчи тўрга одатда анод кучланишидан бирмунча кичик ёки унга тенг бўлган $U_{т2}$ мусбат ўзгармас кучланиш берилади (13-40-расм).

Экранловчи тўр кучайтириш коэффициентини орттириш учун қўлланилади. У анодга яқин жойлашган ва аноднинг лампа электр майдонига ҳамда электрон оқимига таъсирини заифлаштириб электростатик экран вазифасини бажаради, бу эса кучайтириш коэффициентини орттиради.

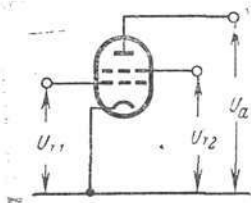
Аноднинг ва экранловчи тўрнинг потенциали юқори бўлганда электронлар бу тўрдан ўтиб, анодга урилади ва ундан иккиламчи электронларни уриб чиқаради (динатрон эффект). Агар экранловчи тўрнинг кучланиши аноднинг кучланишидан катта бўлса, иккиламчи электронлар аноддан экран тўрига қараб ҳаракатланади, натижада анод токи камаяди ва лампанинг анод характеристикасида узилиш ҳосил бўлади (13-41-расм). Анод кучланиши $U_{т2}$ га тенг ёки ундан катта бўлганда иккиламчи электронлар яна анодга қайтади.

Динатрон эффект натижасида анод характеристикасининг бузилиши тетроднинг муҳим камчилигидир, чунки лампа кучайтирувчи сифатида ишлаганида анод токи эгри чизигининг шакли бузилади.

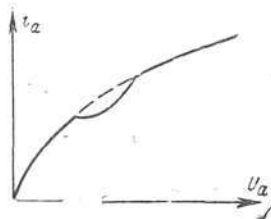
Махсус ясалган ва нур тетродлари деб аталадиган лампаларда анод характеристикасининг динатрон эффект туфайли бузилиши бўлмайди.

Нур тетрод (13-42-расм) иккала тўрининг ўрамлари сони бир хил бўлади. Тўрларнинг ўрамлари бир-бирига қарама-қарши қилиб жойлаштирилади ва лампанинг электрон оқимини бу ўрамлар юпқа даста-нурларга бўлиб юборади. Ясси катод қирралари билан анод орасида катод потенциалига эга бўлган пластинкалар жойлашган, бу пластинкалар экранлар ролини ўйнайди, бинобарин, лампанинг электрон оқими икки секторда йиғилади. Иккала секторда электронлар оқимларининг зичлиги катта бўлганидан экран тўри ва анод орасидаги фазода ҳажмли манфий заряд ҳосил бўлади бу заряднинг майдони анодни ташлаб чиққан иккиламчи электронларни орқага қайтишга мажбур қилади. Шундай қилиб, лампанинг анод токига ва анод характеристикасига динатрон эффектнинг таъсири бартараф қилинади.

Пентод деб аталадиган беш электродли лампа тетроддан учинчи—ҳимоя ёки динатрон тўрининг бўлиши билан фарқ қилади. Ҳи-

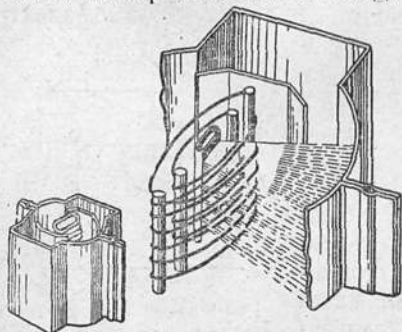


13-40-расм. Тўрт электродли лампанинг схемаси.

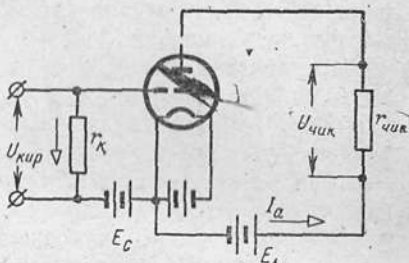


13-41-расм. Тетроднинг анод характеристикаси.

моя тўри экран тўри билан анод орасига жойлашган ва катодга уланган бўлиб ноль потенциалга эга. Ҳимоя тўри ва анод орасидаги электр майдони анодни ташлаб кетган иккиламчи электронларни орқага қайтишга мажбур қилади. Шундай қилиб, анод характеристика бузилмайди. Аноднинг нурланаётган бирламчи электронларга таъсири пентодда тетроддагига нисбатан янада заифроқ бўлгани учун пентоднинг кучайтириш коэффициенти тетродникидан катта ва бир неча мингга етади.



13-42- расм. Нур тетроднинг тузилиш схемаси.



13-43- расм. Электрон кучайтиргич схемаси.

13-11. ЭЛЕКТРОН КУЧАЙТИРГИЧЛАР

Бир ёки бир неча электрон лампаси бўлган қурилма электрон кучайтиргич деб аталади. Электрон кучайтиргич ёрдамида ток манбаи энергиясининг ҳисобига кучланиш, қувват ва ток кучайтирилади.

Кучайтиргичларда уч, тўрт ва беш электродли лампалар ишлатилади.

Уч электродли лампа ишлатилган энг содда кучайтиргич ёки кучайтириш каскадининг схемаси 13-43- расмда берилган.

Кириш тутқичларида $U_{кир}$ кучланиш бўлмаганида (тутқичлардаги қаршилиқ r_k (берк бўлмаган лампанинг анод занжиридан I_{ao} ток ўтади, бу ток тинч ҳолатдаги ток ёки анод токининг доимий ташкил этувчиси деб аталади. Чиқиш тутқичларида ёки $r_{чик}$ чиқиш қаршилиги тутқичларида кучланишнинг $U_{чик} = I_{ao} r_{чик}$ доимий ташкил этувчиси бўлади.

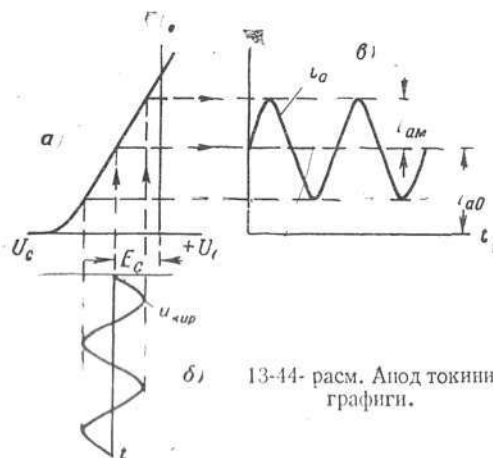
Кириш тутқичларида $\Delta U_{кир}$ кучланиш (сигнал) пайдо бўлганда тўр потенциали худди шу катталиқка ортади ёки камаяди, бунинг натижасида анод токи ΔI_a катталиқка ўзгаради, чиқишдаги кучланиш эса $\Delta U_{чик} = \Delta I_a r_{чик}$ катталиқка ўзгаради.

Чиқишдаги кучланиш орттирмасининг киришдаги кучланиш орттирмасига нисбати кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти деб аталади:

$$k = \frac{\Delta U_{чик}}{\Delta U_{кир}} = \mu \frac{r_{чик}}{R_l + r_{чик}} < \mu.$$

Шундай қилиб, кучайтириш процесси кириш тутқичларида кучланишнинг озгинагина ўзгариши чиқиш тутқичларида кучланишнинг шунга ўхшаш, бироқ k марта кучлироқ ўзгаришига сабаб бўлади ёки лампанинг тўрига берилган кам қувватли электр сигнал чиқиш қаршилигида анча катта қувватли сигнал тарзида тикланишидан иборат бўлади.

Чиқиш қаршилиги лампанинг R_l қаршилигига қараганда қанча катта бўлса, кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициентини лампанинг статик кучайтириш коэффициентилан шунча кам фарқ қилади.



13-44- расм. Анод токининг графиги.

Триоднинг тўр характеристикаси (13-39- расм) ўзгармас анод кучланиши U_a да олинади. Лампа кучайтиргич схемасида ишлаганида анод токининг ўзгариши анод кучланишининг ва нагрукдаги кучланишнинг ўзгаришига сабаб бўлади, чунки $U_a = E_a - I_a r_{\text{чнк}}$. Бу ҳол учун, яъни ўзгарувчан анод кучланиши ва ўзгармас E_a э.ю.к. ва нагрук қаршилиги $r_{\text{чнк}}$ бўлган ҳолдаги тўр характеристикаси $I_a = f(U_t)$ ишчи характеристика ёки динамик характеристика дейилади. Бу характеристика ҳам ўшандай кўринишга эга, лекин унчалик тик бўлмайди.

13-44- расмда кириш кучланиши $u_{\text{кнр}}$ — сигналнинг берилган эгри чизиги ва динамик характеристикаси a га кўра нуқталар бўйича анод токининг графиги b ясалган.

Агар лампанинг тўри ва катода орасига фақат битта кириш ўзгарувчан кучланиши қўйилган бўлса, у ҳолда тўрнинг потенциали битта ярим давр давомида мусбат, бошқа ярим давр давомида манфий бўлади. Тўрнинг потенциали мусбат бўлганда, катод — r_m қаршилиқ-тўр-катод контурда сигнални бузувчи тўр токи пайдо бўлади, бунга йўл қўймаслик керак.

Бутун иш вақти давомида тўрнинг манфий потенциалини ҳосил қилиш учун тўр билан катод орасига доимий E_c э.ю.к. ли қў-

шимча манба уланади, бу э.ю.к. силжиш кучланиши дейиладди (13-43 ва 13-44-расмлар). Бу ҳолда вақтнинг ҳар бир пайтида тўрдаги кучланиш кириш кучланиши $u_{\text{кир}}$ нинг оний қиймати ва E_a силжиш кучланишининг алгебраик йиғиндисига тенг бўлади.

Анод токи икки қўшилувчидан: тинчликдаги ток I_{a0} ва ўзгарувчан ташкил этувчи $I_{a,м} \cdot \sin \omega t$ дан иборат бўлади, яъни

$$I_a = I_{a0} + I_{a,м} \cdot \sin \omega t.$$

Чикши қаршилигида токнинг ўзгарувчан ташкил этувчиси вужудга келтирган кучланиш тушунининг миқдори

$$u_{\text{чик}} = r_{\text{чик}} \cdot I_{a,м} \cdot \sin \omega t = U_{\text{чик,м}} \cdot \sin \omega t$$

кириш кучланиши $u_{\text{кир}}$ нинг k марта кучайтирилганидан иборат бўлади.

Агар битта каскаддаги кучланиш етарли бўлмаса, у ҳолда бир неча каскадли кучайтиргичдан фойдаланилади.

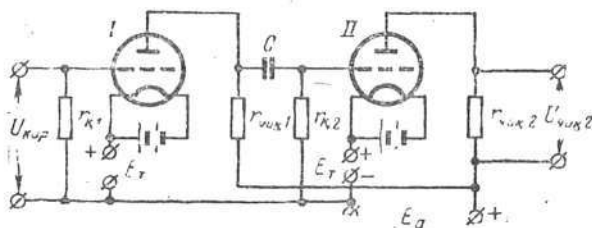
Бунда биринчи каскад чикши қаршилигидаги кучланиш иккинчи каскад учун кириш кучланиш бўлиб хизмат қилади ва ҳоказо. Одатда охириги каскад чикшида етарли қувват олинш учун хизмат қилади.

Бир неча каскадли кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти алоҳида каскадлар кучайтириш коэффициентларининг кўпайтмасига тенг

$$k = k_1 k_2 k_3 \dots k_n.$$

Каскадларнинг ўзаро боғланишини турлича, масалан, қаршиликларда ёки трансформаторларда амалга ошириш мумкин.

13-45-расмда қаршиликлардаги (гальваник боғланишли) икки каскадли кучайтиргич схемаси берилган.

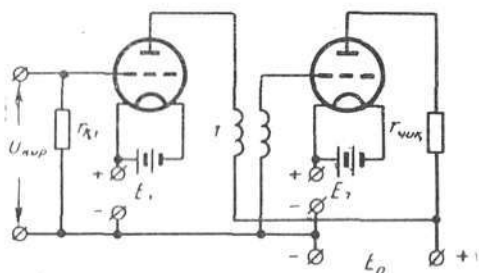


13-45- расм. Қаршиликли икки каскадли кучайтиргич.

Бу ерда ўзгарувчан кириш кучланиши $u_{\text{кир}}$ биринчи лампанинг анод занжирида пульсланувчи ток вужудга келтиради. Бу анод токининг доимий ташкил этувчиси $r_{\text{чик1}}$ чикши қаршилиги орқали ўтади, бироқ иккинчи лампанинг $r_{\text{к2}}$ тўр қаршилиги орқали C ажратувчи конденсатор бўлгани туфайли ўта олмайди. Биринчи лампа анод токининг ўзгарувчан ташкил этувчисининг C конденсатор

ва $r_{к2}$ қаршилик орқали ўтувчи бир қисми бу қаршиликда биринчи лампанинг кириш кучланишининг кучайтирилганидан иборат бўлган кучланиш ҳосил қилади. Бу кучланиш иккинчи лампанинг тўрига берилади ва бу тўрда $U_{чик, 2}$ қийматгача кучайтирилади.

Трансформаторлардаги кучайтиргич схемасида (13-46- расм) биринчи каскаднинг кириш қаршилиги каскадлараро трансформатор-



13-46- расм. Трансформаторлардаги икки каскадли кучайтиргич.

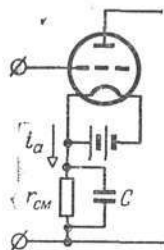
нинг бирламчи чулғами билан алмаштирилган, бу трансформаторнинг иккиламчи чулғами иккинчи лампанинг тўри ва катоди орасига уланган. Трансформация коэффиценти 3—5 бўлган трансформатор ишлатилса кучайтириш коэффиценти ортади.

Силжиш кучланиши кўпинча силжиш батареясида (13-43- расм), олинмайди, балки бунинг учун I_{a0} $r_{см}$ токининг доимий ташкил этувчиси ўтиши натижасида $r_{см}$ қаршиликда кучланишнинг тушишидан фойдаланилади (13-47- расм). Анод токининг ўзгарувчан ташкил этувчиси асосан C конденсатердан ўтади, чунки конденсатор бу ташкил этувчига $r_{см}$ қаршиликка нисбатан бир неча марта кам қаршилик кўрсатади.

Тўр силжиш катталиги электрон лампанинг иш режими ва анод токи эгри чизигининг шаклини аниқлаб беради. Кучайтиришнинг кучайтириш лампаларининг турли иш режимларига мос келувчи бир неча синфи мавжуд.

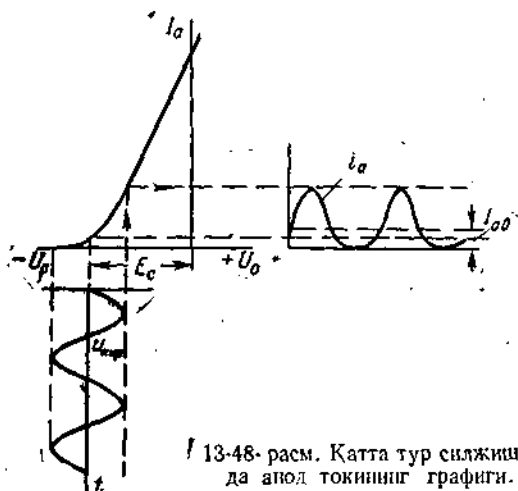
13-44-расмда силжиш кучланиши тўр кучланишининг барча қийматларида ҳам анод токи динамик характеристиканинг тўғри чизиқли қисмидан аниқланадиган қилиб танланган. Бу ҳолда кириш кучланиши анод токининг ўзгарувчан ташкил этувчиси томонидан аниқ қайта тикланади ва кучайтиришда бузилиш бўлмайди, кучайтириш A синфга тегишли бўлади. Тинчлик токи I_{a0} жуда катта, схеманинг фойдали иш коэффиценти паст (50% дан ҳам кам).

13-48- расмда силжиш кучланиши орттирилган — кучайтириш синфи AB . Лампа динамик характеристиканинг тўғри чизиқли бўл-



13-47- расм. Анод токи ёрдамида тўр силжиши.

маган қисмида ишлаётгани учун анод токининг ўзгарувчан ташкил этувчиси бузилади. Токнинг доимий ташкил этувчиси камайди, фойдали иш коэффициенти аввалги ҳолдагига нисбатан кўнайди.



13-48-расм. Катта тур силжишида анод токининг графиги.

Силжиш кучланишини яна орттириб, B ва C кучайтириш синфларини ҳосил қиламиз, бунда анод токининг ўзгарувчан ташкил этувчиси токнинг янада катта бузилишли қирқилган ярим тўлқинларидан иборат бўлади.

13-12. ТРАНЗИСТОРЛАР.

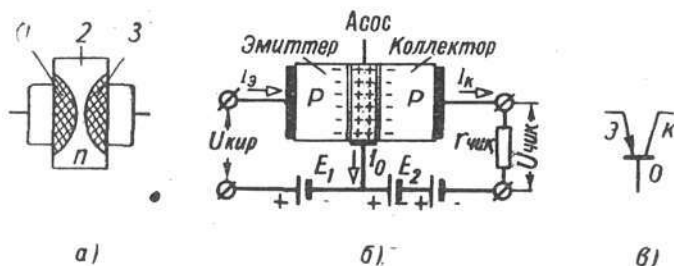
ЧАЛА ЎТКАЗГИЧЛИ КУЧАЙТИРГИЧЛАР

Кейинги вақтларда кучайтиргичлар сифатида чала ўтказгичли триодлар ёки транзисторлар кенг қўлланила бошланди. Қотишмали, ясси триодлар ишлатилади.

Чала ўтказгич қотишмали триод икки қарама-қарши томонига индий бўлақчалари кавшарланган электрон (n) ўтказувчанликли юпқа германий пластинкадан иборат (13-49- a расм). Индий германийга диффузияланиб, тешикли (p) ўтказувчан соҳалар (1 ва 3) ни ҳосил қилади. n -ўтказувчанли соҳанинг қалинлиги бир неча микрон ёки бир неча ўн микронгина, холос. Бир-биридан p - n ўтишлар билан чегараланган яқин қўшни соҳалар: эмиттер (e), асос ёки база (o) ва коллектор (k) деб аталади (13-49- b расм).

Эмиттер билан база орасига (13-49- расм) тўғри йўналишда 1 ϕ га яқин E_1 доимий кучланиш манбаи ва кучайтирилиши керак бўлган сигнал — ўзгарувчан кириш кучланиши $u_{кр}$ уланади. Коллектор билан база орасига тескари йўналишда E_2 бир неча ўн вольт тартибда доимий кучланиш манбаи ва нагрузка қаршилиги уланади, бу қаршилиқдаги кучланиш кучайтирилган сигналдан иборат бўлади.

Эмиттер соҳасига асос соҳасидагига қараганда аралашма атомларидан анча кўп киритилади. Бунинг натижасида эмиттердаги тешиклар концентрацияси асосдаги электронлар концентрациясидан бир неча марта кўп бўлади. Эмиттер — асос занжиридаги E_1 кучланиш тўғри йўналишда таъсир қилади, чунки $p-n$ ўтишнинг тўғри ўтказувчанлиги катта бўлгани учун, ҳатто кичик (1 в га яқин) E_1 кучланишда ҳам эмиттер — асосдаги асосий заряд ташув-



13-49- расм. Чала ўтказгичли триод:

а — тузилиш схемаси; б — қўшиш схемаси; в — шартли белгиси.

чилар — тешикларнинг ҳаракатидан ҳосил бўлган $I_э$ эмиттер токи нисбатан катта бўлади. Асосда тешикларнинг оз қисми эркин электронлар билан рекомбинацияланади, тешикларнинг асосий қисми E_2 манбанинг электр майдони таъсирида $p-n$ ўтиш орқали коллекторга ўтади. Шундай қилиб, асос — коллектор — нагрузка занжирида $I_к = I_э - I_0$ токи вужудга келади, бу токнинг катталиги эмиттер — асос қисмдаги токнинг катталигига тенг бўлади. Бунда кириш сигнаlining озгина ўзгариши фақат $I_э$ ва $I_к$ тоқларнигина эмас, нагрузка қаршилик $r_{чк}$ катта бўлгани туфайли $U_{чк}$ чиқиш кучланишини ҳам анча кўпайтиради.

Транзисторнинг ишлаши электрон кучайтиргичнинг ишлашига ўхшайди.

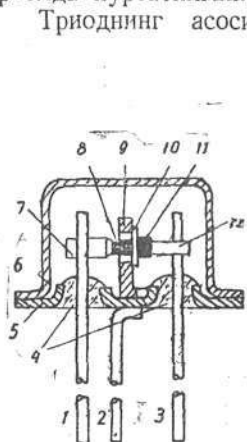
Электрон лампада тўр кучланишининг ортиши электрон оқимни ўзгартиради, анод токини кучайтиради ва нагрузкадаги кучланишни орттиради. Транзисторда эмиттер ва асос орасидаги кучланишнинг ортиши эмиттерланган тешиклар сонини ўзгартиради, коллектор занжирида токни кучайтиради ва нагрузкада кучланишни орттиради.

Транзисторларни улашнинг биз кўрган (13-49-б расм) схемасидан бошқа схемалари ҳам мавжуд.

Баён қилинган $p-n-p$ типдаги транзисторлардан ташқари $n-p-n$ типдаги транзисторлар ҳам ишлатилади. Бу транзисторларда эмиттер ва база орасидаги кучайтирилган кучланиш таъсирида электронлар n соҳадан p соҳага эмиттерланади. $n-p-n$ типдаги транзисторли схемаларда E_1 ва E_2 манбадарнинг қутблги

худди шу э.ю.к. ларнинг $p-n-p$ типдаги триодли схемаларидаги қутблнгига тескари бўлиши керак.

П-13 типдаги германийли ясси транзисторнинг тузилиши 13-50-расмда кўрсатилган.



13-50- расм. П-13 типдаги ясси германийли транзисторнинг тузилиши.

Триоднинг асоси электрон ўтказувчанли кристалл германий пластинкаси 10 дир. Бу пластинка чиқиш 2 билан уланган таянч 9 га маҳкамланган. Пластинканинг икки томонга индий электродлар 8 ва 11 кавшарланган. Триодни ясаш даврида индий атомлари германийга диффузияланади ва бунда тешикли ўтказувчанли бир соҳа—эмиттер 8 ҳамда яна тешикли ўтказувчанли иккинчи соҳа—коллектор 11 ни ҳосил қилади. $p-n-p$ типдаги бу триод 5, 6 металл корпус билан беркитилган. Эмиттердан чиқарилган 1, 7 ва коллектордан чиқарилган 3, 12 учлар корпусдан шишадан қилинган ўтиш изоляторлари 4 орқали изоляцияланган.

Транзисторлар электрон триодларга қараганда мустаҳкам, стабил, ўлчамлари кичик ва оғирлиги кам, ишлаш муддати эса анча каттадир.

13-13. ГЕНЕРАТОРЛАР

а) Синусоидал тебранишли лампали генератор

Юқори частотали ўзгарувчан тоқлар лампали генераторлардан олинади. Электрон лампа ва тебраниш контури генераторнинг асосий элементлари ҳисобланади.

Конденсатор тутқичларида U_{cm} кучланиш бўлганда унинг электр

майдонида $W_{cm} = \frac{CU_{cm}^2}{2}$ энергия тўпланган бўлади. Бундай конденсатор актив қаршилигини ҳисобга олмаса ҳам бўладиган индуктив ғалтакка туташтирилса (13-51- расм), конденсатор разрядлана бошлайди ва занжирда ток пайдо бўлади. Бунда конденсатордаги кучланиш камаяди ва электр майдони энергияси ғалтакнинг магнит майдони энергиясига айланади, занжирдаги ток эса ортади. Конденсатор разрядланиб бўлган, унда кучланиш нолгача ($U_c = 0$) камайган пайтда электр майдони энергияси батамом магнит майдон энергиясига айланади ва у ўзининг максимум қийматига эришади.

$$W_{LM} = \frac{LI_M^2}{2} = W_{cm},$$

бу занжирда токнинг максимум бўлишига тўғри келади.

Ток максимумга етиб, сўнг шу йўналишда ўтишда камаяди, чунки ўзиндукция э.ю.к. мусбат қийматга эга бўлади ($e_L = -L \frac{di}{dt}$).

Шу йўналишдаги ток (13-51-расмда стрелка билан кўрсатилган) аввал манфий бўлган пластинкада мусбат зарядларнинг, аввал мусбат бўлган пластинкада (юқори) манфий зарядларнинг тўпланишига сабаб бўлади.

Конденсаторнинг бундай қайта зарядланиш процесси контурнинг барча энергияси электр майдонига тўпланиб бўлгунча, конденсатордаги кучланиш эса дастлабки максимум қийматига, аммо тескари ишора билан эришмагунча давом этади. Конденсатор зарядлангач, энди тескари йўналишда разрядлана бошлайди, сўнгра яна зарядланади ва ҳоказо.

Шундай қилиб, LC контурда электр майдони энергияси магнит майдони энергиясига айланади ва, аксинча, яъни занжирда энергиянинг сўнмас тебранишлари рўй беради, шунинг учун бу занжир тебранувчи контур деб юритилади. Бундай занжирда ток ва кучланиш синусоидал ўзгаради. Конденсатордаги кучланиш вақтнинг исталган пайтида ўзиндукция э.ю.к. га тенг ва фаза жиҳатидан токка нисбатан чорак даврга силжиган бўлади.

Ток амплитудаси ифодаси $I_m = U_{cm} \omega C$ ни (5-12-§) энергия тенгламаси $W_{Lm} = LI_m^2/2$ га қўйиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$W_{Lm} = \frac{LU_{cm}^2 \cdot \omega_0^2 \cdot C^2}{2} = \frac{CU_{cm}^2}{2} = W_{cm},$$

бундан контурнинг хусусий тебранишлари бурчак частотасини топамиз:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Ток амплитудаси

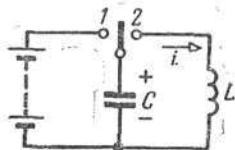
$$I_m = U_{cm} \omega_0 C = U_{cm} \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot C = \frac{U_{cm}}{\sqrt{L/C}}$$

$\sqrt{L/C}$ катталикини контурнинг тўлқин қаршилиги деб юритилади.

Агар LC занжир тўлқин қаршилиқнинг икки барабардан катта бўлмаган r актив қаршилиқка эга бўлса, бу ҳолда контурда ҳам тебраниш процесси вужудга келади, бироқ бу ҳолда ҳар бир тебранишда электр энергиянинг бир қисми иссиқликка айланади, шу сабабли ток ва кучланишнинг амплитудалари ҳар ярим даврда камайиб, тебраниш процесси сўнади.

Актив қаршиликли LC контурда сўнмас тебранишлар ҳосил қилиш зарур бўлганда, контурга актив қаршилиқда иссиқлик исрофига тенг бўлган энергия бериб туриш лозим. Агар бундан ташқари, энергиянинг бир қисмини контур нагрузка занжирига бераётган бўлса, контурга худди шу миқдордаги энергия бериш керак.

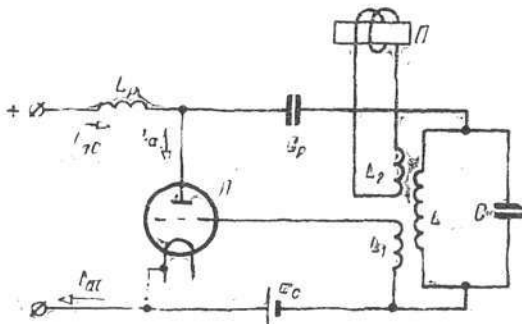
Лампали генераторда ўзгармас ток манбаи энергияси юқори частотали ўзгарувчан ток энергиясига айланади, бу энергия контурнинг



13-51- расм. Тебраниш контури.

параметрлари (L , C) билан аниқланади. Электрон лампа энергиянинг бир турдан иккинчи турга айлантириш процессида ростлагич (регулятор) ролини ўйнайди, унинг воситасида энергия даврий равишда тебраниш контурига берилиб туради, тебраниш контуридан нагрузка занжирига узатилади.

Лампали генератор занжиридан бири 13-52- расмда берилган.



13-52- расм. Лампали генератор схемаси.

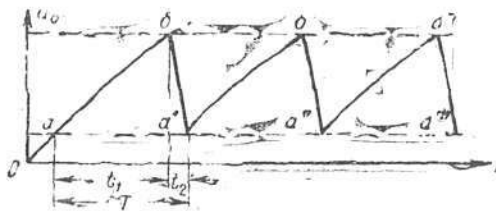
Лампали генераторнинг «+» «—» туткичларига ўзгармас ток манбаи уланганда, тебраниш контурининг C конденсатори U_{cm} кучланишгача зарядланади. Шундан сўнг конденсатор тебраниш контурининг L ғалтаги разрядлана бошлайди ва контурда $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ хусусий частотали тебранишлар вужудга келади. Тескари боғланиш ғалтаги L_1 лампанинг тўрига уланган, шунинг учун тўрдаги кучланиш L_1 ғалтакда индукцияланган ω_0 частотали э.ю.к. га боғлиқ бўлади. Шундай қилиб, лампанинг анод занжирида i_a пульсланувчи ток ҳосил бўлади (13-44- расм), бу токнинг характери силжиш кучланиши E_{sil} га боғлиқ бўлади. Бу токнинг доимий ташкил этувчиси I_{a0} тебраниш контурига ўта олмайди, чунки унинг ўтишига C_p ажратувчи конденсатор тўсқинлик қилади ва у ток манбаи ва L_p ажратувчи ғалтак орқали ўтиб кетади. Анод токининг ўзгарувчан ташкил этувчиси $I_{a.m} \sin \omega_0 t$ юқори частотада ток манбаига ўта олмайди, чунки бунга ажратувчи ғалтак $\omega_0 L_p$ реактив қаршилигининг катта бўлиши тўсқинлик қилади ва у тебраниш контури орқали ўтиб кетади. Бу ташкил этувчи фаза жиҳатидан тебраниш контурининг кучланиши билан бир хил бўлгани учун, у энергиянинг бу контурга даврий равишда берилиб турилишини таъминлайди.

Нагрузка занжири n истеъмолчи (13-52- расм), тебраниш контурининг L ғалтаги билан индуктив боғланган L_2 ғалтақдан иборат. Шундай қилиб, энергия тебраниш контуридан истеъмолчига L_2 ва L ғалтакларни кесиб ўтувчи магнит оқими воситасида берилади.

6) Кучланиши аррасимон эгри чизик бўлган генераторлар

Баъзи қурилмаларда, масалан, электрон осциллографларда, эгри чизиги аррасимон бўлган кучланиш зарур бўлади (13-53- расм).

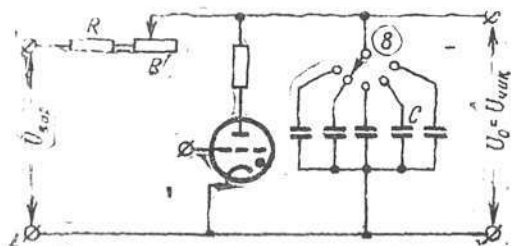
Эгри чизикнинг ўсувчи қисми мумкин қадар тўғри чизикқа яқин, камаювчи қисми эса катта тиклик билан кескин тушадиган бўлиши керак, унда тиш даврининг узунлигини ёки шунга мос равишда аррасимон кучланиш частотасини кенг ораликда ростлаш имконияти бўлсин.



13-53- расм. Аррасимон кучланиш эгри чизиги:

Аррасимон кучланишли генераторнинг мумкин бўлган схемаларидан бири 13-54- расмда берилган.

Ўзгармас кучланиш генераторнинг кириш тутқичларига улангандан сўнг C конденсатор R ва R' қаршиликлар орқали зарядланади. Бунда конденсатор тутқичларидаги ва лампа занжиридаги кучланиш тиратронни ёқиш қийматигача Oab эгри чизик бўйича ортади



13-54- расм. Аррасимон кучланиш генераторининг схемаси.

(13-53- расмдаги эгри чизикда b нуқта). Шу пайтдан бошлаб конденсатор тиратрон орқали тез разрядланади, чунки тиратрон ёнганда унинг қаршилиги ҳисобга олмаслик даражада камаяди ва тиратрон занжирининг қаршилиги R ва R' қаршиликлардан бир неча марта кам бўлади. Конденсаторнинг разрядланиши ва унинг тутқичларида кучланишнинг камайиши жуда тез рўй беради ва тират-

рош сўнгунча давом этади (13-53- расмдаги эгри чизикдаги a' нуқта). Бундан кейин конденсатор яна қайтадан зарядлана бошлайди, унинг тутқичларидаги кучланиш орта бошлайди ($a'b'$ эгри чизик) ва ҳоказо.

Баён қўлинганлардан генераторнинг чиқиш тутқичларидаги $U_{\text{чик}}$ кучланиш аррасимон ўзгариши келиб чиқади. ($a, б, a', б', a'', б''$ ва ҳоказо эгри чизик.)

Тиратрон тўрининг потенциалини ўзгартириб, тиратроннинг ёниш кучланишини ростлаш, демак, аррасимон кучланишнинг катталигини ҳам ростлаш мумкин. Аррасимон кучланишнинг частотаси R' қаршиликни ва C конденсатор сифимини ўзгартириш билан ростланади.

Тиратронда ионланиш ва деионланиш процесси бирор вақт талаб қилади, шунинг учун тиратронли генераторлар 50 кгц дан юқори бўлмаган частотали аррасимон кучланиш олиш учун қўлланилади. Янада юқорироқ частотали кучланишлар олиш учун электрон лампали генераторлардан фойдаланилади.

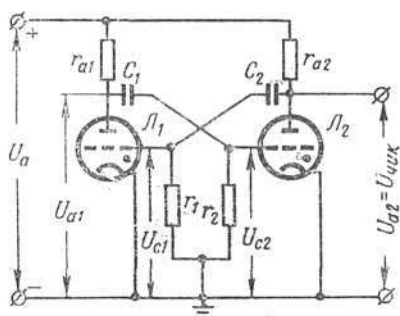
в) Мультивибраторлар

Кейинги вақтларда импульс техникаси ва турли импульс генераторлардан кенг фойдаланилмоқда. Мультивибратор — тўғри бурчак шаклидаги кучланиш импульсларининг электрон генераторидир.

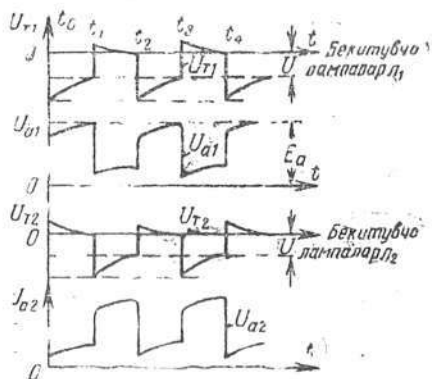
13-55- расмда мультивибратор схемаларидан бири берилган.

Симметрик мультивибраторда бир хил лампалар, бир хил тўр қаршиликлари $r_1 = r_2$, бир хил конденсаторлар $C_1 = C_2$ ва бир хил анод қаршиликлари $r_{a1} = r_{a2}$ ишлатилади.

Вақтнинг дастлабки бошланғич t_0 пайтида Λ_2 лампа очик (13-56-расм). Λ_1 лампа ёпиқ, чунки тўрнинг манфий кучланиши U_{T1} катта. Биринчи лампадаги U_{a1} анод кучланиши тахминан манбанинг кучланиши U_a га тенг, чунки C_1 конденсаторнинг заряд токи туфайли r_{a1} қаршиликда кучланишнинг тушуви кичик. C_1 конденсатор ўзгармас ток манбанинг U_a кучланиши таъси-



13-55- расм. Симметрик мультивибратор.



13-56- расм. Мультивибратор кучланишлари графиклари.

рида r_{a1} ва r_2 қаршиликлар орқали зарядланади. C_1 конденсаторни зарядловчи ток r_2 қаршиликда U_{T2} мусбат тўр кучланишини ҳосил қилади, бунда L_2 лампа очиқ бўлади. Айни вақтда C_2 конденсатор L_2 лампа ва r_1 қаршилик орқали разрядланади. Бу конденсаторнинг разряд токи r_1 қаршиликда U_{T1} кучланишнинг кўп тушишига сабаб бўлади ва L_1 лампа бекилади. C_2 конденсатор разрядланишида L_1 лампа тўридаги U_{T1} кучланиш камаяди ва вақтнинг t_1 пайтида шундай катталикка тушадики, L_1 лампа очилади, L_2 лампа эса бекилади. Бунда U_{a1} анод кучланиши тез пасаяди.

t_1 пайтдан бошлаб C_2 конденсатор r_{a2} ва r_1 қаршиликлар орқали зарядлана бошлайди, заряд токи L_1 лампанинг тўрида мусбат кучланиш ҳосил қилади, бу лампа t_2 пайтгача очиқ бўлади. Айни шу вақтда C_1 конденсатор r_2 қаршилик ва очиқ L_1 лампа орқали разрядлана бошлаб, U_{T2} кучланишнинг тушишига сабаб бўлади ва бу кучланиш тушиши L_2 лампани бекитади. t_1 пайтда U_{a2} анод кучланиши манбанинг U_a кучланишига яқин катталикка сакраб ортади.

t_2 пайтда U_{T2} кучланиш L_2 лампа очилиб, L_1 лампа бекиладиган катталиккача камаяди, демак, U_{a1} кучланиш сакраб ортади, U_{a2} кучланиш эса камаяди. Бундан сўнг процесс такрорлана бошлайди.

Лампаларнинг даврий равишда очилиши ва бекилиши ҳар бир лампа чиқишида кучланишнинг тахминан тўғри бурчакли импульсларини ҳосил қилишга имкон беради.

Мульти vibrator частотасини r_1 ва r_2 қаршиликларни ёки C_1 ва C_2 сифмларни ўзгартириш ва ниҳоят, тўр қаршилиги катталигини ўзгартириш йўли билан ростлаш мумкин.

13-14. СТАБИЛИЗАТОРЛАР

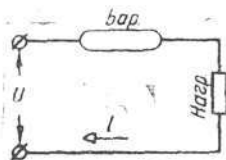
а) Ток стабилизаторлари

Токни стабиллаш, яъни нагрузкада ток катталигини ўзгаришсиз сақлаш учун бареттерлардан фойдаланилади.

Бареттер $50 \div 200$ мм сим. устуни босимида водород билан тўлдирилган баллонга жойлаштирилган пўлат ёки вольфрам сим-толадан иборат.

Бареттер толасини совитиш ва қиздириш шароитлари бареттер тутқичларида кучланишнинг ўзгариши тола қаршилигини унга пропорционал равишда ўзгартирадиган қилиб танланган. Шундай қилиб, маълум чегараларда кучланишнинг ўзгариши токнинг жуда кам ўзгаришига сабаб бўлади.

Бареттерни нагрузка билан кетма-кет улаб (13-57-расм), манба кучланишининг анчагина ўзгартиришда ҳам занжирда токнинг жуда кам ўзгаришига эришамиз. Агар нагрузканинг қаршилиги донмий бўлса, у ҳолда тармоқ кучланиши ўзгарганда нагрузкада фақат ток эмас, балки кучланиш ҳам стабил бўлади.



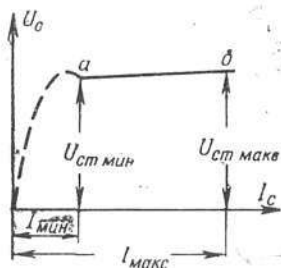
13-57- расм. Бареттерни қўшиш схемаси.

Стабилловчи элемент сифатида тўйиниш режимда ишлаётган икки электродли лампадан ҳам фойдаланиш мумкин.

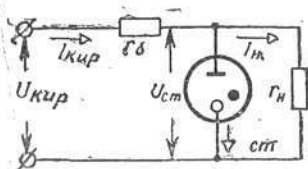
б) Кучланиш стабилизаторлари

Доим ўзгармас кучланишлар ҳосил қилиш учун ёлқин разряд асбобларига ўхшаш стабилитронлар ишлатилади.

Икки электродли стабилитрон ичига цилиндрсимон катод ва бу катод ичига сим анод жойлаштирилган шиша баллондан иборат. Баллондаги газнинг босими бир неча ўн миллиметр симоб устунига тенг бўлади.



13-58- расм. Газ-разрядли стабилитроннинг вольт-ампер характеристикаси.



13-59- расм. Газ-разрядли стабилитронли стабилизатор схемаси.

Стабилитроннинг вольт-ампер характеристикасидаги ab қисм (13-58-расм) кучланиш тушишининг токка боғлиқ эмаслигини кўрсатади. Характеристиканинг ab ишчи қисмига мос чегарадаги кучланиш стабилизация кучланиши $U_{ст}$ дейлади.

Стабилитрон кучланиши стабилизация кучланиши $U_{ст}$ га тенг бўлган r_n нагрузкага параллел уланади. Тармоқланган қисм билан кетма-кет қилиб, балласт қаршилиқ r_b уланади (13-59-расм). Бу қаршилиқдаги кучланиш $U_{кпр}$, кириш кучланиши билан стабилланган кучланишнинг фарқига тенг бўлади, чунки

$$U_{кпр} = I_{кпр} \cdot r_b + U_{ст},$$

бунда кириш токи $I_{кпр} = I_{ст} + I_n$.

Кириш кучланишнинг ортиши стабилитронда токни орттиради, ундаги кучланиш эса балласт қаршилиқда кучланиш тушиши туфайли деярли ўзгаришсиз қолади.

Нагрузка токининг ортиши стабилитронда токни камайтиради, тармоқдаги кучланиш эса деярли ўзгаришсиз қолади. Стабилизатор ишлаши учун кириш кучланиши стабилизация кучланишидан катта бўлиши, стабилитрон токи эса стабилитроннинг вольт-ампер характеристикасидаги ишчи қисми билан аниқланадиган чегарада ётиши керак.

Катта стабиллашган кучланишлар олиш учун стабилитронлар кетма-кет уланади.

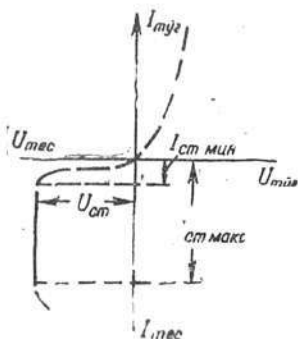
Стабилитронлар 70 в ва ундан ортиқ кучланишларга ва 5 дан 40 ма гача токларга мўлжаллаб тайёрланади.

Биз баён қилган газ разрядли стабилитронли стабилизаторлардан ташқари, электрон стабилизаторлар ва чала ўтказгичли стабилизаторлар ҳам ишлатилади.

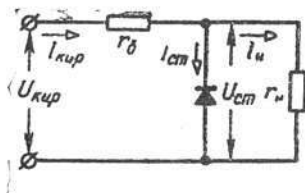
Кремнийли стабилитронлар кучланишни стабиллаш учун ишлатилади. Улар ҳар хил кўринишдаги кремнийли диодлардир.

Кремнийли стабилитронларнинг вольт-ампер характеристикасининг ишчи қисми (13-60-расм) унинг тескари токка, тескари кучланишга мос бўлган қисмидир; бу қисм ток ўқиға тахминан параллел жойлашган (13-60-расмда туташ чизиқ билан берилган).

13-61-расмда кремнийли стабилитронли кучланиш стабилизаторининг схемаси берилган, бу схема газ разрядли стабилитронли стабилизатор схемасига ўхшаш.



13-60-расм. Кремнийли стабилитроннинг вольт-ампер характеристикаси.



13-61-расм. Кремнийли стабилитронли стабилизатор схемаси.

Стабилитрон ўтказмайдиган йўналишда уланади. Нагрузка стабилитронга параллел уланади, тармоққа кетма-кет қилиб балласт қаршилик уланади.

Кремнийли стабилитронлар 7—100 в кучланишларга ва 20—33 ма токларга мўлжаллаб тайёрланади.

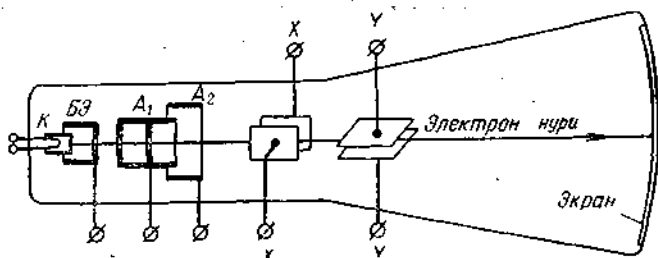
13-15. ЭЛЕКТРОН-НУР ТРУБКА

Электрон-нур трубка электротехниканинг турли соҳаларида — радиолокация, телевидение, ўлчаш техникаси ва бошқаларда кенг ишлатилади.

Трубканинг шиша баллони колба шаклида бўлади (13-62-расм). Колбанинг кенгайган туби ички томондан люминофор билан қопланиб, экран ҳосил қилади. Трубканинг экранга қарама-қарши қисмида электрон нурнинг шаклланишига мўлжалланган қурилма жойлашган бўлиб, бу қурилма электрон прожектори ёки электрон тўпи дейилади. Бу қурилма К катод, бошқарувчи электрод (тўр) БЭ ва цилиндр шаклидаги икки A_1 ва A_2 аноддан иборатдир. Катод ва анод орасидаги электр майдони катоддан чиққан электронларни етарлича тезлатади ва уларга экран сиртида жойлашган фокусда кесишувчи нур шаклини беради. Экраннинг электрон-нур тушган нуқтасида ёруғлик чақнайди. Бошқарувчи электрод потенциални ўзгартириб, нурдаги электронлар миқдорини, яъни экран

нурланишининг интенсивлиги ва ёрқинлигини ростлаш мумкин. Анодлардан бирининг потенциалини ўзгартириш билан электрон-нурни экранда аниқ фокуслаш ва шу билан чақнаётган нуқтанинг кескинлигини яхшилаш мумкин.

Электрон-нур иккита кучланиш берилган иккита оғдирувчи пластинкалар жуфти орасидан ўтади. X пластинкаларнинг электр майдони электрон-нурни горизонтал текисликда, бошқа жуфт — Y пластинкалар майдони эса нурни вертикал текисликда оғдиради.



13-62- расм. Электрон-нурли трубка.

X пластинкаларга одатда ёрдамчи аррасимон кучланиш берилади (13-53- расм).

Даврнинг бошида кучланиш нолдан максимумгача тўғри чизик бўйлаб, яъни вақтга пропорционал ортади ва электрон-нур доимий тезлик билан экран бўйлаб чапдан ўнгга силжийди; максимумга эришгач, кучланиш тезда (t_2 вақт ичида) нолгача камаяди ва электрон-нур чекка (ўнг) нуқтадан тезда тескари йўналишда экраннинг дастлабки (чап) нуқтасига даврнинг охирида етади, шундан сўнра процесс яна такрорланади. Нурнинг экранда айна бир траекториянинг ўзидан кўп марталаб ҳаракатланиши туфайли Y пластинкада кучланиш бўлмаганда экранда ёруғ горизонтал чизик кўринади (13-63- а расм).

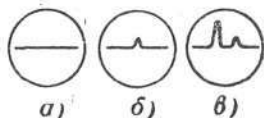
Агар нур экран бўйлаб ҳаракатланаётган бирор пайтда Y пластинкаларга кучланиш импульси берилса, у ҳолда Y пластинкаларнинг электр майдони электрон-нурни импульсга пропорционал равишда вертикал йўналишда оғдиради. Агар импульслар аррасимон кучланиш частотаси билан такрорланса, экраннинг айна бир жойида нурнинг огиши ҳам такрорланади. Ёруғлик инерцияси туфайли экранда импульс вужудга келтирган тишли ёруғ чизик кўриниб туради (13-63- б расм).

Иккита тишининг мавжуд бўлиши Y пластинкаларга бир даврнинг ўзида иккита импульс берилганини билдиради (13-63- в расм).

Электрон-нурни электр ёки магнит майдонидан фойдаланиб бошқариш мумкин. Магнит майдонидан фойдаланиб бошқаришда бошқарувчи магнит майдони трубка яқинида маҳкамланган галтаклардан ўтувчи тоқлар томонидан вужудга келтирилади.

Электрон-нур трубка электромагнит тўлқинлар ёрдамида предметнинг турган жойини аниқлайдиган радиолокаторнинг асосий қисмидир. Предметнинг туриш жойини аниқлаш мақсадида у назарда тутилган йўналишда электромагнит тўлқин импульслари юборилади. Предметгача етиб борган тўлқинлар қисман қайтади. У пластинкаларда импульсни юборилган пайтда ва қайтган тўлқинни қабул қилиб олган пайтда кучланиш импульслари, демак, трубка экранда тишлар пайдо бўлади. Тишлар орасидаги масофа предметнинг радиолокатордан узоқлигига боғлиқ ва электромагнит тўлқинларнинг ҳавода тарқалиш тезлиги $300\,000\text{ км/сек}$ эканлигини билган ҳолда уни аниқлаш мумкин.

Электрон-нур трубка, шунингдек, телевизорнинг ҳам асосий қисмидир. Кинескоп — қабул қилувчи электрон-нур трубка экранда электрон-нур ёрдамида тасвир ҳосил қилинади.



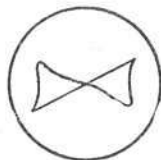
13-63-расм. Трубка экранда электрон-нурнинг изи.

13-16. ЭЛЕКТРОН ОСЦИЛЛОГРАФ

Электрон осциллограф — тез ўзгарувчан электр катталикларни визуал кузатиш ва суратга олиш учун мўлжалланган асбобдир. Унинг асосий қисми электрон-нур трубкадир.

Осциллограф электрон-нур трубкасидаги оғдирувчи X пластинкаларда аррасимон кучланиш бўлганида электрон-нур чапдан ўнгга доимий тезлик билан силжийди ва экранда горизонтал чизиқ кўриниб туради (13-64- расм).

Оғдирувчи Y пластинкаларга частотаси аррасимон кучланиш частотасига тенг бўлган ўлчанувчи кучланиш берамиз, бу кучланиш иккала кучланиш даврларининг бошланишига ҳам мос бўлсин. Бу (ўлчанувчи) кучланиш таъсирида электрон-нур бу кучланишнинг оний қийматига пропорционал катталикка вертикал йўналишда оғади. Иккала кучланиш таъсирида нур ҳар бир давр давомида экранда ўлчанаётган кучланишнинг эгри чизигини тасвирлайди, бу чизиқни кузатиш ва суратга олиш мумкин (13-64-расм).



13-64- расм. Ўрганилаётган кучланишнинг осциллограф экрандаги эгри чизиги.

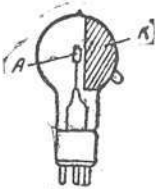
Одатда, оғдирувчи пластинкаларнинг кучланишлар таъсирига сезгирлиги кичик бўлади, шу сабабли пластинкаларнинг ҳар бир жуфти учун кучайтириш коэффициентини ростловчи икки каскадли лампани кучайтиргич қўйилади.

Шундай қилиб, электрон осциллографнинг, электрон-нур трубкадан ташқари, бир ғилофга монтаж қилинган бир қанча қурилмалари — узеллари бор. Электрон осциллографнинг скелет схемаси, ташқи кўриниши ва уни бошқариш қуйида 13-20- § да берилган.

Ўтган асрнинг охирида А. Г. Столетов фотоэффект ҳодисасини текширди ва унинг асосий қонуниятларини аниқлаб, биринчи фотоэлементни яратди.

Ёруғлик энергиясини электр энергияга айлантиришга хизмат қилувчи асбоб фотоэлемент дейилади.

Ташқи ва ички фотоэффектнинг фарқи қилиш керак.



13-65- расм.

Ташқи фотоэффектلى фотоэлемент.

Ташқи фотоэффект шундан иборатки, ёруғлик оқими моддага кириб, унга ўзининг энергиясини беради. Натижада бир қисм электронларнинг энергияси ортга кетади ва чиқиш ишини бажаришга етарли бўлиб қолади, шундай қилиб, электронларнинг модданинг ташқи қатлампидан чиқиши, яъни фотоэлектрон эмиссия рўй беради.

Ташқи фотоэффектдан вакуумли ва газ тўлдирилган фотоэлементларда, шунингдек, фотоэлектрон кўпайтиргичларда фойдаланилади.

Ички фотоэффект шундан иборатки, ёруғлик оқимининг энергияси моддага берилиб, айрим электронларнинг энергиясини кўпайтиради ва атомларнинг бир қисмини ионлаб янги заряд ташувчиларнинг (эркин электронлар ва тешикларнинг) ҳосил бўлишига сабаб бўлади, бунинг натижасида ички э.ю.к. ҳосил бўлади ёки модданинг ўтказувчанлиги ортади.

Ички фотоэффектдан бекитувчи қатламли ёки вентилли фотоэлементларда ҳамда фотоқаршиликларда фойдаланилади.

Вакуумли кислород-цезийли фотоэлемент ичида вакуум ҳосил қилинган шиша қолбадан иборат (13-65- расм). Қолбанинг унга ёруғлик кирадиган «дарча»сидан ташқари ҳамма ички сирти кумуш қатлами билан қопланади, бу қопламга цезий оксиди суртилади. Кумуш қатлами ва уни қоплаган чала ўтказгич қатлам фотоэлементнинг катода бўлади. Қолбанинг ўртасида жойлашган металл ҳалқа анод бўлади.

Баён қилинаётган вакуумли фотоэлементдан ташқари яна сурма-цезийли вакуумли фотоэлементлар ҳам бўлади, бу фотоэлементларда кумуш қатлам ўрнига сурма қатлами сурилади ва бу қатламга чала ўтказгич суртилади.

Газ тўлдирилган фотоэлементлар фақат кислород-цезийли бўлади. Улар вакуумли фотоэлементлардан унда вакуум ҳосил қилингандан сўнг, одатда қолбага паст босимдаги аргон тўлдирилиши билан фарқ қилади.

Ток манбаи уланганда фотоэлементнинг аноди ва катода орасида электр майдони вужудга келади (13-66- расм). Агар фотоэлементнинг дарчаси орқали унинг катодага ёруғлик оқими тушса, у ҳолда эмиттерланган электронлар майдон таъсирида катоддан анодга қараб силжийди ва занжирда фототок ҳосил бўлади ва у катод ёритилган бутун давр давомида мавжуд бўлади.

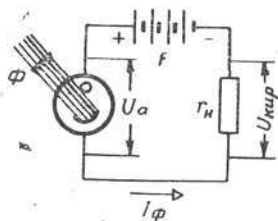
Фототокнинг катталиги ёруғлик оқимиға, ток манбаининг кучланишиға ва нагруканинғ қаршилиғиға боғлиқ.

Вакуумли фотоэлементнинг вольт-ампер характеристикаси ўзгармас ёруғлик оқимида кучланиш ортиши билан фототок дастлаб ортишини, сўнгра эса деярли ўзгармас бўлиб қолишини кўрсатади (13-67-расм).

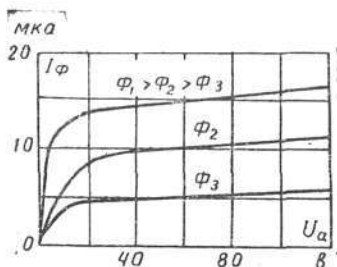
Вакуумли фотоэлементнинг ёруғлик характеристикаси (13-68-расм) фототокнинг ёруғлик оқимиға боғлиқлигини кўрсатади, бу характеристикадан эмиттирланган электронлар сони, бинобарин, фототок ҳам фотоэлемент катодига тушаётган ёруғлик оқимиға пропорционал экани маълум.

Микроамперларда ифодаланган фототокнинг люмен (лм) ларда ифодаланган (18-1-§ га қаранг) ёруғлик оқимиға нисбати фотоэлементнинг сезгирлиги дейилади. Вакуумли фотоэлементлар учун сезгирликнинг қиймати $20 \div 100$ мка/лм.

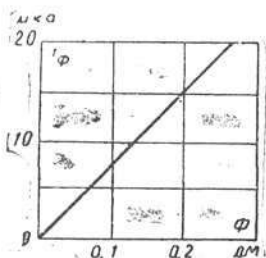
Газ тўлдирилган фотоэлементларининг сезгирлиги электродлари орасида газнинг ионлашуви сабабли вакуумли фотоэлементларга нисбатан 4—5 марта катта бўлади. Газ тўлдирилган элементларнинг инертлиги анча катта. Фотоэлектрон кўпайтиргич — ташқи фотоэффектли фотоэлемент бўлиб, унинг фототоки иккиламчи электрон эмиссия ҳисобига кучайтирилади.



13-66-расм. Ташқи фотоэффектли фотоэлементнинг қўшилиш схемаси.



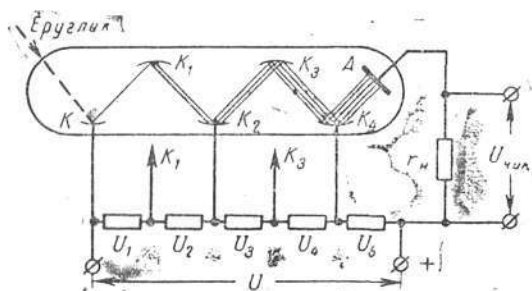
13-67-расм. Вакуумли фотоэлементнинг вольт-ампер характеристикаси.



13-68-расм. Вакуумли фотоэлементнинг ёруғлик характеристикаси.

Шиша баллонда (13-69-расм) K катод ва A аноддан ташқари, K_1 , K_2 ва ҳоказо бир қатор сирти эмиссион қатлам билан қопланган иккиламчи катод-эмиттерлар жойлашган. Кетма-кет жойлашган ҳар бир катод ўздан олдингисидан тахминан 100 в га яқин ортиқ потенциалга эга. Ҳар бир иккиламчи катод уни бомбардимон қилаётган бирламчи электронлар сонидан кўпроқ электронлар чиқаради. Иккиламчи электронлар сонининг бирламчи электронлар сонига нис-

бати иккиламчи эмиссия коэффициенти σ дейилади, унинг қиймати 3—4 га тенг. Шундай қилиб, n та иккиламчи катодли фотокўпайтиргичда чиқиш токи σ^n бўлади.



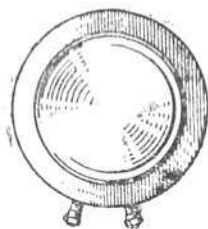
13-69- расм. Фотокатод кўпайтиргичнинг схемаси.

Фотокўпайтиргичнинг сезирлиги 1 а/лм га етади.

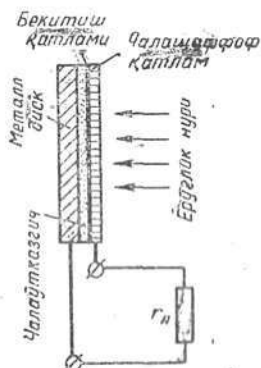
Фотокатод кўпайтиргичнинг камчилиги унинг эскириши — вақт ўтиши билан унинг сезирлигининг пасайиши ва юқори кучланишдан фойдаланишнинг зарурлигидир.

Фотокўпайтиргич кўп ҳолларда кучайтиргичлардан фойдаланмасдан катта кучланиш имконини беради.

Бекитувчи қатламли ёки вентилли фотоэлементнинг ишлаши p ўтказувчанликли ва n ўтказувчанликли чала ўтказгичлар орасидаги бекитувчи қатламдан фойдаланишга асосланган.



13-70- расм. Бекитувчи қатламли фотоэлементнинг ташқи кўриниши.



13-71- расм. Бекитувчи қатламли фотоэлемент схемаси.

Фотоэлемент ёритилганда айрим электронларнинг ёриглик оқимидан энергия олиши ҳисобига энергияси ортади. Бу бир қисм атомларнинг ионлашишига ва янги заряд ташувчилар — электронлар ва тешикларнинг ҳосил бўлишига сабаб бўлади. $\epsilon_{(ўтиш.)}$ ўтиш электр майдоннинг таъсирида ҳосил бўлган электронлар n қатламга, тешиклар эса p қатламга кетади. Натижада p қатламда ортиқча тешиклар ва n қатламда ортиқча электронлар ҳосил бўлади. p ва n қатламлар орасида ҳосил бўлган потенциаллар (э.ю.к. лар) фарқи ташқи занжирда p қатламдан n қатламга ўтадиган I ток ҳосил қилади. Бу ток катталиги электронлар ва тешиклар миқдорига, бинобарин ёриглик оқимига пропорционалдир.

Бекитувчи қатламли фотоэлементнинг тузилиш схемаси ва ташқи кўриниши 13-70 ва 13-71- расмларда кўрсатилган.

Юпқа пўлат ёки алюминий дискка p ўтказувчанликли чала ўтказгич, масалан, селен қатлами суртилган, унинг устидан n ўтказувчанликли чала ўтказгич ярим шаффоф қатлам ёки ярим шаффоф металл, масалан, кумуш қатлами қопланади. Устидан эса шаффоф ҳимоя пардаси қопланади. Бекитувчи қатлам ярим шаффоф қатламга тегиб турувчи чала ўтказгич қатламда вужудга келади.

Чала ўтказгичлар сифатида селен, мис I оксиди, олтингугуртли таллий, олтингугуртли кумуш, кремний ва бошқалар ишлатилади.

Кремнийли фотоэлемент n ўтказувчанликли аралашмали кремний пластинкадан иборат. Пластинканинг сиртига вакуумда диффузиялаш йўли билан бор аралашмаси киритилган ва 2 $\mu\text{м}$ га яқин қалинликда p ўтказувчанликли соҳа ҳосил қилинган.

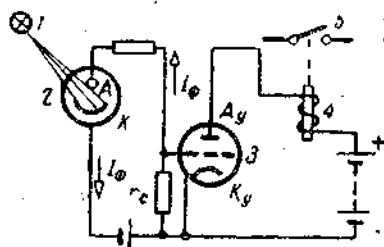
Кремнийли элементлар батареяси қуёш батареялари дейилади ва қуёш энергиясини бевосита электр энергиясига айлантиришда ишлатилади, уларнинг фойдали иш коэффициенти 10% га яқин. Бу батареялар, масалан, Ернинг сунъий йўлдошларида радиостанцияларга энергия бериш учун қўлланилади.

Бекитувчи қатламли фотоэлементларнинг сезгирлиги юқори (10 мВ/лм га яқин). Бу хил фотоэлементларнинг бошқа хил фотоэлементлардан афзаллиги улар учун энергия манбаининг керак бўлмаслигидир.

Фотоэлементлар электроника, автоматика, телевидение, овозли кино, ўлчаш техникасининг турли соҳаларида кенг қўлланилади.

13-72-расмда мисол тариқасида энг содда фотореле схемаси берилган.

Лампа 1 дан ёруғлик фотоэлемент 2 нинг дарчасига тушиб, I_{ϕ} фототок ҳосил қилади. Бу ток r_c қаршиликда $I_{\phi} r_c$ кучланиш тушишини вужудга келтиради. Шунинг учун лампа 3 нинг тўридаги потенциал шу лампанинг катоди потенциалидан кичик бўлади ва лампанинг анод занжири берк, 4 контактор ғалтагида ток йўқ ва ишчи занжирдаги контакт 5 узилган ҳолда бўлади.



13-72- расм. Фотореле схемаси.

Фотоэлементга ёруғлик келишини тўсадиган буюм пайдо бўлганда I_{ϕ} ток йўқолади ва $I_{\phi} r_c$ кучланиш тушиши бўлмайди. Лампа очилади ва анод токи контактор ғалтаги орқали ўтиб, ишчи занжирда контактларни туташтиради.

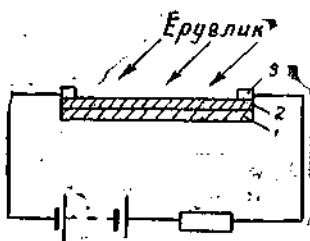
Бундай реледан конвейердан ўтадиган буюмларни автоматик санаш, хавфли ва тақиқланган зоналарини тўсиш ва бошқа кўпгина жойларда фойдаланилади.

Электр қаршилиги ёруғлик таъсирида ўзгарадиган асбоб фотоқаршилик (фоторезистор) деб аталади.

Фотоқаршиликнинг тузилиши ва уланиш схемаси 13-73- расмда кўрсатилган.

Шина, керамика ёки слюдадан қилинган юпқа пластина 1 га чала ўтказгич қатлами 2 суртилади. Занжирга улаш учун чала ўтказгич қатламга контакт 3 лар ёпиштирилади. Чала ўтказгич қатламин намдан сақлаш учун у шаффоф лак билан қопланади.

Ёруғлик тушишидан сақланган фотоқаршилиқдам озгина ток ўтиб туради, бу ток «қоронғилик» токи дейилади. Фотоқаршилиқ ёритилганда ундан «ёруғлик» токи ўтади. Ёруғлик оқими (ёритилганлик) ортганда ёруғлик токи ҳам ортади.



13-73- расм. Фотоқаршилиқнинг тузилиш ва қўшниш схемаси.

Ёруғлик токи билан қоронғилик токи орасидаги фарқ фототок дейилади.

Фотоқаршилиқлар турли-туман чала ўтказгич материаллардан: олтингугуртли кўрошин, олтингугуртли висмут, олтингугуртли кадмий ва ҳоказолардан қилинади.

Фотоқаршилиқларнинг сезгирлиги ташқи фотоэффектли вакуумли фотоэлементларнинг сезгирлигидан юқори ва 100 ма/лм га етади.

Фотоқаршилиқларнинг инерцияси каттагина, шунингдек улар ёруғлик оқими билан чизиклимас боғланишга эга. Фотоқаршилиқлар саноат электроникаси, автоматика, ўлчаш техникаси ва бошқа соҳаларда кенг қўлланилади.

13-18. ТЕРМОҚАРШИЛИҚЛАР

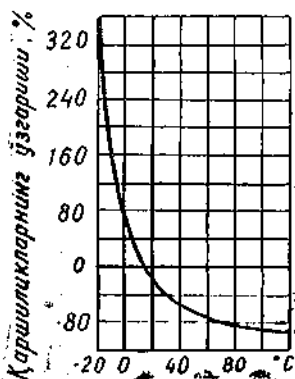
Қаршилиқлари температурага кескин боғлиқ бўлган чала ўтказгич қаршилиқлар термоқаршилиқлар ёки термисторлар дейилади. Термоқаршилиқларнинг температура қаршилиқ коэффициентлари манфий бўлиб, абсолют қиймати жиҳатидан металларникидан юзлаб марта катта. Температура ортганида термисторлар қаршилиқларининг камайишига сабаб иссиқлик энергияси таъсирида эркин заряд ташувчилар сонининг кўпайишидир.

Қаршилиқнинг температурага боғлиқлиги термисторларнинг бир тури учун 13-74- расмда кўрсатилган.

Термоқаршилиқлар муҳитдан иссиқлик бериш, термистор ёки қизитгич орқали ток ўтказиш йўли билан қизитилади.

Муҳитнинг термоқаршилиқларга таъсирини бартараф қилиш учун улар ҳимоя қобили билан қопланади ёки ишона баллонларга жойлантирилади.

Шилатини ўрнига қараб термисторлар турли конструкцияда ва турли шакл-

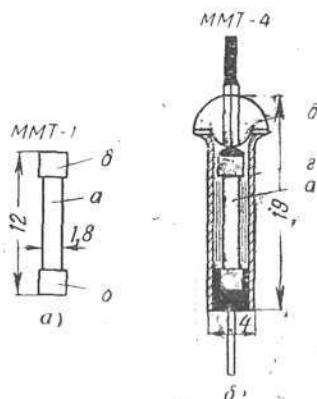


13-74- расм. ММТ типидagi термистор қаршилиқининг температураси бўлиқ ҳолда ўзгариш эгри чизиги.

да — стержень, диск ёки шарча шаклида ясалади (13-75 ва 13-76-расм).

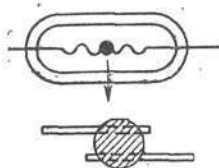
Мунчоқ шаклидаги термоқаршилиқнинг тузилиши 13-76-расмда кўрсатилган. 3×8 мм ўлчамли шиша баллонга қаршилиғи 150 ом бўлган чала ўтказгич шар жойлаштирилган. Шарчага вольфрам учлар маҳкамланган.

Бу термисторларнинг иссиқлик инерцияси нисбатан кичик, шу сабабли улар, масалан, юқори частотали тоқларни шу ўлчанаётган тоқнинг қиздириши туфайли уларнинг қаршилиқлари ўзгаришига қараб ўлчашда қўлланилади.



13-75-расм. ММТ типидagi термисторнинг тузилиши:

а — қаршилиқ жисми; б — контакт қилпоқчалар; δ — металл химоя қапуласи; δ — шиша изолятор.



13-76-расм. Мунчоқ типидagi Т8Д термоқаршилиқнинг тузилиши.

«Игла» («Нина») типидagi микротермисторларда диаметри миллиметрнинг юздан бир неча улушига тенг бўлган чала ўтказгич шарча платинадан қилинган учлар билан биргаликда ташқи диаметри 0,5 мм га тенг бўлган шишага прессланган. Шиша корпуснинг узунлиги 3—100 мм. Бундай термометр — 70 дан $+250^\circ\text{C}$ гача температурани ўлчашга имкон беради ва секунднинг юздан бир улушларига тенг бўлган иссиқлик инерциясига эга.

Термисторлар, жумладан, автоматика, ўлчаш техникаси ва бошқа соҳаларда жуда кенг қўлланилади.

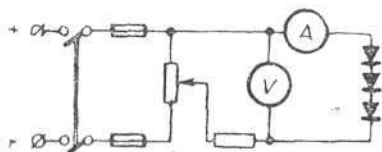
13-19. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ. ЧАЛА ЎТКАЗГИЧЛИ ТЎҒРИЛАГИЧЛАР

Ишни бажаришдан аввал 13-4 ва 13-5-§ ларнинг мазмунини билан танишиб чиқиш лозим.

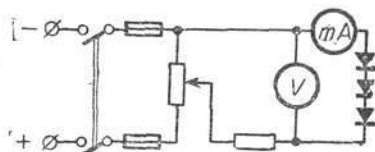
Иш плани

1. Ишни бажариш учун керак бўлган асбоблар билан танишнинг ва уларнинг асосий техник маълумотларини ёзиб олинг. Тўғрилагичлар учун уларнинг номинал токи ва номинал кучланишини албатта аниқлаш керак.

2. Схемани йиғинг (13-77-расм) ва уни раҳбарингизга кўрсатинг.
3. Кучланишнинг турли қийматларида амперметр ва вольтметр кўрсатишларини 13-1-жадвалга ёзиб олинг ва $I_{\text{тўғ}}$ тўғри токнинг U кучланишга боғлиқлик графиги, яъни $I_{\text{тўғ}} = f(U)$ ни ясанг.
4. Схемани йиғинг (13-78-расм) ва уни раҳбарингизга кўрсатинг.



13-77-расм. Тўғрилагичнинг тўғри токи графигини олиш схемаси.



13-78-расм. Тўғрилагичнинг тескари токи графигини олиш схемаси.

5. Кучланишнинг 3-пунктда олинган қийматларида миллиамперметр ва вольтметр кучланишларини 13-1-жадвалга ёзинг ва $I_{\text{тес}}$ тескари токнинг U кучланишга боғлиқлик графиги, яъни $I_{\text{тес}} = f(U)$ ни ясанг.

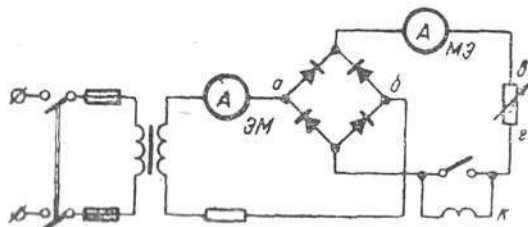
6. U кучланишнинг 3 ва 5-пунктларидаги қийматларидан ҳар бири учун тўғри токнинг тескари токка нисбатини, яъни тўғрилаш коэффициентини $k = \frac{I_{\text{тўғ}}}{I_{\text{тес}}}$ ни аниқланг. Тўғрилаш коэффициентининг кучланишга боғлиқлиги графигини, яъни $k = f(U)$ ни ясанг.

7. Схемани йиғинг (13-79-расм) ва уни раҳбарингизга кўрсатинг.

8. Бир қутбلى рубильник туташган ҳолда қаршилиқ (нагрузка)нинг турли қийматларида I ўзгарувчан токнинг эффектив қиймати ва тўғриланган токнинг $I_{\text{ўрт}}$ ўртача қийматини ўлчовчи амперметрларнинг кўрсаткичларини 13-2-жадвалга ёзиб олинг.

- Ёзиб олинган ҳар бир қиймат учун $\frac{I}{I_{\text{ўрт}}}$ нисбатни аниқланг.

9. аБ зажимга электрон осциллографи уланг ва тўғрилагичга берилган ўзгарувчан кучланиш эгри чизигининг расмини чизиб олинг (13-79-расм).



13-79-расм. 13-19-лаборатория нишга доир схема.

- вБ зажимларга электрон осциллографи уланг, бир қутбلى рубильникни туташтирган ҳолда ва туташтирмаган ҳолда энергия истеъмолчисидagi тўғриланган кучланиш эгри чизиги расмини чизиб олинг.

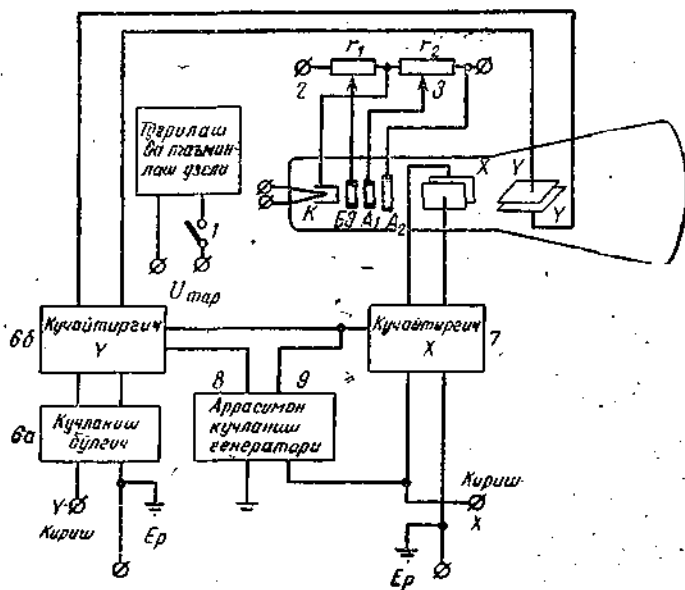
Кузатишлар номери	U	$I_{тўр.}$	$I_{тес.}$	$k = \frac{I_{тўр.}}{I_{тес.}}$	Эслатма
	α	α	α	—	

Кузатишлар	I	$I_{ўрт.}$	$\frac{I}{I_{ўрт.}}$	Эслатма
	α	α	—	

13-20. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ. ЭЛЕКТРОН ОСЦИЛЛОГРАФ

Лаборатория ишининг бажаришдан аввал 13-13, 13-15 ва 13-16-параграфларнинг мазмунини билан танишиш зарур.

13-80-расмда ЭО-7 осциллографнинг скелет схемаси, 13-81-расмда эса унинг ташқи кўриниши берилган. Осциллографнинг олди деворида экрандан ташқари бошқариш панели ҳам ўрнатилган



13-80-расм. ЭО-7 электрон осциллографнинг скелет схемаси.

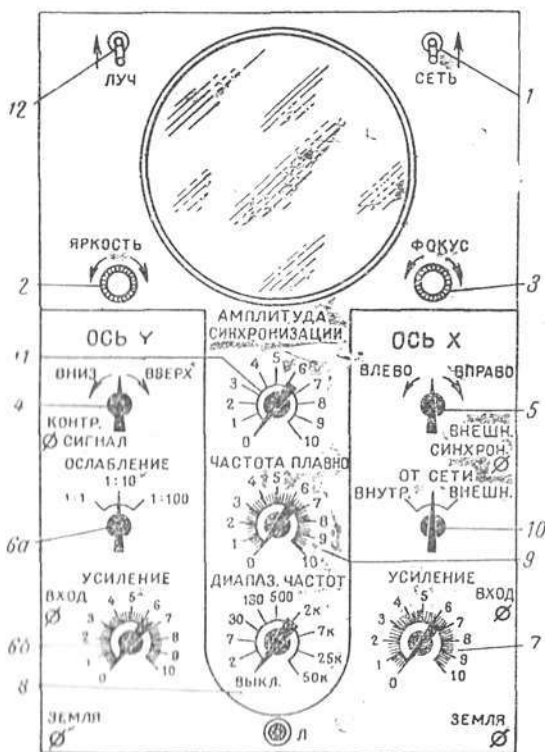
Осциллограф 127 ёки 220 в кучланиши ўзгарувчан ток тармоғидан ток олади ва тармоққа шнур ёрдамида уланади.

Панелда бошқариш тутқичлари жойлашган.

Осциллограф ўзгарувчан ток тармоғига выключатель тутқичи 1 ёрдамида (13-80 ва 13-81-расмлар) уланади; бунда Л сигнал лампа ёнади.

«Яркость» («Ёрқинлик») тутқичи 2 реостатнинг жилғичи билан боғланган (13-80-расм); уни бураганда бошқарувчи электроднинг потенциали ва нурдаги электронлар миқдори, яъни осциллограф экрандаги доғнинг ёрқинлиги ўзгаради.

«Фокус» тутқичи 3 r_2 реостат жилғичи билан боғланган; бу тутқични бураганда биринчи анод A_1 нинг потенциали ва фокус масофаси ўзгаради.



13-81- расм. ЭО-7 электрон осциллографнинг ташқи кўриниши.

«Ось Y» («Y ўқи») тутқичи 4 ва «ось X» («X ўқи») тутқичи 5 (13-81-расм) кучланиш бўлигичларининг жилғичлари билан боғланган, бу тутқичлар ёрдамида олдирувчи пластинкаларнинг потенциаллари ўзгартирилади, яъни электрон-нур мос равишда Y ўқи ёки X ўқи бўйлаб силжиб, экранда ўз ваъзятини ўзгартиради.

«Ослабление» («Заифланиш») тутқичи 6a Y кучайтиргичга келтириладиган кучланиш бўлигичининг переключателли билан боғланган. Тутқич 1:1 ваъзятда турганда кириш ажасимларининг эффектив қиймати 2,5 в дан ошмайдиган ўзгарувчан кучланиш бериш мумкин; тутқич 1:10 ваъзятда турганда кириш ажасимларидаги кучланиш 25 в дан, 1:100 ваъзятда бўлганда эса мос равишда 250 в дан ошмаслиги керак.

«Усиление» («Кучайтириш») тутқичи 66 кучайтиргич Y электрон лампасининг тўрига бериладиган кучланишни ўзгартирувчи жилгич билан боғланган, бу кучайтиргичнинг чиқиш зажимлари электрон-нур трубканинг Y оғдирувчи пластинкаларига уланган.

Шундай қилиб, 6a ва 6б тутқичлар ёрдамида панелнинг чап томонида жойлашган «Вход — Земля» («Қириш — Ер») зажимларига берилган текшириладиган кучланиш билан Y оғдирувчи пластинкалар орасидаги кучланиш нисбатни кенг қўламда ўзгартириш мумкин.

«Усиление» («Кучайтириш») тутқичи 7 (горизонтал кучайтириш) X кучайтиргич электрон лампасининг тўрига бериладиган кучланишни ўзгартирувчи жилгич билан боғланган; бу кучайтиргичнинг чиқиш зажимлари электрон-нур трубканинг X оғдирувчи пластинкаларига уланган. 7 тутқич воситасида панелнинг ўнг томонида жойлашган «Вход — Земля» зажимларига берилган кучланиш билан X оғдирувчи пластинкалар орасидаги муносабатни ўзгартириш мумкин (13-80-расм).

«Диапазон частот» («Частоталар диапазони») тутқичи 8 билан аррасимон кучланиш генераторининг C сигимини (13-54-расм) поғонама-поғона ўзгартириш, демак, аррасимон кучланишнинг частотасини ҳам ўзгартириш мумкин.

«Частота плавно» («Частота бир текис») тутқичи 9 билан аррасимон кучланиш генератори конденсаторининг зарядланиш қаршилигини ўзгартириш (13-54-расм) ва бу билан C конденсаторнинг зарядланиш тезлигини ўзгартириш мумкин, бунда аррасимон кучланиш частотаси бир текис ўзгаради.

10 тутқич уч хил — «Внутренняя» («Ички»), «От сетки» («Тармоқдан»), «Внешняя» («Ташқи») вазиятда қўйилиши мумкин.

Осциллограф экранда текшириладиган кучланишнинг қўзғалмас тасвирини ҳосил қилиш учун аррасимон кучланишнинг даври ўрганиладиган кучланиш даври билан бир хил ёки унинг давридан бутун сон марта катта бўлиши керак. Агар кучланишларнинг давлари бу талабни қаноатлантирмаса, эгри чиқиқнинг экрандаги тасвири силжиб туради.

Аррасимон кучланиш генераторларининг частотаси унчалик барқарор бўлмайди. Қўзғалмас тасвир ҳосил қилиш учун аррасимон кучланиш генераторини текшириладиган кучланиш ёки бирор бошқа, масалан, осциллограф уланган тармоқ билан синхронлаш зарур.

Синхронловчи кучланиш аррасимон кучланиш генератори тиратронининг тўрига трансформатор орқали берилди, бунда у тиратронини муайян частотада ёндирди, шу билан бирга синхронлашни ҳам бажаради.

Текшириладиган кучланиш билан синхронлашда бошқариш тутқичи 10 «Внутренняя» вазиятига қўйилади; осциллограф уланган тармоқ кучланиши билан синхронлашда «От сетки» вазиятига қўйилади; «Внешняя синхронизация» («Ташқи синхронизация») зажимларига уланиши керак бўлган ташқи манба билан синхронлашда 10 тутқич «Внешняя» вазиятига қўйилади.

«Амплитуда синхронизации» («Синхронлаш амплитудаси») тутқичи 11 билан синхронлаётган кучланишнинг амплитудаси ростланади; генератор частотаси синхронлаётган кучланиш частотасидан қанча катта фарқ қилса, бу амплитуда шунча катта бўлади.

Виключатель «Луч» («Нур») тутқичи 12 электрон-нурни узиш учун ишлатилади. Экраннинг чақнамай қўйилишининг олдини олиш учун электрон-нур ҳосил қилган ёрқин фокусланган доғни экранда ҳаракатсиз қолдирмаслик керак.

Иш плани

1. Ишни бажариш учун зарур бўлган асбоблар билан танишиб чиқиш, уларнинг номинал катталикларини, аниқлик синфларини, системаларини, завод томонидан қўйилган номерини, тайёрланган заводларни ва бошқа маълумотларни ёзиб олиш.

2. Бошқариш тутқичларини: 1-уланган (включен); 2, 3, 4, 5-ўрта вазиятлар (среднее положение); 6a ни 1:100 вазият; 6б ва 7-нолинчи вазиятлар (нулевое положение); 8 ни 30—130 вазияти; 9-нолинчи вазият; 10-ички (внутренняя), 11 ни 2—3-вазият; 12 ни «уланган» (включен) вазиятларга қўйиб кўринг.

3. Схемани йиғинг (13-82- расм), осциллограф панелининг чап томонида жойлашган «Вход» ва «Земля» зажимларини занжирнинг 1—1 нуқталарига уланг ва раҳбарингизга кўрсатинг.

4. Осциллографнинг таъминлаш занжирини ўзгарувчан ток тармоғига уланг; выключатель 1 нинг тутқичини бураб, осциллографни ишга тушинринг.

5. Экранда ёрув доғ пайдо бўлганидан сўнг 2 «Яркость» ва 3 «Фокус» тутқичларини ишлатиб ёрқин фокусланган доғ ҳосил қилинг.

6. «Ось Y» — 4 ва «Ось X» — 5 тутқичларидан фойдаланиб доғни экраннинг марказига келтиринг.

7. Икки қутбни рубильникни туташтиринг (13-82- расм).

8. 6a ва 6б тутқичларни бураб шундай кучайтириш ҳосил қилингки, бунда кучланишнинг мусбат ва манфий амплитудалари йиғиндисига мос келувчи экрандаги вертикал тўғри чизиқ экран диаметрининг 0,25—0,40 қисмига тенг бўлсин. Бу чизиқ (AB) нинг узунлигини ўлчагч, вольтметр билан U кучланишни ўлчагч ва кучланиш масштабини аниқланг:

$$m_U = \frac{2\sqrt{2}U}{AB},$$

Ўлчаш ва ҳисоблаш катталикларини 13-3- жадвалга ёзинг.

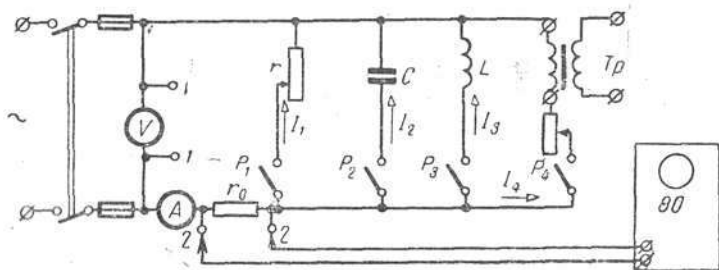
13-3- жадвал

Тартиб номери	Занжир элементлари	U	AB	m_U	I	AO	m_I	I_M
		в	мм	в/мм	а	мм	а/мм	а
1	Реостат							
2	Конденсатор							
3	Ғалтак							
4	Трансформатор							

9. 9 тутқични ишлатиб текшириляётган кучланишнинг турғун қўзғалмас эгри чизигини ҳосил қилинг.

Кучланиш эгри чизигининг расмини чизинг.

Агар кучланишнинг қўзғалмас эгри чизигини ҳосил қилишга муваффақ бўлмасангиз 10 тутқични «От сети» вазиятига қўйинг ва қўзғалмас эгри чизикни ҳосил қилинг.



13-82- расм. Электрон осциллографни 13-20 ишга улаш схемаси.

10. «Вход — Земля» (осциллограф панелининг чап томонида) зажимларини r_0 қаршилик зажимларига уланг (13-82- расмдаги 2—2 зажимлар); P_1 рубильникнинг туташтирилган ҳолида r_0 қаршилик зажимларидаги кучланиш эгри чизигини ҳо-

сил қилинг, бу эгри чизиқ бошқа масштабда биринчи параллел тармоқнинг ток эгри чизиги бўлади.

Ток эгри чизигининг АО амплитудасини ўлчаб ва амперметр билан I_1 токни ўлчаб ток масштабини аниқлаш:

$$m_I = \frac{\sqrt{2} I_1}{AO}.$$

Ток эгри чизигининг расмини чизинг.

11. P_2 рубильникни туташтириб (қолган бир қутбли рубильниклар узук бўлганда) экранда конденсатор занжиридаги ток эгри чизигини ҳосил қилинг ва расмини чизиб олинг.

I_2 токнинг эффектив ва амплитуда қийматларини ўлчаб.

12. P_3 ва P_4 рубильникларни (қолган бир қутбли рубильниклар узук бўлганда) навбатма-навбат туташтириб, I_3 ва I_4 тоқлар эгри чизиқларини ҳосил қилинг. Тоқлар эгри чизиқларининг расмини чизиб олинг ва тоқларнинг эффектив ҳамда амплитуда қийматларини ўлчаб.

Кузатиш ва ҳисоблашларни 13-3-жадвалга ёзинг.

Ун тўртинчи боб

ЭЛЕКТР ЮРИТМА ВА БОШҚАРИШ АППАРАТУРАСИ

14-1. ЭЛЕКТР ЮРИТМА СИСТЕМАСИ

Кўпгина ҳолларда корхоналарда турли механизм ва станоклар электр двигателлари ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Ишлаб чиқариш талабларига кўра, электр двигатели қувват ва характеристикалари жиҳатидан мос қилиб танланиши, уни ўраб турган муҳитнинг зарарли таъсиридан муҳофаза қилиниши, юргизиш, ростлаш ва ҳимоя аппаратлари билан таъминланган бўлиши керак. Энергия билан таъминлаш, бошқариш ва ростлаш қурилмаларининг йиғиндиси электр привод системаси деб юритилади.

Электр юритма системасини ҳисоблашда муҳим босқичлардан бири двигателни ишлаб чиқариш механизмининг талабига мослаб танлашдир. Биринчи навбатда, двигателнинг қуввати приводга мос келиши масаласи ҳал қилиниши лозим. Бироқ, двигатель ҳосил қиладиган ва унинг ишчи токида ёзилган қувват доимий катталиқ эмас, у нагруканинг характерига ва муҳитнинг температурасига боғлиқ бўлади. Илгари двигателнинг ўта нагрукаланиш қобиляти, яъни $M_{\text{н}}/M_{\text{н}}$ нисбат ҳақида гапириб ўтган эдик. Бу катталиқ умумий саноатда ишлатиладиган асинхрон двигателлар учун 1,8—2,5, кранларда ишлатиладиган асинхрон двигателлар учун 2,3—3,3, синхрон двигателлар учун 1,8—2,5 га тенг. Ўта нагрукаланиш қобиляти машинанинг қисқа муддат давомида эришиши мумкин бўлган қувватининг физик чегарасидир. Двигатель тўхтаб қолмаслиги учун ишлаб чиқариш механизмининг тормозланиш моменти $M_{\text{н}}$ катталикдан ортиб кетмаслиги керак. Ўзгармас ток двигателлари қув-

ватининг физик чегараси бўлмайди (18-17 ва 18-18- § ларга қаранг), бироқ уларда ҳам коммутациянинг ёмонлашиши ва коллектор бўйлаб доиравий олов ҳосил бўлиши мумкин эканлиги қисқа муддат давомида ҳосил қилиш мумкин бўлган максимал моментни чегаралайди. Ўзгармас ток двигателларининг ўта нагрузкаланиш қобилияти тахминан 2, 5 кранларда ишлатиладиган ўзгармас ток двигателлариники эса 3,0—4,0.

14-2. ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРНИНГ ҚИЗИШИ ВА СОВИТИЛИШИ

Узоқ муддат режимда двигатель эришадиган номинал момент, бинобарин, номинал қувват двигателнинг қизиши билан аниқланади, двигателнинг қизиши эса, асосан чулғамлар учун ишлатилган изоляциянинг қизишга чидамлилиқ синфи билан характерланади. 14-1-жадвалда электр машиналар қурилишида ишлатиладиган материаллар учун чегаравий температуралар қийматлари келтирилган.

14-1-жадвал

Электр изоляция материалларининг синфлари

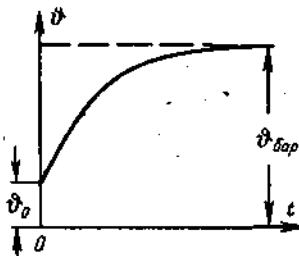
Қизишга чидамлилиқ синфи	Мумкин бўлган чегаравий температура, °C	Материал характеристикаси
У	90	Сингдирилмаган пахта толасидан тўқилган газламалар, йиғирилган ип, қоғоз, целлюлоза ва ипак толали материаллар
А	105	Шу материалларнинг ўзи, бироқ сингдирилган
Е	120	Баъзи синтетик органик пардалар
В	130	Слюда, асбест ва шиша толасидан қилинган, таркибда органик боғловчи бўлган материаллар
Ғ	155	Синтетик боғловчиси ва сингдирувчи составлари бўлган худди шу материалларнинг ўзи
Н	180	Кремнийорганик боғловчиси ва сингдирувчи моддалари бўлган худди шу материалларнинг ўзи
С	180 дан ортиқ	Слюда, керамик материаллар, шиша, кварц, асбест (боғловчи составларсиз ёки неорганик боғловчи составлар билан ишлатилганда).

Муҳитнинг температураси $+35^{\circ}\text{C}$ бўлганда пўлат ўзаклар ва чулғамлар билан тегишувчи бошқа қисмлар, чулғамларнинг изоляция синфлари А ва В бўлса, мос равишда температураси 65 ва 85°C дан ортиқ бўлмаслиги керак. Контакт ҳалқаларнинг температураси худди шундай шароитларда 70 ва 90°C дан ортмаслиги, коллекторларники эса 65 ва 85°C дан ортмаслиги керак. Сирпаниш подшипникларининг температураси 80°C дан, думалаш подшипниклари температураси 95°C дан ортиқ бўлмаслиги керак.

Агар ишлаётган машина изоляциясининг температураси 14-1-жадвалда келтирилгандан ортиқ бўлса, изоляциянинг хизмат қилиш муддати кескин камайиб кетади. Паст температура машинанинг

ишлаш муддатини узайтиради, бироқ машина бу ҳолда яхши иш бермайди ва тежамли бўлмайди.

14-1-расмда машинанинг ишлаш вақтидаги қизиш эгри чизиги, яъни $\vartheta = f(t)$ ининг графиги берилган, бу ерда ϑ машинанинг температураси, t — эса ин вақти. Машина уланган вақтида ($t = 0$) унинг барча қисмларининг температураси муҳитнинг температурасига тенг, яъни ϑ_0 . Дастлабки вақтда машинадан атроф муҳитга температура сочилиши кам, демак, ташқи муҳитга нурланиши кам ва ҳамма иссиқлик бутунлай машинани қизитишга кетади. Эгри чизик тез юқорига кўтарилади. Машина қанча кўп қизиса, муҳитга шунча кўп иссиқлик нурланади ва машинанинг қизиши секинлашади.



14-1-расм. Машинанинг ишлаш вақтидаги қизиш эгри чизиги.

Маълум вақтдан кейин иссиқликнинг келиши унинг ташқи фазога узатилишига тенг бўлади, машина температурасининг кўтарилиши барқарорлашган $\vartheta_{\text{барк.}}$ температура ва ўзгармас нагрузкада тўхтайдди. Агар машинанинг ҳамма қисмларининг қизиб кетиши стандартда белгиланган чегарадан чиқиб кетмаса, бундай режим машинанинг узоқ муддатли иш режими дейилади.

Махсус совитиш чоралари кўрилмаган машиналар табиий вентилляцияли машиналар дейилади. Иссиқликни бундай олиб кетиш усули интенсив эмас, шунинг учун фақат кичик (ўнлаб ватт) қувватли машиналаргина табиий вентилляцияли қилиб ишланади.

Одатда эса ротор валига машинадан қизиган ҳаво ни сўриб олувчи вентилятор ўрнатилади. Бу машиналар вентилляцияси ўзидан ишловчи машиналардир. Мустақил вентилляцияли машиналарда совитувчи ҳаво машинага ташқи вентилятордан берилади. Бу усул фақат катта қувватли машиналарда қўлланилади.

14.3. УЗОҚ МУДДАТЛИ ИШ РЕЖИМИДА ҚУВВАТНИ ТАНЛАШ

Агар двигатель нагрузкаси ўзгармас бўлса (14-2-расм), у вақтда двигателнинг қувватини справочникларда турли механизмлар учун берилган формулаларга кўра аниқлаш мумкин. Масалан, вентиляторни айлантираётган двигателнинг қуввати

$$P = \frac{Q_{\text{сек}} H}{10^3 \eta_0 \cdot \eta_y} \text{ (квт)}$$

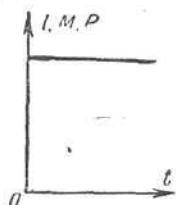
бу ерда $Q_{\text{сек}}$ — вентиляторнинг иш унуми, $\text{м}^3/\text{сек}$;

H — тўла босим, мм сүв устуни ;

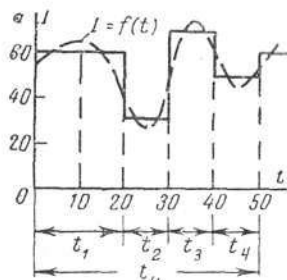
η_0 — вентиляторнинг фойдали иш коэффициенти (0,3 — 0,7);

η_y — вентилятордан двигателга узатманинг фойдали иш коэффициенти.

Агар двигателъ ўзгарувчан нагрузка билан ишлаётган бўлса, унинг қувватини аниқлаш учун 14-3-расмда пунктир чизиқ билан кўрсатилгандагига ўхшаш нагрузка графиги $I = f(t)$ га эга бўлиш керак. Бу график токнинг босқичли эгри чизиги билан алмаштирилади ва графикни ясашда двигателъ t_1 вақт ичида I_1 ток, t_2 вақт



14-2- расм. Двигателнинг ўзгармас нагрузкадаги диаграммаси.



14-3- расм. Узоқ муддатли иш режимида қувватни таилаш диаграммаси

ида I_2 ва ҳоказо ток олади деб фараз қилинади. Бу босқичли токни бир иш цикли t_n давомида шундай ўзгармайдиган ток билан алмаштириладики, унинг шу вақт ичидаги иссиқлик таъсири босқичли ўзгарувчан токнинг иссиқлик таъсирига тенг кучли бўлади. Бу ток эквивалент ток I_s дейилади. У ҳолда қуйидагини ёзиш мумкин:

$$I_s^2 r t_n = I_s^2 r (t_1 + t_2 + \dots + t_n) = I_1^2 r t_1 + I_2^2 r t_2 + \dots + I_n^2 r t_n.$$

Бундан эквивалент ток ҳисобланади

$$I_s = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}. \quad (14-1)$$

Эквивалент ток танланадиган двигателнинг номинал токига тенг ёки ундан кичик бўлиши керак.

$$I_n \geq I_s.$$

14-1- мисол. 14-3- расмдаги графикка мос равишда двигателнинг номинал токи танлансин:

$$I_n \geq I_s = \sqrt{\frac{60^2 \cdot 20 + 40^2 \cdot 10 + 60^2 \cdot 10 + 40^2 \cdot 10}{20 + 10 + 10 + 10}} = 55,7a.$$

Параллел уйғотишли ўзгармас ток двигателларида ва ўзгармас уйғотиш оқимида ишловчи синхрон двигателларда

$$M = c_m \Phi I \equiv I.$$

Шунинг учун эквивалент ток формуласини эквивалент айланувчи момент формуласи билан алмаштириш мумкин

$$M_9 = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (14-2)$$

ва двигатель шу моментга кўра танланади.

Агар нагрузка амалда двигателнинг айланиш тезлигига таъсир кўрсатмаса (тезликнинг қаттиқ характеристикаси бўлса) ёки нагрузка графиги (13-3-расм) $P = f(t)$ бўлса, двигательни эквивалент қувватга кўра танланади

$$P_9 = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (14-3)$$

$\omega = \text{const}$ бўлганида

$$P = M\omega \equiv M$$

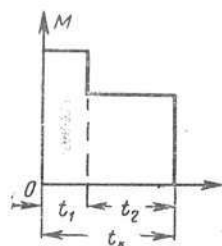
бўлгани учун шундай қилиш мумкин.

14-4. ҚИСҚА МУДДАТЛИ ИШЛАШ РЕЖИМИДА ДВИГАТЕЛЬ ҚУВВАТИНИ ТАНЛАШ

Қисқа муддатли иш режимида двигатель шунча қисқа t_k вақт ишлайдики, бу вақт давомида двигателнинг температураси барқарор қийматга эришиб улгурмайди. Сўнгра двигатель тармоқдан узилади ва у муҳитнинг температурасигача совишга улгуради. Шлюз қурилмалари, ажралувчи кўприклар, металл қирқувчи станокларнинг қисувчи мосламалари двигателлари ана шундай ишлайди.

Бу ҳолда 14-4-расмдаги нагрузка графигига мос равишда 14-2 формуладан фойдаланилади, бунда $t_1 + t_2 + \dots + t_n = t_k$ деб олинади.

Сўнгра каталогдан t_k вақт ишлашга мўлжалланган, номинал моменти эквивалент моменти $M_n \geq M_9$ бўлган двигатель танланади. Сўнгра двигатель токнинг оний ўта ортишига I_M/I_9 катталик шу двигатель учун йўл қўйиладиган катталикдан ортиб кетмайдиган қилиб текширилади.

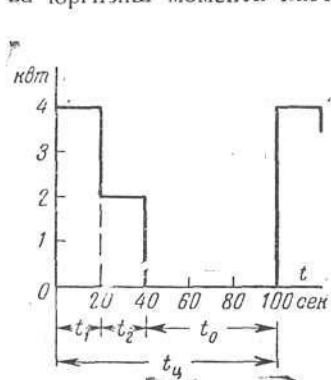


14-4-расм. Двигателнинг қисқа муддатли режимида ишлаш диаграммаси.

14-5. ТАКРОРИЙ ҚИСҚА МУДДАТ ИШЛАШ РЕЖИМИДА ДВИГАТЕЛЬ ҚУВВАТИНИ ТАНЛАШ

Қисқа муддатли такрорий ишлаш режими иш даври ҳамда паузаларнинг навбатлашиши билан характерланади. Бунда иш даврида двигатель барқарор температурагача қизишга улгурмайди, тинч туриш даврида эса муҳитнинг температурасигача совиб улгурмайди. Бундай ишлаш диаграммаси 14-5-расмда кўрсатилган.

тилган. Кранлар, лифтар, подъёмниклар, экскаваторлар ва прокат цехларининг қатор двигателлари ана шундай режимда ишлайди. Бу двигателлар махсус кран-металлургия сериясидаги двигателлар бўлиб, уларнинг конструкцияси механик жиҳатдан кучайтирилган ва юргизиш моменти катталаштирилган.



14-5- расм. Двигателнинг такрорий қисқа муддатли режимда ишлаш диаграммаси.

Бу двигателларнинг паспортларида нисбий қўшиш муддати (ҚМ, русча ПВ) кўрсатилган. Нисбий қўшиш муддати иш вақтлари йиғиндиси $t_1 + t_2 + \dots + t_n$ нинг цикл вақти, t_c га нисбатига тенг; цикл вақти иш вақти ва пауза вақти t_0 нинг йиғиндисига тенг.

Шундай қилиб,

$$QM = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + t_0} \cdot 100\% \quad (14-4)$$

Электр двигателлари стандарт ҚМ—15, 25, 40, 60% га мўлжаллаб қурилади, бунда ҚМ = 25% номинал деб олинади. Габаритлари тенг бўлган ҳолда ҚМ қанча катта бўлса, двигателнинг номинал қуввати шунча кам бўлади.

Бундан циклниң 25% вақти давомида номинал қувватда ишлашга мўлжалланган двигателни шу қувватда циклниң 60% вақти давомида нагрузкалаб қўйиш мумкин эмаслиги келиб чиқади.

Двигатель такрорий қисқа муддатли иш режимига ҳисобланиши учун цикл муддати 10 мин дан ошмаслиги керак.

Ҳисоблаш учун эквивалент қувват формуласи (14-3) дан фойдаланилади, сўнгра берилган ҚМ учун кран двигателлари катологидан номинал қувват топилади. Топилган ҚМ энг яқин стандартга мос келмаса, 14-3-формуладан топилган эквивалент қувватни ($P_{э1}$ ни) стандарт ҚМ га қайта ҳисобланади:

$$P_{э2} = P_{э1} \sqrt{\frac{(QM)_1}{(QM)_2}} \quad (14-5)$$

14-2- мисол. 14-5- расмдаги график бўйича ишловчи двигателнинг номинал қуввати танлансин:

$$P_{э} = \sqrt{\frac{4^2 \cdot 20 + 2^2 \cdot 20}{20 + 20 + 60}} = 2 \text{ квт};$$

$$QM = \frac{20 + 20}{20 + 20 + 60} \cdot 100\% = 40\%.$$

ҚМ=40% учун ўзгармас ток ёки асинхрон кран двигателининг қуввати топилади.

14-6. ЭЛЕКТР ДВИГАТЕЛЛАРИНИ БОШҚАРИШ АППАРАТУРАСИ

Ҳозирги замон электр юритмасида электр аппаратлари турли-туман вазибаларни бажаришга—двигателларни юргизиш ва тўхтатиш, айланиш тезлиги ва йўналишини ўзгартириш, ўта нагрузкаланиш-

дан сақлаш ва бошқа кўпгина вазифаларни бажаришга мўлжалланган. Бу вазифалар двигателларни ишлатаётган кишилар томонидан қўлда ёки аппаратлар схемасига кирувчи тегишли конструкциялар бўлганда автоматик равишда бажарилиши мумкин.

Ҳозиргача кўпгина ҳолларда двигателлар қўлда бошқарилади, шу сабабли қуйида двигателларни қўлда бошқаришга онд баъзи кўп учрайдиган асбоб ва аппаратларни баён қиламиз. Автоматик бошқаришнинг сўзсиз фойдалилиги кишилар иштирокисиз электр двигателларини ишга тушириш, ростлаш, тўхтатиш ва ҳимоя қилишга имкон берувчи қатор аппаратларни илгари сурди. Кўп ҳолларда бу қурилмалар бошқаришнинг хавфсиз бўлишини таъминлайди ва ишлаб чиқаришда катта эффект беради.

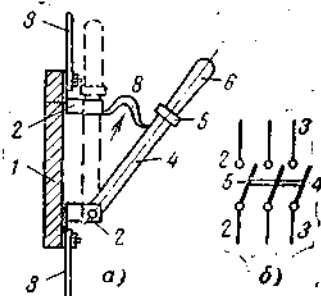
14-7. РУБИЛЬНИКЛАР

Рубильниклар электр машиналар ва электр энергия приёмникларини ўзгармас ва ўзгарувчан ток занжирларида қўлда улаш учун ишлатилади. Кўп ҳолларда рубильниклар 500 в гача кучланиш ва 1000 а гача тоқларда ишлатилади.

Рубильникнинг ташқи кўриниши 14-6-а расмда, унинг схемаларидаги шартли белгиси эса 14-6-б расмда кўрсатилган.

Изоляцияон плита 1 да тармоқ симлари 3 нинг кесилган жойига уланган тиргак 2 лар жойлаштирилган. Пастки тиргакларда ўзаро 5 изоляцияловчи траверса 5 ёрдамида бирлаштирилган пичоқ 4 лар шарнир равишда маҳкамланган. Траверсага маҳкамланган бошқариш дастаси 6 ёрдамида пичоқларни буриб, тиргак 2 ларнинг юқори ва пастки контактлари туташтирилади. 14-6-б расмда уч қутбли рубильникнинг тасвири кўрсатилган, бироқ рубильниклар бир, икки ва кўп қутбли бўлади. 14-6-б расмдаги траверса 5 учала пичоқнинг линияни айни бир вақтда туташтириши ва узишини кўрсатади.

Рубильникларнинг тиргаклари 2 яхши контакт бўлиши учун пичоқларни зич қилиб сиқиллари* керак. Шунинг учун бу тиргаклар латуни, қаттиқ тортилган мис, махсус бронза сингари эластик материаллардан қилиниши керак. 14-7-а расмда кўрсатилган тиргак 2 ва пичоқ 4 бир-бири билан текисликлари бўйича тегиб туришлари ва тоққа энг минимал қаршилик бўлишини демак, контактда кучланишнинг тушиши минимум бўлишини таъминлашлари керак. Бироқ контактнинг бундай ҳолатда бўлишини ростлаш мумкин эмас ва улар сиртларининг айрим нуқталари билан тегиб турадилар. Контактнинг юқорида кўрсатилгандан 2-3 марта кам ўтиш қаршилигини таъминловчи иккинчи, яна ҳам мукаммалроқ



14-6- расм. Олдий рубильник.

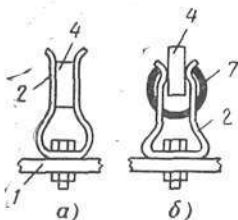
шакли 14-7-б расмда кўрсатилган. Бунда пружинали тиргак 2 нинг учида ярим цилиндрик сиртлар бор ва пичоқ 4 билан унинг икки томонидан чизиқ бўйлаб тегиб туради. Пичоқларга босиб туришни учун тиргакнинг чеккалари кучли ҳалқасимон пружина 7 билан сиқиб қўйилади. Бу кераклича босиб туришни таъминлаш билан

бирга улаш ва ажратишда пичоқ ҳамда тиргаклардан оксид пардани сидириб туширади. Натижада контактнинг қаршилиги камайиб, тиргаклар қизимайди.

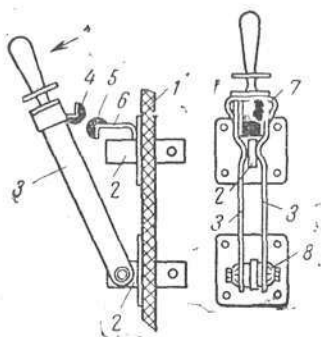
14-6-а расмда кўрсатилган рубильник билан ток занжири узилганда юқори тиргак 2 билан пичоқ 4 орасида контактларни эритиб, рубильникдан келгусида фойдаланишни ёмонлаштирувчи электр ёйи 8 ҳосил бўлади. Шунинг учун 14-6-расмда кўрсатилган электр ёйдан муҳофаза қилинмаган ишчи контактли рубильник 220 в гача кучланишли ўзгарувчан ток занжирларида ажратгич сифатида ишлатилади. Ажратиладиган ток 70 — 100 а дан кам бўлганида ёй пичоқнинг тиргакдан узоқлашиши натижасида механик чўзилиш туфайли сўнади. Катта токларда ёй, 14-6-а расмда стрелка билан кўрсатилганидек, тез юқорига қараб ҳаракатланади. Бу ток контуридаги электродинamik кучлар таъсирида ва ёй туфайли кучли қизиган ҳавонинг тортиши туфайли рўй беради.

380 ва 500 в кучланишли ўзгарувчан ток ва 220 в ҳамда ундан ортиқ кучланишли ўзгармас ток қурилмаларида нагрузкали занжирларни ажратиш учун рубильниклар ёй сўндирувчи қурилмалар билан таъминланади.

14-8-расмда бундай рубильникнинг битта қутби кўрсатилган. Изоляцияловчи асос 1 орқали контакт тиргаклари 2 ўтказилган ва маҳкамланган, бу тиргаклар уларни икки томондан қамраб олувчи қўш пичоқ 3 билан тутатиши мумкин. Пичоқ пластинкаларида чизиқли контакт ҳосил қилиш учун ярим цилиндрик сиртлар штампланган. Пичоққа кўмир ёй сўндирувчи контакт 4 қаттиқ маҳкамланган, худди шундай контакт 5 юқори тиргак 2 га ҳам пружиналанувчи полоса 6 ёрдамида маҳкамланган. 14-8-расмда чапда кўрсатилган вазиятда ишчи контакти бўлган юқори тиргак 2 ва пичоқ 3 ажратилган, бироқ ёй сўндирувчи контакти ҳали узилмаган. Пичоқнинг чапга келгуси ҳаракатида 4 ва 5 контакти ажралади, улар орасида ҳосил бўлган ёй дарҳол сўнади. Шундай қилиб,

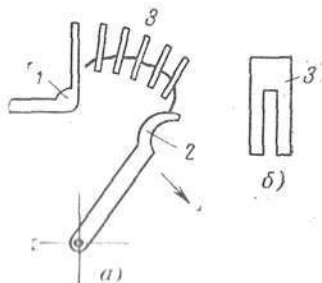


14-7- расм. Рубильник тиргакларининг конст-рукцияси.



14-8- расм. Ёй сўндирувчи контактли рубильник.

ишчи контактларнинг эришига йўл қўйилмайди, ёй сўндирувчи контактларнинг кўмир учликларини эса алмаштириш мумкин. Пичоқ билан юқори тиргак контактини яхшилаш учун пичоқ эластик скобка 7 билан сиқилади, пастки тиргакда эса у гайка остига қўйилган пружиналанувчи шайба 8 билан сиқилади. Ёйни сўндиришнинг бошқа усули 14-9-расмда кўрсатилган. Қўзғалмас 1 ва қўзғалувчан контакт 2 устига қатор металл (пўлат) пластинкалар 3 дан иборат ёй сўндирувчи панжара жойлаштирилган. Бундай пластинка алоҳида равишда 14-9-б расмда кўрсатилган. Қўзғалувчан контакт 2 узоқлашганда ҳосил бўлган ёй юқорига ҳаракатланиб, пластинкалар орасига кириб қолади ва алоҳида ёйларга бўлинади. Бундай алоҳида ёйнинг ёйиши учун маълум катталиқдаги кучланиш керак бўлади. Агар ёй шундай сондаги алоҳида ёйларга бўлинсаки, бунда 1 ва 2 контактлар орасидаги кучланиш айрим ёйларни ёндириш учун зарур бўлган кучланишларнинг йиғиндисидан кичик бўлса, алоҳида ёйларнинг ҳаммаси дарҳол сўнади. Ёй сўндирувчи контактлар ва турли конструкциядаги панжаралар турли хил автоматик виключателларда ҳам кенг қўлланилади.



14-9- расм. Ёй сўндирувчи панжара.

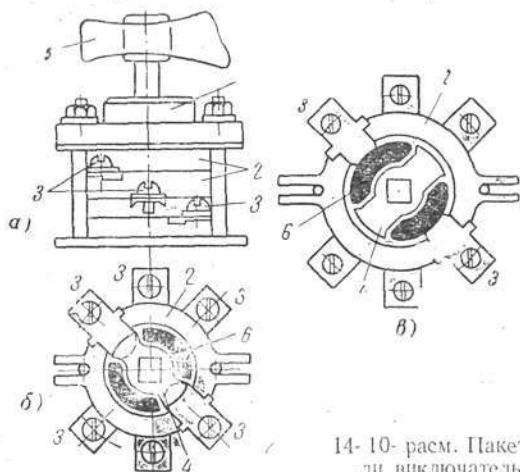
Хавфсизлик техникаси шартларига мувофиқ 220, 380 ва 500 в кучланишларда рубильниклар филофлар билан муҳофаза қилиниши ёки уларнинг ричагли приводи бўлиши керак.

14-8. ПАКЕТ ВИКЛЮЧАТЕЛЛАР

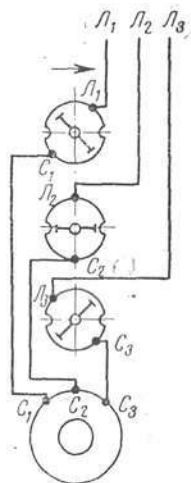
Пакет виключателлар кичик габаритли ажратувчи аппаратлар бўлиб, улар 10 дан 400 а гача тоқларда қўлланилади ва кучланиши 380 в гача бўлган тармоқларда ишлатишга мўлжалланган. 14-10-а расмда пакет виключателнинг ташқи кўриниши, 14-10-б расмда эса унинг юқори қопқоғи олинган ҳолда планли кўриниши берилган. Пакет виключатель изоляциян материалдан қилинган қўзғалмас ҳалқалар (шайбалар) 2 ва уларга маҳкамланган қўзғалмас контактлар 3 дан иборат бўлиб, бу контактларга тармоқ симлари уланади. Қўзғалувчан контакт 4 лар тўрт ёқли валикка жойлаштирилган бўлиб, у даста 5 билан буралганда ўзаро 90° га силжиган икки вазиятни эгаллаши мумкин, бу вазиятлар 14-10-б ва в расмларда кўрсатилган. Контактлар 4 қўш бўлиб, туташганда қўзғалмас контактларни юқоридан ва пастдан қамраб олади. 14-10-б расмда кўрсатилган вазиятда қўзғалмас контактлар 3 контактлар 4 билан туташган, 14-10-в расмда кўрсатилган вазиятда эса ажратилган. Симларнинг уланиши қулай бўлсин учун ўқ бўйлаб

бири иккинчисининг устига жойлашган учала ҳалқа 2 да ҳам худди шундай бўлади.

Қўзғалувчи контактлари билан бир текисликда қўшалоқ фибра шайбалари 6 жойлашган. Улар қўзғалувчи контактлар билан биргаликда бурилади. 14-10-в расмда кўрсатилган вазиятда у 3 контактларни устидан ва остидан қамраб олади. Бу шайбалар электр ёйни сўндиради. 3 ва 4 контактлар ажралишида ҳосил бўлган ёй фибрани емиради, у ўзидан водород, карбонат ангидрид ва сув ажратиб чиқариб ёйнинг сўнишига ёрдам беради.



14-10- расм. Пакетли ви́кночате́ль.



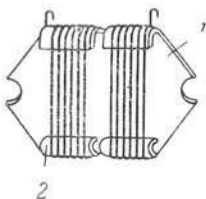
14-11- расм. Асинхрон двигателни пакетли ви́кночате́ль ёрдамида қўшиш.

Виключателнинг юқори қисмида қопқоқ 1 тагида пружинали механизм жойлашган бўлиб, унинг вазифаси даста 5 га етарлича босганда ви́кночате́ль валигининг тез бурилишини таъминлашдир. 14-11-расмда пакет ви́кночате́ль ёрдамида асинхрон двигателни улаш схемаси кўрсатилган.

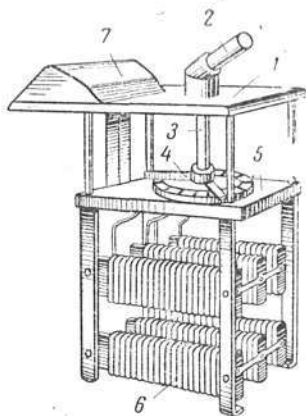
14-9. ЭЛЕКТР ДВИГАТЕЛЛАРИНИ ИШГА ТУШИРИШ ВА РОСТЛАШ РЕОСТАТЛАРИ

Двигателлар ва генераторларнинг барча схемаларида машинани юргизиш ёки растлаш учун мўлжалланган реостатлар бўлиши олдин кўрсатилган эди. Барча реостатлар изоляцияланувчи асосга маҳкамланган қаршилиқлардан иборат стандарт элементлардан йиғилади. Рамка типдаги битта элемент 14-12-расмда кўрсатилган. Пўлат пластинка 1 га чинни ярим цилиндрлар 2 ётқизилган бўлиб, улар солиштира қаршилиги катта симлар ўраладиган асос бўлиб хизмат қилади. Кўрсатилгандагига ўхшаш элементлар 14-13-расмдагига ўхшаш конструкцияда йиғилади, ток системаси ва вазифасига кўра электрик уланади ҳамда яхши совитилиши учун мойли бакка боти-

риб қўйилади. Бак 1 нинг юқори қопқоғида (14-13-расм) даста 2 бўлиб, унинг ёрдамида сирпанувчи контакт 4 ҳалқалари бўлган вал 3 буралади. Изоляция плитаси 5 да реостат 6 элементлари секцияларига уланадиган қўзғалмас контактлари маҳкамланган. Реостатнинг чиқиш учлари қути 7 нинг тагида жойлашган. 14-14-расмда «қаршилиқлар яшиқлари» га йиғиладиган чўян қаршилиқ элементлари берилган. Қаршилиқларнинг барча элементлари аниқ йўл қўйилиши мумкин бўлган максимал температурага эга бўлиши керак. Қаршилиқлар материали муҳитнинг температураси 35 °С бўлганда

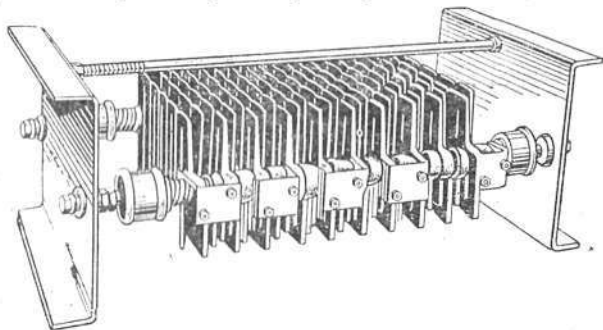


14-12-расм. Реостат учун рамка типидagi элемент.



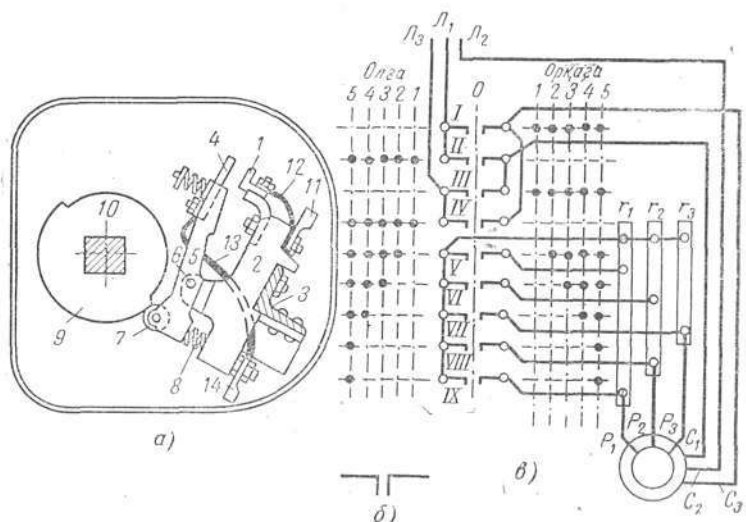
14-13-расм. Рамка типидagi секцияли реостат.

200—300 °С температурага узоқ муддати чидаб турадиган бўлиши лозим. Ўшанда реостатларнинг габаритлари кичик ва таннарни арзон бўлади. Двигателлар сингари, реостатлар ҳам уч режимда: узоқ режим (уйғотиш занжирлари, якорь ёки ротор занжирида ростлаш, бошқариш занжирларидаги қўшимча қаршилиқлар), қисқа муддатли режим (узоқ муддат режимда ишлаётган машиналарнинг юргизиш реостатлари) ва такрорий қисқа муддатли режимда, шу режимда ишлаётган двигателларини юргизишда ишлайди. Қаршилиқлар тайёрлаш учун константан, манганин, нихром, фехраль, пўлат сим ва чўян сингари материаллардан фойдаланилади.



14-14-расм. Чўян секциялардан тузилган қаршилиқ.

Электр двигателларини улаш схемаларида қайта улаш, юргизишда қўшимча қаршиликларни улаш ва ажратиш, айланиш йўналишини ростлаш учун контролерлар деб аталадиган қайта улаш аппаратлари ишлатилади. Контролернинг ўзида қайта уловчи механизм бўлади, қаршиликлар эса наборлар (яшиклар) шаклида алоҳида ўрнатилади (14-14-расм). Рубильникда бир нечта пичоқ



14-15- расм. Кулачокли контролернинг ишлаши.

бўлгани сингари, контролерлардаги виключателлар сони ҳам бошқарилаётган занжир схемасидаги ажратгичда қанча жой бўлишига мос бўлади. Бироқ контролернинг виключателлари рубильник сингари занжирнинг ажратгичини бир вақтда туташтириб ёки узмайди, балки амалга оширилаётган операцияга мос равишда кетма-кет туташтиради ёки узади. 14-15-а расмда кулачок типидagi контролер виключателининг уст томондан кўриниши берилган.

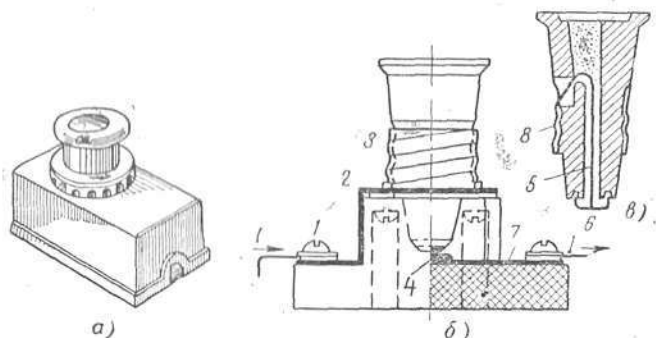
Вертикал рама 3 да пластмасса изолятор 2 маҳкамланган, бу изоляторда виключатель 1 нинг қўзғалмас контакти жойлашган, унга қайта уланиши керак бўлган занжир 11 нинг кабель учларидан сим 12 орқали ток келтирилади. Қўзғалувчан контакт 4 нинг асоси ўқ 6 атрофида айлана оладиган пластмасса изолятор 5 дир. Бу контакт занжир 14 нинг кабель учига сим 13 билан уланади. Пружина 8 ҳамма вақт қўзғалувчан контакт 4 ни контакт 1 га сиқишга ҳаракат қилади. Вертикал ўқ 10 да ролик 7 нинг қаршисига кулачокли шайба 9 жойлаштирилган, унинг ёрдамида ўқ 10 ни буриб 4 ва 1 контактларни туташтириш ва узиш мумкин. Бундай виключ-

чателлар (кулачокли элементлар) ўқ 10 бўйлаб бир-бирининг тагига жойлаштирилади, уларнинг сони эса двигателни улаш схемасидан аниқланади. Ҳалқали асинхрон двигателни ишга тушириш схемасида (14-15-б расм), виключателлар сони тўққизга бўлиши (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX) уларнинг схемалардаги шартли белгиланиши 14-15-в расмда кўрсатилган. Контролернинг қопқоғида (унинг қопқоғи уст томондан қўйилади) ўқ 10 ни бурадиган даста қаршисида 1, 2, 3, 4, 5 олдинга ва орқага позициялари кўрсатилади. Схемада (14-15-б расм) қайси виключатель қаршисида тегишли позициядаги нуқта турган бўлса, ўшани туташган деб ҳисоблаш керак. 0 позицияда статор тармоққа C_2 тутқичи билан уланган бўлади; юлдуз қилиб уланган r_1, r_2, r_3 қаршиликлар роторга уланган, двигатель эса ажратилган позиция I да дастлаб II ва IV виключателлар туташтирилади, статор тармоққа уланади ва двигатель ротор занжирида тўла қаршилик бўлган ҳолда айлана бошлайди. Дастани позиция 2 га бурганда V виключатель туташади ва r_1 қаршиликнинг бир қисми шунтланади. Дастани кейинги 3, 4, 5 вазиятларга бурганда кетма-кет ҳолда VI, VII, VIII ва IX виключателлар туташади, натижада роторнинг ҳамма фазаларида қаршиликлар шунтланади.

14-11. ЭРУВЧАН САҚЛАГИЧЛАР

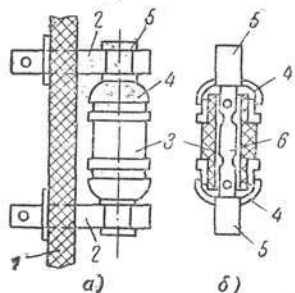
Эрувчан сақлагичлар қурилмани қисқа туташиниш тоқларидан ҳимоя қилувчи қурилмалардир. Нагрузкаларнинг ортиб кетишидан эрувчан сақлагичларнинг ҳимоя қилиши ишончли эмас, чунки улар баъзан номинал тоқдан 1,5 марта катта бўлган тоқларга ҳам бир соат ва ундан ортиқ чидаши мумкин. Сақлагичларда қўйма (вставка) бўлиб, қисқа туташув вақтида у эриб кетади ва қурилмани ажратиб қўяди. Қўлда қилинган қўймалардан фойдаланмаслик керак.

14-16-а расмда пробкали сақлагичнинг ташқи кўриниши, 14-16-б ва в расмларда унинг қопқоғи олинган ҳолдаги кесими ва эрувчан қўймали пробка кўрсатилган. Пробканинг чинни асосига метали



14-13- расм. Пробкали сақлагич.

резьба 8 кийдирилган, бу резьба ёрдамида пробка сақлагичнинг патронни 3 га бураб қўйилади. Ток тутқич 1 дан патрон 3 билан уланган металл пластинка 2 орқали пробканинг резьбаси 8 га ва унга кавшарланган эрувчан қўйма 5 ва контакт 6 орқали тутқич 7 нинг сими 4 га ўтади. Пробкали сақлагичлар 380 в гача кучланишлар ва 60 а гача тоқларда ишлатилади. Пробкаларни кучланиш бўлган ҳолда алмаштириш мумкин, чунки бунда одамнинг қўли ток ўтувчи қисмларга тегмайди.



14-17- расм. ПР-2 типдаги найсимон сақлагич.

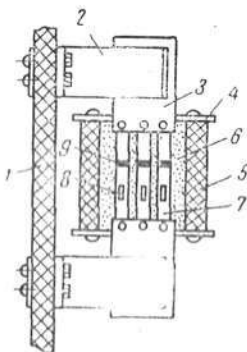
14-17-а ва б-расмларда найсимон ақлагич ПР-2 ва унинг кесими кўрсатилган. Бу хил сақлагичлар 500 в гача кучланишларда ва 1 000 а гача номинал тоқларда ишлатилади. Изоляцияловчи плита 1 да контакт тиргак 2 лар маҳкамланган, уларнинг орасида, худди рубильник пичоғи сингари сақлагич кириқилган. У учларига жез қалпоқча 4 лар буралган фибра найчалар 3 дан иборат, қалпоқчалар сақлагичнинг пичоқлари 5 ни сиқиб туради. Пичоқларга болтлар ёрдамида рухдан қилинган фасон эрувчан қўйма 6 маҳкамланади, занжирда нағрузка ортиб кетганида бу қўйманинг ингичка жойи эриб кетади. Электр ёйи таъсирида фибранинг бир қисми водород, карбонат ангидрид ва сув бугларидан иборат газга айланади. Найичида босим 100 ат гача етади ва ёй кескин сўнади. 60 а гача тоқларга мўлжалланган сақлагичларда пичоқлар 5 бўлмайди ва сақлагич тиргаклар 2 га қалпоқчалар 4 билан киритилади.

500 в гача кучланишда ПН2 типдаги кварц қумлари тўлдирилган сақлагичлар ишлатилади, уларнинг 100—600 а токка мўлжалланганлари ажраладиган патронли ва 15—60 а токка мўлжаллангани НПН ажралмайдиган патронли бўлади. Бу хилдаги сақлагич 14-18-расмда кўрсатилган. Сақлагичнинг пичоқлари 3 изоляция плитаси 1 га маҳкамланган контакт тиргаклари 2 га қисилган. Пичоқлар 3 ичига кварц қумлари 6 тўлдирилган чинни най 5 га бураб қўйилган қопқоқ 4 га ўрнатилган. Пичоқларга юпқа мис ленталаридан штампланган эрувчан қўйма 7 лар маҳкамланади. Қўймаларнинг ўрта қисмига қалайи 9 дан тор перемичка эритиб ёпиштирилган. Нағрузка ортганида, қўйма қизийди ва қалайи эрий бошлайди ва мисни эритади, натижада қўйма емирилади ва куйиб кетади. Қисқа туташув вақтларида қўймалар перфорациялар 8 орасидаги тор жойларидан эриб кетади.

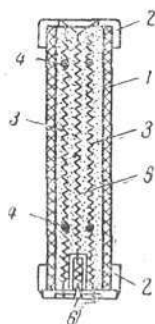
1 000 в — 35 кВ кучланишли ва 400 а гача тоқларга мўлжалланган қурилмалар учун кварц қумлари билан тўлдирилган ПҚ типдаги махсус найсимон сақлагичлар тайёрланади. 14-19-расмда шундай сақлагич кўрсатилган. Чинни най 1 кварц қумлари билан тўлдирилган ва учлари қалпоқчалар 2 билан герметик қилиб кавшарлаб қўйилган, улар ҳимоя қурилмасининг изоляторларига ана шу

қалпоқчалари билан қисиб қўйилади. Эрувчи қўймалар 3 кумушланган мис симдан спираль тарзида тайёрланади ва осон эриши учун уларга қалайи 4 шарчалар кавшарланади. Ўртадаги спираль 5 пўлат симдан қилинади ва кўрсаткич спираль дейилади. Бу спираль кўрсаткич 6 ни ушлаб туради ва ҳамма қўймалар эриб кетганида пастки қалпоқча 2 даги пружина цилиндрик чуқурчада турган якорчани чиқариб юбориб, қўймаларнинг ҳаммаси эриб кетганини кўрсатади.

Эрувчи қўймалар қўргошиндан, қўргошин билан қалайи аралашмасидан, рух, алюминий, мис ва кумушдан тайёрланади. Қўргошин ва унинг қотишмалари, рух паст (200 — 420°C) температураларда эрийди, бу яхши, бироқ уларнинг ўтказувчанлиги ёмон ва шунинг учун улардан қўймалар ясаганда катта кесимли қилиб тайёрлашга тўғри келади. Мис ва кумушдан қилинган қўймаларнинг ўтказувчанлиги яхши ва уларнинг кесимини кичик қилиб тайёрлаш мумкин, бироқ уларнинг эриш температуралари 1080 ва 960°C. Кумуш қўймалар қиммат туради ва 1000 в дан катта кучланишларда кичик тоқлар учунгина ишлатилади. Кўпинча мис қўймалар ишлатилади, оксидланишдан сақлаш учун улар кумушланади. Мис қўймалар 900°C гача эримасдан қизиши ва натижада сақлагичнинг барча конструкцияларини ва контактларини қиздириб, уларнинг емирилишига сабаб бўлади. Шунинг учун бундай қўймаларга қўргошин ва қалайи металидан шарчалар шаклида «эритгичлар» кавшарланади.



14-18- расм. ПН-2-типидаги сақлагич.



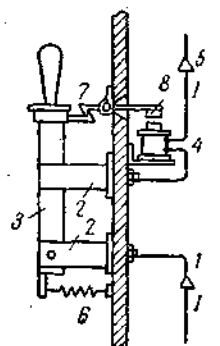
14-19- расм. ПК-типидаги сақлагич.

14-12. ҲАВО АВТОМАТИК ВИКЛЮЧАТЕЛЛАРИ (АВТОМАТЛАР)

Автоматлар рубильникларнинг ҳам, сақлагичларнинг ҳам функциясини бажаради. Улар қисқа туташув вақтда узилишни таъминлайди ва тармоқни ўта нагрузкаланишлардан сақлайди. Шунингдек, улар кучланиш йўқ бўлиб қолганида ёки у бирор белгиланган катталиккача пасайганида занжирни узиб қўйиш учун ҳам ишлатилади. Ўзгарувчан ток автоматлари 500 в гача кучланишларда, ўзгармас ток автоматлари эса ундан катта кучланишларда ҳам қўйилаверади. Автоматлар нисбатан кам ажратишларда қўлланилади; улар қўлда уланади.

14-20- расмда бир қутbli максимал ток автоматининг ишлаш принципи соддалаштириб кўрсатилган. 1 ток сим 1 дан пастки контакт тиргаги 2 га, пичоқ 3 орқали, юқори контакт тиргаги 2 дан,

электромагнит чулғами 4 ва сим 5 орқали ўтади. Пружина 6 пичоқни чапга тортиш ва ток занжирини узишга интилади. Бунга илмоқ 7 ток ишга тушиш катталигига етгунига қадар тўсқинлик қилиб туради. Ғалтак чулғами 4 дан ўтганида якорь 8 электромагнит ўзига тортиладиган минимал ток ишга тушиш токи дейилади. Бу токда илмоқ 7 ажралади ва пичоқ 3 пружина 6 таъсирида контакт тирғақлар 2 ни ажратади.



14-20- расм. Автоматик ҳаво выключатели.

Бу ҳолда автомат илмоғига бевосита таъсир қилувчи электромагнит 4 максимал занжир узгич деб юритилади ва тўғри таъсир қилувчи максимал токнинг энг содда электромагнит реле-си бўлади. Автоматнинг токни ажратишга кетган вақти $t_{ажр}$ 0,05—0,025 секунд. Агар автомат кучланиш пасайганида узишга мўлжалланган бўлса, у $U = 0,4U_n$ да ишга тушади.

Автомат ҳатто унинг дастасини уланган ҳолда қўл билан тутиб турилганда ҳам қисқа туғашувда занжирни ажратиш лозим. Бунинг учун пичоқларни улаш механизмининг конструкцисы бошқача бўлиши керак. Бу автомат тўсатдан ажратилганда унинг дастаси одамни тегишидан сақлаш учун ҳам зарурдир.

Автоматларнинг контакт системалари одатда ишчи ва ёй сўндирувчи контактлардан иборат бўлади (14-8-расм). Ёй сўндирувчи контактларнинг алмаштириб туриладиган кўмир, жез ёки металл-керамик учлари бўлади. Электр ёйларини сўндиришни тезлатиш учун автоматларда металл пластинкали ёки ёйга чинамли изоляцион материалдан қилинган ёй сўндирувчи панжаралар қилинади (14-9-расм).

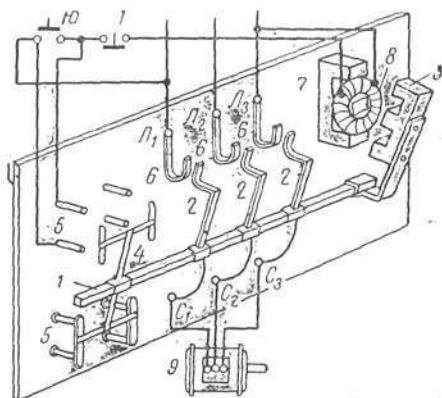
14-13. КОНТАКТОРЛАР

Юқориди айтилганидек ҳаво автоматик выключателлари тез-тез улаш ва ажратиш учун мўлжалланган эмас. Бу мақсад учун контакторлар деб аталадиган ва электр занжирни соатига 1500 марта улаш имконини берадиган аппаратлар хизмат қилади. Контактторлар 1000 в гача кучланишли ўзгармас ва ўзгарувчан ток занжирларида ишлатилади. Улар қисқа туташувлар ва ортиқча нагрузкалардан ҳимоя қилмайди, шунинг учун улар эрувчан сақлагичлар ёки бошқа ҳимоя қурилмалари билан биргаликда ишлаши керак. Улар $(0,85—1,03) U_n$ кучланишларда ишончли ишлайди ва кучланиш $(0,5—0,6) U_n$ гача пасайганида қурилмани автоматик узиб қўяди.

14-21-расмда уч қутбلى ўзгарувчан ток контакторининг ишлаш схемаси кўрсатилган. Бу контакторлар қутблар сопи 1 дан 5 гача, 20—600 а токларга мўлжаллаб тайёрланади. Уларнинг ишга тушиш вақтлари контактор катталигига боғлиқ ҳолда 0,05—0,1 сек чегарасида бўлади.

Квадрат кесимли изоляцияланган ўқ 1 да (содда бўлсин учун подшипниклар расмда кўрсатилмаган) қўзғалувчан ишчи контактлар 2 электромагнит якори 3 ва блок-контактлар (блокировка қилувчи контактлар) учун траверса 4 ўрнатиладиган. Изоляцияланган плитада қўзғалмас ишчи контактлар 6, блок-контактлар 5, электромагнитнинг уйғотиш чулғам 8 билан бўйингуруқ 7 маҳкамланган.

14-21- расмда кўрсатилган вазиятда ишчи контактлар ажратилган ва асосий L_1 , L_2 , L_3 занжирда ток йўқ. Агар галтак 8 да ток пайдо бўлса, якорь 3 бўйингуруқ 7 га тортилади ва ўқ 1 бурилади, 2 ҳамда 6 ишчи контактлар ва юқоридаги блок-контактлар 5 туташади, пастдаги блок-контактлар 5 ажралади. Ана шу белгисига кўра ишчи контактлар ва юқори блок-контактлар туташтирувчи, пастдагилари эса ажратувчи контактлар дейилади. Схемаларда контактларнинг вазиятлари ҳамма вақт контакторлар чулғамларида ёки реледа ток бўлмаганидаги, яъни туташтирувчи контактлар учун ажратилган ва ажратувчи контактлар учун туташтирилган ҳолида кўрсатилади. Одатда, контакторларни бошқаришда реле ишлатилади (пастга қаранг), бироқ биз қараётган ҳолда кнопка билан бошқариладиган қисқа туташган асинхрон двигатель 9 ни ишга тушириш ва тўхтатишнинг соддалаштирилган схемаси кўрсатиладиган.



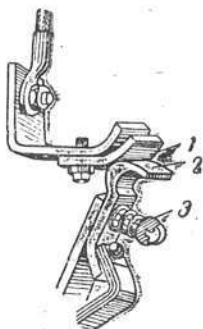
14-21- расм. Контакторнинг ишлаш схемаси.

Бошқариш занжирда иккита кнопка, уловчи «юрғизиш» (пуск) Y ва ажратувчи «тўхташ» (стоп) T кўрсатилган. Кнопкаларнинг контактлари 14-21- расмда кўрсатилган, яъни мос равишда ажратилган ва туташтирилган вазиятларда пружиналар ёрдамида ушлаб турилади. Кнопкалар контактор ва двигателнинг қандай жойлашидан қайти назар бошқариш учун қулай бўлган жойда ўрнатилади.

Ишга тушириш қуйидагича бўлади. Y кнопка туташтирилганда ток сим L_1 дан Y ва T кнопкалар орқали электромагнитнинг чулғами 8 га ва сим L_3 га боради. Якорь тортилади ва ўқ 1 ни буради, бунда айни вақтда 2 ва 6 ишчи контактлар ва юқори блок-контактлар 5 туташади; бу блок-контактлар Y кнопкани шунтлайди ва унинг қўйиб юборилишига имкон беради. Двигателни ажратиш учун бошқариш занжирини узатиш етарли, бунинг учун T кнопка босилса, контактлар қурилманинг хусусий огирлиги таъсирида бир-бирдан ажралади.

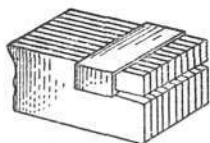
Контакторнинг ишчи контактлари жуда ёмон шарондта туради, улар ишончли ишлашлари учун етарлича пухта конструкцияланган

бўлишлари керак. 14-22-расмда алмаштириб туриладиган 1 ва 2 ишчи контактларнинг тахминий ясалишчи кўрсатилган. Қўзғалувчи контакт 2 пружина 3 ёрдамида шундай маҳкамланадики, контактларнинг бир-бирига тегиб туриши ишқаланиб ва суркалиб рўй беради, натижада уларда ҳосил бўлган металл оксидлари доим тозаланиб туради. Ишчи контактлар албатта ёй сўндирувчи панжаралар билан таъминланган бўлади.



14-22- расм. Контакттор ишчи контактларининг конструкцияси.

Ўзгарувчан ток контактторларида уйғотиш чулғами ғалтагининг магнит оқими даврий равишда ноль орқали ўтиб туради бу нарса конструкциянинг вибрация-

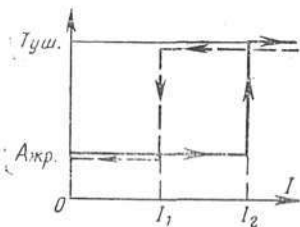


14-23- расм. Контактторда якорь тебранишларини бартараф қилиш усули.

ланиши ва гувуллаб туришига сабаб бўлади. Бунини бартараф қилиш учун ғалтак ўзагининг чекка учига, 14-23- расмда кўрсатилганидек, қисқа туташтирувчи ўрам кийдирилади. Бу ўрамда худди трансформаторнинг иккиламчи чулғамидаги сингари, ғалтакдаги токка нисбатан фаза жиҳатидан силжиган ток ҳосил бўлади. Бу ўрам ҳосил қилган оқим якорь орқали туташади ва асосий оқимнинг ноль орқали ўтиш моментларида якорнинг силташига йўл қўймайди.

14-14. РЕЛЕ

Аввалги бўлимда контактторнинг бошқариш занжирига реле қўйиш мумкин, у вақтда қўл билан бошқариш зарурати қолмайди ва бундан ташқари, ишчи занжирни автоматик ҳимоя қилишни амалга ошириш мумкин деб айтган эдик. Бошқариш занжирида бошқарилаётган катталикнинг (масалан, токнинг) маълум қийматида бир онда (сакраб) ишга тушадиган элемент реле дейилади. Ишчи занжирларда автоматлар ва контактторлар шундай аппаратлардир, бироқ реле, асосан кичик тоқлар бўлган бошқариш занжирларига қўйилади ва автомат ёки контактторларга нисбатан бир неча марта сезгирроқ қилиб тайёрланиши мумкин. Реленинг ишлашига хос характеристика 14-24- расмда кўрсатилган.



14-24- расм. Реле типидagi аппаратнинг характеристикаси.

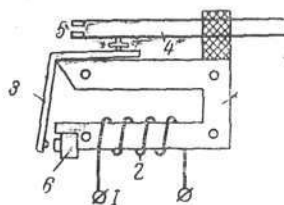
Айтайлик, ишлаш моменти реле орқали ўтаётган токнинг катталигига боғлиқ бўлсин. Ток I_2 қийматдан кичик бўлганида реле бир ҳолатда (масалан, унинг контаклари ажралган) бўлади. Ток ишлаш токи деб аталган I_2 қийматга етганида реле бир онда бошқа ҳолатни эгаллайди (унинг контаклари туташади). Бу ҳолат I_2 токдан катта бўлган ҳар қандай токда сақланади. Агар ток камая бошласа, у ҳолда қўйиб юбориш токи деб аталган бирор I_1 қийматда контактлар сакраш йўли билан ажратилган ҳолатга ўтади. Реле ишлай бошлаши учун зарур бўлган қувват реле бошқараётган занжирнинг қувватидан бир неча марта кичик.

Реле ўзгарувчан ёки ўзгармас токда ишлайди ҳамда ҳимоя қилиш ва бошқариш вазифаларини бажаради, бир онда ва вақт ўтказиб ишлаши мумкин. Бу ҳолда у вақт релеси дейилади. Ясалиш системаларига кўра релелар электромагнит, индукцион, электродинамик, иссиқлик, ион-электрон, механик ва бошқа хилларга бўлинади.

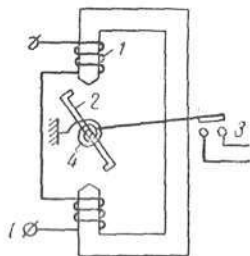
Ўзгарувчан ток электромагнит релеси 14-25-расмда кўрсатилган. Варақли электротехника пўлатидан қилинган ўзак 1 га бошқарилаётган занжирдаги ток ўтайдиган чулғам 2 жойлаштирилган. 14-25-расмда кўрсатилган вазиятда якорь 3 ўз оғирлиги таъсирида ва пружина 4 нинг кучи билан ушлаб турилади. I ток I_2 катталиқка етганида (14-24-расм) якорь ўзакка тортилади ва бошқариш занжирининг контаклари 5 ни туташтиради. I ток I_1 катталиқка камаймагунча у контактларини туташган ҳолда ушлаб туради; I ток I_1 қийматга тенглашган ҳамон якорь тушиб кетади ва 5 контактлар ажралади. Электромагнит ўзагининг иккиланган учига реле вибрацияланмаслиги учун ҳалқа 6 кийдирилган (14-23-расм).

Бурилма якорли электромагнит реле (14-26-расмда кўрсатилган). Электромагнитнинг чулғами 1 орқали ишлаш токи I ўтганда Z-симон пўлат якорь 2 бурилади ва бошқариш занжирининг контаклари 3 ни туташтиради. Қўйиб юбориш токида якорь пружина 4 ёрдамида ўзининг дастлабки вазиятига келтирилади. Ток ёки кучланиш трансформатори орқали уланадиган бундай реле максимал токда, максимал ёки минимал кучланишда ишлайди.

14-27-расмда нагрузка орғиб кетишидан ҳимоя қилишда кенг ишлатиладиган иссиқлик релесининг схемаси кўрсатилган. Унинг ишлаш принципи бор бўйича пайвандланган ва чизиқли кенгайиш коэффициентлари турлича бўлган иккита металл пластинкадан



14-25- расм. Ўзгарувчан ток электромагнит релеси.



14-26- расм. Бурилма якорли электромагнит реле.

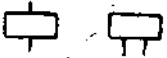
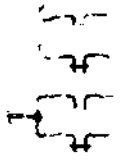
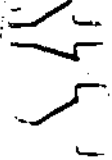
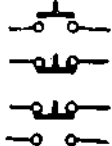
фойдаланишга асосланган. Бундай пластинка қизиганда эгилади ва электр занжирини туташтирувчи ёки ажратувчи қурилмага механик таъсир қилиши мумкин. Ҳимоя қилинаётган тармоқнинг 1 токи бир учидан маҳкамлаб қуйилган биметалл пластинка 2 ни қиздирувчи қизитиш элементи 10рқали ўтади. Пластинка қизигач, расмда пунктир билан кўрсатилгандек юқорига эгилади ва рычаг 3 ни бўшатиб юборади, бу рычаг пружина 4 таъсирида чапга бурилиб бошқариш занжирининг контаклари 7 ни ажратади. Электромагнит чулғами 5 да ток йўқолади ва бошқарилаётган занжирининг контаклари 6 пружина 8 ёрдамида ажралади.

Келгусида электр двигателларини бошқаришга онд барча схемаларда тасвирлаш кулай бўлсин учун уларнинг баъзи алоҳида элементлари ГОСТ 7624-62 га мувофиқ 14-2-жадвалда кўрсатилганидек белгиланади.

14- 27- расм. Исснқлик релеси.

14-2- ж а д в а л

Коммутация қурилмалари баъзи элементларининг шартли белгилари

1	Реле, контактор, магнитли ишга туширгичнинг чулғамлари	
2	Контактор, ишга туширгичнинг контактлари, уларнинг блок-контактлари а) туташтирувчи б) ажратувчи в) қайта уловчи	
3	Реле контакти а) туташтирувчи б) ажратувчи в) қайта уловчи	
4	Ўз-ўзидан қайтувчи кнопкалар а) туташтирувчи б) ажратувчи в) ажратувчи ва туташтирувчи	

блокировка контактларидан иборат. Бошқариш кнопоклари алоҳида, одатда ишлаб чиқарувчи машинага ўрнатилади. Агар двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартириш керак бўлса, магнитли ишга туширгичда иккита контактор: «олға» ва «орқага» юриш контакторлари бўлиши лозим. Бундай ишга туширгич 14-28-расмдаги схемада унинг деталларини қабул қилинган стандарт бўйича белгилаб кўрсатилган.

Двигателнинг статори 1 тармоққа сақлагич 2 лар орқали уланади, бу сақлагичлар контакторларнинг олға (ОЛ) ва орқага (ОРҚ) юргизувчи ишчи контактлари ва иссиқлик релесининг иситиш элементлари 3 ни туташтиради. Бошқариш занжири «тўхтатиш» (Т) кнопкасидан, олға (ОЛ) ва орқага (ОРҚ) юргизиш кнопокларидан, олд ва орқага юргизиш контакторлар 4 электромагнит чулғамларидан ва иссиқлик релеларининг ажратувчи контакторлари 6 дан (бу контактлар 14-28-расмда туташган ҳолатда кўрсатилган) иборат ОЛ ва ОРҚ кнопоклари мос равишда ОЛ ва ОРҚ контакторларнинг туташтирувчи контактлари 5 (блок-контактлари) билан блокировка қилинади.

Двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартириш учун L_1 ва L_3 фазалар симларининг ўринларини алмаштиришга тўғри келгани учун иккала контакторнинг бир вақтда уланиш эҳтимолини блокировка йўли билан йўқ қилиш керак, чунки бир вақтда уланса, фазалар қисқа туташиб қолган бўлур эди. Бундай блокировка ОЛ ва ОРҚ кнопокларини тегишлича қуриш ва улаш йўли билан амалга оширади. Иккала кнопканинг бир жуфтдан ажратувчи (юқори) ва туташтирувчи (пастки) контактлари бўлади.

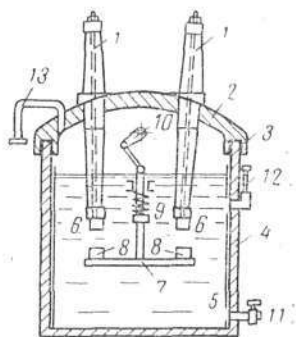
«Олға» юргизиш қуйидагича бўлади. ОЛ кнопкани босганда унинг юқори контактлари ажралиб, пастки контактлари туташади. Ток L_3 фазадан Т кнопка, ОЛ кнопкасининг туташган пастки контактлари, ОРҚ кнопкасининг туташган юқори контактлари, ОЛ контактори электромагнитининг чулғами, иссиқлик релелари 6 нинг туташган бошқариш контактлари орқали L_2 фазага келади. ОЛ нинг ишчи контактлари ва ОЛ нинг 5 блок-контактлари туташади ва ОЛ кнопкасини қўйиб юбориш мумкин. Ток учун ОРҚ нинг электромагнит чулғами 4 орқали занжир ажралган бўлади. Кучланиш пасайиб, ОЛ нинг электромагнитни чулғамида ток камайганда ва нагрузка ортиб кетиб иссиқлик релелари 3 бошқариш контактлари 6 ни ажратганда двигатель автоматик узилади. Двигателни тўхтатиш зарур бўлиб қолганда Т кнопка босилади. Двигатель «орқага» ҳам худди шундай юргизилади. Расмдан кўриниб турганидек, кнопкалар бир вақтда босилганда двигатель уланмайди чунки ОЛ ва ОРҚ нинг бошқариш занжирлари ажратилган бўлади.

14-16. МОЙЛИ ВИКЛЮЧАТЕЛЛАР

1000 в дан юқори кучланишларда нагрузкали ёки қисқа туташув бўлганда электр занжирларни қўшиш ва ажратиш учун мўлжалланган ажратувчи қурилмалар содда ва ишлатишга қулай

бўлишдан ташқари, портлашдан ва ёнғиндан хавфсиз бўлишлари ҳам керак. Бундай қурилмалардан бири мойли виключателдир. 14-29- расмда мой ҳажми катта бўлган уч фазали мойли виключателнинг кесими кўрсатилган. Унда ишчи контактлар ток юрувчи қисмларни бир-биридан ва виключателнинг корпусидан изоляция қилиб турувчи мойнинг ичида ажралади. Бундан ташқари, мой ўзгарувчан ток холдан ўтганда контактлар ажралишида ҳосил бўлган электр ёйини тез сўндириш қобилиятига эга.

Ток мойли виключателнинг чўян қопқоғи 2 га маҳкамланган ўтиш изоляторларининг симлари 1 га берилади. Қопқоқ 3 зичликлар ёрдамида мой 5 билан тўлдирилган пўлат бак 4 ни ёпади ва унга болтлар билан маҳкамлаб қўйилади. Бакнинг ички сирти фанер ёки электр картони билан изоляцияланади. 10 кВ дан кичик кучланишларда учала фаза битта бакка жойлаштирилади ва бунда ёнма-ён жойлашган фазаларнинг контактлари изоляцион тўсиқлар билан ажратилади. Буларнинг ҳаммаси ёнма-ён ётган фазалар контактларини электр ёй билан қопланмаслигини ва бак корпусига туташмаслигини таъминлайди. Изоляторларнинг пастки қисмларида қўзғалмас контактлар 6 маҳкамланади, уларнинг қаршисида, ток ўтувчи траверса 7 да қўзғалувчан контактлар 8 маҳкамланади, бу контактлар қўшилган ҳолатда контактлар 6 га худди рубильник пичоқларидек туташади. Траверса пружина 9 ёрдамида пастга қисилади (ажралган), ўқ 10 соат стрелкаси бўйича бурилганда эса юқорига кўтарилади (уланган) ва шу вазиятида илгак билан ушлаб қолинади. Қўшиш ва ажратиш ёки маховик ёрдамида қўлда ёки бошқариш занжирида реле ва бошқа махсус қурилмалар ёрдамида автоматик амалга оширилади.



14-29- расм. Мойли виключатель.

Бакдаги мойни пастка тушириш учун кран 11 ва унинг сатҳини кўрсатувчи кўрсаткич 12 бўлади. Ҳар бир фазада иккита разъём бўлгани учун 6 ва 8 контактларни ажратишда иккита электр ёйи ҳосил бўлади. Бу ёйлар атрофида мой буғларининг 70—80% водороддан иборат иккита газ пуфаги ҳосил бўлади ва улар ёйнинг сўнишига кучли ёрдам беради. Ёй зонасида ҳосил бўлган босим 5—10 атмосферага етади ва мойга, сўнгра бакнинг корпусига ва мой сирти билан қопқоқ 2 орасида буфер ролини ўйновчи ҳаво фазосига берилади. Бу фазо атрофини ўраб турган ҳаво билан газ чиқарувчи труба 13 орқали боғланган. Мойнинг сатҳи ҳамма вақт виключателни тайёрлаган заводнинг белгисида туриши керак. Акс ҳолда «қайнаётган» мой бутун буфер фазони тўлдиради, бакда босим тез ортиб кетади, бу эса мойли виключателнинг портлашига ва мойнинг алангаланишига олиб келиши мумкин. 35—220 кВ кучланишларга мўлжалланган қурилмаларнинг кўп ҳажмли мойли ви-

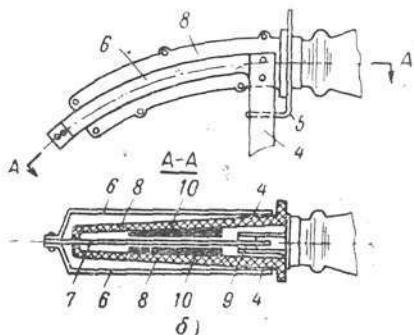
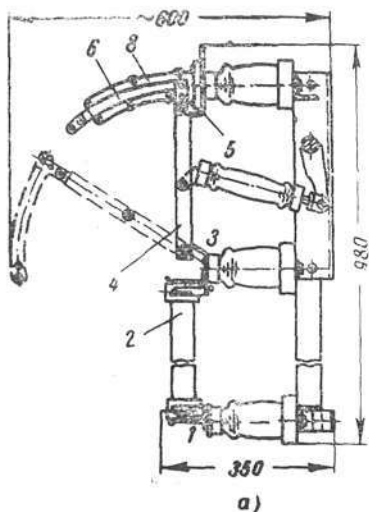
лючателлари бак ичига жойлаштириладиган махсус ёй сўндирувчи камералар билан таъминланади.

Бу баён қилинган мойли виключателлардан ташқари, кичик ҳажмли мойли виключателлар ҳам кенг тарқалган. Уларда мой фақат ёйни сўндириш учун ишлатилади, ток ўтувчи қисмлар керамик, органик изоляцион материаллар ва ҳаво ёрдамида изоляцияланади. Бу виключателларда мой ҳажми жуда кичик бўлгани учун уларнинг портлаш хавфи жуда кам. Виключатель занжирининг ҳар бир узилиши алоҳида бакка жойлаштирилади. Шундай қилиб, фазасида битта узилиши бўлган уч фазали виключателнинг учта баки, икки узилиши бўлган виключателнинг эса олтита баки бўлади.

14-17. НАГРУЗКА ВИКЛЮЧАТЕЛЛАРИ

Нагрузка виключателлари шаҳар, қишлоқ хўжалиги ва бошқа подстанциялардаги кичик қувватли қурилмаларда кенг қўлланилади. Бундай подстанцияларда нагрукани ажратишда пайдо бўлган ёйни сўндириш учунгина ҳисобланган ёй сўндирувчи қурилма билан чекланилади. Қисқа туташувлардан ҳимоя қилиш учун нагрукка виключателлари билан кетма-кет эрувчан, масалан, кварц сақлагичлар уланади. Нагрукка виключателлари 6 ва 10 кВ кучланишда 400 А гача токларни узишга имкон беради.

14-30-а расмда виключателнинг ён проекцияси, 14-30-б расм-



14-30- расм. Нагрукка виключатели.

да эса органик шишадан қилинган вклядишлар қўлланилган ёй сўндириш камерасининг тузилиши кўрсатилган. Нагрукка виключатели моҳияти жиҳатидан махсус конструкцияли рубильникка ўхшайди ва 14-30- расмда у қўшилган ҳолатда кўрсатилган.

Ток пастки таянч изолятор 1 дан сақлагич 2 орқали виключатель пичоғи 4 нинг қўзғалувчи контакти 3 га ўтади. Пичоқ иккита мис полосасидан иборат бўлиб, бу полосалар қўшилганда қўзғалмас юқори ишчи контактлар 5 ни қамраб олади. Ажратилган ҳолда пичоқ 4 пунктир билан кўрсатилган. Пичоқнинг юқори қисмига пўлат полосалар 6 маҳкамланган, уларнинг орасида ёй сўндирувчи пичоқ 7 қисиб қўйилган. Қўшилган ҳолатда у пластмасса камераси 8 га киритилган икки ёй сўндирувчи қўзғалмас контактлар 9 орасида қисиб қўйилган. Ажратишда биринчи бўлиб қўзғалмас ишчи контакт 5 ва пичоқ 4, сўнгра эса камерада чикқан ёй сўндирувчи пичоқ 7 қўзғалмас ёй сўндирувчи контактлар 9 дан узилади. Камерада ҳосил бўлган электр ёйи 10 вкледишлар қилинган органик шишанинг бир қисмини емиради. Газ босим остида ёйни пичоқ 7 камерада чикмасданоқ сўндиради. Виключателни қўл билан ёки масофадан туриб бошқариш мумкин.

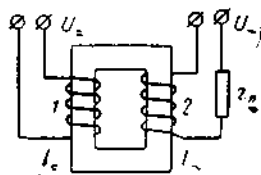
14-18. МАГНИТЛИ КУЧАЙТИРГИЧЛАР

14-31-расмда кўрсатилган пўлат ўзакли дросселнинг иккита чулғами бор. Агар чулғам 1 нинг тутқичларида кучланиш бўлмаса, чулғам 2 га эса қаршилиқ орқали ўзгарувчан $U_{\sim}$ кучланиш берилган бўлса, у ҳолда занжирдан $I_{\sim}$ ўзгарувчан ток ўтади, унинг катталиғи:

$$I_{\sim} = \frac{U_{\sim}}{\sqrt{(r_2 + r_n)^2 + (x_2 + x_n)^2}} \approx \frac{U_{\sim}}{x_2 + x_n}.$$

Пўлат ўзгаришсиз тўйинганда ва $U_{\sim} = \text{const}$, $x_n = \text{const}$ бўлганда токнинг катталиғи $I_{\sim}$ ҳам ўзгармайди. Агар чулғам 1 га $U_{\sim}$ доимий кучланиш берилса, чулғам 1 даги ўзгармас ток ўзакни магнитлайди ва пўлатнинг тўйиниши ортади. У ҳолда чулғам 2 нинг L_2 индуктивлиги ва x_2 қаршилиги камаяди, $I_{\sim}$ ток эса ортади. Бу схемада чулғам 1 нинг кириш қуввати $P_{\text{кир.}}$ озгина ўзгарганида чулғам 2 нинг занжириди чикқиш қуввати $P_{\text{чик.}}$ анча катта ўзгаради. «Кучайтиришни» шу маънода тушунмоқ керак. Қувватни кучайтириш коэффициенти

$$k_p = \frac{P_{\text{чик.}}}{P_{\text{кир.}}}$$

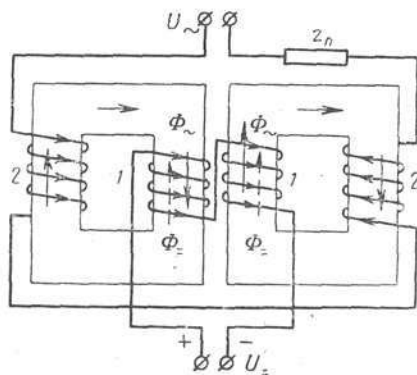


14-31-расм Магнит кучайтиргичи режимидаги дроссель.

Шундай қилиб, 14-31-расмдаги схема энг содда магнитли кучайтиргичнинг схемаси бўлади.

Айтилган схемани қўлланилишига тўсқинлик қилувчи бир муҳим камчилиги бор. Пўлатда ҳосил бўлган ўзгарувчан ток чулғам 1 да ўзгарувчан э.ю.к. ҳосил қилади, бу э.ю.к. $U_{\sim}$ кучланишга қўшилиб, кириш сигналин бузади. 14-32-расмда бошқа схема кўрсатилган, унда магнитловчи чулғам 1 ўзгарувчан токлари турли томон-

ларга йўналган икки стерженга жойлаштирилган. Бу ҳолда натижавий ўзгарувчан э.ю.к. бу чулғамнинг ҳар икки ярмида полга тенг. Ўлчашлар, бошқариш ва ростлаш учун амалда ишлатиладиган схемалар кўрсатилгандан кўра мураккаброқ бўлади. Магнитли кучайтиргичларнинг кириш қувватлари ваттнинг улушларидан



14-32- расм. Магнит кучайтиргич.

ўнлаб ваттгача, мураккаб схемаларда кучайтириш коэффициенти 5 000 гача боради. Бу кучайтиргичлар кўпга чидайди ва ишончли ишлайди, чунки уларнинг қўзғалувчан қисмлари йўқ. Кириш сигналлини узатишдаги инерциясининг катталиги бу кучайтиргичларнинг нуқсони ҳисобланади.

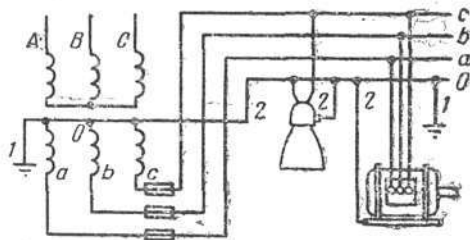
14-19. ЭЛЕКТРОТЕХНИК ҚУРИЛМАЛАРНИ ҲИМОЯ ТАРИҚАСИДА ЕРГА УЛАШ

Электр қурилмалар билан муомала қилиш катта билимдонлик ва эътибор талаб қилади. Ҳар қандай эътиборсизлик ва хавфсизлик техникаси қоидаларининг бажарилмаслиги оғир оқибатларга олиб келиши мумкин. Ток ўтказувчи қисмларга беҳосдан тегиб кетиш натижасида киши танасидан ўтган ток тана ҳужайраларида физик ва химиявий ўзгаришлар вужудга келтириб, анча оғир, узоқ вақтгача битиб кетмайдиган қилиб қуйдиради.

Электр токи уриши айниқса хавфлидир, бунда киши ҳушидан кетиши ҳамда қон айланиш ва нафас олиш органларининг фаолияти бузилиши ёки тўхташи кузатилади. Киши зоҳиран ўлиши, яъни унда ҳаёт нишонаси йўқолиши мумкин. Шунинг учун иш фаолиятининг тури жиҳатидан электр энергиясидан фойдаланиш билан қисман боғланган ҳар бир киши токдан жароҳатланган кишига ёрдам беришнинг асосий қоидаларини билиши керак.

0,05 а дан ортиқ токлар киши ҳаёти учун хавфли, 0,1 а дан ортиқ токлар эса ҳолокатли ҳисобланади. Токнинг катталиги фақат

кучланиш билангина эмас, шунингдек қаршилик билан ҳам аниқлангани учун киши терисининг ҳар қандай намланиши, унинг турли ток ўтказувчи моддалар билан ифлосланиши ҳамда ёмон ва ҳўл оёқ кийими ҳам шикастланиш хавфини кучайтиради. 60 в дан кичик кучланишлардаги токлардан ҳам ўлиш ҳоллари бўлган. Шунинг учун тахта полли куруқ биноларда кўчма лампалар ва асбоблар билан ишлашда 36 в гача кучланиш, нам ва иссиқ биноларда,



14-33- расм. Тўла ерга уланган нейтралли тўртсимли ток системаси.

металл балкалар, қозонлар, баклар ва ҳоказолар билан ишлашда 12 в кучланиш нисбатан хавфсиз ҳисобланади. Бундай ҳолларда пасайтирувчи трансформаторларнинг иккиламчи чулғамлари албатта ерга уланади.

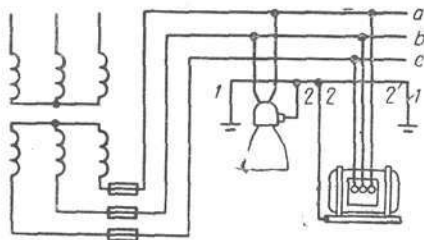
Хавфсизлик техникасига амал қилинмаганида корпус изоляциясининг ички тешилиши ёки электр машиналар ва аппаратларнинг чулғамлари орасидаги тешилиш айниқса хавфлидир. Бунда уларнинг нормал кучланиш остида бўлмаган барча қисмлари машина билан иш кўраётган кишилар учун хавф туғдиради. Одамни бу хавфдан ҳимоя қилиш учун ҳимоя тариқасида ерга уланади.

Электр двигателлари ва ёруғлик манбаларига энергия берувчи электр қурилмалар тўрт симли қилиб, 380/220 в ёки 220/127 в га мўлжаллаб қурилади. Тўртинчи сим ерга тўла уланади ва бу ҳолда унинг потенциали нолга тенг бўлгани учун у ноль сим дейилади. Ерга ўтиш қаршилиги жуда кичик бўлган металл воситасида улангани учун тўла уланади деб юритилади. Ноль симга электр машиналарнинг, трансформаторлар, светильникларнинг корпуслари электр аппаратларининг приводлари, ўлчаш трансформаторларининг иккиламчи чулғамлари, шчитларнинг металл каркаслари ва бошқалар уланади. Ноль симнинг ўзи энергия манбаи олдида ҳам, истеъмолчи олдида ҳам ерга уланади. Бундай установка 14-33- расмда кўрсатилган.

Бу ҳолда фазалардан бири, масалан, с фаза, ерга уланганда бир фазали қисқа туташув ҳосил бўлади ва бу фазанинг автомати ёки

сақлагичи уни энергия манбаидан ажратиб қўяди, *a* ва *b* фазаларнинг кучланиши, ерга нисбатан, фаза кучланишига, яъни 220 ёки 127 в га тенглигича қолади. Агар ерда турган одам *a* ва *b* фазаларнинг изоляциясиз симига тегса, унга фақат фаза кучланиши таъсир қилади. Агар нейтрал ерга уланмаганида эди, автомат ёки сақлагич ерга уланган *c* фазани ажратмаган бўлар ва одам *a* ҳамда *b* фазаларга нисбатан 380 ва 220 в кучланиш остида бўлар эди.

Нейтралли изоляцияланган системаларда ҳимоя тариқасида ерга улаш 14-34-расмда кўрсатилганидек бажарилади, ерга уланадиган қурилманинг қаршилиги эса 4 ом дан ошмаслиги керак. Агар генераторлар ёки трансформаторларга энергия бевувчи тармоқнинг қуввати 100 ква дан ортиқ бўлмаса, қурилманинг қаршилиги 10 ом гача бўлиши мумкин.



14-34- расм. Нейтралли изоляцияланган уч симли ток системаси.

Ерга улаш қуйидагича амалга оширилади. Бевосита ерга тегиб турган металл 1 жинс ерга улагич дейилади (14-33 ва 14-34-расмлар). Би-

ринчи навбатда ерга улагич сифатида биноларнинг металл конструкциялари, ерга ишончли уланган жиҳоз, ерга ётқизилган трубопроводлардан (газ ва ёнувчи суюқлик оқадиган трубопроводлардан эмас) фойдаланилади. Агар бундай конструкциялар бўлмаса, ерга улагичларни сунъий равишда тайёрланади.

Сунъий ерга улагичларни диаметрлари 35 — 40 мм деворларининг қалинлиги 3,5 мм бўлган пўлат трубаларнинг бўлакларидан, ёки полкаларининг қалинлиги 4 мм дан кам бўлмаган бурчакли пўлатдан қилинади. Ерга улагичлар сони ҳисоблаб топилади, бироқ иккитадан кам бўлмаслиги керак. Ерга улагичларнинг узунлиги 2 — 3 м. Улар ерга учлари ер юзидан 0,4 — 1,5 м чуқур турадиган қилиб кўмилади ва бир-бирига қалинлиги 4 мм дан кам бўлмаган пўлат полосалар билан пайвандлаб қўйилади, пўлат полосаларнинг ётиш чуқурлиги 0,3 м.

Электр қурилмаларининг ерга уланадиган барча қисмлари ерга улагичлар билан ерга уловчи ўтказгичлар 2 ёрдамида уланади. Бундай ўтказгичлар сифатида ҳам биринчи навбатда биноларнинг металл конструкциялари, металл трубалар, куч кабелларининг кўрғошин ва алюминий қобиқларидан фойдаланилади. Сунъий ерга уловчи симлар кесимлари 24 мм² ва йўғонлиги 3 мм дан кам бўлмаган пўлат полосалар ёки диаметрлари 5 мм дан кам бўлмаган доиравий пўлат симлардан қилинади. Бу ўтказгичлар жиҳозларга болтлар билан уланади ёки пайвандланади. Ерга уловчи симлар бинафша рангга бўяб қўйилади.

ЭЛЕКТР АВТОМАТИКАСИ АСОСЛАРИ

15-1. УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР

Ҳозирги вақтда техника прогрессини таъминловчи асосий восита ишлаб чиқаришни механизациялаш ва автоматлаштиришдир.

Механизациялашда меҳнат унумдорлиги ортади, ишлаб чиқарилаётган маҳсулотнинг таънарихи камайди, миқдори ортади ва сифати яхшиланади. Одам оғир ва чарчатадиган, баъзан эса хавфли меҳнатдан озод бўлади.

Ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ишлаб чиқариш тараққиётининг анчагина юқори босқичидир. Бу ҳолда бошқариш ва контрол қилишни автоматик қурилмалар бажаради. Одам ишлаб чиқаришда автоматик қурилмани дастлабки тўғрилашда, ростлашда ва даврий равишда сошлаб туришдагина қатнашади.

Фан ва техниканинг одамни машиналар ва механизмларни бевосита бошқаришдан озод қилишга имкон берувчи восита ва методларини ўрганувчи тармоғи автоматика дейилади.

Автоматик қурилмаларга механик, электр, радиотехника, гидротехника, теплотехника аппаратлари ва механизмлари киради. Бу аппаратуранинг хоссалари қурилманинг ишлаш характерини белгилайди. Релели ва контакторли аппаратура қўлланилганда қурилмаларни масофадан туриб автоматик ишга туширадиган, тормозлайдиган, ҳимоя қиладиган ва тўхтатадиган реле-контакторли бошқариш ҳосил бўлади. Процессни узлуксиз бошқариш ва автоматик ростлаш керак бўлганда электр машина ва магнитли кучайтиргичлар, ион-электрон аппаратура, реле ва контакторлар ҳамда ҳисоблаш қурилмаларидан фойдаланилади.

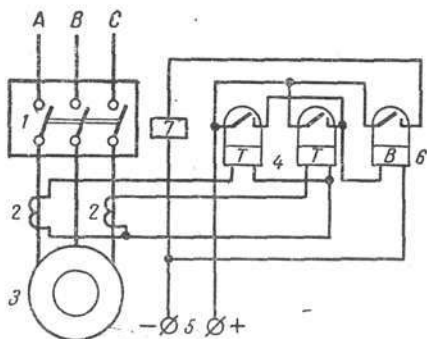
Қуйида юргизиш, ҳимоя ва автоматик ростлашнинг баъзи соддалаштирилган схемаларидан намуналар кўраимиз.

15-2. РЕЛЕ ЁРДАМИДА АВТОМАТИК ҲИМОЯ ҚИЛИШ

Истеъмолчи ёки генераторни автоматик ҳимоя қилишни, кучлаиш, қувват, тезлик, температура ва бошқа катталиклар чегара қийматига эришиши билан қурилма уни автоматик ажратадиган қилиб қуриш мумкин. Магнитли ишга туширгични баён қиладиганимизда (14-28-расм) иссиқлик релеси ёрдамига нагруканинг орттиб кетишидан ҳимоя қилишни кўрсатган эдик. Қуйидаги мисолда (15-1-расм) истеъмолчи иккита ток релеси T ва двигателни маълум аниқ белгиланган вақтдан кейин ажратувчи битта вақт релеси B ёрдамида ҳимоя қилинган.

Ток тармоғи ABC дан ток мойли виключатель I нинг контактлари ва ток трансформатори 2 орқали асинхрон двигателнинг ста-

тори 3 га ўтади. Агар двигател фазаларидан бирида ток йўл қўйилган қийматдан ортиб кетса, ток трансформаторининг иккиламчи чулғами ва тегишли реле 4 да ҳам ток ишга тушиш катталигича ортиб кетади. Реле контактлари туташади ва энергия манбаи 5 дан ток вақт релеси 6 нинг чулғами орқали ўтади. Агар токнинг ўтиш



15-1- расм. Реле ёрдамида автоматик ҳимоя.

вақти реленинг ушлаб туриш вақтидан кўп бўлса, у ҳолда унинг контактлари ҳам туташади. Бунда ток манба 5 дан мойли вклучателнинг ажратувчи галтаги 7 орқали ўтиб, асосий тармоқ 1 нинг контактларини узади.

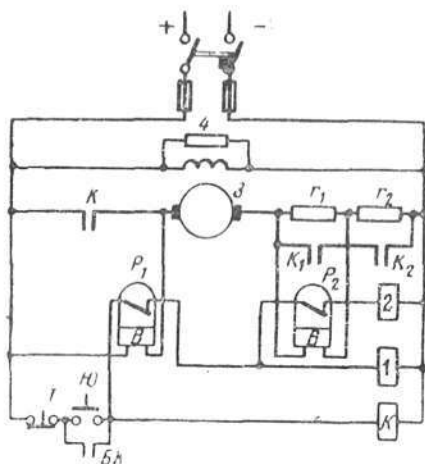
15-3. ПАРАЛЛЕЛ УЙЎТИШЛИ ЎЗГАРМАС ТОК ДВИГАТЕЛИНИ ИШГА ТУШИРИШНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

Маълумки, ўзгармас ток двигателини ишга туширишда якорь билан кема-кет қилиб ишга тушириш қаршилиги уланади, бу қаршилиқ двигатель айланиши тезлаша борган сари оз-оздан ажралиб боради. 15-2-расмдаги ҳолда у r_1 ва r_2 қаршилиқлардир. Бу қаршилиқлар автоматик ажратилиши керак. Бунинг учун схемада иккита K_1 ва K_2 тезланиш контакторлари қўйилган, уларнинг электр магнитлари иккита P_1 ва P_2 тезланиш релелари билан бошқарилади, бу релелар вақт релеларидир. Якорь занжирида K контакторнинг чизикли (ишчи) контактлари кўрсатилган, унинг чулғами $Ю$ қўйиш ва T тўхтатиш кнопкалари билан кетма-кет уланган. $Ю$ юргизиш кнопкаси билан K контакторнинг $БК$ блокировка контактлари параллел уланган.

Рубильник қўшилганда ток уйғотиш чулғами 3 га, ундан ташқари, P_1 реле чулғамидан якорь орқали r_1 ва r_2 қаршилиқларга ҳам боради. Бу ток жуда кичик ва двигатель қўзғалмайди. Бироқ бу ток таъсирида P_1 реле ишга тушади ва унинг контактлари ажралади. P_2 реле контактларни ажрата олмайди, чунки r_1 қаршилиқдан олинadиган ток жуда кичик бўлганидан кучланиш ҳам жуда кичик.

Агар $Ю$ кнопка босилса, у ҳолда «плюс» тутқичдан ток чизиқли $К$ контакторнинг чулғамига ўтади. Бунда бир вақтнинг ўзида $К$ ишчи контактлар ва $БК$ блок-контактлар туташади. $Ю$ кнопка қўйиб юборилиши мумкин.

Якорь, r_1 ва r_2 қаршиликлар орқали юргизиш токи $I_{ю}$ ўтади ва якорь айлана бошлайди. r_1 қаршиликда кучланиш тушиши P_2 реле чулғамига тармоқланадиган ток релени ишлашга мажбур қилиб, контактларини ажратиш учун етарли бўлади. P_1 реленинг чул-

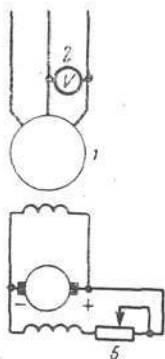


15-2- расм. Ўзгармас ток двигателини автоматик юргизиш схемаси.

ғами $К$ контактор контактлари билан шунтланган бўлади ва бир қанча, аввалдан белгиланган вақтдан кейин чулғамда ток реленинг контактлари туташидиган даражада камаяди. Бунда $К_1$ контакторнинг чулғами I орқали ток ўтади ва контактор r_1 қаршиликни қисқа туташтириб ишга тушади.

Шундай қилиб, якорь занжирдаги қаршиликнинг бир қисми ажратилган бўлиб қолади ва ток қайтадан $I_{ю}$ қийматга эришади. Кучланиш тушиши $I r_1$ нолга тенг бўлиб қолгани учун P_2 реленинг чулғами реле контактларини ажратилган ҳолда тутиб туролмайди ва бирмунча вақтдан кейин унинг контактлари туташади. Бунда ток контактор чулғами 2 дан оқа бошлайди ва у r_2 қаршиликни шунтловчи $К_2$ контактларни туташтиради. Шу билан ишга тушириш процесси тамом бўлади. Двигателни тўхтатиш учун $Т$ кнопкани босишнинг ўзи кифоя. Уйғотиш чулғамини шунтловчи 4 қаршилиқ разряд қаршилиқ дейилади, унинг сон қиймати (4-5) r_y га тенг. Бу қаршилиқ уйғотиш чулғами тасодифан узилганда чулғамни тешилишдан сақлайди.

Автоматик ростловчи қурилма схемасини ясашни нагрузка ўзгарганда уч фазали синхрон генератор кучланишини доимий сақлашдан иборат энг содда мисолда қараб чиқайлик, 15-3-расмда U кучланиши доимий сақланадиган генератор 1 кўрсатилган.



15-3- расм. Генератор кучланишини қўлда ростлаш схемаси.

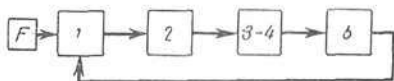
Ростланиши керак бўлган аппарат ёки машина ростланувчи объект деб аталади. Бизнинг ҳолда генератор 1 ростланувчи аппаратдир. Ростланилаётган физик катталиқ эса ростланувчи параметр дейилади. Қаралаётган ҳолда U кучланиш ростланувчи параметр. Кучланиш 1 ток таъсирида ўзгаради. Ростланувчи параметрни ўзгартиришга таъсир қилувчи ташқи таъсир ғалаёнлантирувчи таъсир дейилади.

Кучланишни ишчи ўзгартираётган бўлса, у кучланишнинг ўзгариши ҳақида информацияни сигналлар датчигидан, бизнинг ҳолда вольтметр 2 дан олади. Вольтметр кўрсатишларини кучланишнинг берилган катталиги билан солиштириб, ишчи уйғотиш реостати 5 нинг қаршилиги катталигини ўзгартиради ва бу билан кучланишнинг дастлабки катталигини тиклаб генераторга таъсир кўрсатади.

Ростловчи қурилманинг алоҳида элементларининг вазибалари ва ўзаро алоқаларини аниқлаш учун структура схемалар деб аталувчи шартли схемалардан фойдаланилади.

Генератор кучланишини ростлашнинг структура схемаси 15-4-расмда кўрсатилган. Ғалаёнлантирувчи таъсир F , яъни ток, ростланувчи объект 1 нинг, яъни генераторнинг U ростланувчи параметрини ўзгартиради. Таъсирнинг кетма-кетлиги стрелкалар билан кўрсатилган. Генератор датчик 2, яъни вольтметр орқали кучланишнинг ўзгариши ҳақида ишчи 3-4 га сигнал беради. Ишчи қаршилиқ 5 ни ўзгартириб, ростланувчи объект 1 га таъсир қилади.

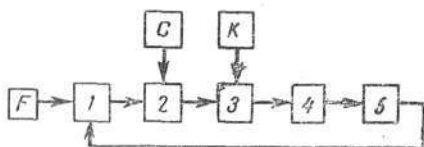
15-4-расмда кўрсатилган таъсирларнинг кетма-кет занжири берк контур ҳосил қилишга, яъни генератор 1 дан яна генератор 1 га келишига аҳамият бериш керак. Занжир охириги элементининг унинг бош элементга бундай боғланиши тескари боғланиш дейилади. 15-4-расмда кўрсатилган тескари боғланишни қуйида баён қилинадиган схемаларда амалга ошириш мумкин бўлган қўшимча тескари боғланишлардан фарқли равишда асосий тескари боғланиш дейиш мумкин.



15-4- расм. Генератор кучланишини қўлда ростлашнинг структура схемаси.

15-5-расмда одам ростлаш процессидан батамом четлатилганда генератор кучланишини автоматик

ростлаш схемаси кўрсатилган. Ғалаёнлантирувчи таъсир F ростланувчи объект 1 нинг U ростланувчи параметрини ўзгартиради. Ростланувчи параметр U нинг ўзгариши ҳақида схеманинг элементи 2 га сигнал беради. Ростланувчи параметрнинг ўзгариши ҳақида сигнал бериладиган элемент ўлчаш элементи дейилади. U параметрнинг қийматини берилган қиймат билан таққослайди, қийматлар фарқидан сигнал ҳосил қилади ва уни схеманинг келгуси элементларига узатади. Ўлчаш элементида созлаш (C) имконияти назарга олинган бўлиши керак, чунки ростланувчи параметрнинг қийматлари ҳар хил берилиши мумкин.



15-5- расм. Генератор кучланишини автоматик ростлашнинг структура схемаси.

Кўп ҳолларда ўлчаш элементи томонидан схеманинг келгуси элементларига берилган сигнални ўзгартiriш мақсадга мувофиқ: масалан, ўзгармас ток сигнали ўзгарувчан ток сигналига айлантирилади. Шунинг учун схеманинг бир хил сигнални иккинчи хил сигналга айлантирувчи элементи 3 ўзгартiriувчи элемент дейилади.

Кўпинча элемент 3 олган сигнал шунчалик заиф бўладики, у билан схеманинг келгуси элементларига таъсир қилиб бўлмайди. Бунда элемент 3 да қўшимча энергия киритиш назарда тутилади (K). Бу ҳолда схеманинг сигнални ўзгартiriб ҳамда бир вақтнинг ўзида кучайтириб берувчи бу элементи кучайтирувчи элемент дейилади.

Энди сигнал схеманинг келгуси элементи 4 га берилиши керак, бу элемент сигнални ижро қилади, масалан, схемада ростловчи реостат дастасини суради. Бу ҳар қандай системадаги двигатель бўлиши мумкин. Схеманинг сигнал таъсирида иш бажарувчи элемент ижро қилувчи элемент дейилади.

Ростланувчи объект 1 га таъсир кўрсатувчи охириги элемент 5 ростловчи элемент дейилади. Бу генераторнинг уйғотиш занжиридаги ростловчи реостат бўлади.

15-5- расмда кўрсатилган схема намунавий схемадир.

15.5. ГЕНЕРАТОР КУЧЛАНИШИНИ АВТОМАТИК РОСТЛАШ СХЕМАСИ

15-6- расмда уйғотиш чулғами 2 қўзғатгич 3 дан энергия оладиган синхрон генератор 1 кўрсатилган. Қўзғатгич 4 нинг уйғотиш чулғами қўзғатгич якори тутқичларига реостат билан кетма-кет уланган. Реостат юпқа бурчакли шайбалардан кўмир устунча 5 каби йиғилган. Чўзилган пружина 6 нинг кучи ригач 7 ни қўзғалмас таянч атрофида айлантиради ва кўмир шайбалар ичидан ўтувчи штир 8 ёрдамида бу шайбаларни сиқиб, устинча 5 нинг қаршилигини камайтиради. Иккинчи томондан, электромагнит 9 ричаг 7 нинг учини тортиб, штир 8 ни кўтаради ва устинча 5 га босимни сусайтириб,

унинг қаршилигини оширади. Электромагнит 9 нинг чулғами генератор 1 дан селенли тўғрилагич 10 орқали тўғрилаган ток олади. Генераторнинг берилган кучланишини сақлаб туриш учун автоматик ростлагични қаршилиқ 11 ни ўзгартириш йўли билан ростланади.

Нагрузка камайиши туфайли генератор кучланиши ортганида электромагнит 9 чулғамида ток кўпаяди, устунча 5 га босим кучи камаяди,

унинг қаршилиги ортади ва қўзгатгич 3 нинг уйғотиш токи камаяди. Бунинг натижасида генераторнинг уйғотиш чулғами 2 да ток камаяди, унинг кучланиши пасаяди ва дасглабки қийматига яқинлашади. Аксинча, генератор кучланиши камайганида ростлагич уни оширишга ҳаракат қилади.

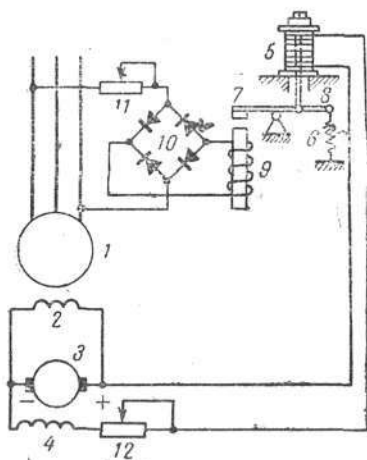
Ростлагичнинг 15-6-расмга мос структура схемаси 15-7-расмда кўрсатилган. Иккала схемада ҳам ростланувчи объект — генератор 1, ростланувчи параметр — генераторнинг U кучланиши, ўлчаш элементи — тўғрилагич 10, электромагнит 9 ва пружина 6, ростловчи элемент кўмир устинча 5 дир. Ростлаш қаршилиқ 11 ни ўзгартириш билан амалга оширилади. 3,4 қўзгатгич ва реостат 12 ростланувчи объектга тегишли.

15-6-расмдаги системага ўхшаш системалар тўғри таъсир системалари дейилади, чунки бу системаларда ўлчаш элементи 10-9-6 ростловчи элемент 5 га бево-сита (тўғри) таъсир қилади. Бундай системалар ўлчаш элементи сигнали вужудга келтираётган куч ростловчи

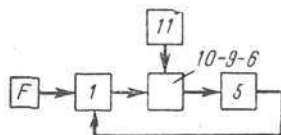
элементни ишга тушириш учун етарли бўлганида қўлланилади.

Галаёнлантирувчи таъсирида генераторнинг кучланиши ўзгарганида, генератор кучланиши билан унинг номинал қиймати ўртасида фарқ ҳосил бўлади. Бу фарқ системанинг номувофиклашиши дейилади. Ростлагич бу фарқни нолга келтириши, яъни кучланиш ўзгаришсиз қолиши керак. Шунинг учун 15-6-расмда келтирилгандагига ўхшаш ростлаш системалари доимий параметрни ростлаш системалари дейилади.

Бироқ тўғри таъсир автоматик ростлаш системаси нагрузка таъсирида ўзгарган кучланишни унинг аввалги қийматига аниқ келтира олмайди. Ҳақиқатан ҳам, агар генератор токи камайганида



15-6- расм. Генератор кучланишини автоматик ростлаш схемаси.



15-7- расм. 15-6- расмга мос ҳолда ростлашнинг структура схемаси.

кучланиш ортган бўлса, кучланишни доимий сақлаш учун уйғотиш токи камайтирилиши керак. Демак, янги, кичик нагрузкада автомат ростланиш бошланганига қадар бўлганидан кичик уйғотиш токини барқарор қилади. Бунинг учун устунча 5 нинг қаршилиги (15-6-расм) катта бўлиши, устунчага бўлган йиғинди босим кам бўлиши керак. Бу электромагнит 9 чулғамининг тортиш кучи катта бўлгандагина мумкин. Бироқ, электромагнит ҳосил қиладиган куч унинг чулғамига бериладиган кучланишга пропорционал бўлади. Бинобарин, генераторнинг кучланиши ростлаш режимининг охирида ростлаш бошланган вақтдагидан бирмунча катта бўлади.

Худди шу сингари нагрузка ортганида автомат пасайган кучланишни ростланиш бошланган пайтдаги қийматидан бирмунча кичик катталikkaча орттириб беради.

Бу принципда ростловчи системалар статик системалар дейилади. Уларда ғалаёнланиш таъсирида ростлананувчи параметр аниқ доимий қийматини сақламай, аввалдан берилган чегаралардаги маълум қийматларни қабул қилади.

Агар, масалан, ток $I_{\text{мин.}}$ дан $I_{\text{макс.}}$ гача ўзгарганида, кучланиш $U_{\text{макс.}}$ дан $U_{\text{мин.}}$ гача чегарада ўзгарса,

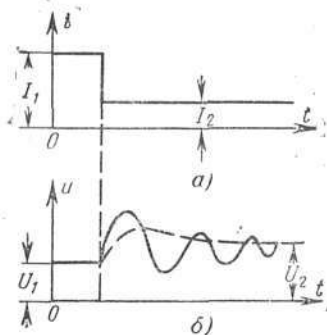
$$\delta = \frac{U_{\text{макс.}} - U_{\text{мин.}}}{U_n}$$

ни бат статизм деб юритилади. Статизм қанча кам бўлса, генератор берилган кучланишни шунча аниқ сақлаб туради.

15-6. АВТОМАТИК РОСТЛАШ СИСТЕМАЛАРИДА ТЕСКАРИ БОҒЛАНИШ

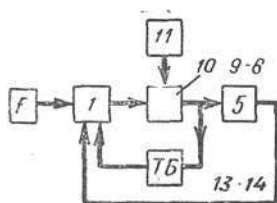
Автоматик ростлашда статизмдан ташқари яна битта салбий фактор мавжуд. 15-8-а расмда генератор токининг I_1 катталикдан I_2 катталikka тўсатдан камайиш диаграммаси берилган. Бунда U_1 кучланиш (15-8-б расм) ростлагичдаги статизм натижасида, ниҳоят $U_2 > U_1$ га тенг қилиб белгиланади. Бироқ, бундан ташқари, кучланиш U_2 қийматга тўсатдан эмас, балки маълум сондаги тебранишлардан сўнг эришади. Агар ростлагичнинг конструкцияси яхши бўлмаса, бу тебранишларнинг амплитудаси ва давомлилиги йўл қўйилмайдиган даражада бўлиши мумкин. Бу тебранишлар ростлаш системасига кирувчи қурилмалар барча қисмларининг механик ва электромагнит инерцияси туфайли бўлади.

Шунинг учун автоматик ростлагичларда қурилманинг статизмини кўпайтирмасдан, бу тебранишларни илжи борица тезроқ сўндирувчи чоралар кўрилади. Бундай чоралардан бири ростловчи қурилмаларнинг тескари боғланишидир.



15-8- расм. Автоматик ростлашда кучланишнинг тебранишлари.

15-9-расмда 15-7-расмдаги структура схемасининг ўзгаргани берилган. Унда ростловчи элемент 5 ва ростланувчи объект 1 орасида асосий тескари боғланишдан ташқари, 10—9—6 ўлчаш elementi билан ростланувчи объект 1 орасида қўшимча ТБ тескари боғланиш киритилган. Автоматик ростлашда тескари боғланиш деганда одатда фақат шу қўшимча тескари боғланиш тушунилади.



15-9- расм. Тескари боғланиш бўлганида ростлашнинг структура схемаси.

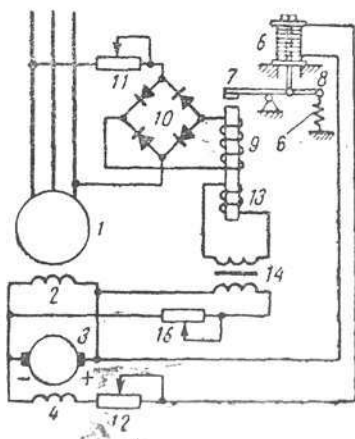
Чиқиш сигналига ёки схема ихтиёрий elementi сигналининг ўзгариш тезлигига пропорционал бўлиб, ўздан аввалги ихтиёрий элементга қўшимча берк контур ҳосил қилиб узатиладиган таъсир тескари боғланиш дейилади.

Тескари боғланиш бошқарилувчи объектга қисқароқ йўлдан таъсир қилиб, схеманинг ишлаш тезлигини ортиради, яъни тез таъсир қилиш натижасида кучланишнинг дастлабки сакрашини камайтиради ва унинг тебранишларини тезда йўқ қилади.

Тескари боғланишлар фақат инсон яратган механизмларда эмас, балки табиатнинг барча тирик организмларида ва одам организмида мавжуд бўлади. Бирор сабабга кўра организмда тескари боғланишларнинг бузилиши организм ҳаёт фаолиятининг бузилишига олиб келади.

15-10-расмда тескари боғланишни амалга ошириш усулларида бири кўрсатилган. У 15-9-расмдаги схемага кўра 10—9—6 ўлчаш elementi ва ростланувчи объект орасида амалга оширилган. Боғланиш электромагнитдаги қўшимча тескари боғланиш чулғами 13 ва тескари боғланиш трансформатори 14 орасида бўлади. Трансформаторнинг бирламчи чулғами қўзгаткич туткичларига, иккиламчи чулғами эса чулғам 13 га уланган. Қаршилик 15 тескари боғланишни созлаш учун хизмат қилади.

Генератор 1 нинг U кучланиши доимий бўлганда, қўзгаткичнинг кучланиши ҳам ўзгармайди ва трансформаторнинг бирламчи чулғами 13 орқали ўзгармас ток ўтади. Трансформаторнинг иккиламчи чулғамида ва 13 чулғамда ток ҳосил бўлмайди. Агар генераторнинг кучланиши орта бошласа, аввал кўрсатганимиздек, қўзгаткичнинг кучланиши камая бошлайди ва трансформаторнинг бирламчи чулғамида ток ўзгара бошлайди. Бунинг натижасида трансформатор-



15-10- расм. Тескари боғланиш кучланиш ростлагичи.

нинг иккиламчи чулғами ва электромагнит чулғами 13 да ток вужудга келади.

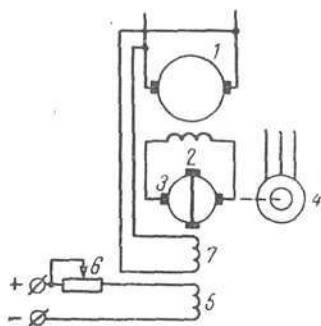
9 ва 13 чулғамлар уларнинг тортиш кучлари қўшиладиган қилиб ўралган ва шунинг учун устунча 5 га бўлган босим тескари боғланиш бўлмагандагига қараганда тезроқ камаяди. Бунга боғлиқ равишда қўзгаткич кучланиши ва генераторнинг уйғотиш чулғами 2 да ток тезроқ пасаяди ва кучланишнинг дастлабки сакраши кам бўлади. Кучланиш тебранишлари деярли бўлмайди ва унинг ўзгариш графиги (15-8-б расм) пунктир билан кўрсатилган даврий бўлмаган эгри чизиқдан иборат бўлади. Шундай қилиб, ростлагич режимнинг ўзгаришини тезроқ сезади.

15-7. ЭЛЕКТР МАШИНА КУЧАЙТИРГИЧИ ЁРДАМИДА КУЧЛАНИШНИ АВТОМАТИК РОСТЛАШ

Электр машина кучайтиргичи (ЭМК) автоматик ростлашнинг берк схемаларида кенг қўлланилади. Қуйида 15-11-расмда ЭМК нинг генератор кучланишини ростлашда қўлланиши кўрсатилган. Ўзгармас ток генератори 1 якори расмда кўрсатилмаган бирламчи двигатель ёрдамида айлантирилади. Генератор уйғотиш чулғами 2 ўзининг асинхрон двигателя 4 таъмонидан айлантириладиган ЭМК тутқичлари 3 га уланган. ЭМК нинг уйғотиш чулғами 5 ўзгармас ток манбаидан ростловчи қаршилик 6 орқали таъминланади. Мазкур ҳолда бу чулғам топшириқ берувчи чулғам деб аталади, чунки токни ростлаб, қаршилик 6 ни ўзгартириш билан ЭМК якори токини ва генератор уйғотиш чулғами 2 нинг токини ўзгартириш, демак, унинг кучланишини ростлаш мумкин.

ЭМК нинг иккинчи чулғами 7 бошқариш чулғами дейилади ва генератор якори тутқичларига уланади. 5 ва 7 чулғамларнинг магнитловчи кучлари бир-бирига қарама-қарши йўналган ва шундай қилиб, натижавий магнитловчи куч $F_n = F_5 - F_7$. Агар генераторнинг кучланиши пасайса, бошқариш чулғами 7 да ток камаяди, натижавий магнитловчи куч ортади. Уйғотиш чулғами 2 да ток ортади ва генераторнинг кучланиши дастлабки кучланиши катталигига яқин катталikka ортади. Агар генераторнинг кучланиши ортса, ростлагич уни ҳам дастлабки катталигигача пасайтиради.

Бу ҳолда чулғам 7 кучланиш бўйича чиқиш катталиги — U кучланиш ва кириш катталиги — уйғотиш токи (I_y) орасида тескари боғланишни амалга оширади. Бу тескари боғланиш

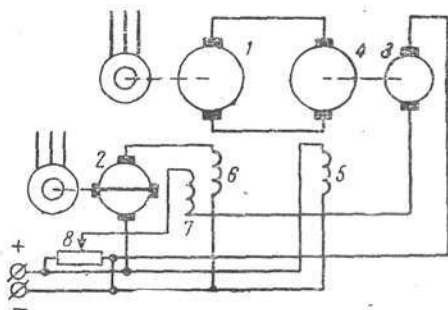


15-11- расм. Электр машина кучайтиргичи ёрдамида генератор кучланишини ростлаш.

манфий тескари боғланиш дейлади, чунки чиқиш катталигининг камайиши кириш катталигининг ортишига сабаб бўлади ва аксинча. 15-10- расмда кўрсатилган схемада ҳам тескари боғланиш манфий бўлганини кўриш осон. Турли ростлаш схемаларида манфий тескари боғланишларнинг айниқса кенг қўлланилиши бундай схемаларнинг ўз-ўзидан ростланиш қобилияти билан тушунтирилади.

15-8. ЎЗГАРМАС ТОК ДВИГАТЕЛИНИНГ АЙЛАНИШ ТЕЗЛИГИНИ СТАБИЛЛАШ СХЕМАСИ

15-12- расмда генератор-двигатель (ГД) схемаси кўрсатилган. Генератор 1 нинг якори ва ЭМК 2 нинг якори асинхрон двигателлар билан айлантирилади. Тахогенератор 3 машина-қуролни айлантирувчи ўзгармас ток 4 двигатели якори билан механик боғланган. Двигателнинг уйғотиш чулғами 5 га ток доимий кучланишли тармоқдан келади, генератор 6 нинг уйғотиш чулғами ўша тармоққа ЭМК 2 нинг якори билан кетма-кет уланган.



15-12- расм. Ўзгармас ток двигателининг айланиш тезлигини стабиллаш схемаси.

ЭМК нинг бошқариш чулғами 7 бу схемада топшириқ берувчи чулғам ва тезлик бўйича тескари боғланиш чулғамларининг вазифасини бажаради, чунки унинг токи бўлувчи 8 дан олинadиган кучланиш ва тахогенератор 3 нинг э.ю.к. билан аниқланади. Шундай қилиб, $E_7 = U_8 - E_3$.

Схема шундай соzланганки, двигатель 4 якорининг айланиш тезлиги нормал бўлганда $U_8 - E_3$, ЭМК нинг уйғотиш чулғамидаги кучланиш эса нолга тенг. Агар тезлик камайган бўлса, у ҳолда $E_3 < U_8$, уйғонган ЭМК қўшимча токни генератор 6 нинг уйғотиш чулғамига юборади ва двигателнинг тезлиги ортади. Двигатель тезлиги ортганида ҳодисалар тескари тартибда бўлиб ўтади. Потенциометр 8 сурғичини ҳаракатлантириш билан двигатель 4 тезлигини ихтиёрйй ростлаш мумкин.

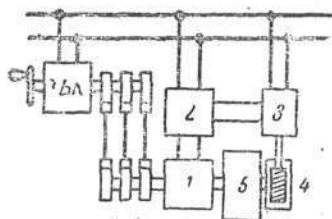
Автоматик қурилмаларга кузатувчи системалар ҳам киради. Агар илгаридан билиш мумкин бўлмаган қонун бўйича ўзгарувчи бирор физик катталиқни кузатиш керак бўлса, у ҳолда бу катталиқнинг ўзгаришини узлуксиз ва аниқ «кузатувчи» система ҳосил қилинади, бу система физик катталиқнинг ўзгаришига боғлиқ ҳолда ҳаракат қилади. Бундай система кузатувчи система дейилади.

Аввал (12-12-§) сельсинларнинг кузатувчи системаларида ишлатилишини айтиб ўтган эдик. Сельсин-датчикнинг бурилиш бурчаги ортидан сельсин-приёмник узлуксиз кузатиб боради ва ўша бурчакка бурилади. Бироқ бурилиш бурчагини қайта ишлаш учун катта куч керак бўлса, 12-25-расмда берилган схема ярамайди.

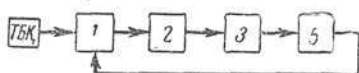
Сельсинлардан фойдаланиладиган кузатувчи қурилманинг соддалаштирилган схемаси 15-13-расмда келтирилган. Статори ўзгарувчан ток тармоғига уланган сельсин-датчик ростлаш системасига кирмайди, балки топшириқ берувчи қурилма (ТБК) деб аталувчи системага киради, бу системанинг топшириғига мувофиқ схема ҳаракатга келади. Бу сельсиннинг ротори сельсин-приёмник 1 нинг ротори билан электрик уланган. Сельсин-приёмник схеманинг ўлчаш элементи бўлиб, у ростланувчи объект 5 билан механик боғланган. Сельсин-приёмникнинг статори 12-25-расмда кўрсатилганидан фарқли ўзгарувчан ток тармоғига эмас, балки кучайтирувчи қурилма 2 га уланган ва у бирламчи чулғами ротор чулғами бўлган трансформаторнинг иккиламчи чулғамидир.

Кучайтирувчи қурилма ўзгарувчан ток 3 икки фазали ижро қилувчи двигателнинг бошқарувчи чулғамини ток билан таъминлайди, бу двигателнинг иккиламчи чулғами тармоққа уланган. Ижро қилувчи двигатель ростланувчи объект 5 билан редуктор 4 ёрдамида механик боғланган. Қурилманинг структура схемаси 15-14-расмда берилган.

Агар топшириқ берувчи қурилма ТБК сельсин-датчик роторини бурса, у ҳолда номувофиқлик бурчаги θ туфайли ротор-приёмник 1 чулғамидан ток оқади. Сигнал кучайтиргич 2 да кучайтирилгандан сўнг ижро қилувчи двигатель 3 нинг бошқарувчи чулғамига келади ва двигатель редуктор 4 ёрдамида ростланувчи объект 5 ва у билан бирга сельсин-приёмник 1 роторини θ номувофиқлик бурчагига буради. Шундай қилиб, θ бурчакка бурилиш узлуксиз бажарилади.

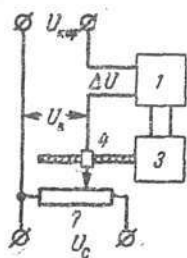


15-13- расм. Кузатиш қурилмасининг ишлаш схемаси.



15-14- расм. 15-13- расмга мос структура схема.

15-15- расмда $U_{\text{кпр.}}$ кириш кучланиши тарзида берилган сигнал-
ни валнинг бурилиш бурчагига айлантирувчи электромеханик куза-
тиш системаси кўрсатилган. Бу схемада кучайтиргич 1 га шундай
кучланиш фарқи ΔU бериладики, у $U_{\text{кпр.}}$ кириш кучланиши ва U_c
стативилланган кучланишли тармоққа қўшилган кучланиш бўлгичи
2 дан олинган U_6 кучланишларнинг фарқига тенг, яъни $\Delta U =$
 $= U_{\text{кпр.}} - U_6$. Бу кучланиш кучайтиргич 1 нинг
кириш тутқичларига берилади ва у кучайтирилган-
дан кейин бўлгич сургичи 4 ни ҳаракатлантирувчи
ижро қилувчи двигатель 3 нинг тутқичларига бе-
рилади.



15-15- расм. Ку-
затиш система-
си сигнални ўз-
гартирилиши.

Агар $U_{\text{кпр.}} = U_6$ бўлса, $\Delta U = 0$ ва двигатель қўз-
ғалмас. Бу вақтда бурилиш бурчаги кириш куч-
ланишига пропорционал. Бу ерда ишлатилаётган
бўлгич — чизиқли бўлгич ва унинг кучланиши сур-
гич 4 нинг ҳаракати, яъни двигатель валининг
бурилиш бурчагига, пропорционал. $U_{\text{кпр.}}$ ўзгарганида,
 ΔU кучланиш пайдо бўлади ва двигатель айланиб,
сургишни яна $\Delta U = 0$ бўлган янги вазиятга суради.
Янги бурилиш бурчаги янги кириш кучланишига
пропорционал.

$U_{\text{кпр.}}$ узлуксиз ўзгарганида двигатель сигналга
пропорционал катталикка бурилиб, сигналнинг ўз-
гаришини узлуксиз кузатади. $U_{\text{кпр.}}$ сигнал, масалан, самолёт, ракета
ва бошқа нарсаларнинг ҳаракатини кузатувчи ҳисоблаш қурилма-
сидан олинади, кузатувчи система эса мудофаа воситаларини ни-
шонга тўғрилайди.

Ўн олтинчи боб

ҲИСОБЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИ

16-1. ҲИСОБЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ ВАЗИФАСИ

Кейинги ўн йилликлар электрон-ҳисоблаш техникасининг гур-
кираб ривожланиши ва унинг халқ хўжалигининг барча тармоқ-
ларига қўлланиши билан характерланади. Электрон-ҳисоблаш
қурилмалари (ЭВУ—ЭХҚ) Ернинг сунъий йўлдошлари ва космик
кемаларни учуришни, атом реакторларини ишга тушириш, об-ҳаво-
ни олдиндан айтиб бериш ва илгари ечиб бўлмаган шу сингари кў-
пгина мураккаб масалаларни муваффақиятли ечишга имкон бер-
ди. Ҳозирги вақтда бу қурилмалар халқ хўжалигини планлашти-
риш ва бошқаришда тобора кўпроқ қўлланилмоқда; меҳнат ва мод-
дий воситаларни минимал сарфланган ҳолда максимал техник ва

иқтисодий ютуқларга эришиш сингари масалалар муваффақиятли ҳал этилмоқда. СССР Фанлар академияси иқтисодий-математика тадқиқотлари лабораториялари Кузбасс шахталарининг 1964—1970 йиллар давомида ривожлантиришнинг ва 1970 йилда Сибирь ва Узоқ Шарқ цемент заводларини жойлаштиришнинг оптимал вариантларини аниқлаш сингари масалаларни ҳал қилиб берди. Мамлакатимиз саноатининг химия, металлургия ва бошқа тармоқларида технология процессларини ҳисоблаш қурилмалари базасида автоматлаштирилган системалар воситасида бошқаришга онд ишлар олиб борилмоқда. Ҳисоблаш техникасини қишлоқ хўжалигида қўллаш тупроқни систематик анализ қилиш, ўғитларнинг зарурий миқдорини аниқлаш ва мамлакатимиз районлари бўйича қишлоқ хўжалик экинларини рационал жойлаштиришга имкон беради. Электрон-ҳисоблаш қурилмаларини медицинага татбиқ этиш соҳасида истиқболли натижалар олинди. Албатта, бу қурилмалар муҳофаа техникасида кенг қўлланилмоқда.

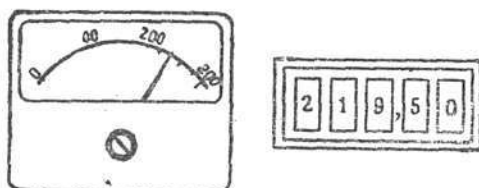
Электрон-ҳисоблаш қурилмаларининг қўллаш соҳасидаги муваффақиятлар уларга юкланган вазифанинг тез бажарилишидадир. Гап шундаки, кўпгина техник ва қишлоқ хўжалик (масалан, об-ҳавони олдиндан айтиб бериш, ишлаб чиқариш процесси боришининг йўналишини аниқлаш, Ер сун'ий йўлдошлари ва ракетааларнинг траекторияларини ҳисоблаш каби) масалаларни ҳал қилиш қисқа вақт ичида бир неча номатълумли мураккаб тенгламаларни ечишни талаб этади. Бу тенгламаларни кўпинча жуда кўп сонли содда амалларга ажратиш йўли билан ечиш мумкин бўлиб, бу амалларни бажариш учун шунча кўп вақт керак бўладики, олинган натижалар бефойда бўлиб қолади. Бундай ҳолларда фақат электрон-ҳисоблаш қурилмаларгина ўз вақтида жавоб олишга имкон беради. Бундан ўн йиллар илгари электрон-ҳисоблаш қурилмаларининг секундига 2000 — 4000 математик амал бажариши юқори кўрсаткич деб қаралган бўлса, ҳозирги вақтда серияли ишлаб чиқарилаётган электрон-ҳисоблаш қурилмалари секундига бир неча ўн минг ва ундан ҳам кўп амал бажаради, баъзи электрон-ҳисоблаш қурилмаларида эса бажарилади-ган амаллар сони секундига юз мингларга етади.

Қуйида электрон-ҳисоблаш қурилмалари баъзи элементларининг вазифаси ва ишлаши ҳақида асосий тушунчаларгина берилади.

16-2. ЭЛЕКТРОН-ҲИСОБЛАШ ҚУРИЛМАЛАР СИСТЕМАЛАРИ

Ҳисоблаш қурилмаларини икки гурппага бўлиш мумкин: уз-луксиз ишловчи ҳисоблаш қурилмалари ёки аналог ҳисоблаш қурилмалар (АВУ — АҲҚ) (улар баъзан моделловчи ҳисоблаш қурилмалари деб ҳам юритилади) ва рақамли ҳисоблаш қурилмалари (ЦВУ — РҲҚ). 16-1- расмда айни бир кучланиш катталигининг икки усулда олинган тасвири кўрсатилган. Биринчи усулда кучланиш катталиги, масалан 219,5 в, стрелкали вольтметрда ўлчанади. Ўлчаш узлуксиз амалга оширилади ва ўлчанаётган катталикнинг икки энг яқин қийматлари бир-

биридан ихтиёрий кичик қийматга фарқ қилиши мумкин. Иккинчи усулда кучланишнинг катталиги сонлар билан берилади. Бу ҳолда ўзгариб турувчи катталикнинг бир қийматининг иккинчи қийматидан фарқи ҳисоблаш қурилмасида олдиндан белгиланган разрядлар сонига боғлиқ бўлади. Масалан, агар бутун сонлар учун уч хона каср сонлар учун икки хона белгиланган бўлса, катталикнинг иккита энг яқин қийматлари ўнли системада бир-биридан



16-1- расм. Катталикни узлуксиз ва дискрет ишловчи приборлар ёрдамида ўлчаш.

юздан бирга фарқ қилади, яъни 219,50; 219,51; 219,52. Аналог ҳисоблаш қурилмалари (АҲҚ) да ечимнинг аниқлиги унга кирувчи элементлар (мазкур ҳолда вольтметр) нинг аниқлиги билан чекланган бўлади, рақамли ҳисоблаш қурилмалари (РҲҚ) да эса аниқлик сонни тасвирлашдаги хоналар сонигагина боғлиқ ва у жуда катта бўлиши мумкин. Аналог ҳисоблаш қурилмалари (АҲҚ) да масалани рақамли ҳисоблаш қурилмалари (РҲҚ) га нисбатан тезроқ ечилади; аналог ҳисоблаш қурилмалари соддароқ, бироқ улар бир типдаги масалаларни ечишга мосланган. Рақамли ҳисоблаш қурилмаларида юқори аниқлик билан ишлаш тезлигининг катталиги мужассам бўлиб, улар универсалдир; бу сифатлар уларни фан, техника, медицина ва экономиканинг турли соҳаларида қўллашга имкон беради.

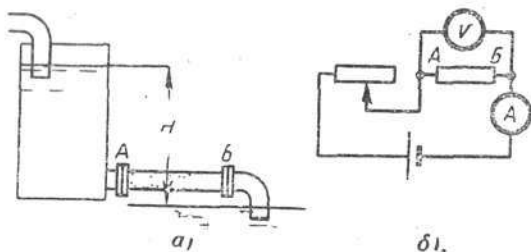
16-3. АНАЛОГ ҲИСОБЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИ

Ҳар қандай қиммат турадиган объект (машина, самолёт, тўғон, кема) ни қуришдан аввал унинг ҳисоблаб топилган кўрсаткичларни оқлашига ишонч ҳосил қилиш зарур. Агар аниқ ҳисоб қилиш мумкин бўлмаса, тажрибавий намунасини қуриш ва уни синаш керак бўлади. Бундай усул қимматга тушади, баъзида мутлақ бажариш мумкин бўлмайди, кўпинча эса киши ҳаёти учун хавфли бўлади. Шунинг учун объектга аналог (ўхшаш) модель қуриш афзал бўлади ва у синаб кўрилади. Самолёт, кема, тўғон ва шу сингариларнинг модели қурилади ва улар одатдаги муҳитда (аэродинамик труба, канал ва шу сингари) синалади. Бундай физик моделлаш қимматга тушади ва кўпинча, айниқса, иссиқлик ва динамик процессларни моделлашда бунини бажариш ниҳоятда қийин.

Бундай ҳолларда математик моделлаш усулидан фойдаланилади. Бунда ишлаши назарда тутилган объектнинг ишлашини ифода-
лайдиган формулалар билан бир хил формулаларда ифодаланадиган
модель танланади.

Масалан, қум тўлдирилган (16-2-а расм) ва гидравлик қарши-
лиги r_n бўлган AB трубадан t вақт ичида ўтаётган филтрланувчи
сув миқдори Q_c , сув сатҳлари фарқи H бўлганда

$$Q_c = \frac{H}{r_n} t$$



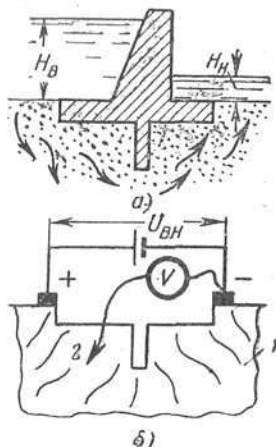
16-2- расм. Гидравлик қурилмаларни моделловчи
электрик схема.

га тенг бўлади. Бироқ, занжирнинг AB қисмидан t вақт ичида ўт-
ган электр миқдори ҳам шунга ўхшаш формула билан аниқланади
(16-2- б расм):

$$Q_e = \frac{U_{AB}}{r_e} t.$$

Шундай қилиб, бу қурилмаларда содир
бўладиган ҳодисалар битта формула би-
лан ифодаланади, бироқ синовлар ўтка-
зиш учун электр схема қулай. Шу са-
бабли бу схемани, гарчи у бошқа физик
асосда қурилган бўлса-да, 16-2-а расмда-
ги гидравлик қурилманинг модели деб
ҳисоблаш мумкин. Амалда кўп масалалар
математик жиҳатдан ечилиши улкан меҳ-
нат ва вақт талаб қиладиган мураккаб
тенгламалар билан аниқланади. Бундай
масалаларга энг яроқли бўлган электро-
техник асосдаги математик моделлаш
методи қўлланилади.

16-3- а расмда сув сизувчи тупроқда
қурилиши керак бўлган тўғон кўрсатил-
ган. Сув тупроқдан сизиб ўтиб, тўғонни
яксон қилиши мумкин. Сув сизишининг
босимлари ва тезликларини аниқлаш



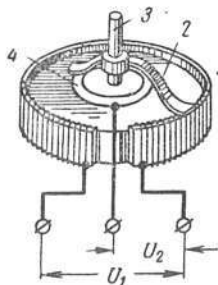
16-3- расм. Тўғон остидаги
тупроқда сув филтрлани-
шининг босимларини электр-
ик модель ёрдамида аниқ-
лаш.

учун мураккаб ва узоқ ҳисоблашлар талаб қилинади, физик моделини қуриш эса кўпинча қийин ва қимматга тушади. Агар қуриш кўзда тутилган тўғон асоси шаклида электр ўтказувчи қоғоз варағи 1 қирқилса (16-3-б расм) ва сув сатҳлари босимларининг фарқи $H_B - H_H$ ни моделловчи U_{BH} потенциаллар фарқи берилса, моделининг турли нуқталаридаги потенциалларни шчуп 2 билан ўлчаб тўғон остидаги тупроқнинг турли нуқталаридаги босимларга пропорционал катталикларни ҳосил қилиш мумкин. Бунда тенгламаларни ечмасдан туриб тенг босимлар (потенциаллар) чизиқлари чизилади. Моделни кейинчалик мукаммаллаштиришда электр ўтказувчи қоғоз жуда кичик қаршиликлардан тузилган тўр билан алмаштирилади. Бу қаршиликлар бир жинсли бўлмаган тупроқнинг турли жойлардаги фильтрация қаршиликларини моделлашга имкон беради.

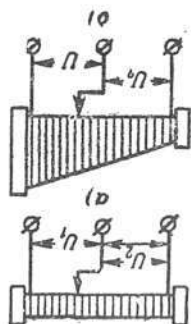
16-4. МОДЕЛЛОВЧИ ҚУРИЛМАЛАРДА ПОТЕНЦИОМЕТРЛАР ЁРДАМИДА ҲИСОБЛАШ

Автоматик қурилмалар ва кузатувчи системаларда датчиклардан олинган сигналлар турлича ўзгартирилади (12-9, 12-10, 12-11, 15-9-§ лар): қўшилади, айрилади, бўлинади, кўпайтирилади, дифференциалланади, интегралланади ва тенгламалар ечилади, шу билан бирга бу амалларнинг ҳаммаси тез ва узлуксиз бажарилиши керак. Бундай амалларни узлуксиз ишловчи ҳисоблаш қурилмалари бажаради.

16-4- расмда, механик катталик (бурилиш бурчаги) ни электр катталикка айлантирувчи, кўпайтириш ва бўлиш амалларини бажаришга хизмат қилувчи кузатувчи системаларда эса кучланиш сигналини бурилиш бурчагига айлантирувчи потенциометрнинг тузилиши кўрсатилган. Изоляцияловчи каркас 1 га солиштирма қаршилиги юқори бўлган сим ўралган. Ўқ 3 бурилганда чўтка 2 симнинг тозаланган сирти ва контакт ҳалқаси 4 бўйлаб сирпанади. Шундай қилиб, сим учларига берилаётган U_1 кучланиш чўтка 2 да U_2 ва $U_1 - U_2$ кучланишларга бўлинади. Потенциометр каркаси 16-5-а



16-4- расм. Потенциометрнинг тузилиши.



16-5- расм. Потенциометрлар каркасларининг шакллари.

расмда ёйилган ҳолда кўрсатилган. Каркасининг кенглиги ўзгармас бўлган потенциометр чизиқли потенциометр дейилади, чунки

$$U_2 = U_1 \frac{\alpha}{\alpha_m} = U_1 \cdot x \quad (16-1)$$

бу ерда α ва α_m чўтканинг бурилиш бурчаги ва унинг максимал қиймати, x —эса α бурчакнинг улуш қиймати. Агар $x = \text{const}$ бўлса, потенциометр бирдан кичик бўлган доимий коэффициентга кўпайтириш блоки бўлиб хизмат қилади. Агар α ва U_1 ўзгарса, бу потенциометр U_1 ва x икки ўзгарувчан катталикларни кўпайтирувчи блок сифатида ҳам хизмат қилади.

Кўпинча автоматик ҳисоблаш қурилмаларида потенциометр бурилиш бурчаги ва кириш кучланиши орасидаги чизиқли бўлмаган боғланишни бериши керак. У ҳолда потенциометрнинг каркаси бошқача шаклда бўлади. Агар r_m ва r потенциометрнинг тўла қаршилиги ва унинг қисми бўлса, у ҳолда

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{r}{r_m} = f(x).$$

x бўйича дифференциаллангандан сўнг биринчи ҳосила қуйидагига тенг:

$$\frac{1}{r_m} \frac{\Delta r}{\Delta x} = f'(x); \quad (16-2)$$

$$\Delta r = r \frac{\Delta l}{\rho} = r \frac{2g \Delta \omega}{q} = r \frac{2g \omega_m \Delta x}{q},$$

бу ерда Δr , ρ , Δl , q , $\Delta \omega$, ω_m — қаршиликнинг ўзгариши, солиштирма қаршилик, сим узунлигининг ўзгариши, симнинг кесими, каркасининг кенглиги, сим ўрамлари сонининг ўзгариши, чўтка Δx масофага силжигандаги сим ўрамларининг умумий сони.

У ҳолда каркасининг кенглиги

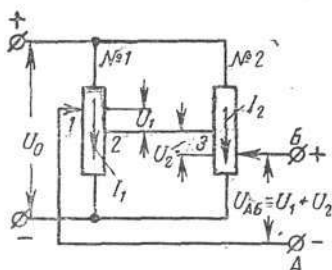
$$y = \frac{r_m \cdot q}{2\rho \omega_m} f'(x) = k f'(x), \quad (16-3)$$

яъни каркасининг шакли берилган функциянинг ҳосиласига пропорционал бўлган функциядир.

Агар $f(x) = x$ бўлганда, $f'(x) = 1$ бўлади, шунинг учун каркас тўғри бурчакли бўлиши керак; $f(x) = x^2$ учун каркас учбурчак шаклида бўлади, чунки $f'(x) = 2x$ бўлади; ана шу ҳол 16-5-б расмда кўрсатилган ва ҳоказо. Бундай потенциометрлар ф у н к ц и о н а л потенциометрлар дейилади.

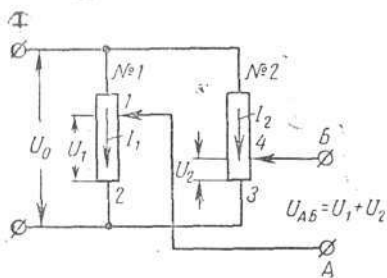
16-6-расмда кириш механик сигналларни ўзгартиш — потенциометрлар сургичларини чиқиш сигналлари — кучланишга силжитиш ва айни бир вақтда бу кучланишларни АБ схеманинг чиқишида қўшиш кўрсатилган. № 1 ва № 2 потенциометрлар U_0 стабиллашган кучланишли энергия манбаига уланган, уларнинг ўрта нуқталари эса қисқа туташтирилган. Потенциометрлар бўйлаб I_1 ва I_2 тоқлар ўтади. Тоқли фазада $U_1 = I_1 r_1$ ва $U_2 = I_2 r_2$ кучланиш тушиши со-

дир бўлади, бу ерда r_1 ва r_2 — потенциометрларнинг сургичлари ва ўрта нуқталари орасидаги қаршиликлар қисмлари. Агар контурни A ва B чиқиш нуқталари орасида $A-1-2-3-4-B$ йўналишда айланиб чиқилса, $U_{AB} = U_1 + U_2$ бўлишини ва қурилманинг кейинги бирор каскадидаги r_n қаршилик орқали ток B тутқичдан A тутқичга томон юришини тушуниш осон. У вақтда C ургичлар ўрта нуқталар қаршисида турган вақтда $U_{AB} = 0$.



16-6- расм. Потенциометрлар ёрдамида кучланишларни қўшиш схемаси.

16-7- расмда $U_{AB} = U_1 - U_2$ кучланишлар айирмаларини ҳосил қилиш учун потенциометрларни улаш схемаси кўрсатилган, чунки контурни $A-1-2-3-4-B$ йўналишда айланиб чиқишда потенциометрлардаги кучланиш тушишлари бир-бирдан айирилади.



16-7- расм. Потенциометрлар ёрдамида кучланишларни айириш схемаси.

Юқорида келтирилган барча узлуксиз ишловчи ҳисоблаш қурилмаларининг қуйидаги умумий муҳим камчиликлари бор: уларда нагрузка чиқиш кучланиши катталигига таъсир қилади, ҳисоблашлар аниқлигининг кичиклиги ва бажариладиган математик амаллар сонининг чегараланганлиги. Бу камчиликлар ҳозирги аналог ҳисоблаш қурилмаларида ечувчи (амаллар бажарувчи) кучайтиргичлар киритиш йўли билан бартараф қилинган. Бу кучайтиргичлар ўзгармас ток кучайтиргич (УПТ — УТК) лари базасида ҳосил қилинади. Ечувчи кучайтиргичларни баён қилиш бу китоб рамкасига қирмайди.

16-5. РАҚАМЛИ ҲИСОБЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИ

(ЦВУ—РХҚ)НИНГ ВАЗИФАСИ ВА УЛАР ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР

Баъзи ҳолларда фан ва техника соҳасидаги турли процессларни моделлар ёрдамида тадқиқ қилиш мақсадга мувофиқ эмас. Бундан ташқари, аналог ҳисоблаш қурилмалари (АВУ — АХҚ) нинг ечиш аниқлиги бу қурилмаларга кирувчи элементлар аниқлигига боғлиқ бўлиб, бир неча процентнигина ташкил қилади. Бироқ, қатор масалаларни ечишда (снарядлар, ракета­лар, йўлдошлар, сайёра­лар траекторияларини ҳисоблашда) хатолик миллион ва миллиард марта кичик бўлиши керак. Рақамли ҳисоблаш қурилмалари (ЦВУ — РХҚ)

да ечиш аниқлиги истаганча бўлиши мумкин, чунки бу қурилмаларда аниқлик фақат қурилма мўлжалланган сонларнинг хона сони билан белгиланади. Рақамли ҳисоблаш қурилмалари универсал ва улар фан, техника, медицина, экономиканинг исталган соҳасида қўлланиши мумкин. Бу қурилмалар соф ҳисоблаш амалларидан ташқари мантиқий масалаларни: сонлар кўпайтмасининг ишорасини аниқлаш, сонларнинг бир қисмини ажратиш ва улардан янги сонлар ҳосил қилиш, тексти бир тилдан иккинчи тилга таржима қилиш, шахмат этюдларини ечиш, библиография адабиётларини танлаш ва шу сингари масалаларни ҳам ҳал қилиши мумкин.

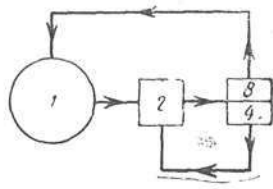
Рақамли ҳисоблаш қурилмалари инсон белгиланган қондалар бўйича бажарадиган ва ақлий меҳнатнинг формал турлари деб аталувчи мантиқий масалаларнигина бажариши мумкин. Электрон техника қўлланадиган ҳозирги замон рақамли ҳисоблаш қурилмалари механик ҳисоблаш қурилмаларининг мантиқий тараққиётидан иборатдир.

16-6. РАҚАМЛИ ҲИСОБЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ ЯСАЛИШ ПРИНЦИПИ

Бир турдаги барча масалаларни ечиш (иккита кўп хонали сонни қўйиш, квадрат илдиз чиқариш ва ҳоказо) учун натижага олиб келувчи маълум тартибда бажарилувчи соддароқ амаллар системасини аниқ белгилаб олиш мумкин. Бундай белгилаб ёзиш алгоритм дейилади.

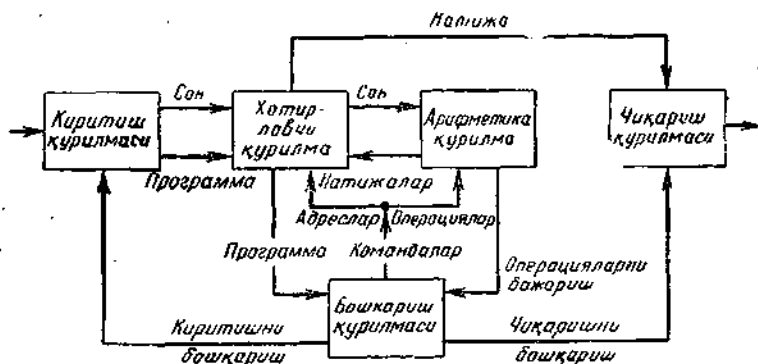
Алгоритм терминининг ўзи ўрта асрларда яшаган ўзбек математиги Ал-Хоразмий номидан келиб чиққан. Ал-Хоразмий IX асрдаёқ бундай белгилаб олиш қондаларини ишлаб чиққан. Бундай белгилаб олишнинг характери шундаки, уни одам ишнинг асл маъносини тушунмаган ҳолда бажариши мумкин. Одамдан унча кўп бўлмаган соддароқ амалларни ўйламаган ҳолда, бироқ аниқ бажариш талаб қилинади. Шундай экан, электрон техниканинг ҳозирги аҳволида одамнинг ўрнини шундай қурилма эгаллаши мумкинки, агар бу қурилма алгоритм билан (бу ҳолда у программа деб аталади) таъминланса, масалан: одам учун мумкин бўлмаган даражада тез ечиб беради.

16-8-расмда ҳисобчи-одам ишининг структура схемаси кўрсатилган. Ишлаш процессида ҳисоблагич 1 ҳар бир амални бажариш учун рақамлар, ҳарфлар, алгебраик амаллар ишоралари ва бошқалар ёрдамида ёзилган программа 3 дан фойдаланади. Бу маълумотлар асосида у қогозда, чўтда ёки арифмометрда ҳисоблайди, яъни ўзида мавжуд бўлган арифметик қурилма 2 ни ишга туширади. Ҳисоблашлардан кейин у бу ҳисоблашларни қогоздаги маълум графа (ячейка)га ёзиб олади, бу нарса унинг учун олинган натижаларни узоқ вақт давомида сақлай оладиган хоти-



16-8- расм. Ҳисобчи-одам ишининг структура схемаси.

ра қурилмаси 4 бўлиб хизмат қилади. Жуда узоқ сақлаш керак бўлмаган нарсаларни одам ўз хотирасида келгуси амал учун сақлаб туради. Ҳисобчи программанинг биринчи пунктини бажаргач хотира қурилмаси 4 дан программа талаб қилган натижаларни олади ва программанинг иккинчи пунктини бажаради ва ҳоказо. Шундай қилиб, бутун ҳисоблаш программаси пунктма-пункт бажариб борилади. Бу айтилганларга асосан равшанки, рақамли ҳисоблаш қурилмалари (ЦВУ—РХҚ) учун ҳам 16-8-расмда кўрсатилганга ўхшаш структура схемасига эга бўлиш лозим.



16-9- расм. Рақамли ҳисоблаш қурилмасининг (ЦВУ—РХҚ) структура схемаси

Ҳозирги замон рақамли ҳисоблаш қурилмалари (ЦВУ—РХҚ) нинг структура схемаси 16-9-расмда кўрсатилган. Бу схемада бошқариш қурилмаси ҳисобчи-одам функциясини бажариши кераклиги равшан. Хотира қурилмаси одатда икки алоҳида блокдан иборат: ҳисобчининг қоғоздаги ёзувларини, справочниклар, жадваллар ва ҳоказолардаги ёзувларни имитация қилувчи ташқи хотира қурилмаси, ҳисоблашларда тез ва узлуксиз фойдаланиладиган ва узоқ сақланмаслиги керак бўлган маълумотларнинг сақловчи оператив хотира қурилмаси. Арифметик қурилма ҳисобчи фойдаланадиган қоғоз, чўт, арифмометр, клавишли механик машина ва шу сингари барча ҳисоблаш воситаларининг ўрнини босади. Рақамли ҳисоблаш қурилмалари тез ишлаши (секундига минг ва ўнлаб минг амал бажара оладиган бўлиши) учун қурилманинг барча блоклари ана шундай тезликда ишлай олиши керак. Афсуски, программани киритиш ва натижаларни чиқариш блоклари бу шартларни ҳали қаноатлантирмайди. Алоҳида блокларнинг тузилиши қуйида баён қилинади.

16-7. РАҚАМЛИ ҲИСОБЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИ АЙРИМ БЛОКЛАРИНИНГ ЎЗАРО ТАЪСИРИ

Рақамли ҳисоблаш қурилмасининг иши киритиш қурилмаси орқали оператив хотира қурилмасига программани киритишдан бошланади (16-9-расм); программа машина бажариши керак бўлган

барча ҳаракатлар (сонни олиш, қардан олиш, у билан қандай амал бажариш, ҳисоблашлардан кейин қарга жойлаш, ишни тўхтатиш ва ҳоказолар)дан иборат аниқ ва қатъий кетма-кетликда санаб ўтилган команда (фармойиш)лардан иборат. Ҳар бир команда икки қисмдан: нима қилиш кераклигини кўрсатувчи оператив ва математик амал бажариладиган сонлардан иборат. Команданинг биринчи қисмида амал коди ёки шифри деб аталувчи шартли сон билан, масалан, 01 — қўшиш, 02 — айириш, 03 — кўпайтириш, 04—бўлиш ва ҳоказо кўрсатилади. Команданинг иккинчи қисмида эса сонларнинг ўзи эмас, уларни қардан олиш керак бўлган жой кўрсатилади. Гап шундаки, ҳар бир сон хотира қурилмасининг алоҳида ячейкасида жойлаштирилади, улар ячейка адреси деб аталувчи номерлар билан таъминланади. Шундай қилиб, 01 0025 0030 0175 команда 0025 ячейкадан олинган сонни 0030 ячейкадаги сон билан қўшиш ва натижани 0175 ячейкага жойлаштиришни буюради. Программа оператив хотира қурилмасига киритилгач, рақамли ҳисоблаш қурилмаларининг ҳамма иши автоматик бажарилади.

Рақамли ҳисоблаш қурилмаларини бошқариш кучланиш ёки ток импульслари воситасида бажарилади. Бу импульслар кучайтирилади, уларни тўғри бурчакли қилиш учун шакллантирилади ва улар маълум шартли комбинацияларда сонларни ифодалаши мумкин. Бу импульслар бошқариш қурилмасида шакллантирилади ва улар ёрдамида хотира қурилмасидан сонлар ва командалар сараланади. Адресларига мос равишда сонлар хотира қурилмасидан арифметик қурилмага узатилади ва у ерда команда коди бўйича кўрсатилган ҳисоблаш амали бажарилади. Ҳисоблаш натижаси қайтадан командада кўрсатилган адрес бўйича хотира қурилмасига берилади (16-9-расм). Бир амал бажарилиб бўлингандан сўнг бошқариш қурилмаси арифметик қурилмадан амалнинг бажарилгани ҳақида жавоб олади ва программанинг келгуси пунктини бажаришга киришади.

16-8. ХИСОБЛАШНИНГ ИККИЛИ СИСТЕМАСИ

Ҳисоблашларда одатда биз ўнли позицион системадан фойдаланамиз. Бу системада 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 белгилар рақамлар деб аталади ва ноль ҳамда биринчи тўққизта бутун сонни ифодалайди. Ўн икки рақам 1 ва 0 билан белгиланади ва системанинг асоси ҳисобланади. Бу қатордаги ҳар бир рақам ўзининг позицияси ва сондаги ўринга қараб турлича қийматга эга бўлади. Масалан, 345,2 сониди: вергулдан ўнгга иккита ўндан бир— $2 \cdot 10^{-1}$ вергулдан чапда—бешта бирлик— $5 \cdot 10^0$; тўртта ўнлик— $4 \cdot 10^1$ ва учта юзлик— $3 \cdot 10^2$. Бинобарин, соннинг ҳаммаси қуйидагича ифодаланади.

$$345,2 = 2 \cdot 10^2 + 4 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 + 2 \cdot 10^{-1} \text{ бирлик.}$$

Агар ихтиёрий системадаги счётчикни кўз олдимизга келтирсак, у ҳар бир хонада тўққизта турли турғун вазиятни эгаллай олиши

керак. Рақамли ҳисоблаш қурилмалари учун асоси 2 бўлган ва иккили система деб аталадиган система қулай бўлиб чиқди, бу системада фақат иккита рақам 0 ва 1 бўлади. Биринчи (ўнг) хонада бир ўринга икки (2) пайдо бўлиши керак бўлганда, икки бир (1) кўринишда катта хонага ўтказилади, кичик хонага 0 қўйилади.

Бундай ҳисоб, масалан, ҳар бир симида иккитадангина донаси бўлган чўтлардан фойдаланганда ҳосил бўлади (16-10-расм),

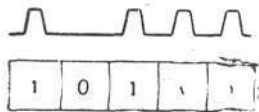
Тўртта иккилар бирлар сони							
Иккили система ўнли система	0	1	10	11	100	101	110
	0	1	2	3	4	5	6

16-10- расм. Идора чўтларида ишлашда иккили ҳисоблаш.

Қуйида иккили системада ёзилган бир неча сон берилган:

1 — бир	1011 — ўн бир
10 — икки	1100 — ўн икки
11 — уч	1101 — ўн уч
100 — тўрт	1110 — ўн тўрт
101 — беш	1111 — ўн беш
110 — олти	10000 — ўн олти
111 — етти	0,1 — ярим
1000 — саккиз	0,01 — чорак
1001 — тўққиз	0,001 — саккиздан бир
1010 — ўн	0,11 — тўртдан уч

Шундай қилиб, иккили системанинг 1011,1 сони: вергулдан ўнгда битта ярим— $1 \cdot 2^{-1}$ ва чапда битта бир— $1 \cdot 2^0$, битта икки— $1 \cdot 2^1$, нолта тўрт— $0 \cdot 2^2$ ва битта саккиз— $1 \cdot 2^3$, яъни $(1011,1)_2 = = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} = (8+0+2+1+0,5 = 11,5) 10 \cdot 2$ ва 10 индекслар системанинг асосини билдиради.



16-11- расм. Иккили сон-ни импульслар серияси билан узатиш.

Кўриниб турибдики, бу ҳолда ҳар бир хонада рақамнинг бўлиши (1) ёки унинг бўлмаслиги (0) импульслар билан бошқариладиган реле типдаги сўтчиклар томонидан: уланган—узилган, кучланиш сигнали бор—сигнал йўқ, магнит лентасининг қисми магнитланган—магнитланмаган ва ҳоказо тарзида характерланиши мумкин.

Масалан, 10111 иккили сон 16-11-расмда кўрсатилган кучланиш сигналлари (импульслари) орқали узатилиши мумкин. Рақамли ҳисоблаш қурилмаларида шу принцип қўлланилади. Иккили системанинг камчилиги бунда сўтчик разрядларининг сони ўнли системадагига нисбатан кўплигидир, бироқ бу камчилик рақамли ҳисоблаш

масини рақамли ҳисоблаш қурилмаларининг арифметик қурилмаси мустақил равишда бажаради.

Иккили системада кўпайтириш жадвали ҳаддан ташқари содда:

$$0 \cdot 0 = 0; 1 \cdot 0 = 0, 1 \cdot 1 = 1.$$

4 ни 5 га ёки иккили системада 100 ни 101 га кўпайтирамиз (4- мисол).

$$\begin{array}{r} 4\text{- мисол} \quad \times \quad \begin{array}{r} 100 \\ 101 \end{array} \\ \hline 100 \\ \times \quad \begin{array}{r} 000 \\ 100 \end{array} \\ \hline 10100 \end{array}$$

Шундай қилиб, бирга кўпайтиришда кўпаючи сон кўчириб ёзилади, нолга кўпайтиришда эса чапга бир хона сурилади. Барча кўпайтириш кўпайтириладиётган сонни бир хона суриш ва қўшишга келтирилади, бу ишни арифметик қурилманинг ўзи бажаради.

Бўлиш амали бўлувчини бўлинувчидан бир неча марта айириш ва ҳосил қилинган қолдиқни ўнгдан тўлдиришга келтирилади (5- мисол).

$$\begin{array}{r} 5\text{- мисол} \quad \begin{array}{r} 111000 \\ -1000 \\ \hline 1100 \\ -1000 \\ \hline 1000 \\ -1000 \\ \hline 0000 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1000 \\ \hline 111 \end{array} \end{array}$$

яъни $56 : 8 = 7$.

Кўпайтириш кўп марта қўшиш билан, бўлиш кўп марта айириш билан алмаштирилганлигидан, айириш эса қўшиш билан алмаштирилганлигидан барча арифметик амаллар қўшишга келтирилади.

16-10. РАҚАМЛИ ҲИСОБЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИ БАЪЗИ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИНГ ИШЛАШ ПРИНЦИПИ

Ҳар бир рақамли ҳисоблаш қурилмаси хотира қурилмаси, бошқариш қурилмаси, арифметик қурилма сингари қурилмалардан, қурилмалардан ҳар бири эса я ч е й к а л а р деб аталувчи алоҳида типдаги элементлардан тузилган. Ҳар бир ячейка муайян ишни бажаради ва умумий схемага маълум таъзда киритилганда юборилган импульсни ўтказади ёки ушлаб қолади, уни кучайтиради ёки бирор хонага суради ва ҳоказо.

Ячейканинг берилган ҳолати унга бериладиётган кучланишнинг юқори ёки паст бўлиши билан, кучланиш импульсининг бор-йўқлиги ёки икки қутбли импульслардан фойдаланиши билан белгиланади. Рақамли ҳисоблаш қурилмаларида бир томонлама ўтказувчи асбоблар — вакуумли ёки чала ўтказгич диодлар ва триодлардан фойдаланилади (13-бобга қаранг). Бу асбоблар келгусида 16-12-расмда кўрсатилгандек тасвирланади. Асбоб аноднинг потенциали катоднинг

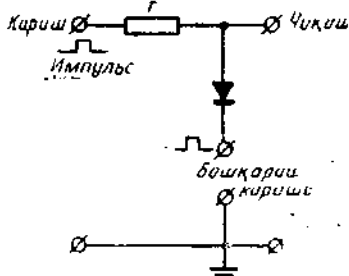
потенциалидан юқори (асбобнинг қаршилиги кам) бўлганда ток ўтказди ва кучланиш қўбалиги тескари (асбобнинг қаршилиги жуда катта) бўлганда ток ўтказмайди.

а) Клапан ёки вентиль

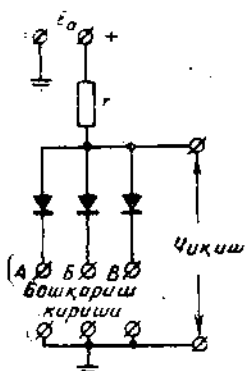
Клапан (вентиль) 16-13-расмда кўрсатилган. Унинг кучланиш импульсини ушлаб қолиш ёки ўтказишга мўлжалланганлиги клапан дебатилишидан ҳам маълум. Ҳақиқатан ҳам, киришнинг юқори нуқтасига мусбат қўбланган тўғри бурчакли импульс берилган бўлса, у ҳолда вентиль орқали ток аноддан катодга томон ва бошқарувчи кириш электр занжири орқали у расмда кўрсатилмаган ерга уланган симга томон ўтади. r қаршилиқ катта, вентилнинг қаршилиги эса жуда кичик ва кучланиш фақат r қаршилиқдагина тушади деб ҳисоблаш мумкин. Бинобарин, анод потенциали, демак, схеманинг чиқиши ҳам ер потенциалидан деярли фарқ қилмайди. Шу сабабли импульс чиқишга узатилмади (чиқишда импульс ноль) деб ҳисобланади. Агар киришдаги импульс билан бир вақтда бошқарувчи киришга киришдаги импульсга тенг ёки ундан катта мусбат импульс берилса, у ҳолда вентиль беркилади. r қаршилиқдаги ток нолга тенг, чиқиш потенциали кириш потенциалига тенг, яъни чиқишга мусбат импульс узатилган (бир). Қуйида келтирилган вентилли барча схемаларнинг ишлаш механизми ана шундай.



16-12-расм. Вентилни шартли белгилаш.



16-13-расм. Клапаннинг ишлаш схемаси.



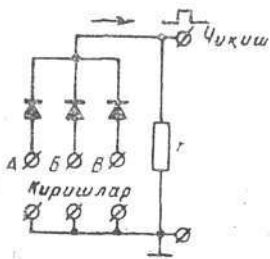
16-14-расм. Мос тушишнинг маънавий схемаси.

б) Мос тушиш схемаси

Мос тушиш схемаси (шартли белгиси И) 16-14-расмда кўрсатилган. Вентиллар анодларида мусбат импульс пайдо бўлганда улардан ток ўтади. r қаршилиқда деярли ҳамма кучланиш тушади ва чиқишга импульс узатилмайди (ноль). Агар А, Б, В киришлардан бирига мусбат импульс берилса ҳам вазият ўзгармайди, чунки бунда ток қолган икки вентиль орқали ўтаверади. Бошқарувчи киришлардаги учала вентиль А, Б ва В бар вақтда мусбат импульслар билан беркитилган ҳолдагина мусбат импульс (бир) чиқишга узатилади, шунинг учун бу схема мос тушиш схемаси дейилади.

в) Йиғувчи схема

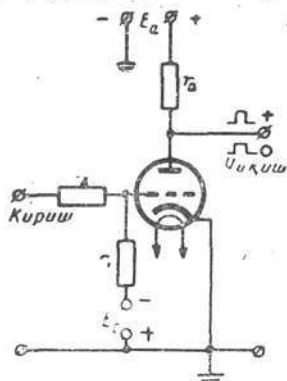
Йиғувчи схема (шартли белгиси **ИЛИ**) 16-15-расмда кўрсатилган. *A*, *B*, *B* киришлардан лоақал биттасига мусбат импульс берилганда *r* қаршилик орқали ток оқади. Вентилларнинг ички қаршиликлари ҳаддан ташқари кичик бўлгани учун кучланишнинг ҳамма тушиши *r* қаршиликка йиғилган, унинг юқори нуқтаси, демак, чиқишнинг юқори нуқтаси ҳам юқори потенциалли нуқта бўлади (бир). Схема турли йўналишлардан келувчи импульсларни (бирларни) йиғади, шунинг учун ҳам йиғувчи схема дейилади. Бу схема киришлардан бирига, масалан *A* га, мусбат импульс берганда, айти вақтда бошқа икки *B* ва *B* киришни юқори потенциал билан беркитиб қўяди.



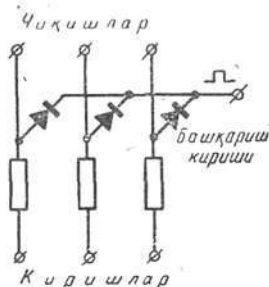
16-15-расм. Йиғувчи мантикий схема.

г) Инвертор схемаси

Инвертор схемаси (шартли белгиси **НЕ**) 16-16-расмда кўрсатилган. Сигнал бўлмаганда (ноль) киришда триод манфий E_c силжиш кучланиши томонидан бекитилган бўлади. Чиқиш юқори нуқтасининг потенциали E_a анод кучланиши манбаининг мусбат тутқичи потенциалига тенг бўлади, яъни чиқишда бир бўлади. Киришда (тўрда) мусбат импульс пайдо бўлганида триод ток ўтказад



16-16-расм. Инверторнинг мантикий схемаси.



16-17-расм. Битта бошқарувчи киришли клапанлар занжири.

ва *r* қаршилик қўйи нуқтасининг кучланиши, яъни чиқишнинг кучланиши кескин тушиб кетади (ноль). Шундай қилиб, кириш сигнали — бир бошқа сигнал — нолга айланади.

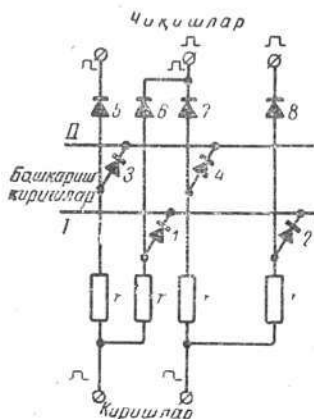
Бу асосий схемалардан янада мураккаб рақамли ҳисоблаш қурилмалари (ЦВУ—РХҚ) схемаси ҳосил қилинади. Соддалик учун келгуси схемаларда уларнинг ерга уловчи қисмлари кўрсатилмайди.

д) Клапанлар занжири

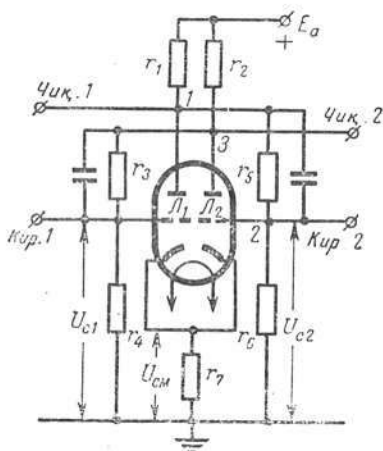
Битта бошқарувчи киришли клапанлар занжири 16-17-расмда кўрсатилган. Бошқарувчи киришга вентилларни беркитувчи импульс берилган ҳолдагина импульслар киришдан чиқишга узатилади. Агар бу импульс бўлмаса, киришларда мусбат импульс бўлганда, вентиллардан ток ўтиб туради ва r қаршиликларда кучланиш тушиши катта бўлгани туфайли анодлар ва чиқишлар потенциали нолга яқин бўлади.

е) Силжитгич схемаси

Бир хона (разряд) силжитгич схемаси 16-18-расмда кўрсатилган. Юқорида кўрсатилганидек, иккили системада бирга кўпайтиришда кўпаювчи соннинг ўзи ёзилар, нолга кўпайтиришда эса шу соннинг ўзи бир хонага силжитиб ёзилар эди. Силжитиш амалини силжитгич бажаради.



16-18- расм. Бир хонага силжитгич схемаси.



16-19- расм. Триггер схемаси.

Агар фақат рақамлар киришидагина юқори потенциал мавжуд бўлса-ю, I ва II шиналарда эса бундай потенциал бўлмаса, у ҳолда 1, 2, 3, 4 диодлар орқали ток ўтади ва киришдаги потенциаллар жуда кичик (сигналлар йўқ). Шина I га мусбат импульс берилганда 1 ва 2 диодлар беркилади; импульслар 6 ва 8 диодлар орқали ўрта ва ўнг чиқишларга ўтади. Диод 7 чап кириш юқори потенциали билан беркилади. Агар шина II га импульс берилса, 3 ва 4 диодлар беркилади. 5 ва 7 диодлар орқали импульслар чап ва ўрта чиқишларга узатилади (чапга силжийди), диод 6 эса юқори потенциал билан блокировка қилинган бўлади.

Электрон триггер ёки электрон реле рақамли ҳисоблаш қурилмаларининг энг муҳим элементиدير. Электрон триггер 16-19-расмда кўрсатилгандек (13-бобга ҳам қаранг) иккита триоддан ёки битта қўш триоддан йиғилади. Бу реленинг хусусияти шундаки, унинг барқарор ҳолати лампанинг фақат битта ярмидан, масалан, ўнг ярмидан ток ўтиб, бошқа—чап ярмидан ток ўтмаганда ёки, аксинча, чап ярмидан ток ўтиб, ўнг ярмидан ўтмагандагина бўлади.

Бундай бўлиши мумкин эмас деб, яъни L_1 ва L_2 лампалар орқали тенг тоқлар ўтади деб фараз қилайлик. Айтайлик, L_1 лампа қаршилигининг жуда кичик, тасодифий ўзгариши таъсирида унинг токи ортган бўлсин. Бу ҳолда нуқта 1 нинг потенциали камаяди, $r_5 - r_6$ бўлгичнинг токи камаяди, нуқта 2 нинг потенциали, бинобарин, L_2 лампанинг тўридаги кучланиш пасаяди ва унинг анод занжирида ток камаяди. Бунда нуқта 3 нинг потенциали ортади, демак, L_1 лампанинг тўридаги кучланиш ҳам ортади. Бунинг натижасида L_1 лампанинг анод занжирида ток кўчкисимон ортади, L_2 лампанинг анод занжиридаги ток эса камаяди. Шундай қилиб, триггер микросекунд давомида шундай ҳолатга келадики, бу ҳолатда L_1 лампа ток ўтказади (триггер очик), L_2 —лампа эса берк. Агар кириш 2 га мусбат импульс ёки кириш 1 га манфий импульс берилса, шу ондаёқ L_1 лампа беркилади, L_2 лампа эса очилади.

Триггер схемаси хотира қурилмаларида ишлатилади ва соннинг фақат битта хонасини хотирлаб қолиш учун хизмат қилади. Триггер схемаси чала ўтказгичли триодлар билан ҳам ясаллиши мумкин. r_3 r_5 қаршиликларга параллел уланган сизимлар триггерининг алмашилишини тезлатишга хизмат қилади, чунки улар бу моментда жуда кичик қаршиликлар сифатида r_2 ва r_5 қаршиликларни шунтлайди.

16-11. Иккили счётчикнинг ишлаш принципи

Юқорида айтганимиздек, триггер иккили системадаги соннинг бир хонасини хотирлаш учун хизмат қилади ва хонада рақамнинг борлигини (бир) ёки рақамнинг йўқлигини (ноль) аниқлайди. Шундай қилиб, триггерлар сони соннинг хоналари сонига тенг бўлади. Битта сонни хотирлаш учун триггерлар занжири регистр дейилади.

16-20-расмда учта хонали — учта кетма-кет уланган триггерли иккили счётчикнинг ишлаш схемаси кўрсатилган. Юқори қатордаги № 1, № 2, № 3 триггерларнинг чап қисмлари (штрихланган) ток ўтказадиган ва ўнг томонлари ток ўтказмайдиган ҳолатда дейлик. Триггерларнинг бу ҳолати ноль деб қабул қилинган ва улар ёзадиган сон 000 бўлади. № 1 триггернинг киришига бир-бири кетидан текис равишда импульслар келади.

Улардан биринчиси триггерни тескари ҳолатга (1) ўтказди, бу нарса 16-20-расмнинг иккинчи сатридаги чапдан ўнгга стрелка билан кўрсатилган. Счётчикда 001 сони ёзилган. Иккинчи импульс № 1 триггерни ўнгдан-чапга тескари томонга ўтказди, бунда чап ярми ўтказди (0), бироқ бу ўтишда триггер ўз импульсини № 2 триггерга беради ва бу триггерда чапдан ўнгга ўтиш бажарилади. Шундай қилиб, 010 сон ёзилади. № 1 триггер киришига учинчи импульс келганда яна бир ёзилади — 011, тўртинчи импульс келганда яна бир қўшилади ва бунда ўтиш ўнгдан чапга бўлгани учун импульс № 2 триггерга ўтади. Импульснинг ўтиши ўнгдан чапга бўлган эди, бинобарин, № 3 триггерга импульс № 2 триггердан узатилади.

Счётчикка ёзилган сон энди 100 га тенг ва ҳоказо. Саккизинчи импульс соннинг ҳаммасини ўчиради. Шундай қилиб, уч хонали счётчик ўнли системанинг 0 дан 7 гача бўлган сонларини ёзиб олади.

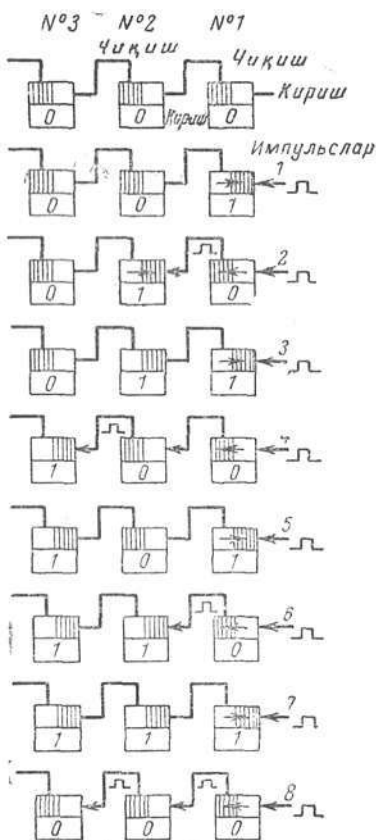
16-12. АРИФМЕТИК ҚУРИЛМА СУММАТОРИНИНГ ИШЛАШ ПРИНЦИПИ

Иккита иккили $A = 1110$ ва $B = 1101$ сонларни қўшиш керак бўлсин. Қўшиш одатдагидек хонама-хона бажарилади.

$$\begin{array}{r} \Pi = 11 \\ A = 01110 \\ B = 01101 \\ \hline C = 11011 \end{array}$$

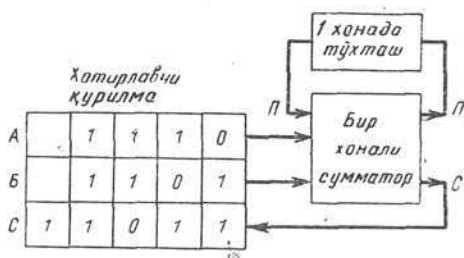
Биринчи хона сонларини қўшишда $0 + 1$ йиғинди 1 бўлади; шунингдек, иккинчи хона сонларини қўшишда ҳам $0 + 1$ йиғинди 1 бўлади. Учинчи хона сонларини қўшишда $1 + 1$ йиғинди 2 бўлади. Бинобарин, икки ҳал бир сингари, тўртинчи хонага ўтказилади, ёки одатда айтилганидек, «бир дилда» сақланади. Бу бир ўтказиш сатри Π га A сон устига қўйилган. Тўртинчи хонани қўшишдан 3 ҳосил бўлади; иккиннинг ярми, яъни 1 C йиғиндига (суммага) ўтади, ўтказиш бири эса бешинчи хона йиғиндисига ўтади, бунда

$$C = \Pi + A + B = 1 + 0 + 0 = 1.$$



16-20-расм. Иккили счётчикларнинг ишлаши.

Йиғиш қурилмаси — сумматор кетма-кет қўшишда (юқорида кўрсатилгандек) A ва B сонлари учун иккита киришга, ўтказиш P учун кириш, йиғинди C учун чиқиш ва келгуси хонага ўтказиладиган P сон учун чиқишга эга. Хотира блоки, бир хонали сумматор ва бир хонага ушлаб қолиш (ёки ўтказиш) қурилмасидан иборат бундай қурилма блок-схемаси 16-21-расмда кўрсатилган.



16- 21- расм. Сумматорнинг ишлаш блок-схемаси.

Сумматорнинг (16-22- расм) ишлаш схемаси 16-10- § да қаралган $И$, $ИЛИ$, $НЕ$ мантикий схемалар ёрдамида амалга оширилади. Соддалик учун ерга улаш қурилмалари, импульсларни шакллантириш ва кучайтириш қурилмалари 16-22- расмда кўрсатилмаган. Схемани ўрганишда қуйидагиларни эсга олиш керак.

$И$ дан бошқа барча $И$ схемалар E_a энергия манбаининг мусбат тутқичига уланган бўлгани учун бу схемалар қаршиликлари r ва сигналлар манбаларининг ички қаршилиги орқали ток ўтади. Манбаларнинг манфий тутқичлари ерга уланган. Бу схемалар анодларининг потенциали унча катта эмас, чунки кучланишнинг каттагина қисми r қаршиликларда тушади. Анодларда юқори потенциал импульслари фақат барча катодларга вентилларни беркита оладиган мусбат импульслари келган моментлардагина пайдо бўлади. Фақат шундагина n схемаларнинг мусбат импульслари нарироққа узатилади.

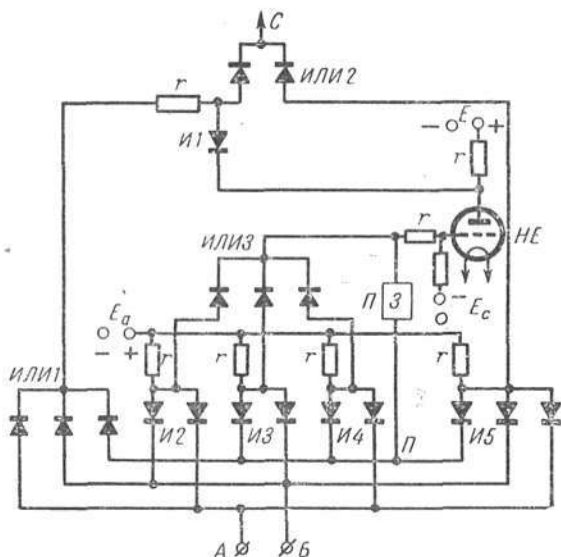
Вентилнинг лоақал бир анодига мусбат импульс берилгандагина $ИЛИ$ схема орқали мусбат импульс ўтади.

$НЕ$ схема лампа тўридаги манфий потенциал билан беркитилган. Бундан унинг анод потенциали юқори бўлади, чунки унинг анод қаршилиги r да ток оқмайди. Бу потенциал вентиль $И$ ни етарлича беркитиб туради, фақат шу ҳолатдагина унинг r қаршилиги орқали мусбат импульс C чиқишга ўтиши мумкин.

Лампа тўрида мусбат кучланиш импульси пайдо бўлганда у ток ўтказади; унинг анодидида потенциал камаяди ва $И$ схема очилади. Бу ҳолда $И$ вентиль анодининг потенциали $ИЛИ$ схемадан импульс келганида паст бўлади, чунки ток $НЕ$ схеманинг лампаси орқали ўтади. Чиқиш C потенциали ҳам паст бўлади.

Энди юқорида келтирилган икки сонни қўшиш процессини кўриб чиқиш мумкин. Хогира қурилманинг C йиғинди регистрининг

Биринчи импульс давомиди хотира қурилмасидаги кичик хона рақамлари танланади $A=0$ ва $B=1$. Бошқача айтганда, сумматорнинг кириши B га (16-22- расм) мусбат потенциал импульси келади, ки-



риш A да эса импульс йўқ. У вақтда импульс *ИЛИ 1* схема, *И1*, *ИЛИ 2* схема қаршилиги r дан чиқиш C га ўтади ва йиғинди C хотира қурилмаси регистрининг кичик хонасида триггер вазияти 1 га ўтказилади.

Учинећи импулс хотира қўрилмасидан $A=1$ ва $B=1$ рақамларни танлайди ва сумматорнинг A, B киришларида мусбат импулсслар ҳосил бўлади. Бунда $И2$ схема беркилади ва $ИЛИ 3$ схемага мусбат импулс беради. Импулс P ушлаб туриш схемасига ва $НЕ$ схеманинг лампа тўрига ўтади. Лампа очилади ва ток ўткази бошлайди. $И1$ схема диоди очилади, A ва B импулсслар $ИЛИ 1$ схема ва $И1$ схема орқали $НЕ$ схеманинг лампасидан ўтади. $И1$ схема анодининг потенциали паст ва $ИЛИ 2$ схема орқали C чиқишга сигнал кел-

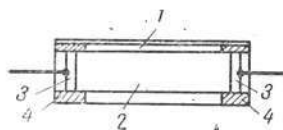
майди. Хотира қурилмасининг учинчи хона триггери C_0 вазиятда қолади.

Ушлаб қолиш линиясидаги кучланиш импульси тўртинчи хона рақамлари қўшилгунига қадар тутиб турилади. Бу худди одам ҳисоблаш вақтида бирни «дилда» сақлаб турганидек бўлади. Кечиктириш линияси қурилмаси (3) ҳақида куйида гапириб ўтамыз.

Қўшишнинг тўртинчи тактида A ва B иккита импульс ва кечиктириш линиясидан чиқувчи P импульс $И2$, $И3$, $И4$ схемаларни беркитади, бу схемалар $ИЛИ 3$ схемаси орқали иккинчи импульсни кечиктириш схемасига ва $НЕ$ схемага беради. Бу ҳолда, юқорида айтилганидек, $ИЛИ 1$ ва $И1$ схемалар C чиқишга импульс бермайди. Бироқ $И 5$ схема A ва B киришнинг юқори потенциал билан ва кечиктириш схемаси P нинг биринчи импульси билан беркитилган бўлганидан унинг анодлари потенциал кўтарилади ва $ИЛИ 2$ схема орқали чиқишга, яъни хотира қурилмасига юқори кучланиш импульси келади. Тўртинчи хона триггери I вазиятга ўтади.

Бешинчи тактда A , B импульслар бўлмайди, бироқ олдинги хонани қўшишдаги ўтказиладиган импульс $ИЛИ 1$, $И1$, $ИЛИ 2$ схеманинг кечиктириш линияси орқали C чиқишга бешинчи хона сумматорига берилади. Бу хона триггери I ни ёзиб қўяди. Шундай қилиб $1110 + 1101 = 11011$ сонлар ёки ўнли системада $14 + 13 = 27$ сонлар ҳосил бўлади.

16-23- расмда кечиктириш линиясининг ясалниш усуллари билан бири кўрсатилган. У акустик принципга асосланган. Симоб



16-23- расм. Кечиктириш акустик линиясининг тузилиши.

2 билан тўлдирилган пўлат най I га кварц 3 дан қилинган иккита пластинка резинка ҳалқалар 4 ёрдамида киритилган. Ўзгарувчан электр майдонида кварц ўз ҳажмини ўзгартиш қобилиятига эга. Агар бир пластинка киришига кучланиш импульси берилса, бу кучланиш таъсирида кварцнинг ўзи ва найдаги симоб механик тебрана бошлайди, бу тебранишлар маълум тезлик билан чиқишдаги бошқа

кварц пластинкага берилади. Кварц бу механик тебранишларни чиқишдаги электр тебранишларга айлантиришга қодир. Симобда механик тебранишларнинг ўтиш тезлиги электр импульсларининг тарқалиши тезлигидан ниҳоят даражада кичик, шу сабабга электр импульси кечикиб узатилади. Кечикиш вақти одатда микросекундлардан иборат бўлади. Найнинг узунлигини ўзгартиш билан кечикиш вақтини ҳам ўзгартиш мумкин.

16-13. ХОТИРА ҚУРИЛМАЛАРИ

Оддий ҳисоблашда одам хотирадан фойдаланади. Баъзи маълумотларни одам қисқа вақт хотирида тутиши керак, масалан қўшишда бирнинг келгуси хона рақамлари билан қўшиш кераклигини, айиришда эса бир катта хона рақамидан «қарз» олинганлигини хо-

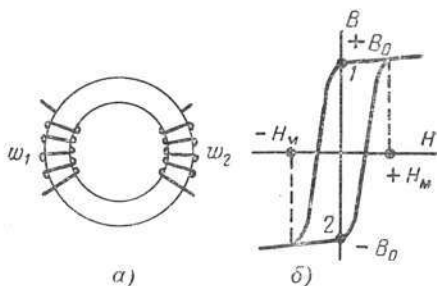
тирада туттиши керак. Одам кўпайтириш жадвалини ҳамма вақт эсда сақлаши ва керак вақтда тезда хотирага келтириши керак, бироқ у бурчакларнинг синуслари, косинуслари рақамларини, сонлар логарифмлари ва шу сингариларни эсда сақлаши зарур эмас. Бу маълумотлар одам учун бошқа хотира қурилмаларида—справочникларда, жадвалларда ва ҳоказоларда сақланади.

Рақамли ҳисоблаш қурилмалари (ЦВУ—РХҚ) нинг хотира қурилмалари (хотираси)—триггерлардан иборат регистр, симобли кечиктириш линияси билан биз юқорида танишган эдик. Бироқ кўп хонали кўп сонларни сақлайдиган хотира қурилмаси триггерлардан қилинса, жуда катта бўлиб кетади.

Рақамли ҳисоблаш қурилмаларининг барча хотира қурилмалари икки асосий группага—оператив йиғнагичлар ва ташқи жамғарувчиларга бўлинади. Оператив хотира қурилмалари арифметик қурилма билан бевосита боғлиқ ва рақамли ҳисоблаш қурилмаларининг ишлаш тезлигини белгилайди. Уларнинг сифими кичик (юз, минг ва ўн мингларча сонларга етарли) бўлади, бироқ улар сонларни жуда тез—микросекундларда қабул қилиш ва чиқариб бериш қобилиятига эга. Ташқи жамғарувчилар арифметик қурилма билан бевосита боғлиқ эмас, бироқ оператив хотира билан боғлиқ ва унинг резерви ҳисобланади. Улар юз минглаб, миллионлаб ҳатто миллиардлаб рақамларни сақлай олади, бироқ бу рақамларни группалаб қабул қилади ва чиқариб беради. Сонларни саралаш вақти катта—ўнлаб миллисекунддир.

Оператив хотира қурилмаси ферритдан қилинган тороид элементлардан ясалади. 16-24-а расмда диаметри 14 дан 10 мм гача бўлган икки чулғамли феррит ҳалқа, 16-24-б расмда бу ҳалқанинг магнитланиш эгри чизиги кўрсатилган. Мусбат индукция $+B_0$ ни бирининг коди, манфий индукция $-B_0$ ни ноль коди учун қабул қилинган.

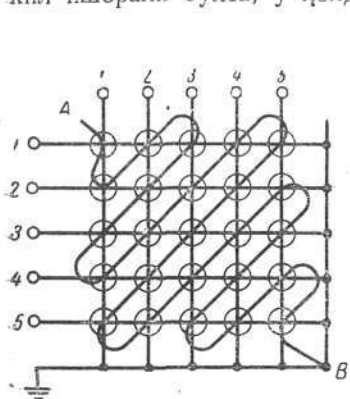
Айтайлик, ω_1 ва ω_2 чулғамларда ток йўқ ва қолдиқ индукция 2 нуқта билан характерлансин, яъни $-B_0$ бўлсин. У ҳолда ўзакда иккили рақам 0 ёзилган деб ҳисобланади. Агар ω_1 чулғамга шундай катталикдаги мусбат импульс берилсаки, майдон кучланганлиги бир онда $+H_m$ дан катта бўлса, у ҳолда импульсдан сўнг қолдиқ индукция $+B_0$ га тенг бўлади ва шундай қилиб, иккили рақам 1 ёзилади. Худди шу ишорали импульс қайтарилганда қолдиқ индукция $+B_0$ га тенглигича қолади. Тескари ишорали импульси берилганда ўзак яна қайта магнитланади ва ноль ёзилади. Шундай қилиб, ўзак худди тириггер каби ишлайди ва



16-24- расм. Хотира қурилмаси, феррит элементининг ишлаш принципи.

ўзаклар тўплами ёрдамида иккили система рақамларини 10 мксек дан кичик вақт ичида ёзиш ёки ҳисоблаш мумкин.

Қайта магнитланишда иккиламчи чулғам ω , да э. ю. к. импульслари пайдо бўлади. Агар бирламчи чулғамнинг қайта импульси бир хил ишорали бўлса, у ҳолда деярли э. ю. к. пайдо бўлмайди.



16-25- расм. Хотира қурилмасининг феррит матрицаси.

Юз минглаб сондаги ана шундай феррит ҳалқалар йиғилиб хотира матрицасини ҳосил қилади; у шартли равишда 13-25- расмда кўрсатилган. Бу ҳолда чулғамлар 16-26- расмда кўрсатилгандек, ҳалқалардан паррон ўтувчи симлар билан алмаштирилади. Горизонтал ва вертикал симлар рақамларнинг кодларини ёзиш учун, диагональ бўйича кетган AB симлар эса уларни ҳисоблаш учун хизмат қилади. Ҳар бир горизонтал қатор биттадан иккили сонни хотирлаш учун хизмат қилади, вертикал қаторлар сони эса иккили сондаги хоналар сонига мос келади. Барча тороидларнинг дастлабки ҳолати ноль.

Иккинчи қаторда 1101 сонини ёзиш керак бўлсин (16-25- расм). У ҳолда иккинчи горизонтал ва 2, 3, 5- вертикал қаторларга ток импульслари берилади, бу импульслар $+\frac{H_M}{2}$ кучланганлик ҳосил қи-

лади. Бу симларнинг кесишишида жойлашган тороидларда H_M кучланганлик ҳосил бўлади, улар қайта магнитланади ва бирлар ёзилади. 1 ва 4- вертикал қаторлардаги тороидларда кучланганлик $\frac{H_M}{2}$ га тенг бўлади ва улар қайта магнитланмайди. 1101 сон ёзилган. Бунда диагональ ҳисобловчи симда импульс пайдо бўлади, бироқ матрица ташқи занжирларининг алоҳида қурилиши туфайли бу импульс ҳисобга олинмайди.



16-26- расм. Феррит матрица ҳалқаси.

Матрицанинг бошқа горизонтал қаторларида ёзилган сонлар ўзгаришсиз қолади, чунки 1101 сон ёзишда вертикал симлардан ўтувчи тоқлар уларда $+\frac{H_M}{2}$ дан катта кучланганлик ҳосил қилмаган эди.

Ёзилган сонларни ҳисоблаш дегани бир ёки ноль ёзилганлигини билиш демакдир. Агар мусбат импульс берилганда AB симда э. ю. к. ҳосил бўлмаса, у ҳолда бир ёзилган бўлади. Агар э. ю. к. ҳосил бўлса, ноль ёзилган бўлади. Сонларни ҳисоблашда юқорида кўрсатилган горизонтал ва вертикал қаторлар симларига тескари кучланиш импульслари берилади. Бундай тескари кучланиш беришда тороидларда ёзилган бирлар ўчирилади. Бироқ, одатда ўқиб бўлин-

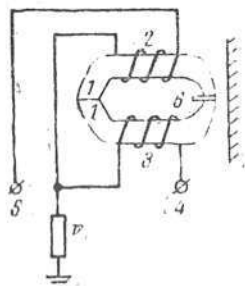
ган соннинг матрицадан ўчирилмагани маъқул кўрилади. Бунинг учун матрицадаги бирлар ҳисоблангандан кейин уларни яна тикловчи қурилма қилинади. Хотира матрицаларининг сифими 100 000 ва ундан кўп иккили сонларни сиғдиради ва уларни чексиз кўп вақт сақлай олади.

Рақамли ҳисоблаш қурилмаларида магнит ёзувли хотира қурилмалари кенг тарқалгандир. Улар ташқи жамғарувчилар ва жамғарувчилар билан оператив хотира қурилмалар орасидаги ораллиқ хотира қурилмалари сифатида фойдаланилади. Уларнинг ишлаш принципи қуйидагича. Қолдиқ индукцияси катта бўлган магнит материал билан қопланган ҳаракатланувчи сирт (лента ёки барабан) электромагнитдан иборат махсус каллак ёнидан ўтади. Электромагнит чулғамига сон кодиға мос бўлган ток импульслари берилади, магнит сиртида эса соннинг ёзуви бўлган магнитланган участкалар қолади. Ёзиш ва ҳисоблаш одатда айни каллак ёрдамида амалга оширилади, бу каллак 16-27- расмда кўрсатилган.

Қолдиқ индукцияси кичик бўлган варақ шаклидаги ферромагнит материал 1 дан қилинган магнитопроводга иккита 2 ва 3 чулғам ўралган. Тутқич 4 га импульс берганда бир, тутқич 5 га импульс берганда ноль ёзилади. Магнитопровод қутблари орасидаги ҳаво тирқиши 6 қалинлиги тахминан 0,02 мм бўлган жез фольга ёрдамида ҳосил қилинади. Каллаклар сони ёзилаётган соннинг хоналари сонига мос бўлиши керак. Барабанда ёзилган ҳол учун бу 16-28- расмда кўрсатилган.

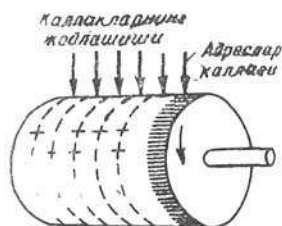
Алюминий барабан юпқа магнит материал билан қопланган, каллаклар эса унинг сиртида цилиндрининг ясовчиси бўйлаб стрелкалар билан кўрсатилган жойларда ўрнатилган. Каллаклар барабан ясовчисининг бир сантиметр узунлигига 5—8 тагача тўғри келади. Соннинг ёзилиши ҳам ясовчи бўйлаб жойлашади. Масалан, 1011 иккили сонни ёзишда каллакка 16-19- а расмда кўрсатилган импульслар берилади. Барабан сиртида магнитланган участкалар — диполлар ҳосил бўлади (16-29- б расм). Ҳисоблашда айланувчи барабаннинг магнитланган участкаси каллакнинг ҳаво тирқиши ёнидан ўтганида ҳисобловчи чулғамда 16-29- в расмда кўрсатилган э. ю. к. импульслари ҳосил бўлади. Бу импульслар кучайтирилиб, тўғри бурчак шаклли импульсларга айлантирилгач арифметик қурилмага келади.

Ёзилиш вақтида барабан сирти бўйлаб каллаклар сонига тенг рақамлар йўлаклари ҳосил бўлади. Диполлар ёзуви зичлиги айлана бўйлаб 1 мм га 1—3 та. Магнит барабанларнинг сифими 1,5—2 млн. иккили рақамга етади. Битта йўлак ва битта каллак (16-28- расм ёзилган сонларнинг ячейка адресларини ҳисоблашга хизмат қилади.

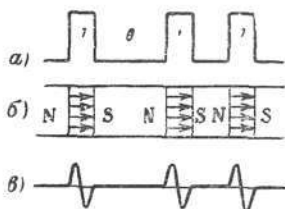


16-27- расм. Магнит ёзувли хотира қурилмаси учун ёзувчи ва ҳисобловчи каллаклар.

ва махсус ячейкалар счётигига уланган. Барабан узлуксиз айланиб туради ва сони фақат навбати билангина танлаш мумкин. Барабанининг айланиш тезлиги (у электр двигатель ёрдамида айлантирилади) $n = 6000—12000$ *айл/мин* бўлганда, керакли ячейкани қидириб топиш вақти секунднинг юздан бир улушини ташкил қилади.



16-28- расм. Барабанда магнитли ёзиш.



16-29- расм. Сони магнит ёзиб олишда диполларнинг ҳосил бўлиши.

Эластик асосли ҳаракатланувчи лентага ҳам худди шундай ёзилади. Бу лентага ферромагнит кукуни аралаштирилган лак қатлами суртилган. Қаллақлар лента кенглиги бўйлаб жойлашади, ёзувмар йўлкаси эса лента узунлиги бўйлаб жойлашади. Ҳисоблаш тезлиги лентанинг мумкин бўлган ўралиш тезлиги билан чеклангандир. Магнит ленталар қўшимча, секин ишловчи хотира қурилмалари сифатида ишлатилади, уларнинг сифмлари амалда чекланмаган.

16-14. КИРИШ ВА ЧИҚИШ ҚУРИЛМАСИ

Машинанинг иш программаси дастлаб программачи мутахассис томонидан қоғозда рақамлар кўринишида тузиб олинади. Бу кўринишда рақамли ҳисоблаш қурилмаси уни ижро қилишга қабул қила олмайди. Программада рақамлар билан баён қилинган информация рақамли ҳисоблаш қурилмаларида ишлаш учун яроқли кўринишга келтирилиши лозим. Бунни рақамли ҳисоблаш қурилма блокига кирмаган махсус машина бажаради.

Бунинг учун программа рақамлари махсус картон карталарда ёки қоғоз (ёки целлулоид) ленталарда тешилган тешиклар билан алмаштирилади. Карталар ва ленталарнинг ўлчамлари стандарт бўлади; ленталар рулонларда сақланади.

Рақамли ҳисоблаш қурилмалари иккили системада ҳисоблангани учун қилинган тешикни бир деб, тешик бўлмаса ноль деб қабул қилса бўладигандек кўринади. Бироқ программа ўнли системада ёзилади, рақамли ҳисоблаш қурилмасига киритиладиган бошланғич маълумотларнинг сони эса бир неча мингга етиши мумкин. Демак, сонларни ўнли системадан иккили системага ўтказиш зарур ва кўп

сондаги кўп хонали иккили сонлар учун тешиклар тешишга тўғри келади, бу эса мутлақо мақсадга мувофиқ эмас.

Шунинг учун дастлаб перфоратор деб аталувчи махсус машина ўнли системани иккили-ўнли системага ўтказди ва шу системага мос равишда тешиклар (перфорациялар) тешади. Системадан иккинчисига ўтказиш қуйидагича бўлади.

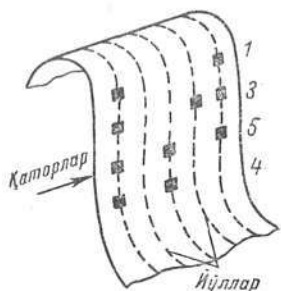
Ўнли системанинг ихтиёрий рақамини иккили системанинг тўртта рақами (дафтары) билан ифодалаш мумкин:

0 = 0000; 1 = 0001; 2 = 0010; 3 = 0011; 4 = 0100;
5 = 0101; 6 = 0110; 7 = 0111; 8 = 1000; 9 = 1001.

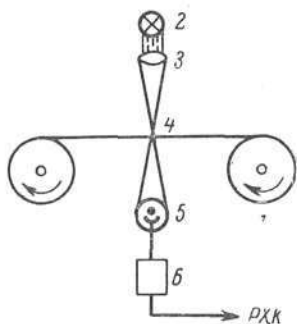
У вақтда картада ёки лентада бирни ёзиш учун тешик тешиб ва нолни ёзиш учун тешилмаган жой қолдириб кетиб, хоҳлаган сонни қулай кўринишда ёзиш мумкин. 16-30- расмда ўнли системадаги 1354 соннинг лентада иккили-ўнли системада ёзилиши кўрсатилган. Ўнгдан чапга ҳисобланадиган тўртта йўлакда перфоратор 1, 3, 5, 4 сонларининг дафтарларига мос равишда тўртта сатр тешади. Чапдаги бешинчи йўлакда ҳамма вақт тешиклар тешилади. Бўлмаса, бўш йўлакда, ноль ифодаланиб қолади. Шундай қилиб, перфоратор киришнинг биринчи қисм ишини қилиб бўлди — сонни иккили-ўнли системага ўтказди ва тешикни тешди.

Энди ўзига хос хотира қурилмаси бўлган перфолента рақамли ҳисоблаш қурилмасига киради ва у ерда тешик рақамлари электр импульсларга айланади. Киришнинг тузилиши соддалаштирилган ҳолда 16-31- расмда кўрсатилган. Лентани тортувчи механизмнинг иккита бобинаси 1 бор ва лента биринчисидан иккинчисига тортилаверади. Лента шаффоф эмас, бироқ ёруғлик лампа 2 дан линза 3 ва лентадаги тешик 4 орқали фотоэлемент 5 га тушганда кучсиз ток импульси ҳосил бўлади. Бу импульс кучайтиргич 6 орқали ўтади ва рақамли ҳисоблаш қурилмасининг хотира қурилмасига боради ва у ерда бир ёзилади. Импульс бўлмаганда ноль ёзилади. Перфолентанинг ҳар бир йўлакчасига ўзининг ёритувчи ва кучайтирувчи қурилмалари комплекти мос келади.

Бироқ, агар лентанинг дафтарларига мос ёзувлар ёзилганда (16-30- расм) эди 0001 0011 0101 0100 сонлар ҳосил бўлар эди,



16-30- расм. Иккили-ўнли системада ўнли сонни ёзиш.



16-31- расм. Рақамли ҳисоблаш қурилмаларида киришнинг тузилиш схемаси.

бу эса иккили системадаги 1354 сон эмас. Шунинг учун рақамли ҳисоблаш қурилмалари махсус программа бўйича ишнинг иккинчи қисмини ҳам бажаради — сонни иккили-ўнли системадан иккили системага ўтказди ва шундан сўнгги ва хотира қурилмасига ёзади.

Ўнли системада 1354 сонни ҳосил қилиш учун $1 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 4 \cdot 10^0$ сонларини қўшиш керак, рақамли ҳисоблаш қурилмаси ҳам бир дафтар кетидан иккинчи дафтарни ҳосил қилиб, уларни ҳола кўпайтувчисига кўпайтиради ва кетма-кет қўшади ҳамда 1354 сонини иккили системада ҳосил қилади:

$$\begin{array}{r}
 0001 \cdot 1010^3 + 0011 \cdot 1010^2 + 0101 \cdot 1010^1 \cdot 10100 \cdot 1010^0 = \\
 \begin{array}{r}
 1111101000 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1000 \\
 100101100 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 300 \\
 110010 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 50 \\
 100 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 4 \\
 \hline
 (10101001010)_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1354)_{10}
 \end{array}
 \end{array}$$

Ана шу сон хотира қурилмасига ёзилади.

Қолган барча ишларни рақамли ҳисоблаш қурилмаси бошқариш қурилмасининг импульслари бўйича программага кўра автоматик равишда бажаради.

Рақамли ҳисоблаш қурилмасидан натижаларнинг чиқиши ҳам киришига ўхшаш амалга оширилади. Хотира қурилмасидан чиқиш перфораторига натижа импульслари берилади, бу импульслар иккили-ўнли код бўйича перфокарталарга ёки перфоленталарга ёзилади. Шунингдек, магнит лентага ҳам ёзилиши мумкин. Чиқиш ёзув қурилмаси ҳам ташқи хотира қурилмаларига киради. Ленталарга ёзишдан ташқари, электромеханик нашр қилувчи ва махсус фотографик босувчи қурилмалар ҳам қўлланилади. Бу қурилмалар сеkundига 200 тагача сон олишга имкон беради.

Барча системадаги кириш ва чиқишнинг асосий камчилиги уларнинг рақамли ҳисоблаш қурилмаларининг ишлаш тезлигига мос бўлмаган кичик тезлик билан ишлашидир.

У Н Е Т Т И Н Ч И Б О Б

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ

17-1. УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР

Материалларга технологик ишлов бериш учун электр энергия бевосита қўлланиладиган соҳа электротехнология дейилади. Техникада кўплаб мутлақо янги материаллар пайдо бўлиши туфайли уларга мавжуд усуллар билан ишлов беришда катта қийинчи-

ликларга дуч келинди. Электротехнология кўп ҳолларда ўзининг эффективлиги жиҳатидан материалларга ишлов беришнинг ҳозирги вақтда ишлатиладиган физик ва химиявий усулларида устун туради.

Электротехнологияда гальванотехника, электр билан эритиш ва электр пайванд сингари илгаридан маълум бўлган усуллар билан бирга, ишлов беришнинг янги электрик усуллари ҳам пайдо бўлди; бу усулларда материалларни емириш, йўқотиш ёки уни кўчириш, буюмнинг шаклини ўзгартириш ва шу каби ишлар ишлов бериш зонасига бевосита киритилган электр энергия таъсирида амалга оширилади. Уларни электрохимиявий, электротермик ва электромеханик усулларга бўлиш мумкин. Биринчи усулда асосан электр токининг химиявий таъсиридан, электротермик усулда электр токининг иссиқлик таъсиридан, электромеханик усулда эса электр майдони ва электр разрядининг механик таъсиридан фойдаланилади.

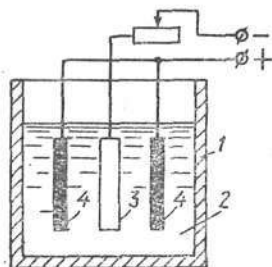
Бу янги усуллардан кўплари ҳозирги замон амалиёти учун қимматли хусусиятларга эга: ишлов бериладиган материалларнинг механик хоссалари (масалан, қаттиқлиги) ишлов бериш тезлиги ва сифатига таъсир кўрсатмайди, ишлов берувчи асбоблар ишлов берилаётган материалларга қараганда юмшоқроқ бўлиши мумкин, бу усул билан одатдаги механик усуллар воситасида бажариб бўлмайдиган технологик операцияларни бажариш мумкин. Буларнинг ҳаммаси туфайли электротехнология материалларга ишлов беришнинг илғор усуллари қаторидан ўрин олди.

Келгусида материалларга электрохимиявий, электротермик ва электромеханик ишлов беришнинг айрим операциялари жуда қисқа баён қилинади.

17-2. ЭЛЕКТРОХИМИЯВИЙ УСУЛЛАР

а) Гальванотехника

Металл ва металлмас сиртларга электролиз ёрдамида металл қоплаш усули гальванотехника дейилади. Металлларни механик муҳофаза қилиш ёки занглашдан сақлаш учун электрохимиявий йўл билан металл пардалар билан қоплаш процесси гальваностегия дейилади. Металлларни электрохимиявий усулда чўктириш йўли билан штамплар, типография клишелари, патефон пластинкалари учун матрица ва шу сингарилар тайёрлаш гальванопластинка дейилади. Бу усулда металл асослар ҳам, металлмас асослар ҳам чўктирилиши мумкин, ammo металлмас асосларни чўктиришдан олдин улар графит, металл фольга каби электр ўтказувчан қатламлар билан қопланиши керак. Гальваник қопламаларнинг қалинлиги одатда миллиметрнинг ўндан бир улушидан ош-



17-1- расм. Гальваностегия ваннасининг схемаси.

майди. Бу усулларнинг ҳаммаси илгаридан маълум ва узоқ вақтдан буён қўлланиб келинади.

17-1- расмда гальваностегия ваннасининг схемаси кўрсатилган. Ванна 1 маълум оксид ёки ишқор эритма 2 билан тўлдирилган; эритманинг температураси маълум даражада сақлаб турилади.

Қоплама қопланаётган буюм 3 катод, буюм қопланаётган металлдан қилинган пластинкалар 4 эса анодлар бўлади. Буюмнинг қопланувчи сирти батафсил тайёрланади (силлиқланади, едирилади, мойлардан тозаланади). Қандай металл билан қопланишига қараб: эритмалар рецепти, температура режими ва ток зичлиги ҳам турлича олинади. Электродлар орасидаги кучланиш 4—12 вольт, ванналарнинг токи эса 1000—15 000 а га етади.

б) Металлларни электрохимиявий усулда оксид пардалар билан қоплаш

Металлни занглашдан сақлаш учун унинг сиртида юпқа оксид пардалар ҳосил қилиш процесси оксидлантириш дейилади. Бу процесс тегишли эритмаларда олиб борилади ва бунда оксидлантирилаётган буюм анод бўлиб хизмат қилади. Алюминий лента, алюминий сим ва шу сингари буюмлар электрохимиявий усулда оксидлантирилади. Бунда алюминий сиртида 0,01—0,1 мк қалинлигида зич оксид қатлам ҳосил бўлади, бу қатлам устини 200 мк гача қалинликда ғалвирак оксид парда қоплайди. Бу парданинг занглашга қарши чидамлилиги ва электр изоляция хоссалари жуда яхши бўлиб, конденсаторлар ва шу сингарилар яшашда жуда қўл келади. Ванналарнинг ишлаши учун 12—30 в кучланишли ток манбаларидан фойдаланилади.

в) Электрохимиявий усулда анодли едириш йўли билан металлларни тозалаш ва мойини кетказиш

17-2- расмда кислота ёки тузларнинг электролитик эритмаси 2 билан тўлдирилган ванна 1 кўрсатилган, иш вақтида эритманинг температураси 15—35°C бўлади. Сирти оксид парда, занг, қуюнди—қасмоқ, ёғли таркиблар (мой, пасталар, ёғ) билан қопланган тозаланадиган буюм 3 эритмага ботирилган. Буюм энергия манбаининг мусбат қутбига уланади ва анод бўлиб хизмат қилади. Буюм ҳар қандай металл ёки қотишмадан қилинган ва ихтиёрий шаклда бўлиши мумкин. Қўргошин, графит, кислотага ч дамли пўлатдан қилинган пластинкалар 4 катод бўлиб, уларнинг сиртлари буюм 3 шаклига мослаб танланади. Электродлар (анод—катод) орасидаги масофа — 20 ÷ 250 мм.

17-2- расм. Электрохимиявий анод тирнаш йўли билан металлларни тозалаш.

Кучланиши $U = 4 \div 12$ в бўлган ўзгармас ток манбаидан ток ростловчи қаршилик 5 ор-

қали ўтади. Электродлараро ишчи кучланиши $U_{иш} = 3 \div 8$ в чега-расида бўлади, бу кучланиш электродлар сиртида $\Delta = 0,05 \div 0,02$ а/см² ток зичлигини таъминлаши керак. Анод — буюм сирти эрийди ва металл билан бирга уни қоплаб олган ифлосликлар ҳам чиқиб кетади. Сиртдан ифлосликларни тушириш унуми 0,1—5 мк/мин, ишлов беришнинг аниқлик синфи 3—4, ишлов беришнинг тозалик синфи 3—6. Солиштирма энергия сарфи 10—40 квт·с/кг. Буюмни фақат ёғ қатламларидан тозалаш керак бўлганда электролит эритмаси учун ишқор олинади.

г) Электрохимиявий усулда жило бериш ва пардозлаш

Химиявий усулда пардозлаш учун тузилиши соф қора ёки рангли металлдан қилинган буюм 17-2 расмда кўрсатилгандек, ваннага солинади. Катод қўрғошин, легирилган пўлат, графит ёки мисдан қилинади. Катодларни жойлаштиришда анод-буюмнинг бутун сирти бўйлаб бирдай зичликда ток ҳосил қилишга алоҳида эътибор берилади. Рангли металллардан қилинган буюмлар учун ток зичлиги 0,1—0,5 а/см² қора металлдан қилинган буюмлар учун 0,4—0,6 а/см² бўлади. Электролит сифатида рангли металллар учун фосфор, сульфат, хром кислоталари 15—25°С да олинади, қора металллар учун 70—90°С олинади. Ток манбаининг кучланиши рангли металллар учун $U = 6 \div 12$ в ва қора металллар учун $U = 15 \div 18$ в. Электродлараро кучланиш мос равишда $U_p = 5 \div 7$ в ва $U_n = 12 \div 14$ в қилиб олинади.

Кўрсатилган шароитда металллар эриганида анод-буюмнинг барча ғадир-будир сирти токни ёмон ўтказувчи парда билан тўлади. Бундай парда сиртнинг дўнг жойларини қопламайди, бундай дўнгликлар эриб кетади, сирт текисланади ва юксак даражада ялтироқ ҳолга келади. Буюм сиртининг тозалиги дастлабки тозалигидан 2—3 синф юқори бўлади.

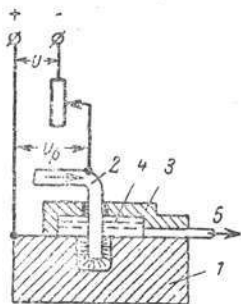
д) Металларда электрохимиявий усулда коваклар ва тешик сичи

Электрохимиявий усулда тешиклар очишда юқорида баён қилинган процесслар технологияси бир оз ўзгартирилади. Энг аввал токнинг зичлиги орттирилиб, 100—140 а/см² га етказилади. Бундан ташқари аввалги процессларда 20—250 мм га тенг бўлган электродлараро масофа энди 0,1—2 мм га қисқартирилади. Тешиш процесси тез оқаятган электролит натрий хлор оқимида бажарилади. Унинг температураси 20 ÷ 30°С бўлади. Бу шароитда металлнинг эриши кескин тезлашади. Бундай тешиш усули қора металллар ва қотишмалар, шунингдек қаттиқ қотишмалар учун қўлланилади.

17-3- расмда анод хизматини бажарувчи плита I да тешик очиш схемаси кўрсатилган. Тешик очадиган асбоб жез, мис ёки пўлатдан қилинган най 2 бўлиб, бу най айна вақтда электролит келиши учун ҳам хизмат қилади. Най шакли қандай бўлса очиладиган тешик

ҳам аниқ шу нусхада бўлади, най эса ҳар қандай шаклда бўлиши мумкин. Най-катодни аста-секин тушира бориш билан буюмдаги тешикнинг чуқурлиги орттириб борилади. Чуқур очиладиган жой устига махсус ванна 3 қўйилади, процесс шу ванна ичида амалга ошади. Электролит найча 5 орқали чиқариб турилади.

Бунда кучланиш $U = 15 \div 30$ в ва $U_p = 10 \div 25$ в энергия сарфи $8-15$ кВт. соат/кг. Ишлов бериш тозалиги $5-8$ синф.



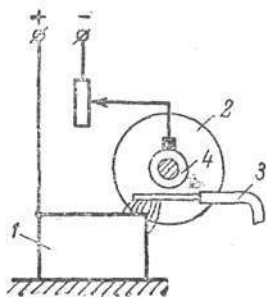
17-3- расм. Электрохимиявий йўл билан тешик очиш.

е) Анод-механик усулда қирқиш

Анод-механик ишлов бериш электрохимиявий ва электр эрозия усуллари орасидаги ишлов бериш усулидир. Ишлов бериш зонасига кичик солиштирама қувват берилганда, бундай ишлов бериш электрохимиявий усулларга, катта қувват берилганда электр эрозия усулларига яқин келади.

Анод-механик қирқишда 300×300 мм дан катта бўлмаган кесимларни кесиш учун дискдан, ҳар қандай кесимларни кесиш учун эса пўлат лентадан фойдаланилади. Бундай усул билан қора металллар ва қотишмалар: углеродли легирилган, қаттиқ ва махсус қотишмалар қирқилади.

17-4- расмда заготовка — анод 1 ни айланувчи пўлат диск 2 билан қирқиш кўрсатилган. Бу дискнинг йўғонлиги ишлов бериш шаронтига қараб $0,1-6$ мм ва айланма тезлиги $8-30$ м/сек бўлиши мумкин. Сирпанувчи контактли дискнинг вали 4га ишчи кучланиши $U_p = 18 \div 30$ в бўлган ўзгармас ток манбаининг манфий



17-4- расм. Анод-механик қирқиш.

тутқичи уланади. Қирқиш зонасига шланг 3 ёрдамида электролит — суяқ шиша (натрий силикатларининг сувдаги эритмаси) юборилади. Ток зичлиги $\Delta = 7,5 \div 30$ а/см².

Процесснинг моҳияти қуйидагича. Анод билан катоднинг бири-бирига тегиб турган жойида электролит бўлиши туфайли анод метали эрийди ва металлмас парда ҳосил қилади; металлмас пардани заготовкага бир оз босиб айланаётган диск-катод ҳамма вақт узиб туради ва заготовка яна эришда давом этади. Бу усулнинг афзаллиги шундаки, бунда қаттиқ ва ўта қаттиқ қотишмаларни қирқишда айниқса зарур бўлган қимматбаҳо кесувчи асбоб керак бўлмайди. Қирқиш кенглиги ҳам одатдаги қирқиш усулларидагидан кам бўлади, натижада чиқиндилар миқдори камаяди. Диск буюмга унча қаттиқ босилмаганидан диск валини айлантирувчи двигателда энергия сарфи камаяди. Анод-механик усулнинг камчилиги шундаки,

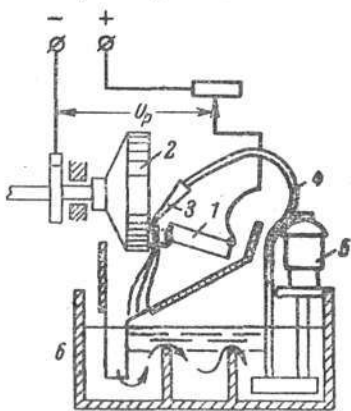
бу усулда бир неча хил ишлов берилгандан сўнг у суёқ шиша билан ифлосланиб қолади ва уни ювишга тўғри келади.

Буюмларни тирнаш ҳам шу йўсинда қилинади. Бу ҳолда чўян ёки пўлатдан қилинган цилиндр (йўғон диск) анод бўлиб хизмат қилади. Ток зичлиги энг катта қилиб олинади, шу туфайли бунда асосан электротермик процесслар бўлади. Ишлов берилаётган сирт тез емирилади, ғадир-будур, қўпож бўлади.

ж) Кесиш асбобини анод-механик усулда чархлаш

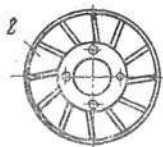
Анод-механик усул қаттиқ металл керамик материалларидан қилинган кесиш асбобини чархлаш, кесувчи асбобида ишлатиладиган қаттиқ қотишмалардан қилинган пластинкаларга керакли шакл бериш учун қўлланилади. Бу усулда абразив материаллар керак бўлмайди, чунки асбоб пўлат диск ёрдамида чархланади. Бундан ташқари, бу усулда чархлаш кичик солиштирма босимларда олиб борилади, шу сабабли асбоб кам қизийди ва бузилади. Ток зичлигини ўзгартириш билан шилиш режимини $\Delta = 15 \div 25 \text{ а/см}^2$, силлиқлаш режимини $\Delta = 4 \div 6 \text{ а/см}^2$ ва узил-кесил қиров тўкиш режимини $\Delta = 1 \div 2 \text{ а/см}^2$ қилиб белгилаш имконини беради ва ниҳоят, охири ҳолда ишлов бериш тозалиги юқори синфга (7—8) эриши мумкин.

17-5- расмда чархлаш қурилмасининг схемаси кўрсатилган. Электродларга $U_p = 10 \div 22 \text{ в}$ ишчи кучланиш-ли ўзгармас ток берилади, чархланаётган асбоб 1 анод, 12—20 м/сек айланма тезлик билан айланаётган диск 2 катод бўлиб хизмат қилади. 17-6- расмда дискнинг кўндаланг қирқими юзи кўрсатилган.



17-5- расм. Кесувчи асбобини анод-механик чархлаш.

Электролит (суёқ шиша) чархлаш зонаси 3 га насос 5 дан шланг 4 орқали берилади. Электролит бак 6 га оқиб тушади ва унда филтрланиб, яна насосга келади. Солиштирма энергия сарфи 3—15 кВт·с/кг



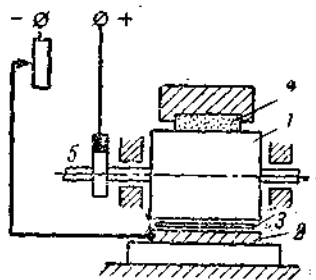
17-6- расм. Анод-механик усулда чархлаш дискининг чекка кўриниши.

3) Анод-механик усул билан соф ишлов бериш

Юқорида айтганимиздек, соф ишлов беришга «юмшоқ» иш режимларида, яъни ишлов берилаётган буюмга кичик ток зичлиги ва солиштирма босим бериш йўли билан эришилади. Баъзан жуда соф ишлов бериш учун анод билан катод бир-бирига бевосита тегизилмайди. Одатдаги усуллар билан пардозлаш деярли мумкин бўлмаган

металл керамика материалларни электроабразив усулда силлиқлашда сиртининг тозаллик синфи айниқса юксак (кўзгудек ялтироқ) бўлишига эришилади.

17-7- расмда цилиндр сиртини силлиқлаш схемаси кўрсатилган. Ишчи кучланиши $U_n = 4 \div 5$ в бўлган ўзгармас ток чўтка ва контакт ҳалқаси 5 орқали 0,5—1,0 м/сек айланма тезлик билан айланаётган буюмга 1 га ва пўлат ёки чуяндан қилинган катод 2 га берилади. Катод анодга тегиб турмайди ва улар орасидан 3 электролит-тузларининг сувдаги эритмаси (NH_4NO_3 , KNO_3 , NaF ва ҳоказо) оқиб ўтади. Ток зичлиги $0,5 \div 1,2$ а/см² қилиб сақлаб турилади. Айланувчи цилиндрнинг сирти абразив 4 г: 0,5—5 кг/см² солиштирма босимда тегиб туради.



17-7- расм. Анод-механик усулда узиш-кесил ишлов бериш.

Турли қора металл қотишмалари ва қаттиқ қотишмалар ана шу усул билан силлиқланади, бунда ишлов бериш аниқлигининг 1 синф, сиртга ишлов бериш тозаллигининг 10—12 синф бўлишига эришилади.

17-3. ЭЛЕКТРОТЕРМИК УСУЛЛАР

а) Металларни электр пайвандлаш

Металлдан қилинган деталларни пайвандланадиган жойларни қиздириш йўли билан ажралмайдиган бутун қилиб улаш усули пайвандлаш дейилади. Пайвандланадиган жойлар пластик ҳолатгача ёки суюқ ҳолатгача қиздирилади. Ҳозирги замон пайвандлаш усуллари 0,1 дан 250 мм йўгонликдаги металл деталларни мустаҳкам бириктишни таъминлайди. Пайванд қилинган конструкциялар парчинланган конструкциялардан 10—15%, қўйилган конструкциялардан 30—40% енгил бўлади. Пайванд парчинлашни деярли бутунлай сиқиб чиқарди.

б) Учма-уч, нуқтавий ва чокли пайванд

Бу хил пайвандлар учун махсус трансформаторлар қурилади. Бу трансформаторлар 220 ёки 380 в бирламчи кучланиш, 1—12 в иккиламчи кучланиш ва ўн ҳатто юз миңларча ампер пайванд тоқларига мўлжалланган бўлади. Токни созуш учун бирламчи чулғам секцияларга бўлинади, иккиламчи чулғам эса катта кесимли бир-икки мис ёки алюминий ўрамдан иборат бўлиб, улар сув билан совитилиб турилади. Улаш давомлилиги (УМ) 20—30% ларда ҳисобланади.

17-8- расмда учма-уч пайванд машинасининг схемаси кўрсатилган. Бундай пайванд стерженлар, трубалар, темир-бетон арма-

тураларини улашда, асбобсозлик саноатида ва бошқа ҳолларда қўлланилади.

Трансформатор бирламчи чулғамининг секциялари переключателнинг 1, 2, 3, 4 босқичлари билан уланади. Иккиламчи чулғам 5 тутқич 6 ва 7 ларга уланган. Переключателнинг 1 ва 2 контактлари уланганда трансформация коэффициенти энг катта. Иккиламчи чулғам 5 нинг кучланиши энг кичик бўлади. 3 ва 4 контактлар уланганда чулғам 5 нинг кучланиши энг катта. Пайванд қилнадиган буюм 8 махсус тутқичлар 9 билан қисиб қўйилади. Суппорт 10 қўзғалмас, суппорт 11 алоҳида механизм ёрдамида станок плитаси йўналтиргичлари 12 да силжитилиши мумкин.

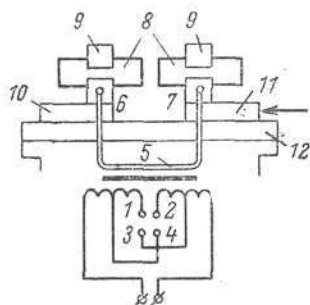
Пайвандланадиган деталлар 8 бирига тиралгач, трансформатор уланади. Деталлар қиздирилади ва зарур температурага эришилгандан сўнг ток узиб қўйилади, деталлар эса сиқилади. Бундай қаршиликли пайванд углеродли пўлатлар ва рангли металллар учун қўлланилади.

Агар дастлаб трансформаторни улаб, сўнг 8 деталлар яқинлаштирилса, уларнинг учлари орасида учкун ҳосил бўлади ва контактлар сиртлари эрийди. Деталларни қисиб туриб, ток узилса, улар пайвандланиб қолади. Бундай суюлтириб пайвандлаш труба-лар, занжирлар, рельслар, асбобларни, легирланган пўлатларни ва турли жинсли металллар: алюминий—мис, пўлат—мис, пўлат—жезни улашда қўлланилади.

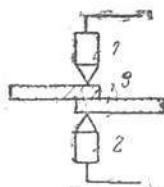
17-9- расмда нуқтавий пайванд схемаси кўрсатилган. Пайванд трансформаторининг иккиламчи чулғамига уланган 1, 2 контактлар орасига пайвандланадиган деталлар 3 айкаш-уйқаш қўйилган (17-9- расм). Нуқтавий пайванд листли, полосали, профилли металлни айрим нуқталарда улаш учун (бутун металл вагонлар, автомашиналар кузовлари ва шу сингариларда) ишлатилади. Бунда мустаҳкам, бироқ герметик бўлмаган боғланиш ҳосил бўлади. Пайванд қилувчи махсус машиналар ҳам мавжуд.

Устки электрод 1 (17-9- расм) кўтарилиши ва туширилиши мумкин. Ток берилганда контакт бўлган жой қаттиқ қизийди; қисилиш жойининг марказида металл пластик ҳолатигача юмшоқланади ва ток узилиб, деталлар босилганда ясиқсимон пайвандланган нуқта ҳосил бўлади. Бир нуқтали машиналар соатига 2000 гача, кўп нуқтали машиналар 10 000 гача нуқта ҳосил қилиши мумкин. Машинани улаш муддати 20—30 %.

Турли металллардан: кам углеродли ва зангламас пўлатдан, жез ва бронзадан, алюминий, нихром, манганин, фехраль, пермаллой,



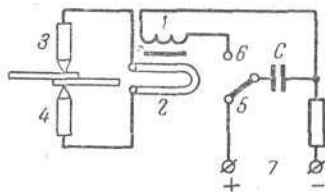
17-8- расм. Учма-уч электр пайванд.



17-9- расм. Нуқтавий электр пайванд.

константан ва шу сингари қотишмалардан қилинган буюмлар конденсаторли пайванд машиналарида нуқтали пайванд қилинади. Бу машиналар приборсозлик, радиотехника, вакуум саноати, нозик буюмлар ишлаб чиқариш ва бошқаларда ишлатилади. 17-10-расмда машина ишлашининг принципиал схемаси кўрсатилган.

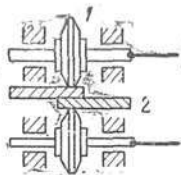
Трансформаторнинг бирламчи 1 чулғами 220 в кучланиш, 50 гц частотали токда ишлайди ва 200—600 га яқин ўрами бор. Иккиламчи 2 чулғам 1—2 ўрамдан иборат ва 3, 4 ишчи контактларга уланган. Переключателнинг дастаси вазият 5 да турганида С конденсатор доимий кучланиш манбаи 7 дан зарядланади. Даста контакт 6 га ўтказилганда конденсатор йиғиб олган энергия трансформатор бирламчи чулғамига ва нихоят, пайвандлаш зонасига импульслаб берилади. Бир нуқтани пайвандлаш учун шу энергия етарли. Машина конденсаторнинг зарядланиш вақтини ва бир нуқтани пайвандлаш учун зарур қувватни автоматик белгилаб туради.



17-10- расм. Конденсаторли нуқтавий пайвандлаш машинасининг схемаси.

Пайвандланувчи металл қалинлиги 0,02 дан 0,5 мм гача, шунингдек, юпқа металл 30 мм қалинликдаги металлга пайванд қилиш ҳам мумкин. Машина 100 вт га яқин қувват сарфлайди ва смена давомида 3000 тача нуқтани пайвандлайди. Конденсаторлар сифimini, трансформатор бирламчи чулғамининг секциялар сонини ва электродларга бериладиган кучланиш катталигини ўзгартириш билан пайвандлаш режимини ўзгартириш мумкин.

Агар электродлар 1 роликлардан иборат бўлса (17-11- расм), чокли ёки роликли пайванд ҳосил бўлади. Бунда роликлар улар орасида ҳаракатланувчи материал 2 га пневматик қисилади. Ишлаш вақтида роликлар сув билан узлуксиз совитиб турилади. Пайвандлаш тезлиги 0,5—0,6 м/мин, улаш мудрати 50 %. Бундай машиналар баклар, трубалар ва бошқа герметик буюмларни роликли пайванд қилишда ишлатилади; кам углеродли пўлат листлари бўлганда қалинлиги 2 мм гача ва зангламайдиган хром никелли пўлат, жез ва алюминий қотишмалар бўлганда қалинлиги 1,5 мм дан ортмаслиги керак.



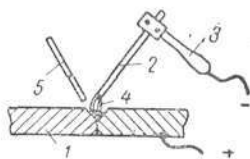
17-11- расм. Чокли (роликли) пайванд.

Контактли машиналарда қалинлиги 0,1 дан 90 мм гача бўлган деталлар пайвандланади.

в) Ёйли электр пайванд

Ёйли электр пайванд усули барча мавжуд усуллар орасида энг кенг тарқалгандир. Бу усулни биринчи марта Н. Н. Бенардос 1882 йилда таклиф қилган эди (17-12- расм). Ёйли электр пайванд ўзгармас ток билан олиб борилади, бунда ток манбаининг мусбат

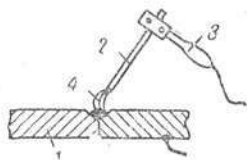
тутқичи пайвандланадиган деталь 1 га, манфий тутқичи эса даста 3 га қисиб қўйилган кўмир электрод 2 га уланади. Диаметри 8—30 мм ва узунлиги 200—300 мм бўлган кўмир электродлар рангли металлларни пайвандлаш, қаттиқ қотишмаларни эритиш, юпқа қалинликларни пайвандлаш, юпқа деворли пўлат бортлар бирикмаларини қўшимча материалсиз улашда қўлланилади. Ёй ҳосил қилиш учун электрод 2 билан буюм 1 ни қисқа туташтириб, сўнг электрод буюмдан ажратилади. Электр ёйи 4 таъсирида деталь ҳошниялари эритилади ва чокка керак бўлганда қўшимча материал 5 эритиб туширилади. Ёй фазосининг температураси 6000 °C га яқин. Ўзгармас ток билан пайвандлашда ёй барқарор ёниши учун деталь ҳамма вақт мусбат (плюс) тутқичга уланади, чунки ёйнинг мусбат қутбида иссиқлик миқдори кўп ажралиб чиқади. Пайвандлаш генераторининг тавсифи 8-21-§ да берилган эди.



17-12- расм. Кўмир электрод билан электр ёй ёрдамида пайвандлаш.

Пайвандчининг кўз ва юзини ёй нурлари ва металл учқунларидан сақлаш учун ультраби-нафша ва инфра қизил нурларни ютувчи махсус ойналар билан таъминланган қалқонлар ва шлёмлар ишлатилади.

Пайвандлашнинг иккинчи усули — металл электрод билан пайвандлашни — Н. Г. Славянов 1888 йилда таклиф қилган. Бу усулда (17-13- расм) бир вақтда асосий металл 1 ҳам, қўшимча материал — электрод 2 ҳам эрийди. Электр ёй воситасида пайвандлаш ишларининг 90% дан ортиғи худди шу усул билан бажарилади.



17-13- расм. Металл электрод билан электр ёй ёрдамида пайвандлаш.

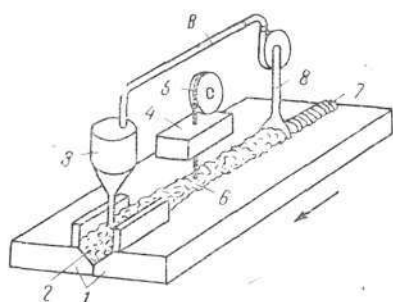
Металл электродлар 1—12 мм диаметрли узунлиги 500 мм гача бўлган металл хивичлар тарзида тайёрланади. Пайвандловчи автоматлар учун электрод сим калавалари кўринишида тайёрланади. Қўлда пайвандлашда электродлар махсус мой билан мойланади. Мойлаш ёй фазасини нонлаштириш, яъни ёйни барқарор ушлаб туриш учун қўлланилади. Бундан ташқари, мойлаш металлни оксидланишдан ва ҳаво азоти билан тўйиниб қолишдан сақлайди, шунингдек турли чўкмалар бериб чокнинг мустаҳкамлигини оширади.

Ўзгарувчан ток ёрдамида пайвандлаш учун махсус трансформаторлар ишлатилади, улар 9-14- § да баён қилинган.

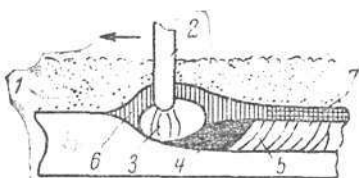
Ёй билан электр пайванд қилиш сифати ва пайвандлаш процессининг унуми бу ишни автоматлаштирганда кескин ортади. 17-14- расмда флюс қатлами остида пайвандловчи автомат схемаси кўрсатилган. Бу автоматнинг барча қурилмалари пайванд қилинадиган деталга нисбатан кўчиб юрувчи тракторга ўрнатилган. Трактор стрелка билан кўрсатилган йўналишда ҳаракатланганда деталарнинг тайёрланган чоки 1 га 3 бункердан автоматик равишда тарашланган флюс 2 берилади. Пайвандлаш учун очиқ сим узатиш

механизми 4 воситасида ғалтак 5 дан бериледи. Пайвандлаш жойи 6 даги флюс қатлами остида ёй ёнади, бунинг натижасида металл билан тўлган чок 7 ҳосил бўлади. Флюсининг ортиқчаси труба 8 орқали яна бункерга сўриб олинади.

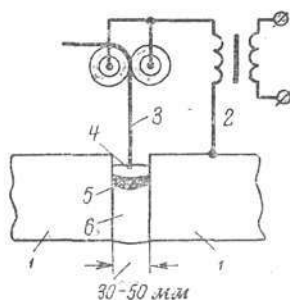
Флюс қатлами остида пайвандлаш процесси 17-15- расмда кўрсатилган. Пайвандланадиган чокка флюс 1 сепилган, у пайванд зонасини ҳаво кислороди ва азотидан ҳимоя қилади ҳамда легирловчи



17-14- расм. Флюс қатлами остида пайвандловчи машинанинг ишлаш схемаси.



17-15- расм. Флюс қатлами остида пайвандлаш.



17-16- расм. Электр-шлак пайванд схемаси.

чўкма беради. Электрод 2 нинг ҳаракатланиш тезлиги 6—32 м/с. Эриган ёй 3 таъсирида металл 4 секин-аста қотади 5, бироқ ҳамма вақт чок суюқ шлак қатлами 6 билан қопланиб туради, бу шлак пайванддан кейин чокни қотиб қолган пўстлоқ 7 шаклида қоплаб қолади.

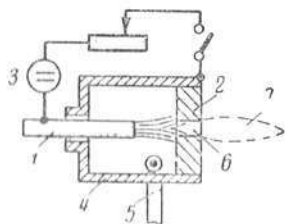
Қатта йўғонликдаги деталларни пайвандлаш учун электршлакли пайванд усулдан фойдаланилади, бу усул Е. О. Патон номи институт томонидан ишлаб чиқилган. Пайванд қилиш схемаси 17-16- расмда кўрсатилган. 400 мм гача йўғонликдаги пайвандланувчи деталлар 1 (прокат станлари, йирик кемалар, юқори босимли пўлат идишларнинг деталлари) орасидаги чок 30—50 мм бўладиган қилиб жойлаштирилади. Бу чокка 50—70 мм қалинликда флюс қатлами сепилади. Трансформатор 2 дан ток ўтказилганда деталлар ва автоматик бериладиган электрод сими 3 орасида флюс эрийди ва температураси 2000° С га яқин бўлган ванна 4 ни ҳосил қилади. Деталлар 1 нинг пайвандланувчи чоклари сирти ҳамда электрод сими эрийди ва флюс қатлами остида металл ванна 5 ҳосил қилади, бу металл ванна аста-секин қотиб чок 6 ни вужудга келтиради. Пайвандлашни деталлар бўйлаб ҳаракатланувчи тракторга ўрнатилган автомат бажаради.

Янги қийин эрувчи, емирлишга чидамли материаллар технологияси одатдаги электр ёйи температурасидан анча юқори температура берадиган янги типдаги горелкалардан

фойдаланишга олиб келди. 15 000° С га яқин температура берувчи плазма горелкалари ана шундай горелкалардан.

Электр ёйида электродлар орасидаги асосий фазо плазма билан тўлган, бу плазмадаги мусбат ва манфий зарядлар сопи тахминан тенг миқдорда. Занф токли кўмир ёйида плазма устунининг температураси 6000—7000° К га етади. Агар ёй қуввати оширилса, температура ортмайди, чунки ёй кесими ортади, ток зичлиги деярли ўзгармайди. Бироқ, агар плазмани тор тешикдан ўтказиш йўли билан қисилса, унинг температураси ортади, плазма горелкаларида ана шу хусусиятдан фойдаланилган.

17-17- расмда плазма горелкасининг принципиал схемаси кўрсатилган. Вольфрам электрод 1 ва сопло кўринишида ясалган мис электрод 2 рубильник ва реостат орқали ўзгармас ток манбаи 3 га уланган. Камера 4 га тангенциал равишда труба 5 орқали газ (аргон) берилади, газ уюрма ҳосил қилиб камера деворлари ва ёй ташқи қатламларини совитади, нагжада ёй қисилади ва қизийди. Газнинг ўзи сопло 6 орқали чиқиб, сопло томонидан қисилган плазма температурасини олади ва горелкадан аланга 7 кўринишида чиқади. Одагда горелкалар камераси сув билан совитилади. Бақувват ўзгармас ток плазмотронларини ташқи характеристикаси кескин пасаювчи бошқарилувчи ион вентиляр блокларини ток билан таъминлайди. $f=50$ гц ли уч фазали ток плазмотронлари ҳам мавжуд.



17-17- расм. Плазма горелкасининг тузилиш принципи.

Плазма оқимининг кўнгина ижобий сифатлари бор. Унинг ёрдамида пайванд қилиш, энг қаттиқ металл ва металлмас материалларни кесиш, қуйиш, рандалаш ишлари олиб борилади; бу ерда плазма оқими ишлагани учун ёй узунлиги иш режимини белгилamayди. Оддий газ усулида кесиш мумкин бўлмаган ҳаддан ташқари қийин эрийдиган металл ва металлмасларни кесишда плазма оқими айниқса қўл келади. Температураси юқори ва эриган материалнинг кесилган жойига газ пуркалганидан одатдаги ёй ва газ билан кесишда зарур бўлган ишлов талаб қилинмайди. Бу усулда кесиш тезлиги бошқа барча усуллардагидан бир неча марта катта. Сув остида қирқинш горелканинг ишлашига халақит бермайди, чунки газ алангаси горелкага сув киришига тўсқинлик қилади. Плазма горелкалар кўпинча ҳар қандай сиртга, жумладан пластмасса ва графитга ҳам, оловга қарши қатламлар беришда ишлатилади. Қандай иш қилинишига қараб ёй токи кучланиши 20 дан 80 в гача бўлганда 30 дан 450 а гача ўзгаради.

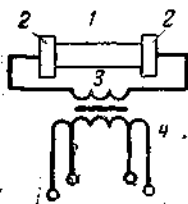
г) Электр билан қизитиш

Фаннинг электр энергияни иссиқлик энергиясига айлантириш усулларини ўрганадиган соҳаси э л е к т р о т е р м и я деб аталади. Электротермия саноатда кенг қўлланади. Юқори температурага ва

агрессив муҳитга чидамли юқори сифатли пўлат ва қотишмалар ишлаб чиқариш ферроқотишмалар, алоҳида соф металллар ва чала ўтказгичлар ишлаб чиқариш фақат электротермик усулларда олиб борилади. Бу усуллар билан кальций карбид, синтетик спирт ва бошқа химиявий маҳсулотлар, юқори оловга чидамли керамика ишлаб чиқарилади, металлмаслар қурилади ва ҳоказо. Электр энергияни ишлаб чиқариш ва узатишда бўладиган барча исрофларни ҳисобга олганда электротермик қурилмаларнинг фойдали иш коэффициенти 8—18 % бўлади. Шу сабабли улар бошқа қурилмалар етарли эффект бермайдиган жойлардагина қўлланилади.

д) Қаршилик ёрдамида электр билан бевосита қизитиш

17-18- расмда металл деталь 1 ни қизитиш схемаси берилган. Деталь трансформаторнинг иккиламчи чулғами 3 га уланган ҳамда сув билан совитиладиган контактлар 2 га қисиб қўйилган. Қизитиш даражасини ростлаб туриш учун трансформаторнинг бирламчи чулғами 4 секцияларга бўлинган.



17-18- расм. Қаршилик билан бевосита электрик қизитиш.

17-19- расмда детални электролитда қизитиш қурилмаси кўрсатилган. Деталь 1 ўзгармас ток манбаининг манфий тутқичига уланган ва катод бўлиб хизмат қилади, ваннанинг корпуси 2 мусбат қутбга уланади. Ванна ишқорларнинг ёки ишқорли тузлар (Na_2CO_3 , MgCl_2 ва бошқалар) нинг сувдаги эритмаси билан тўлдирилган. Ток зичлиги $\Delta \approx 4 \div 16 \text{ а/см}^2$ бўлганда ва 200—250 в ишчи кучланишда деталнинг электролитга ботирилган қисмининг сирти тезда 800—1200° С температурагача қизийди. Қизиш деталнинг электролитга ботирилган қисми атро-

фида газ муҳит 3 даги реакциялар ва деталь билан электролит орасида бўладиган учқун разрядлар ҳисобига бўлади.

Бироқ, қурилма тажрибада диққат билан созилангандан кейингина процесс аниқ бир хил операциялар учун барқарор бўлади. Бир турли деталларни оммавий ишлаб чиқаришда бу нарса қийинчилик туғдирмайди ва ишлаб чиқаришни автоматлаштиришга имкон беради. Бунда юқори кучланишлардан фойдаланилиши ва ишлайдиган кишилар ҳаёти учун хавфли бўлганидан автоматлаштириш жуда ҳам муҳим.

Агар ток зичлиги кичик танланган, шунингдек, ишчи кучланиш учқун ҳосил бўлиши учун зарур бўлган потенциаллар фарқидан кичик бўлса, бу процесс амалга ошмайди ва энергия электролизга сарф бўлади. Ток зичлиги юқори бўлганда процесс барқарор бормайди.

Қора металллар ва қотишмалар, графитлар ва карбидларга шу йўл билан ишлов берилади. Қиздиришда қизийётган сирт оксидланмайди, ишлов беришнинг дасталабки аниқлиги ва софлиги сақланади. Қиздиришдан иссиқ механик ишлов беришда, термик ишлов бериш.

да, сим ва нозик буюмларни ярқироқ юмшатилш, металл-керамика буюмларни пресслаш ва кавшарлашда фойдаланилади.

Буюмларни тоблаш учун ҳам электролитда қиздиришдан фойдаланилади. Деталь 1 (17-19- расм) 5% ли Na_2CO_3 эритмасига ботирилади ва бу эритмадан 220—380 в кучланишли ток ўтказилади. Деталь атрофида ҳосил бўладиган водород пардасининг қаршилиги жуда юқори бўлиб тезда 1800—2000° С гача қизиб, бир неча секунд ичида деталь 1 сиртини тоблаш температурасигача қиздириб юборади. Детални токни ўчириб ўша электролитнинг ўзида тобланади ёки тоблаш бакига солиб қўйилади.

Электроконтакт йўли билан ишлов бериш асбоб-ускуналарининг соддалиги билан унча нозик бўлмаган операциялар қўймани айтиш, сиртларни тозалашларда ўзининг юқори унумдорлиги ва эффективлиги билан ажралиб туради. Бундан ташқари, электроконтакт йўли билан чархлаш, фрезерлаш, қирқиш, тозалаш ва бошқа ишларни бажариш мумкин.

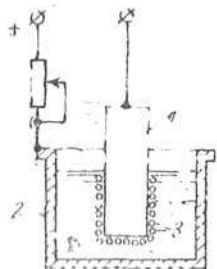
17-20- расмда электроконтакт йўли билан чархлашнинг намунавий схемаси кўрсатилган. Деталь 1 токарлик станогига ўрнатилган, планшайба 3 нинг контакт мосламаси 2 га ва кескич 4 га пасайтирувчи трансформатор 5 дан кучланиш берилган. Кескичнинг тутқичи 6 сув билан совитиб турилади.

Бу усулда ишлов бериш процессининг моҳияти шундан иборатки, бунда контакт жойида ажралган иссиқлик туфайли юмшаган ёки эриган металл одатдагича чархлангандагидан анча осон едирилади. Ток зичлиги, кучланиш, чархлаш тезлиги, босим, муҳит (ҳаво, сув) сингари асосий параметрлар ўз катталигига эга ва ҳар бир ҳол учун тажриба йўли билан танланади. Бу усулда ўзгарувчан токдан фойдаланишнинг мумкинлиги унинг катта афзаллигидир.

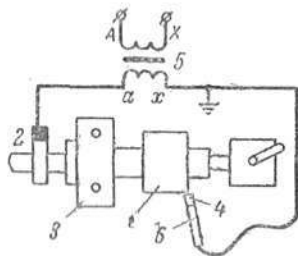
Салт юришда иккиламчи кучланиш $U_2 = 2 \div 6$ в, деталь билан кескич орасидаги ишчи кучланиш $U_n = 0,1 \div 3$ в. Қисқа туташув токи 300 дан 2000 а гача, ишчи ток эса 100 дан 1200 а гача ўзгариб туради. Ток зичлиги 5—200 а/мм².

е) Қаршилиқ ёрдамида электр билан билвосита қизитиш

Бу усулда ток махсус қизитиш элементларига берилади, бутун курилма эса қаршилиқли электр печи дёб юритилади. 17-21- расмда бундай печлардан биттасининг тузилиши кўрсатилган.

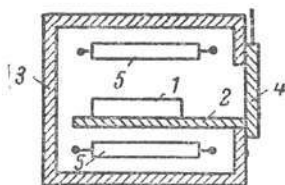


17-19- расм. Электролитда қизитиш.

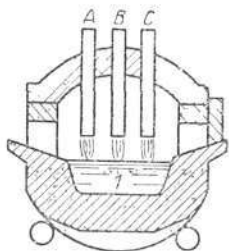


17-20- расм. Электроконтакт чархлаш схемаси.

Қиздириладиган буюм 1 иссиқликни изоляция қилувчи камера 3 нинг тахтачаси 2 устига қўйилган, камера эшикча 4 билан беркитиб қўйилади. Камера қиздиргичлар 5 билан қизитилади. Камера футеровкаси иссиқликнинг ташқи муҳитга сарфланишини камайтиради ва ўзи қизиб, деталнинг ҳам бир текис қизишига ёрдам беради. 1000—1200° С температураларга мўлжалланган печларда 5 нинг элементлари нихромдан ёки темир-хром-алюминий қотишмалардан қилинади; 1200—1350° С температуралар учун мўлжалланган печларда карборунддан қилинган иситиш элементлари ёки эритилган тузлар ишла-



17-21- расм. Электр қаршилик печи.



17-22- расм. Электр ёйи печи.

тилади. Бундан ҳам юқори температураларда (вакуумда ёки бошқа ҳимоя муҳитида) графит, молибден, вольфрамдан фойдаланилади.

Инфрақизил нурлар билан ҳам билвосита қиздириш мумкин. Бунда қизиган ўтказгич энергиясининг қўп қисми инфрақизил нурлар кўринишида нурланади. Бундай қурилмалар учун йўналишли махсус инфрақизил нурланиш лампалари ишлатилади. Бу усул озىқ-овқат саноатида иситиш, қуритиш ва пиширишда қўлланилади. Қиздириш температураси 200—300° С дан ошмайди, тежамлилиги кам.

ж) Электр ёйи билан қизитиш

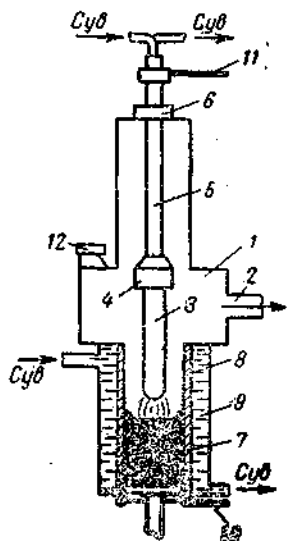
Металлни эритиш учун электр ёйи ишлатиладиган қурилмалар электр ёйи печлари деб юритилади. Бевосита ишловчи уч фазали ток печлари кенг тарқалган, бу печларда ёй электродлар ва эритиладиган металл орасида туташтирилади (17-22- расм). Учта графит электрод A, B, C махсус трансформатор (печь трансформатори) нинг иккламчи чулғамига уланади. Ёйлар электродлар ва эритиладиган металл 1 орасида ёнади. Температура электродларни бир йўла автоматик тушириш ёки кўтариш, шунингдек, трансформатор бирламчи чулғами секцияларини ўзгартириш йўли билан ростлаб турилади. Токни чеклаш учун трансформатор билан кетма-кет реактор уланади. Катта унумли (соатига 50—60 т пўлат эритувчи) печлар 40000 кВт, ўртача унумли (3—5 т/с) печлар эса 1000—4000 кВт қувват сарфлайди.

Графит электродлар ўрнига плазма горелкалари ишлатилиши мумкин (17-17-расмга қаранг). Бу ҳолда печ герметик қилинади ва рафинланган мисдан тортиб титан, цирконий, молибден сингари қийин эрийдиган металлларча, в.ушунгдек, карбидларни ҳам эритиш мумкин. Бундай печларда плазма алағаси материалнинг бу алағга билан тегиб турувчи юқори қатламларини тезда эритади, у ўзининг асосий массаси билан футеровкани эришдан сақлаб туради ва бу эриётган маҳсулотларнинг юксак даражада тоза бўлишга имкон беради. Иккинчи газ ўрнида аргон ишлатилади.

3) Ёйли вакуум печлари

Ҳозирги замон техникасини ўта мустаҳкам, иссиққа чидамли, химиявий муҳит билан ўзаро таъсири заиф бўлган материаллар ва қотишмаларсиз тасаввур қилиб бўлмайди. Қотишмаларнинг асосий компонентлари никель, титан, молибден, цирконий кабилардир. Эритиладиган металл қийин эрувчан (молибден, вольфрам) ёки ҳатто, тигелда эритилганда тигель materiali билан эритилаётган металлнинг ўзаро таъсири туфайли кераклича тоза металл олиб бўлмайдиган ҳолларда одатдаги эритиш усулларида фойдаланиш мумкин эмас. Шу сабабли ёй вакуум печлари пайдо бўлди, уларнинг схематик тузилиши 17-23-расмда кўрсатилган.

Печнинг зангламайдиган пўлатдан қилинган корпуси 1 патрубк 2 орқали вакуум насосга уланган, насос печда вакуумни $1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-3}$ мм с.м. устунида олиб туради. Эритилиши керак бўлган металл электрод 3 кўринишида электрод тутқич 4 ёрдамида вакуум сақлагич 6 орқали ўтган сув билан совитилувчи шток 5 га осиб қўйилган. Эрувчи, металл 7 сув 9 воситасида совитиладиган мис кристаллизатор 8 да совийди. Кристаллизатор ва эритилаётган электродга 10 ва 11 ток ўтказувчи симлар орқали ток берилади. Процесснинг бориши 12 оптик қурилма (тирқиш) орқали кузатиб борилади.



17-23- расм. Ёй вакуум печи.

Печлар асосан ўзгармас ток билан ишлайди. Бу ҳолда генераторнинг иккита: мустақил (м) ва параллел (п) уйғотиш чулғами бўлади, уларнинг магнитловчи кучлари ўзаро $F_m = 30\% F_n$ нисбатда бўлиб, бунда ташқи характеристика тик пастловчи бўлади (8-21-§ га қаранг). Ток 20 000 — 40 000 а бўлганда салт ишлаш кучланиши 40 в. ёй кучланиши 36 — 37 в. Кучланишни доимий тутиш, бинобарин, эритманинг сифатли бўлишини таъминлаш учун автоматик ростлагичлар ишлатилади.

Печларни ўзгарувчан ток билан ишлатиш учун $U_m = 45 \div 53$ в, салт ишлаш кучланиши 80 в бўлган трансформаторлардан фойдаланилади, бунда бирламчи кучланиш $U_1 = 220, 380$ в, $\eta = 0,87 \div 0,89$ ва $\cos\varphi = 0,62 \div 0,64$.

Вакуум 0,1 — 1 мм с.м. устунигача тушганда печда электрик ҳажмли заряд пайдо бўлади; ёй кристаллизаторга уриб кетиб, уни қуйдириб юборади. Печнинг филофида сув буғи билан қалдироқ газ аралашмаси ҳосил бўлиб, печь портлаб кетади. Шу сабабли печь масофадан туриб бошқарилади, улар темир-бетон деворлар билар тўсилади, кристаллизатор эса цех поли сатҳидан паст қилиб жойлаштирилади. Печни бошқаришнинг қийинлиги ва эритмалар сифатида нуқсонларнинг бўлиши эритишнинг янги технологиясини қидиришга ундади ва у топилди. Бу электрон-нур ёрдамида эритиш усулидир.

и) Электрон-нур ёрдамида эритиш қурилмалари

Электрон-нур ёрдамида эритишда ишлаш мутлақо хавфсиз бўлишидан ташқари бу усулда эритилган металллар бошқа усулларда эритилганидан тоза бўлади. Ниобий ва тантал эритилганда улар таркибидаги кислород, азот ва водород юзлаб марта камаяди. Хона ҳароратида дастлаб мўрт бўлган бу металлларни эритиб, улардан юпқа фольга прокат қилиш мумкин бўлади. Темир, никель, мис ва уларнинг қотишмалари эритилганда улар қўргошин, қалайи, рух, висмут аралашмаларидан ва газсимон аралашмалардан батамом тозаланади. Электрон-нур ёрдамида эритиш (бу эса ассан буғлатиш деган сўздир) нисбатан жуда тежамли ва металлни ихчам қилиб қайта эритиш, чиқиндиларини эса қиринди ва бўлакчалар тарзида олишга имкон беради. Бунда газсимон ҳолатда аралаштиришга имкон бўлганидан батамом янги қотишмалар олиш мумкин. Бундан ташқари, вакуумда буғлатилган металлдан микроэлектроника ва энг янги ҳисоблаш қурилмалари учун мономолекуляр металл плёнкалар олиш имконини беради.

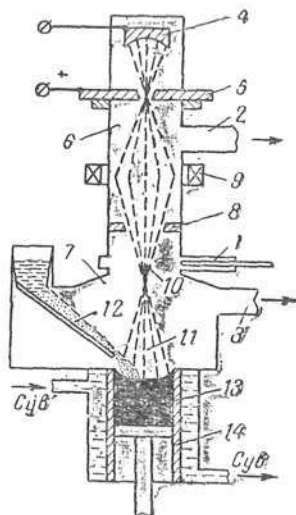
Қурилманинг ишлаш принципи қуйидагича. Электрон лампадаги сингари (13- бобга қаранг) қиздириш катоди электронлар эмметтирлайди. Бу электронлар $3 \div 35$ кВ тартибида доимий кучланиш берилган электродлар орасида ҳосил қилинган электр майдонига киради. Бу майдонда электронлар тезлашади ва кинетик энергия жамгаради. Агар электронлар йўлига металл бўлаги ёки зарраси тушиб қолса, электронлар уларга урилиб ўзларининг кинетик энергиясини беради ва уларни эритади ёки буғга айлантиради. Электронларни эмметтирлайдиган ва тезлатадиган қурилма электрон пушка деб аталади (12-15- § га қаранг). Эритган металл кристаллизаторга тушади ва у ерда совийди. Бундай ҳодиса одатдаги электрон лампада ҳам учрайди. Унда электрон анодга етиб уни қиздиради. Бироқ у ерда аноднинг эриб кетиши лампанинг бузилишига олиб келган бўлур эди.

17-24- расмда электрон-нур ёрдамида эритиш қурилмасининг принципиал схемаси кўрсатилган. Қурилманинг зангламайдиган пўлатдан қилинган ғилофи икки: бўлувчи шибер 1 устидаги устки камера 6 ва пастки камера 7 дан иборат. Камераларнинг мустақил дам бериш йўллари 2 ва 3 бўлиб, улар ёрдамида вакуум $1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-4}$ мм *с.м.* устунида сақлаб турилади. Катод 4 ва анод 5 орасида 30 — 35 кВ тартибда, тезлаштирувчи кучланиш ҳосил қилинади. Бу кучланиш кўприк схема асосида йиғилган селенли ёки кремнийли тўғрилгичларга кетма-кет уланган трансформатордан олинади. Вольфрам ёки танталдан қилинган қийин эрувчи катод 4 электронлар бомбардировкаси орқали билвосита қиздирилади (схемаси расмда кўрсатилмаган). Шундай қилиб устки камера 6 электрон тўпига эга.

Тезлатувчи кучланиш 30 — 35 кВ бўлганда пушканинг қуввати 200—250 кВт га етади. Эритиш камерасининг қувватини ошириш зарур бўлганда камера 7 га 2, 3, 4 ва ундан ҳам кўпроқ пушка қўйилади ва уларнинг ҳар бири сув билан совитиб турилади. Юқорида кўрсатилган кучланишда тезлатувчи электрод 5 га электронларнинг жуда кам миқдори тушади, электронларнинг қолган асосий қисми бўлиш диафрагмаси 8 орқали эритиш камераси 7 га ўтувчи кучли оқим ҳосил қилади. Бу диафрагма шундай қурилганки, электронларнинг ўтишига тўсқинлик қилмагани ҳолда, эритувчи камера 7 дан электрон тўпли камера 6 га газларнинг ўтишига тўсқинлик қилади. Қисқа ғалтак (соленоид) 9 нинг ташқи магнитопроводи бўлиб, электрон-нур 10 нинг диафрагма 8 дан ўтказиш, шунингдек, уни эриш зонаси 11 да кераклича фокуслашга хизмат қилади. Зарур бўлганда электрон-нурни эритилаётган объектда кескин фокуслаш мумкин.

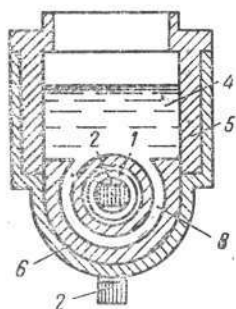
Эритиладиган материал 12 кукунланган (ёки бошқа қурилмада эритилган) ҳолда эритиш зонаси 11 га берилади, бу ерда электрон билан эритилиб, сув билан совитиладиган кристаллизатор 14 да қуйма 13 га айлантирилади. Эритиш тугагач, қуйма вакуумда совитилади ва махсус механизм ёрдамида эритиш камераси 7 дан юклаш камерасига тортиб олинади. Юклаш вақтида электрон тўпли камера эритиш камерасидан бўлиш шибери 1 билан ажратилади.

Совет олимлари электрон-нур ёрдамида эритишнинг юқорида кўрсатилганидан мукамалроқ қурилмаларини яратганлар.



17-24- расм. Электрон-нур ёрдамида эритиш қурилмаси.

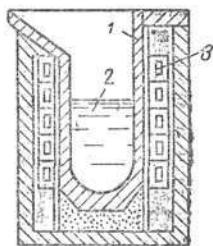
Индукцион қиздириш усулларида ўзгарувчан токдан фойдаланилади ва барча қурилмалар пўлат ўзакли ёки пўлат ўзаксиз трансформаторлар принципида ишлайди. 17-25-расмда пўлат ўзакли электр индукция печи кўрсатилган. 50 гц частотадаги ўзгарувчан ток пўлат магнитопровод 2 даги бирламчи чулғам 1 га берилади. Канал 3 даги эриган металл иккиламчи чулғам бўлиб



17-25-расм. Пўлат ўзакли индукция электр печи.

хизмат қилади. Металл солинадиган шахта 4 ўтга чидамли футеровка 5 билан қопланади. Канал 3 ўтга чидамли тош 6 га эга. Электродинамик кучлар туфайли каналда ҳосил бўладиган металл циркуляцияси шахта 4 га узатилади. Эриган металл вақт-вақти билан унинг бир қисми канал 3 да қолади-ган қилиб тушириб турилади. Печь узлуксиз ишлатилиши, печь тўхтатилган вақтда унинг каналдаги ҳамма металл тўкилиши лозим. Қурилманинг фойдали иш коэффициенти 0,85, $\cos \varphi = 0,6 \div 0,7$. Рангли металллар ва уларнинг қотишмаларини эритиш учун бундай печлар энг яхшиларидан ҳисобланади.

17-26-расмда пўлат ўзаксиз индукция печининг тузилиши кўрсатилган. Металл 2 эрийдиган тигель 1 оқма сув билан совитиладиган мис найчалар ўрайдиган иборат бирламчи чулғам 3 билан ўралган. Тигелнинг шихтаси 2 бирламчи чулғам магнит оқимлари ҳосил қиладиган уюрма токлар таъсирида эрийди. Пўлат ўзак бўлмаганидан, система учун зарур бўлган магнит боғланишни юқори (500 ÷ 2500 гц) частота-ли, ёки юксак ($10^5 \div 10^6$ гц) частотали токлар билангина ҳосил қилиш мумкин. Биринчи ҳолда ток машина генераторлардан, иккинчи ҳолда эса лампа генераторлардан оли-нади.



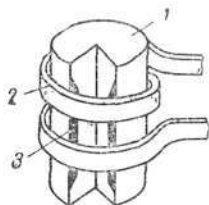
17-26-расм. Пўлат ўзаксиз индукцион печь.

Бундай печлар тигелларининг сизими бир неча куб сантиметрдан бир куб метргача; бу печларасосан пўлат эритишда ишлатилади.

Уларда эритиш процесси вакуумда амалга оширилиши мумкин ва металл қуюндисиз юқори сифатли материаллар олинади, фойдали иш коэффициенти 0,8 ÷ 0,9 гача. Бу печларнинг қувват коэффициенти жуда кичик ($\cos \varphi \approx 0,3$), шу сабабли бу коэффициентни яхшилаш воситаларидан фойдаланишни тақозо қилади.

Саноатда юксак частотали индукция токларни воситасида сиртки тоблаш усули кенг қўлланилади. 17-27-расмда сиртки тобланиши керак бўлган цилиндрик деталь 1 кўрсатилган. Сув билан

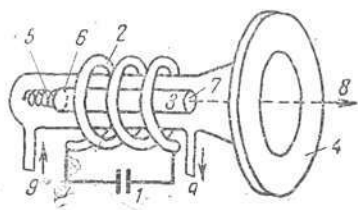
совитиладиган мис найдан ясалган спираль чулгам 2 бўйлаб генераторидан олинадиган паст кучланишли катта қийматли юқори частотали ток ўтказилади. Бу ток металлнинг сиртки қатламида уюрма тоқлар ҳосил қилади. бу уюрма тоқлар қатлам 3 ни $3 \div 5$ секунд ичида тобланиш температурасигача қиздириб юборади. Катта буюмларни тобланишда 500 — 15000 гц частотада 100 — 500 кВт қувват билан ишлайдиган машина генераторларидан фойдаланилади. 100 000 гц дан юқори частотадаги лампали генераторлар 30 мм дан кичик диаметрли деталлар учун ишлатилади. 200 мм дан катта диаметрли деталлар 50 гц саноат частотасидаги ток билан тобланади. Қурилманинг $\cos \phi$ сини яхшилаш учун конденсаторлар ишлатилади.



17-27- расм. Индуктор ёрдамида сиртки тоблаш схемаси.

л) Материалларга когерент ёруғлик нури билан ишлов бериш

Ҳозирги замон ўта қаттиқ ва иссиққа чидамли материалларидан уларга ишлов беришнинг мутлақо янги усулларини яратмасдан фойдаланиш ақлга сиғмайди. Бу усуллар, масалан микроэлектроника ва энг янги ҳисоблаш қурилмалари учун ўлчами бир квадрат миллиметр бўлган микроқаршиликли, микроконденсаторли, транзисторли, диодли юпқа пардалан кўп қатламли схемалар ва бошқа шу сингари элементлар яратишга, секунднинг ўндан бир қисмида вольтфрамда ва олмосда деаметри бир неча микрон бўлган тешиқлар пармалашга ва ҳоказоларга имкон беради.



17-28- расм. Квант генератори (лазер) схемаси.

Қўйида ўта қаттиқ материаллар: металллар, қотишмалар, олмослар ва бошқаларнинг ҳозирги замон технологияси турларидан бири тўғрисида умумий тушунча берилади; бу 17-28- расмда кўрсатилган квант генератори (лазер) нури ёрдамида ишлов беришдир.

Импульс берувчи манба 1 дан неон ва криптон аралашмаси билан тўлдирилган ҳамда яшил ёруғлик берувчи чақнаш лампаси 2 га энергия берилади.

Ёруғлик импульси диаметри бир сантиметрга, узунлиги эса бир неча сантиметрга яқин бўлган рубин стержень 3 нинг хром атомларини қўзғатади.

Рубин тутқич 4 га жойлаштирилган бўлиб, пружина 5 га таянади ва найча 9 орқали газ билан совитилади. Рубиннинг учи 6 кўзгусимон кумушланган, охири 7 эса ярим шаффоф кумушланган.

Ёруғлик чақнашида юқорироқ энергия сатҳига (1-8-§) ўтказилган хром атомлари ёруғлик импульсидан сўнг дастлабки энергия

сатҳига қайтиши мумкин, бунда улар нур энергия порцияси (кванти) ни нурлатади. Бунда рубин Москва Кремлининг рубин юлдузларида кузатиладиганига ўхшаш қизил нурланади.

Бироқ лазер шундай тузилганки, бунда хром атомларининг дастлабки энергия сатҳига ўтиши мажбуран, фаза жиҳатидан мувофиқ (когерент) ҳолда бўлади. Бунинг сабаби қуйидагича.

Хром атомларининг электронлари юқори энергия сатҳида анча узоқ муддат — секунднинг мингдан бир улуши давомида ушланиб қолиши мумкин. Катта қувватли чақнаш лампаси 2 хром атомларининг ярмидан кўпини қўзғатилган ҳолатга ўтказиши учун шу вақтнинг ўзи етарли. Сўнгра агар рубин кучсиз қизил нур билан ёритилса, хром атомлари ёруғлик энергия квантлари нурлаб қуйи энергия сатҳига ўта бошлайди. Ёруғлик тўлқинлари рубин ўқи бўйлаб тарқалиб, рубиннинг кумушланган кесим учларидан кўп марта-лаб қайтади ва тобора янги атомларни қўзғатаверади. Рубиннинг кесим учлари орасида ёруғлик энергияси кўчкисимон орта боради ва маълум моментда ярим кумушланган учидан кўзни олувчи нур 8 тарзида чиқади (17-29-расм).

Рубин лазер ёруғлик импульсларини 0,7 нс тўлқинда нурлайди. Импульснинг давомчилиги 0,001 сек га яқин, импульслар орасидаги муддат бир неча микросекунд. Лампа 2 нинг бир чақнаши давомида бир неча юз қизил нур импульслари ўтади. Лазер нурининг ёрқинлиги куёш нурининг ёрқинлигидан айни бир жисмоний бурчак остида миллион марта кучли ва уни кескин фокуслаш мумкин. Лазер нурининг солиштирма қуввати жуда катта, у ўз йўлида учраган буюмларни бир онда қиздиради ва эритиб юборади. Лазер нури билан (одатдаги асбоблар билан қилиб бўлмаган ҳолларда) минутига ўнлаб тешиклар пармалаш, қийин эрийдиган металлларни эритиб, металл ва керамикага суртишга имкон беради. Бу ишларнинг ҳаммаси ҳавода, газларда, вакуумда бажарилиши мумкин. Совет инжнерлари томонидан оптик квант генераторлари билан таъминланган программа бўйича бошқариладиган станоклар яратилган.

Совет олимлари Н. Г. Басов ва А. М. Прохоров квант электроникасига доир ишлари учун 1959 йилда Ленин мукофоти ва 1964 йилда Нобель мукофоти сазовор бўлдилар.

м) Диэлектрикларни қиздириш

Диэлектрикда ҳам электр энергиясини иссиқлик энергиясига айлантириш мумкин, бунинг учун диэлектрикни юқори частотали электр майдонига жойлаштириш керак. Диэлектрикдаги исрофлар қуввати

$$P = 2 \pi f C U_c^2 \operatorname{tg} \delta,$$

бунда C — электродлар ва диэлектрикдан ҳосил бўлган конденсаторнинг сифими, $\operatorname{tg} \delta$ — диэлектрик исрофининг бурчак тангенс бўлиб, қизишдаги актив токнинг реактив токка нисбатига тенг, U_c конденсатор қопламаларидаги кучланиш.

Қурилмаларга ток Г-450, Г-431 ва шунга ўхшаш қувватли триод лампа генераторларидан берилади (13-13-§). Қувватни ошириш учун бир неча бир хил триод параллел уланади. Майдон кучланиши ва частотаси ортганда P қувват ортади, демак, қизиш ҳам кучаяди. Бироқ кучланишни жуда оширишда қатор техник қийинчиликларга дуч келинади, шунинг учун одатда частотани (амалда 100 $кГц$ дан 100 $МГц$ гача) орттирилади. Майдон кучланганлиги сантиметрига бир неча вольтдан 2,5 $кВ$ гача ўзгариши мумкин. Диэлектрикларни қизитишдан пластикатларни пайвандлаш, пресс-кукуларни қиздириш, ёғоч ва конденсатор қоғозини қуриштириш, озиқ-овқат маҳсулотларини стерилизация қилишда фойдаланилади.

17-4. ЭЛЕКТР ЭРОЗИЯ ЙЎЛИ БИЛАН ИШЛОВ БЕРИШ

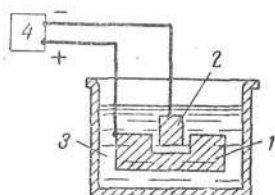
Электр эрозия йўли билан ишлов бериш усули юқорида баён қилинган усуллардан бутунлай фарқ қилади. Бу усул ток ўтказувчи барча материалларга, айниқса юқори ва ўта юқори қаттиқликдаги материалларга қўлланилади. Бу усулнинг қўлланиш диапозони жуда кенг — чанглатгичларда тешиқлар очишдан тортиб, то қуйма штамплар тайёрлашгача шу усулдан фойдаланилади. Бу усулдан турли-туман коваклар ва тешиқлар очишда айниқса кенг фойдаланилади.

Электр эрозия усули ишлатиладиган ҳамма ҳолларда эрозия ҳосил қилинади, яъни ишлов берилаётган сирт электр разрядлар таъсирида емирилади. Бунда бериладиган энергия ишлов бериш зонасига электродлар орқали импульслар тарзида келади; электродлар диэлектрик муҳит билан ажратилган бўлади. Электродлар оралиғида энергиянинг бўлиниши электродлар орасидаги масофага боғлиқ. Электр разряднинг деярли ҳамма энергияси электродлар сиртида ажралиши учун уларнинг узоқлиги 3—5 микрометр бўлиши керак. Электродларнинг емирилиши бир хил бўлмайди. Улар орасидаги потенциаллар фарқи 20 $В$ дан кам бўлганида анод тезроқ емирилади, потенциаллар фарқи 40 $В$ дан ортиқ бўлганида катод тезроқ емирилади.

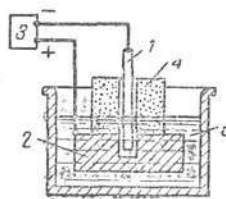
Ягона (импульсли) разрядда ишлов берилаётган сиртда чиқариб ташланган металл ўйиғи ҳосил бўлади, унинг диаметри металлнинг физик хоссалари (ионизация потенциали, атом оғирлиги) га боғлиқ бўлади, чуқурлиги эса металлнинг иссиқлик-физик хоссаларига боғлиқ бўлади. Маълум ўлчамли ишлов бериш учун берилаётган энергия импульслари давомлилиги қисқа (300 — 10 $мксек$) бўлиши ва 400 — 35 000 $имп/сек$ частотада берилиши, буюмнинг импульс бериладиган соҳаси эса кичик бўлиши керак. Энергия импульслари махсус импульс генераторларидан берилади, у генераторларнинг баъни бу китоб доирасига кирмайди.

17-29-расмда электр эрозия (электр учқун) усули билан ковак ва тешиқлар очиш схемаси кўрсатилган. Буюм-анод 1 ва асбоб-катод 2 орасида диэлектрик муҳит (минерал мой) 3 да импульсли учқун разрядлар ҳосил бўлади. Разрядлар таъсирида емирилиш ҳо-

сил бўлади, хусусан ихтиёрий бирор металл ёки қотишмадан қилинган анод емирилади. Катод одатда мис, жез, металлографит, алюминий қотишмаларидан қилинади. Тешик ёки ковакнинг шакли ҳамда ўлчамлари катод асбобнинг шакли ва ўлчамларига мос бўлади, бу керакли ўлчамларда ишлов беришда кенг қўлланилади. Ишлов берилаётган деталнинг катталигига боғлиқ равишда энергия импульслари $0,05—300$ ж дан ва махсус генератор 4 дан берилади. Қурилманинг ишчи кучланиши $70—160$ в, ишчи ток $1—55$ а. Ишлов бериш аниқлиги синфи 3—5, тозалик синфи 3—6.



17-29- расм. Электро эрозия усулида тешиклар очиш схемаси.



17-30- расм. Электр учқуни билан кичик тешиклар очиш.

17-30-расмда электр учқуни билан кичик ($d = 0,1 \div 0,15$ мм) тешиклар очиш кўрсатилган. Ишлаш схемаси ва принципи худди аввалгига ўхшаш. Катод жез сим 1 дан қилинган ва тешик 2 очиладиган анод импульслар генератори 3 га уланган, бу генератор $0,3 \cdot 10^{-2} \div 0,4 \cdot 10^{-3}$ ж энергияли импульслар беради. Катоднинг диаметри жуда кичик бўлгани учун унинг қаттиқ бўлишини таъминлаш мақсадида изоляция материалдан қилинган йўналтирувчи кондуктор 4 орасидан ўтказилган. Ванна минерал ёғ 5 билан тўлдирилган. Катодга махсус мослама ёрдамида тешик очиш йўналишида $0,15—0,3$ мм амплитудали вибрация берилади. Қурилманинг ишчи кучланиши $U_{и} = 70 \div 200$ в, ишчи токи $I_{и} = 0,05 \div 0,4$ а.

Ишлов бериш аниқлиги синфи 1—2, тозалик синфи 6—7.

17-5. УЛЬТРАТОВУШ ЁРДАМИДА ИШЛОВ БЕРИШ

16000 гц ва ундан юқори частотали эластик механик тебранишлар мавжуд бўлганда химиявий энергия, электр ёки механик энергия ёрдамида ишлов бериш ультратовуш ёрдамида ишлов бериш дейилади. Ультратовуш тебранишлардан химиявий ёки электрохимиявий процессларни жадаллаштириш ёки механик тебранишларни ишлов бериш зонасига узатиш воситаси сифатида фойдаланилади. Қаттиқ ва мўрт материалларга ўлчамли ишлов бериш, сиртлар ва суюқликларни тозалаш, осон оксидланувчи сиртларни кавшарлаш ва силлиқлаш сингари операцияларда ультратовуш усули кенг қўлланилади.

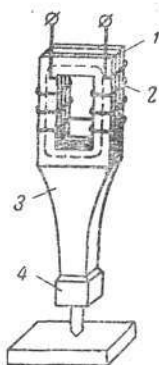
Ультратовуш манбалари сифатида механик ва электр қурилмаларидан фойдаланилади. Қуйида биз ана шуларни қараб чиқамиз. Электр қурилмаларда электр тебранишлари пьезоэлектрик ва магнитострикцион ўзгартиргичлар ёрдамида механик-ультратовуш тебранишларига айлантирилади. Юқорида эслатиб ўтганимиздек, электр майдонига жойлаштирилган кварц пластинка ўз ўлчамларини ўзгатириш қобилиятига эга. Батъзи ферромагнит материаллар (никель ва никель-рух ферритлари) ҳам магнит майдонига жойлаштирилганда шундай қобилиятга эга бўлади. Бу ҳодиса магнитострукция дейилади ва ундан магнитострикцион ультратовуш қурилмаларида фойдаланилади.

17-31-расмда магнитострикцион вибраторнинг соддалаштирилган схемаси кўрсатилган. Феррит пакет-магнитопровод 1 нинг махсус генератордан $f = 16 \div 25$ кГц частотали ток олувчи чулғами 2 бор. Пакет корпусга маҳкамланади (корпус расмда кўрсатилмаган) ва сув билан совитилади. Тебранишлар амплитудасини зарур катталиққа (10—100 мк) орттириш учун пакет тебранишлар трансформаторлари 3 га механик уланган. Трансформаторнинг чекловчи сиртлари экспоненциал эгри чизик бўйича ясалган. Трансформаторга ишлов берувчи асбоб 4 пайванд ёки резьба билан маҳкамлаб қўйилади.

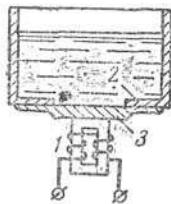
Бу асбобнинг вибрацияси қаттиқ ва мўрт материалларга ишлов беришга, яъни шакли жиҳатидан худди ишлов берувчи асбоб шаклига мос бўлган ковак ва тешиклар очишга имкон беради. Ишлов бериш абразив материаллари кукунининг сувдаги суспензиясида бажарилади.

17-32- расмда деталларни механик ва ёғли инф-лосланншлардан тозалашни магнитострикцион вибратор 1 ёрдамида жадаллаштириш усули кўрсатилган. Тозаланадиган буюмлар ботириладиган эритма-ли ванна 2 тубига вибратор мословчи мембрана 3 ёрдамида уланган. Мембрана вибраторнинг ультратовуш тебранишларини эритмага беради ва тозалаш процессини жадаллаштиради. Соатларнинг деталлари, подшипниклар, медицина асбоблари, электр вакуум асбобларининг деталлари ва бошқалар шу усулда тозаланади.

Осон оксидланадиган металллар (алюминий, янги енгил ва махсус қотишмалар) ни ультратовуш усули билан кавшарлаш ва ярқиратиш жуда эффективдир. Бундай усул билан кавшарлашда к а в и т а ц и я деб аталган ҳодиса асосий роль ўйнайди. Товуш тебранишларининг қуввати катта бўлганда суюқ кавшарда минглаб атмосфера босимли пуфакчалар ҳосил қилувчи кучли зарба тўлқинлари юзага келади. Гидравлик зарбалар металл сиртидаги оксид

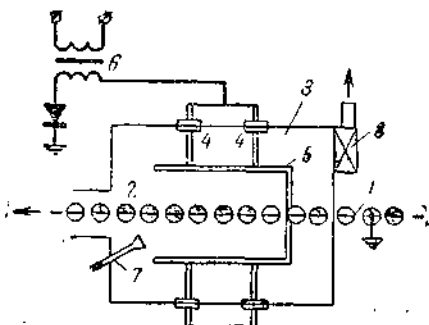


17-31- расм. Магнитострикцион вибраторнинг тузилиши.



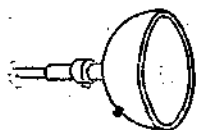
17-32- расм. Деталларни механик ва ёғли инф-лосликлардан тозалашни тезлатиш усули.

сатилган. Ерга уланган конвейер 1 га бўяладиган буюмлар 2 осиб қўйилган. Бу буюмлар бўяш камераси 3 да ҳаракатланади, камеранинг ичида изоляторлар 4 да ингичка симлардан тўр шаклида тортилган рамалар 5 осилган. Бу симлар изоляторлар 4 орқали юқори кучланиш манбаи 6 нинг манфий тутқичига уланган ва улар тож разряд ҳосил қилувчи электродлардир. Юқори (150 кВ гача) кучланишларда тож разряд вужудга келади ва пневматик пуркагичнинг соплоси 7 орқали пуркалаётган бўёқ зарралари манфий зарядланиб, конвейердаги мусбат зарядланган буюмларга қараб ҳаракатланади ва уларда зич қатлам шаклида ўтириб қолади. Бўяш камераси махсус тортувчи қурилма 8 билан таъминланган. Юқори кучланиш манбаининг қуввати одатда 150 *вт* дан ошмайди. Автомашиналар, қишлоқ хўжалик машиналари, электротехник асбоб-ускуналар ишлаб чиқариш саноатида электр ёрдамида бўяш кенг қўлланилади.



17-36- расм. Буюмларни электростатик усулда бўяш.

д) Ёғоч буюмларни электростатик пардозлаши



17-37- расм. Электростатик усулда бўяш учун ишлатиладиган чанглагич.

Ёғоч буюмларни электростатик пардозлаш металл буюмларни электр билан бўяшга қараганда бошқача қатор хусусиятлари бор. Чунки ёғоч буюмларни лак билан қоплашга жуда юқори декоратив талаблар қўйилади. Ёғоч сиртига дастлабки ишлов бериш тозалиги 9-10 синфга мос келиши керак. Акс ҳолда, бўяладиган сирт тукли бўлганда, тукчалар ва бошқа ҳар қандай ўткир учлар атрофида тескари тож ҳосил бўлади. Натижада сирт соҳалари бўялмай қолади.

Иккинчи хусусияти шундан иборатки, қуруқ ёғоч токни ёмон ўтказиши. Шунинг учун ишлов берилаётган ёғочнинг нисбий намлиги 8% дан кам бўлмаслиги керак. Ёғочнинг электр ўтказувчанлигини ошириш учун уни тайёрлашда тупроқ таркибига баъзан фосфор кислота қўшилади.

Бўяшда буюм ҳамма вақт юқори (80 — 150 кВ) кучланиш манбаининг ерга уланган мусбат тутқичига уланади ва пуркаш электромеханик усулда ўтказилади. Унда пуркагичнинг шакли, масалаи, коса (17-37- расм) кўринишида бўлади ва электр двигатели ёрдамида минутига 1500 мартагача тезлик билан айлантирилади. Айланнишда пуркаланаётган лак косанинг ўткир чеккаларида манфий зарядланади ва электр майдон кучлари воситасида буюмга ўтказила-

ди. Бўйшда ток $0,2 - 2$ ма дан ортиқ бўлмайди, шунинг учун юқори кучланиш манбалари сифатида чала ўтказгичли вентиляторлар, кенотронлар ва махсус электростатик генераторлар ишлатилади.

Электр билан бўйшда лак бўёқ материалларининг тежами бошқа оддий пуркашдагига қараганда 40% ва ундан ортиқ бўлади. Меҳнат сарфлари 30% қисқаради, иш унуми бир неча марта ортади.

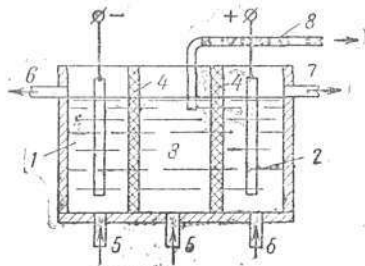
Электростатик бўйшда, айниқса ёғочга ишлов бериш саноатида хавфсизлик техникаси ва ёнғинга қарши техника қондаларига қатъий амал қилиниши керак. Электр билан бўйш установакаси турган бино бошқа ёғоч чанглари ҳосил бўладиган бинолардан алоҳида бўлиши керак. Бундай чанг зарралари электростатик майдон зонасига кириб, зарядлангандан кейин одам учун айниқса зарарли бўлиб қолади.

Одамлар ток билан шикастланмаслиги учун қуввати 150 вт дан ортиқ юқори кучланиш манбалари тавсия қилинмайди. Бўйш камераси ва нормал кучланишда бўлмаган бошқа қисмлар ерга уланади. Ерга улаш қаршилиги 2 омдан ошмаслиги керак. Қурилмани ерга алоҳида улаш тавсия қилинади, бунда у подстанция трансформатори ноль нуқтасининг ерга уланиши билан боғланмаган бўлиши керак. Қурилма, айниқса пуркагичлар тўхтатилгач, улардаги қолдиқ статик зарядлар разрядник ёрдамида олиниши керак. Ёнғинга қарши тадбирлар сифатида тож разряднинг учқун разряд ёки ёй разрядга ўтиб кетмаслигига бинобарин, лак ва ёғоч чангининг аланга олиб кетишига қарши тадбирлар кўрилиши лозим.

е) Сувни электростатик тозалаш

Ҳозирги вақтда ичиладиган ва техникада ишлатиладиган чучук сув олиш муаммоси жуда муҳимдир. Атом қурилмаларда жуда катта миқдорда электр энергия ишлаб чиқаришнинг реал имкониётлари туфайли денгиз ва океанлар сувини чучуклаштириш масаласи ҳал қилиниши керак. Сувни электр осмотик йўл билан тозалашнинг қуйида кўрсатилган схемаси литрида бир неча юз миллиграмм қурқ чўкма бўлган сувни тозалашга имкон беради.

17-38- расмда замш (кўн), керамика, пергамент ва ҳоказо диафрагмалар 4 билан уч бўлимга бўлинган ячейка (идиш) кўрсатилган. Биринчи ва иккинчи бўлимларга электр энергия манбаларига уланган электродлар ботирилган. Най 5 дан тозаланадиган сув ячейкага тушади. Сувда бўлган Na_2SO_4 , CaSO_4 , CaHCO_3 ва бошқа тузлар бўлим 1 даги катодга қараб ҳаракатланувчи H^+ , Ca^+ , Na^+ катионларга ва бўлим 2 даги анодга боровчи HO^+ , SO_4^- , HCO_3^- анионларга диссоциацияланади. Бу бўлимлардан ишқорли ва аччиқ сув 6 ва 7 трубалардан чиқиб кетади. Бўлим 3 даги



17-38- расм Сувни электростатик усулда тозалаш.

тузлари камайган сув труба 8 орқали биринчиси билан кетма-кет уланган иккинчи ячейкага берилади ва ҳоказо. Ячейкаларга 110 ва 220 в кучланиш берилади. Бунда кетма-кет занжирнинг ҳар бир ячейкасига тўғри келувчи кучланиш тобора ортиб боради. Кетма-кет уланган ячейкалар группаси ўзаро параллел уланиши мумкин.

Ўн саккизинчи боб.

ЭЛЕКТР БИЛАН ЁРИТИШ

18-1. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР ВА БИРЛИКЛАР

Ёруғлик ишлаш учун зарур шартдир. Яхши ёритиш меҳнат ушумдорлигини ошириш, бракни камайтириш, маҳсулот сифатини яхшилаш ва ишлаб чиқаришда травматизмни камайтириш шартларидан биридир.

Электр билан ёритиш учун кўпинча чўлганма лампа вольфрам толасининг 3000° температурагача чўлгангандаги нур энергиясидан фойдаланилади.

Нур энергиянинг одам кўзи ёруғлик таъсири сифатида қабул қиладиган қисмининг у нурланадиган вақт оралиғига нисбати ёруғлик оқими (F) дейилади. Шундай қилиб, ёруғлик оқими одам кўзи қабул қиладиган нур энергиянинг қуввати бўлади.

Ёруғлик манбаларнинг ёруғлик оқими фазода потекис тақсимлангани учун уларни турли йўналишларда оқимнинг фазовий энчилиги катталиғи билан ҳам характерланади. Оқимнинг фазовий энчилиги фазовий бурчак бирлигига тўғри келувчи ёруғлик оқими билан аниқланади ва ёруғлик кучи (I) деб юритилади.

Бинобарин, ёруғлик кучи

$$I = \frac{F}{\omega}.$$

Фазонинг конус сирт билан чегараланган қисми фазовий бурчак (ω) дейилади. Фазовий бурчак таянган сфера майдони қисми S нинг сфера радиуси квадратига нисбати фазовий бурчак катталигини аниқлайди:

$$\omega = \frac{S}{R^2}.$$

$S = R^2$ бўлганда $\omega = 1$. Шундай қилиб, сфера сиртида сфера радиус квадратига тенг майдон кесувчи бурчак фазовий бурчак бирлиги учун қабул қилинган. Бу бирлик стерадиан (*стер*) дейилади.

ГОСТ 9867-61 га мувофиқ СИ системасида асосий ёруғлик бирлиги учун ёруғлик кучи бирлиги шам (*ш*) олинади. Шам — юзи $1,6667 \text{ мм}^2$ бўлган платинанинг қотиш температураси $T = 2046^\circ \text{ К}$ даги

абсолют қора жисмининг текис сиртига перпендикуляр йўналишдаги ёруғлик кучига тенг.

Ёруғлик оқимининг бирлиги люмен (*лм*) — ёруғлик кучи 1 *шам* бўлган манбанинг 1 *стер* га тенг фазовий бурчакка нурлатган ёруғлик оқимидир.

Шундай қилиб,

$$1 \text{ лм} = \text{шам} \cdot 1 \text{ стер.}$$

Масалан, номинал кучланиши 127 *в* қуввати 100 *вт* бўлган чўғланма лампанинг ёруғлик оқими $F = 1320 \text{ лм}$ бўлади.

Юқорида айтганимиздек, лампа ва ёритиш асбобларининг ёруғлик кучи турли йўналишлар бўйича турлича. Манба ёруғлик кучининг турли йўналишлари бўйича тақсимланиши одатда қутб координатларида ясалган эгри чизиқлар билан ифодаланади.

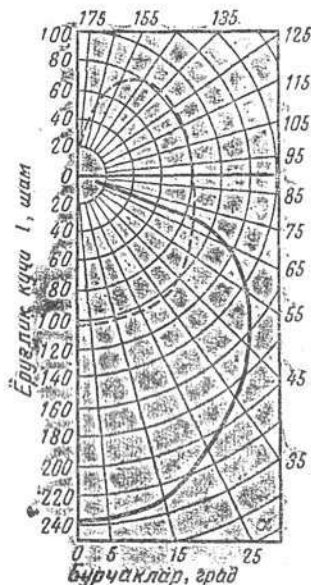
18-1-расмда қуввати 100 *вт*, номинал кучланиши 220 *в* бўлган чўғланма лампа ёруғлик кучининг бўйлама тақсимланиши пунктир эгри чизиқ билан тасвирланган. Радиус кесмасининг *O* қутбдан эгри чизиқ билан кесишгунча бўлган узунлиги маълум масштабда ёруғлик кучининг радиус йўналишидаги қийматини беради. Масалан, 45° бурчак остида жойлашган радиус йўналишидаги ёруғлик кучи 100 *шам*. Лампа симметрия ўқига эга, шунинг учун 180° бурчакдаги ёруғлик кучини топиш учун эгри чизиқ биринчи ярмининг кўзгу тасвири бўлган иккинчи ярмини ясаш керак. 18-1-расмдаги туташ эгри чизиқ худди шу лампанинг «Универсал» арматурасидаги ёруғлик кучининг тақсимотини кўрсатади.

Манбанинг ёруғлик кучи турли йўналишларда турлича бўлганидан у кўпинча ўртача сферик ёруғлик кучи билан характерланади, бу катталик манбанинг тўла ёруғлик кучининг сферанинг фазовий бурчаги (4π) га нисбатидан иборатдир, яъни

$$I_0 = \frac{F}{4\pi}.$$

Шундай қилиб, манбанинг ўртача сферик ёруғлик кучи ёруғлик оқимининг ўртача зичлигидан иборат бўлади ва манба ёруғлик оқимини барча йўналишларда бир текис тақсимлагандаги ёруғлик кучининг қандай бўлишини кўрсатади. Масалан, аввалги мисолда кўрилган лампа учун ўртача сферик ёруғлик кучи

$$I_0 = \frac{F}{4\pi} = \frac{1320}{4 \cdot 3,14} \approx 100 \text{ шам.}$$



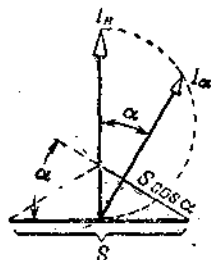
18-1-расм. Ёруғлик кучининг тақсимланишини кўрсатувчи бўйлама эгри чизиқлар.

Ёруғлик оқими сиртга тушиб, уни ёритади. Ёритиш интенсивлиги ёруғлик оқимининг у бир текис ёритган сирт майдонига нисбати билан характерланади, бу нисбат ёритилганлик дейилади (E):

$$E = \frac{F}{S}.$$

$F = 1$ лм ва $S = 1$ м² деб олиб, ёритилганликнинг люкс (лк) деб аталган ўлчов бирлигини ҳосил қиламиз:

$$1 \text{ лк} = \frac{1 \text{ лм}}{1 \text{ м}^2}.$$



18-2- расм. Нур со-
чаётган сиртнинг
равшанлиги.

Чўғланма лампалардан фойдаланилганда биноларнинг йўл қўйилган энг кам ёритилганлиги қилинадиган ишнинг характери ва қатор шароитларга боғлиқ равишда 50 — 500 лк чегарада бўлади.

Буюмнинг кўриниши ёрқинлик (B) билан характерланади, ёрқинлик сирт нурлатаётган ёруғлик кучининг шу сирт катталигига нисбатидир. Шундай қилиб, сиртга перпендикуляр йўналишдаги ёрқинлик (18-2-расм)

$$B_{\perp} = \frac{I_{\perp}}{S}.$$

Нормалга α бурчак остида ўтказилган тўғри чизик йўналишидаги ёрқинлик (18-2-расм):

$$B_{\alpha} = \frac{I_{\alpha}}{S \cos \alpha}.$$

Ёруғлик кучини шамларда, майдонни квадрат метрларда ифода-
лаб, квадрат метрда шамлар билан ифодаланган ёрқинликни тола-
миз. Ёрқинлигининг бу бирлиги нит (нт) деб юритилади:

$$1 \text{ нт} = \frac{1 \text{ шам}}{1 \text{ м}^2}.$$

Нит ўзига перпендикуляр йўналишда 1 м² юзадан 1 шам ёруғлик кучи ҳосил қилувчи бир текис нурланаётган ясси сиртнинг ёрқинли-
гидир.

Ёритилган ёки нурлаётган сиртнинг ҳар бир элементидан кўзга қанча катта ёруғлик оқими тушса, буюмнинг тасвири кўзнинг ёруғ-
лик сезувчи қобилиятида ҳосил қилган кўриш сезгиси шунча кучли бў-
лади. Демак, жисм сиртининг ҳар бир бирлиги нурлаётган катта
ёруғлик кучига буюмнинг яхши кўриниши мос келади.

Жисмга тушаётган ёруғлик оқими уч қисмга бўлинади. Ёруғлик оқимининг бир қисми (F_0) жисм сиртидан қайтади. Иккинчи қис-
ми жисмдан ўтади ва унинг бошқа томонига тарқалади. Ниҳоят,
оқимнинг учинчи қисмини жисм ютади. Жисмларнинг физик хос-
салари, шунингдек, сиртнинг характери ҳамда ҳолатига боғлиқ равиш-
да бу ташкил этувчиларнинг қиймати турлича бўлиши мумкин.

Ғ қайтган оқимнинг шу жисма тушувчи F_T оқимга нисбати қайтариш коэффициенті дейілади

$$\rho = \frac{F_0}{F_T}.$$

Қайтариш коэффициентінің қйматига қараб сиртларни: ёруғ сиртлар ($\rho = 0,5 \div 0,8$), ўртача ёруғ сиртлар ($\rho = 0,2 \div 0,5$) ва хира сиртларга ($\rho = 0,06 \div 0,2$) бўлиш мумкин.

18-2. ЁРУҒЛИК МАНБАЛАРИ

Ҳозирги вақтда ёритишда чўғланма ва люминесцент лампалар энг кўп қўлланилади.

Чўғланма лампани 1873 йилда рус инженері А. Н. Лодигин кашф қилди ва сўнгра уни Эдисон мукамаллаштирди.

Ҳаммага маълум бўлган чўғланма лампаларнинг тузилиши 18-3-расмда кўрсатилган.

Қуввати 40 — 60 *вт* гача бўлган нормал чўғланма лампалар вакуумли қилиб, катта қувватли лампалар газ тўлдириб тайёрланади. Лампанинг газ (аргон ва азот аралашмаси) билан тўлдирилиши лампа вольфрам толасининг чангланишини (тўзишини) камайтиради, натижада унинг хизмат қилиш муддати узаяди.

Лампаларга криптон-ксенон газ аралашмаси тўлдирилганида лампанинг хизмат қилиш муддати ва тежамлилиги 30 — 40% кўпаяди. Газнинг иссиқлик ўтказувчанлиги туфайли ва спираль симдан ўралган биспираль чўғланма толанинг қўлланиши туфайли энергия исрофининг камайиши ҳам шунга ёрдам беради.

Чўғланма лампалар: 1) номинал қучланиш; 2) номинал қувват; 3) ёруғлик оқими; 4) ёруғлик бериши, яъни ёруғлик оқимининг лампа истьёмол қилаётган қувватга нисбати (бу нисбат лампанинг тежамлилигини характерлайди); 5) хизмат қилиш муддати билан характерланади. Чўғланма лампаларнинг характеристикалари 18-1-жадвалда берилган.

Лампанинг хизмат қилиш муддати, асосан, вольфрам толасининг чангланишига боғлиқ. Чўғланиш толасининг температураси юқори бўлганда вольфрам буғланиб, колба деворларига ўтиради, натижада ёруғлик оқимини ютувчи қора қурум ҳосил бўлади. Шунинг учун лампанинг U_n да ёруғлик оқими дастлабки қйматида 20% камайгунча ёниш муддати лампанинг хизмат қилиш муддати дейілади. Ёруғлик оқими кўп камайиб кетганда лампани ишлатиш мақсадга мувофиқ



А. Н. Лодигин. (1847—1923)

эмас. Лампанинг нормал хизмат қилиш муддати 1000 соат ҳисобланади.

Лампанинг хизмат қилиш муддати, ёруғлик оқими ва унинг ёруғлик бериши кучланишга жуда ҳам боғлиқ (18-4 расм), шунинг учун лампа ёки номинал кучланишда ёки ундан жуда оз фарқ қилувчи кучланишда ишлаши керак.



18-3- расм. Чўглама лампа.

Люминесцент лампа (18-5- расм) учларига цоколлар 2 ўрнатилган шиша най 1 дан иборат. Цоколларга эмиссияни енгиллаштирувчи барий оксиди қопланган Вольфрамли биспираль электродлар 3 уланган. Найдан ҳаво сўриб олинган, унга маълум миқдорда симоб ва аргон киритилади.

Найнинг ички сирти люминофор ёки люминофорлар аралашмаси билан қопланган. Люминофорлар аралашмаси унга симоб буғларининг ультра бинафша нурлари таъсирида чақнайди, бу ультра бинафша нурланиш электродлар орасида вужудга келтирилган электр майдони таъсирида ҳосил бўлади

18-1- жадвал

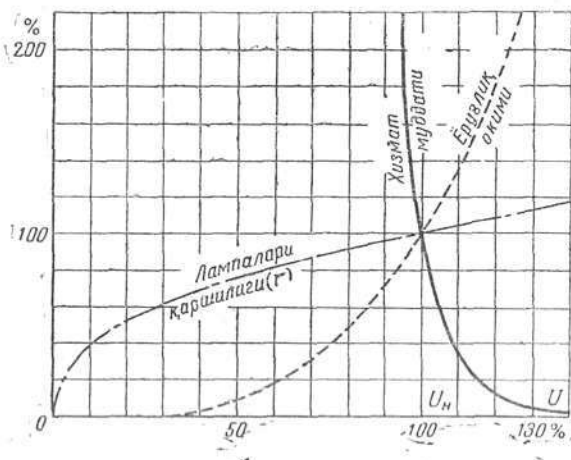
Чўгланма лампаларнинг характеристикалари

Қувват, вт	110 ва 127 в		220 в	
	ёруғлик оқими, лм	ёруғлик бери- ши, лм/вт	ёруғлик оқими, лм	ёруғлик бериши, лм/вт
25	228	9,1	198	7,9
40	380	9,5	340	8,5
60	660	11	540	9,0
75	915	12,2	698	9,3
100	1320	13,2	1050	10,5
150	2280	15,2	1845	12,3
200	3200	16,0	2660	13,3
300	5160	17,2	4350	14,5
400	7000	17,5	6000	15,0
500	9100	18,2	8000	16,0

Люминофорлар ўз таркибига қараб турли рангли ёруғлик оқими беради. Люминофорларни танлаш билан кундузги ёруғликка яқин нурланувчи лампалар ҳам яшаш мумкин.

Люминесцент лампаларнинг хизмат қилиш муддати 3000 соат. Уларнинг фойдали иш коэффициенти 6%, яъни чўгланма лампаларникидан 2,5—3 марта ортиқ. Улар тежамли бўлгани учун кенг ишлатишга тавсия қилиш керак.

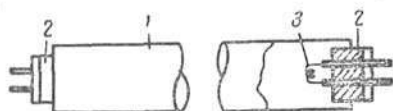
Нурланиш рангига қараб люминесцент лампалар: 1) кундузги ёруғлик лампалари — ДС; 2) оқ ёруғлик лампалари — БС; 3) совуқ-оқ ёруғлик лампалари — ХБС ва 4) иссиқ-оқ ёруғлик лампалари — ТБС га бўлинади.



18-4- расм. Чўғланма лампаларнинг кучланишга боғлиқлик характеристикалари.

ДС ва ХБС лампалардан ранг тусларини хатосиз аниқлаш керак бўлган ишларни ёритишда фойдаланилади. БС ва ТБС лампалар табиий ёруғликка яқин рангдаги ёритилганлик зарур бўлган ҳолларда ишлатилади.

Люминесцент лампаларнинг характеристикалари 18-2- жадвалда берилган. Лампани улаш схемаси 18-6- расмда берилган.



18-5- расм. Люминесцент лампа.

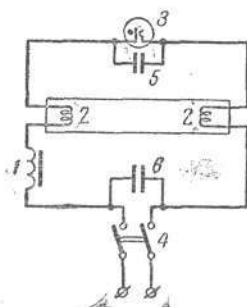
18-2- жадвал

Люминесцент лампаларнинг характеристикалари

Қувват, <i>вт</i>	Қучланиш, <i>в</i>	Лампадаги қучланиш, <i>в</i>	Лампа токи, <i>а</i>	Найнинг узунлиги, <i>мм</i>	ДС		ХБС		БС		ТБС	
					Ёруғлик оқими, <i>лм</i>	Ёруғлик бериши, <i>лм/вт</i>	Ёруғлик оқими, <i>лм</i>	Ёруғлик бериши, <i>лм/вт</i>	Ёруғлик оқими, <i>лм</i>	Ёруғлик бериши, <i>лм/вт</i>	Ёруғлик оқими, <i>лм</i>	Ёруғлик бериши, <i>лм/вт</i>
15	127	58	0,30	451	490	32,6	490	32,6	560	37,3	500	33,3
20	127	60	0,35	604	700	35,0	700	35,0	800	40,0	700	35,0
30	220	108	0,32	909	1160	38,6	1160	38,6	1400	46,6	1250	41,6
40	220	108	0,41	1213	1700	42,5	1700	42,5	1920	48,0	1780	44,5
80	220	108	0,80	1481	3040	38,0	—	—	3440	43,0	3200	40,0

Токни чекловчи дроссель 1, лампанинг электродлари 2 ва стартер 3 кетма-кет уланган. Стартер бир электроди биметалл бўлган кичик неон лампочкадир.

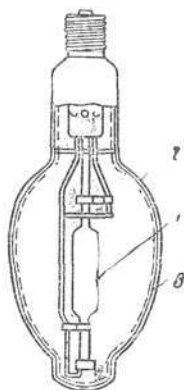
Виключатель 4 туташганда тармоқнинг кучланиши стартернинг ажратилган электродларига қўшилади ва улар орасида ёлқин разряд ҳосил бўлади. Биметалл электрод қизиб, стартер электродларини қисқа туташтиради ва занжирда лампанинг электроди 2 ни қизитувчи ток пайдо бўлади. Стартер электродлари туташганда ёлқин разряд тўхтайди ва биметалл электрод совиб, стартер занжирини узади. Бунда лампанинг қизиган электродлари 2 орасида кучланиш пайдо бўлади ва лампада нурланувчи разряд ҳосил бўлади, яъни лампа ёнади. Конденсатор 5 радио бузилишларни йўқотиш учун қилинган. Конденсатор 6 қувват коэффициентини орттиришга хизмат қилади.



18-6- расм. Люминесцент лампанинг қўшилиш схемаси.

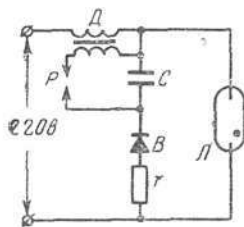
Кейинги вақтларда кўчаларни, очик майдонларни ва баланд ҳамда катта ишлаб чиқариш биноларини ёритишда ёйли симоб люминесцент лампалар—ДРЛ лар кенг ишлатилмоқда.

Ташқи овал шаклидаги шиша колба 2 (18-7-расм) ичига кварц шишадан қилинган цилиндрик колбали 1 юқори босимли лампа жойлаштирилган. Симобли лампаларнинг тежамли бўлишига қарамай, уларнинг спектрида зарғалдоқ-қизил нурларнинг бўлмаслиги бу лампалардан фойдаланишни бирмунча қийинлаштиради.



18-7- расм. ДРЛ лампа.

ДРЛ лампаларда бу камчилик овал колбанинг ички сирти 3 ни қоплаган люминофордан зарғалдоқ-қизил нур олиш ҳисобига барта-раф қилинади, бу нурлар симобли лампанинг ультра бинафша нурлари таъсирида вужуд-



18-8- расм. ДРЛ лампанинг қўшилиши.

га келади. Шундай қилиб, лампанинг спектри кундузги ёруғлик спектрига яқинлаштирилади. Бу лампалар 250—500—750 ва 1000 вт қувватларга мўлжаллаб чиқарилади.

ДРЛ махсус ишга тушириш асбоби — Д дроссель ва Р разрядникли импульс контуридан иборат асбоб ёрдамида қўйилади (18-8-расм). Кучланиш уланганда С конденсатор селенли тўғрилагич ва чекловчи r қаршилик орқали зарядланади. Конденсаторда кучланиш бирор қийматгача ортганида у разрядланади, натижада дросселининг бирламчи чулғамида лампани ёндирувчи кучланиш импульси пайдо бўлади. Лампа ёниб турганида конденсаторда кучланиш разрядликнинг тешилиш кучланишидан паст бўлади ва разрядлар пайдо бўлмайди.

18-3. ЁРИТУВЧИ АСБОБЛАР

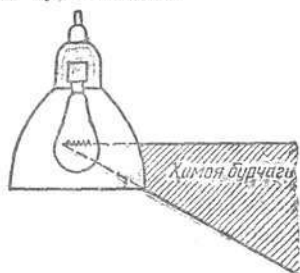
Ёритувчи асбоблар икки гурпуага: 20—30 м гача яқин масофаларни ёритувчи светилъниклар (ёритгичлар) ва узоқни ёритувчи прожекторларга бўлинади.

Светилъник лампа ва арматурадан иборат бўлиб, арматура 1) ёруғлик оқимини рационал тақсимлаш; 2) кўзни ортиқча ёрқинликдан сақлаш; 3) лампани ифлосланиш ва шикастланишдан сақлаш вазифаларини бажаради.

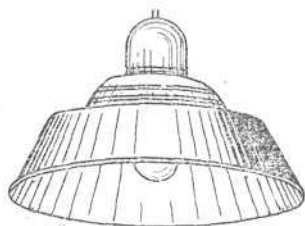
Светилъник нурлаётган ёруғлик оқимининг лампа бераётган ёруғлик оқимига нисбати светилъникнинг фойдали иш коэффициенти дейилади, яъни

$$\eta_{\text{св}} = \frac{F_{\text{св}}}{\Phi_{\text{л}}}.$$

Ёруғлик манбанинг ёрқин қисмлари таъсиридан кузатувчи кўзини ҳимоя қилиш меъёри ҳимоя бурчаги билан аниқланади (18-9-расм), ҳимоя бурчаги чегарасида лампанинг ёрқин қисмлари кўзга кўринмайди.



18-9-расм. Светилъникнинг ҳимоя бурчаги.

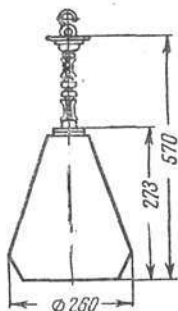


18-10-расм. «Универсал» светилъникни.

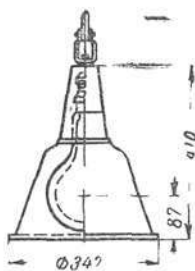
Светилъникларнинг асосий характеристикалари: 1) ёруғлик кучининг тақсимланиш эгри чизиги; 2) унинг фойдали иш коэффициенти $\eta_{\text{св}}$; 3) ҳимоя бурчаги.

Ёруғлик оқимини тақсимлаш характериға кўра светилъниклар уч гурпуага бўлинади: 1) тўғри ёруғлик светилъниклари — П синф; 2) қайтган ёруғлик светилъниклари — О синф ва 3) сочилган ёруғлик светилъниклари — Р синф.

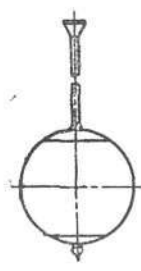
Тўғри ёруғлик светильниклари ёруғлик оқимининг 90% дан кўпроғини пастки ярим сферага нурлайди. Бу синф светильникларга «Универсал» светильниги киради (18-10-расм), унда ёруғликнинг тарқалиш эгри чизиги 18-1-расмда берилган. У баландлиги 8 м гача бўлган ишлаб чиқариш биноларини ёритиш учун ишлатилади. «Универсал» светильнигининг (шартли белгиси У) ички қисми оқ эмаль билан қопланган пўлат қалпоғи бўлиб, унга 500 *вт* гача қув-



18-11- расм. «Глубокоизлучатель» светильниги.



18-12- расм. «Люцетта» светильниги.



18-13 расм. Сут ранг шишадан қилинган «Шар» светильниги.

ватли лампа ўрнатилади. Баъзида светильник матирланган (хираланган, белгиси У_м) шиша соябон билан бирга ишлатилади. Унинг фойдали иш коэффициенти 70%, соябони бўлганида 58%. Светильникнинг ҳимоя бурчаги 14°. 3 м дан юқори баландликка осилади.

Эмалланган «Глубокоизлучатель» светильниги ҳам шу II синф светильникларга киради (18-11- расм) ва Г_г деб белгиланади. У 1000 *вт* гача лампага мўлжалланган бўлиб, фойдали иш коэффициенти 58% ва ҳимоя бурчаги 27°. Бу светильник осиш баландлиги 12 м дан юқори бўлмаган ишлаб чиқариш биноларини ёритиш учун кенг қўлланилади. Энг кам осиш баландлиги 3 м.

Қайтган ёруғлик светильниклари ёруғлик оқимининг 90% дан кўпроғини юқори ярим сферага нурлайди. Улар ўзларининг вазифалари ва бинонинг архитектура безагига қараб турли-туман шаклда бўлади.

Сочилган ёруғлик светильниклари 90% дан камроқ ёруғликни пастки ярим сферага, 10% дан кўпроғини юқори ярим сферага нурлайди.

Кенг тарқалган «Люцетта» (Л_ц) светильниги ҳам шу синфга киради, у 18-12-расмда кўрсатилган. Бу светильник сут рангли ёки хираланган шишадан қилинган икки марта кесик конус шаклида бўлиб, 200 *вт* гача қувватга мўлжалланган, фойдали иш коэффициенти 75% ва ҳимоя бурчаги 36°. Светильник маъмурий, савдо, даволаш, лойиҳа, ўқув ва ишлаб чиқариш каби кам чанг бўладиган биноларда ишлатилади, осиш баландлиги 3—5 м.

Сут рангли шишадан қилинган «Шар» светилъниги (18-13-расм) ва СК-300 типидаги ҳалқали светилъник (18-14-расм) ҳам шу синфга киради. Ҳалқали светилъник ўзаро бирлаштирилган бешта соя берувчи пўлат ҳалқалари 1 урта кронштейн 2 ва патронли корпуси 3 га эга. Светилъник оқ эмаль бўёқ билан бўялган. Унинг фойдали иш коэффициенти 80 %. Энг паст осии баландлиги 2,5 м.

Иш жойларини умумий ёритилганликка қўшимча равишда ёритиш учун «Альфа» светилънигидан фойдаланилади (18-15-расм). У 75 вт лампага мўлжалланган, фойдали иш коэффициенти 50 %.

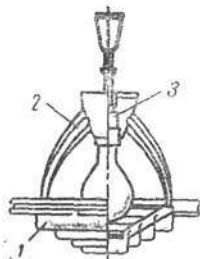
Люминесцент лампаларга мўлжалланган бир қанча светилъниклар бор.

Металлдан қилинган очиқ эмалланган қайтаргичли ОД типидаги тўғри ёруғлик светилъниги (18-16-расм) кўлчилик светилъниклар сингари иккита лампага мўлжалланган,

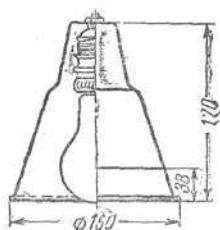
ОДР типидаги светилъниклар ОД типидаги светилъниклардан лампани пастки томондан бекитувчи металл ҳимоя панжараси бўлиши билан фарқ қилади.

ОДО типидаги светилъниклар ОД типидаги светилъниклардан қайтаргичнинг юқори қисмида бўйлама тешиклари бўлиши билан фарқ қилади, ёруғлик оқимининг 15 % бу тешиклардан шипга йўналади. Агар ОДО типидаги светилъникка металл панжара қилинган бўлса, у ОДОР деб белгиланади. Унинг энг паст осии баландлиги 3,5 м.

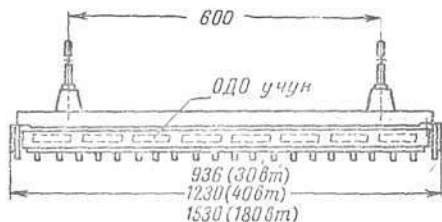
ШЛД ва ШОД типидаги светилъниклар 18-17-расмда кўрсатилган. Лампалар паст томондан металл панжаралар, ён томондан овал шишалар билан ёпилган, светилъникнинг юқори қисмида тирқишлар қилинган бўлиб, ёруғлик оқимининг бир қисми (15 % дан кўпроғи) шипга йўналади.



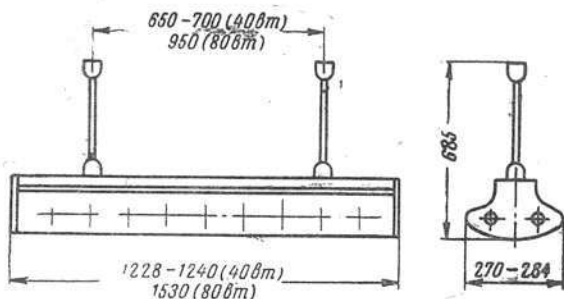
18-14-расм. Ҳалқасоёбонлари бўлган СК-300 типидаги светилъник.



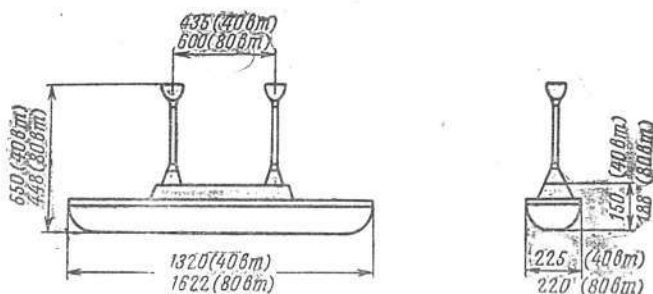
18-15-расм. «Альфа» светилъниги.



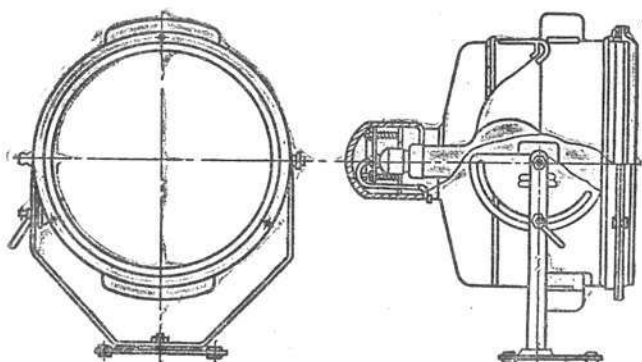
18-16-расм. ОД, ОДР, ОДО, ОДОР типидаги иккита люминесцент лампа ўрилатиладиган светилъник.



18-17- расм. ШЛД ва ШОД типдаги иккита люминесцент лампа ўриятиладиган светилъник.



18-18- расм. ПБЛ1 типдаги иккита люминесцент лампа ўриятиладиган светилъник.



18-19- расм. ПЗС-45 типдаги прожектор.

ПВЛ типигади светильниклар (18-18-расм) — сочилган ёруғлик светильникларидир. Унинг органик шишадан қилинган сочувчиси бўлиб, у светильникнинг корпусига зич тақалиб туради ва светильникни чанг ва намдан сақлайди.

Майдонлар, темир йўллар ва станциялар, қурилиш майдонлари, очиқ складлар ва трансформатор подстанциялари ва шунга ўхшаш жойлар прожекторлар билан ёритилади. 18-19-расмда ПЗС-45 типигади прожектор кўрсатилган. Оптик система ёрдамида лампанинг ёруғлик оқими кичик жисмоний бурчакка йиғилиб, катта ёруғлик кучи ҳосил қилинади. ПЗС-45 прожектори 1000 *вт* қувватли лампада 160 000 *шм* ёруғлик кучи беради.

18-4. ЭЛЕКТР БИЛАН ЁРИТИШНИ ҲИСОБЛАШ

Электр билан ёритишни ҳисоблашдан мақсад ёритиш қурилмаларининг йиғинди қуввати ва ҳар бир лампаси қувватини аниқлашдир.

Ёритишни ҳисоблашда йўл қўйиш мумкин бўлган ёритилганлик нормаларидан фойдаланиш керак (18-3 ва 18-4-жадваллар).

Ёритилганлик старли бўлиши учун бир печа светильникни олиш керак, бунда уларнинг бир-биридан жойлашиши узоқлиги L светильникнинг иш бажариладиган сиртдан баландлиги H_n нинг икки барабарига тенг ёки ундан кичик, яъни

$$L \leq 2H_n$$

бўлиши керак.

Светильникларни квадратларнинг учлари бўйлаб жойлаштириш мақсадга мувофиқдир. Девор ёнида ишлаш жойлари бўлганда девордан биринчи қатор светильникларгача бўлган масофа светильниклар орасидаги масофанинг 0,25 қисмига тенг қилиб олинади. Девор ёнида ишлаш жойлари бўлмаганда бу масофа икки марта катта қилиб олинади.

Светильникларни осинда ишлаш жойларининг ёритилишига цехдаги ускуналар тўсқинлик қилмаслиги назарда тутилади. Ёпиқ биноларининг ёритилишини фойдаланиш коэффициенти методи билан ҳисобланади. Бундай ҳисоблашда ишлаш саҳнидаги берилган ёритилганлик лампанинг тўғри ёруғлик оқимидан ҳамда шип ва девордан қайтган оқимидан ҳосил бўлади.

Ҳисоблашни бажариш учун қуйидагилар зарур:

1. Бинонинг саҳни $S = a \cdot b$ аниқланади, светильникнинг хили, светильникнинг ёритилаётган ишлаш сиртидан осилиш баландлиги H_n , светильниклар сони n ва уларни жойлаштириш усули танланади.

2. Ўртача ёритилганлик $E_{\text{ўр}}$ аниқланади. $E_{\text{ўр}}$ шундай танланиши керакки, энг заиф ёритилган жойларда $E_{\text{мин}}$ ёритилганлик 18-3 ва 18-4-жадвалларда тавсия қилинган нормадагига тенг ёки ундан бирмунча юқори бўлсин.

Ишлаб чиқариш биноларида иш қилинадиган юзлардаги ёритилганлик нормалари

Ишнинг характери ёки хонанинг номи	Ажратиш объективнинг ўлчамлари	Объектнинг фон билан биргаликдаги контрасти	Фон	Энг кам ёритилганлик дк			
				люминецент лампалар бўлганда		чўғланиш лампалари бўлганда	
				комбинацияланган ёритиш	битта умумий ёритиш	комбинацияланган ёритиш	битта умумий ёритиш
1	2	3	4	5	6	7	8
Алоҳида аниқ	0,1 ва ундан кам	Кичик	Қора	3000	750	1500	300
		Кичик	Ёруғ	2000	750	1000	300
		Ўрта	Ёруғ	1500	500	750	300
		Катта	Ёруғ	750	300	400	150
Юқори аниқлик	0,1 дан катта 0,3 гача	Кичик	Қора	2000	750	1000	300
		Кичик	Ёруғ	1000	400	500	150
		Ўрта	Ёруғ	750	200	400	100
		Катта	Ёруғ	500	150	300	75
Аниқ	0,3 дан катта 1 гача	Кичик	Қора	1000	300	500	150
		Кичик	Ёруғ	750	200	400	100
		Ўрта	Ёруғ	500	150	300	75
		Катта	Ёруғ	400	150	200	50
Қам аниқ	1 дан катта 10 гача	Кичик	Қора	150	150	150	50
		Кичик	Ёруғ	150	150	150	50
		Ўрта	Ёруғ	100	100	100	30
		Катта	Ёруғ	100	100	100	30
Хомаки	10 дан катта	Боғлиқ эмас		100	100	100	30
Алоҳида деталларни ажратмасдан ишлаб чиқариш процессининг боришини умуман кузатиш керак бўлган иш		Боғлиқ эмас		75	75	—	20
Ўзи ёруғлик чиқарувчи бу буюмлар ёки материаллар билан ишлаш		Боғлиқ эмас		150	150	—	50

Баъзи бир бинолар учун ёритилганлик нормалари

Бинонинг ёки ишлаб чиқарши ускунасининг номи	нормалар ёритилганлик, лк			
	люминесцент лампалар бўлишида		чўғланмиш лампалар бўлишида	
	комбина- цияланган ёритиш	битта ум- вий ёритиш	комбинация- ланган ёри- тиш	битта ум- вий ёритиш
1. Металларга ишлов бериш цехи:				
а) станок ускуна	500	50	—	—
б) темирчилик, найзандлаш, термик ишлаш цехлари	1000	50	—	—
2. Козонлар:				
а) қозон туралган зал	—	30	—	—
б) қозонлар фронти	150	—	—	—
в) ўлчаш асбоблари	300	—	—	—
3. Гаражлар:				
а) ремонт зали, профилактика	—	50	—	—
б) ювиш бўлими	—	20	—	—
4. Электр станциялар ва подстанция- лар:				
а) шчитлар	—	200 — 100	—	—
б) трансформаторлар камералари	—	30	—	—
5. Ётоқхоналар, интернатлар	—	100	—	50
6. Кабинетлар, идора маъмулотлари учун хоналар	—	200	—	75
7. Машинада ёзми, машинада ҳи- сблаш бюрolari, чизмачилик хо- налари	—	300	—	150
8. Аудиториялар, синфлар, лабора- ториялар	—	300	—	150
9. Заллар, ошхоналар, буфетлар	—	200	—	75
10. Зинапоялар, йўлаклар	—	75 — 50	—	20 — 10
11. Санитария узеллари	—	75	—	30

Минимал ёритилганликнинг ўртача ёритилганликка нисбати ту-
затма коэффициент деб аталади:

$$Z = \frac{E_{\min}}{E_{\text{yp}}}.$$

Турли сифатликлари учун тузатма коэффициентнинг қийматла-
ри қуйидагича: 1) Эмалланган «Глубокоизлучатель» — 0,9; 2) Соя-
бонли «Универсал» — 0,85; 3) Соябонсиз «Универсал» — 0,82;
4) Сут рангли «Шар» — 0,87; 5) «Люцетта» — 0,8.

Шундай қилиб, ўртача ёритилганлик

$$E_{\text{yp}} = \frac{E_{\min}}{Z}.$$

3. Запас коэффициентини k_3 аниқланади. Бу коэффициент қурилма ишлатилганда светильникнинг, бино деворлари ва шипларининг кирланиши туфайли ёритилганликнинг йўл қўйилган миқдордан камайиб кетмаслигини таъминлайди. Кўп чангли бинолар учун запас коэффициентини 1,5 га, кам чангли бинолар учун 1,3 га тенг.

4. Бино кўрсаткичи аниқланади. Узунлиги a , кенглиги b бўлган бинонинг кўрсаткичи

$$\varphi = \frac{ab}{H_n(a+b)}.$$

5. Қурилманинг фойдаланиш коэффициентини k_f аниқланади, бу коэффициент ёритилаётган сиртга тушадиган ёруғлик оқими F_t нинг лампаларнинг ёруғлик оқими F_l га нисбатидир. Бу коэффициент светильникнинг хили, шип ва деворларнинг қайтариш коэффициентини ҳамда бино кўрсаткичига боғлиқ бўлади.

Фойдаланиш коэффициентини қийматлари 18-5-жадвалдан топилади.

18-5 - ж а д в а л

Фойдаланиш коэффициентини аниқлаш жадвали

Све- тиль- ник	Эмалланган «Глубокоиз- лучатель» Г _э			«Соябонсиз «Универсал» У			Соябонли «Универсал» У _м			Овал шиша Шар Ш _о				«Лескетта» Л _ц					
	р шип % р дев %	30 10	50 30	70 50	30 10	50 30	70 50	30 10	50 30	70 50	30 30	50 30	50 50	70 50	30 30	50 30	50 50	70 50	
φ					Фойдаланиш коэффициенти, %														
0,6	24	27	31	27	30	34	19	22	26	10	12	16	17	19	21	25	27	27	
0,8	32	34	37	35	38	41	26	28	32	14	16	20	21	25	26	31	33	33	
1,0	36	38	40	40	42	45	30	32	35	17	19	22	24	29	31	34	37	37	
1,25	39	41	43	44	46	48	33	35	37	19	21	24	28	31	34	38	41	41	
1,5	41	43	46	46	48	51	35	36	40	21	23	27	30	34	37	41	44	44	
2,0	44	46	49	50	52	55	39	40	43	24	27	30	34	38	41	45	48	48	
2,5	48	49	52	54	55	59	42	44	46	27	29	33	37	41	45	48	52	52	
3,0	49	51	53	55	57	60	43	45	47	28	31	35	39	44	47	51	54	54	
4,0	51	52	55	57	59	62	45	47	49	31	35	38	43	46	50	54	59	59	
5,0	52	54	57	58	60	63	46	48	51	32	37	40	46	48	52	56	61	61	
Све- тиль- ник	ОД			ОДР			ОДОР												
	р шип % р дев %	30 10	50 30	70 50	30 10	50 30	70 50	30 10	50 30	70 50									

Ф					Фойдаланиш коэффициенти, %				
0,6	30	33	37	27	30	34	23	27	32
0,8	39	41	45	35	37	41	30	33	38
1,0	44	46	49	40	42	45	34	38	42
1,25	48	50	53	43	45	48	38	41	45
1,5	50	52	56	45	48	51	40	43	47
2,0	55	57	60	50	52	54	43	47	52
2,5	59	61	64	53	55	58	47	50	56
3,0	60	62	66	54	56	60	48	52	58
4,0	63	65	68	57	58	62	50	54	60
5,0	64	66	70	58	60	63	51	56	62

6. Битта лампанинг ёруғлик оқими

$$E_n = \frac{E_{sp} S k_n}{k_{\phi} \cdot n}$$

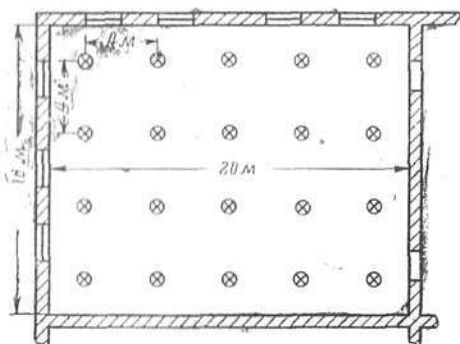
формуладан аниқланган, бунда n -лампа сони.

7. Ёруғлик оқимининг топилган қийматига кўра 18-1 ва 18-2-жадваллардан фойдаланиб, лампанинг қуввати аниқланади.

18-1- мисол. Эни $a = 16$ м, бўйи $b = 20$ м бўлган ишлаб чиқарин биосининг ёритилганлиги аниқлансин, бионинг ичинг оқ рангда деворлари оқ рангда эмас (18-20- расм). Ўшода ёруғ фонда 1 мм дан 10 мм гача деталлар билан ишланади.

Ёритиш учун соябонсиз «Универсал» светилнигини тайлаймиз, унинг ишлаш сиртидан осилиш баландлиги $H_n = 3$ м эканлиги маълум. Ишлаш саҳни бино полидан 0,75 м баландликда туради.

Светильникларни томонлари $L = 4$ м $< 2H_n$ бўлган квадратнинг учлари бўйлаб жойлаштирамиз. Девор ёнида ишлаш жойлари бўлмагани учун деворлардан 0,5 Z = 2,0 м узоқликда жойлаштирамиз. Светильниклар сони $n = 20$.



18-20- расм. Светильникларни жойлаштириш.

Ўритиладиган майдон $S = ab = 16 \cdot 20 = 320 \text{ м}^2$. Нормаларга кўра энг кам ёритилганлик $E_{\text{мин}} = 50 \text{ лк}$ ни таълаймиз (18-3-жадвал). Тузатма коэффициент қийматини 0,82 га тенг деб олиб, ишлаш саҳнининг ўртача ёритилганлигини топамиз:

$$E_{\text{ўр}} = \frac{E_{\text{мин}}}{Z} = \frac{50}{0,82} = 61 \text{ лк.}$$

Бинонинг ўртача чангли эканини назарга олиб, запас коэффициентни $k_3 = 1,4$ қилиб оламиз.

Бино кўрсаткичи

$$\varphi = \frac{ab}{H_u(a+b)} = \frac{16 \cdot 20}{3(16+20)} = 2,95.$$

Бино шиплари оқ рангда бўлганда $\rho_{\text{шип}} = 50\%$, деворлар оқ рангда бўлмаганда $\rho_{\text{дев}} = 30\%$. Шунга мувофиқ 18-5-жадвалдан соябонсиз «Универсал» светилнинг учун бино кўрсаткичи $\varphi = 2,95$ бўлганда фойдаланиш коэффициенти $k_{\text{ф}} = 57\%$ эканини топамиз.

Бир лампанинг ёруғлик оқими

$$F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{ўр}} \cdot S k_3}{k_{\text{ф}} \cdot n} = \frac{61 \cdot 320 \cdot 1,4}{0,57 \cdot 20} \approx 2400 \text{ лм.}$$

Тармоқ кучланиши $U = 220 \text{ в}$ бўлганда 18-1-жадвалдан ёруғлик оқими исқоридаги қийматга яқин — $F_{\text{л}} = 2660 \text{ лм}$ бўлган 200 *вт* қувватли лампани топамиз.

Бу лампада ўртача ёритилганлик:

$$E_{\text{ўр}} = 61 \frac{2660}{2400} \approx 67 \text{ лк.}$$

Ёритиш қурилмасининг қуввати

$$P = P_{\text{л}} \cdot n = 200 \cdot 20 = 4000 \text{ вт} = 4,0 \text{ кВт.}$$

Электр билан ёритишнинг энг осон усули солиштирма қувват усулидир.

Бирор бинони ёритиш қурилмаси қувватининг шу бино саҳни бирлигига нисбати, яъни

$$P = \frac{P_{\text{л}} \cdot n}{S}.$$

солиштирма қувват дейилади.

18-6-жадвалда светильник хили, унинг осилиш баландлиги, бино поли саҳни ва талаб қилинган ёритилганлигига кўра солиштирма қувват қийматлари берилган.

18-6-жадвалдан солиштирма қувват қийматини толиб, уни бино поли саҳнига кўпайтирамиз ва лампаларнинг керак бўлган йиғинди қувватини аниқлаймиз. Топилган қувватни лампалар сонига бўлиб, битта лампанинг қувватини топамиз:

$$P_{\text{л}} = \frac{Ps}{n}.$$

Иш учун ёритилганликдан ташқари авария ҳолатларида ёритишни ҳам кўзда тутиш керак. Ишда узилиш бўлмайдиган биноларда (электр станциялари, қуюв ва мартень печлари) авария бўлганда ҳам ишни давом эттириш учун зарур бўлган ёритилганликни таъминлаш керак. Унинг алоҳида манбаи бўлиб, ёритилганликнинг камида 10% ни таъминлаши лозим.

Умумий бир текис ёритилганликнинг солиштирма қувват нормалари

Светильник хиллари	Осш ба- ланглиги, м	Ёритил- ганлик, лк	Майдон, м²			
			10—25	25—50	50—150	150 дан юқори
«Универсал» ва эмалланган «Глубоко» слухатель»	3—1	10	6,0	4,6	3,6	3,2
		20	10,3	7,7	5,9	5,2
		30	13,6	11	8	7
		50	21	16	12	11
		75	29	22	17	15
	4—6	10	7,4	5,1	3,5	2,6
		20	13	8,7	6	4,7
		30	18	12	8,7	6,6
		50	28	19	13	10
		75	40	27	19	15
Люцетта	2—4	10	5,8	4,6	3,7	3,2
		20	10	8	6,5	5,7
		30	14	11	8,7	7,3
		50	21	16	13	11
		75	29	21	18	15
		100	39	28	24	20
Сут рағли шиша Шар	2—4	10	8,5	6,3	5	4
		20	15	11	8,6	6,9
		30	21	16	12	9,7
		50	32	25	20	16
		75	48	38	30	24
		100	64	50	40	32
БС лампалли ОД ва ОДР светильниклар	3—4	75	10	6,5	5,5	4,5
		100	13	9	8	6,5
		150	19	13	11,5	9,5
		200	25	18	15,5	12,5
		300	38	26	23	19
		500	63	44	38	31
	4—6	75	14,5	9	6,5	5
		100	19	12	9	7
		150	29	18,5	13,5	10
		200	38	24,5	18	13,5
		300	58	36,5	26,5	20,5
		500	95	61	44	33,5

Ишни вақтинча тўхтатиш мумкин бўлган ва 50 дан ортиқ иш-чи ишлайдиган ишлаб чиқариш биноларида, ёритмаслик жароҳатла-нишга сабаб бўладиган биноларда, ўтиш жойлари, зинапоя йўлак-ларида одамларни кўчириш учун зарур бўлган авария ёритиши бў-лиши керак.

Авария ёритиш светильниклари иш вақтида ёнадиган светильниклар билан бир вақтда ишлаб туриши ёки иш светильниклари ўчганида автоматик равишда ёниши ҳам мумкин.

18-2- мисол. 18-1- мисолда берилган бинонинг ёритилишини солиштирма қувват услидан фойдаланиб ҳисобланг.

Осиш баландлиги $H_n = 3_m$ бўлган «Универсал» светильнигини танлаймиз. Ўртача ёритилганлик $E_{\text{ур}} = 61_{лк}$. Бино саҳни $S = 320 \text{ м}^2$ эканини билган ҳолда

18-6- жадвалдан керак бўлган солиштира қувват 13 вт/м^2 ни топамиз.

Барча лампаларнинг керакли қувват

$$P = 13 \cdot 320 = 4160 \text{ вт.}$$

Лампалар сони $n = 20$ та бўлганда битта лампанинг қуввати

$$P_{\text{л}} = \frac{4160}{20} = 208 \text{ вт.}$$

18-1- жадвалдан қуввати жиҳатидан энг яқин, $P_{\text{л}} = 200_{вт}$ қувватли лампани танлаймиз, у вақтда бутун ёритувчи қурилманинг қуввати

$$P' = P'_{\text{л}} \cdot n = 200 \cdot 20 = 4000 \text{ вт.}$$

Ў Н Т Ў Қ Қ И З И Н Ч И Б О Б.

ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСИНИ УЗАТИШ ВА ТАҚСИМЛАШ

19-1. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСИНИ УЗАТИШ ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР

Электр энергия электр станцияларда бирор бошқа тур энергияни ўзгартириш йўли билан ҳосил қилинади.

СССР да электр энергиянинг кўп қисми қудратли иссиқлик давлат район электр станциялари—ГРЭСларда ва жаҳонда энг йирик гидроэлектр станциялар—ГЭС ларда ишлаб чиқарилади. Масалан, 2,3 млн квт қувватли В. И. Ленин номидаги Волга гидроэлектр станцияси, 2,6 млн. квт қувватли КПСС XXII съезди номидаги Волга ГЭС ва 4,5 млн квт қувватли Братск ГЭС ва ҳоказо.

ГРЭС ва ГЭС лар энергиянинг табиий запаслари—торф, қўнғир кўмир, шаршарали сув жойлашган, аммо кўпинча электр энергия истеъмолчиларидан узоқ бўлган районларда қурилади.

Ишлаб чиқарилаётган энергиянинг анча кичик қисми иккинчи группа станциялар—маҳаллий аҳамиятга эга бўлган станциялар зиммасига тушади. Бу станциялар бевосита истеъмолчиларга яқин жойлашган; уларга электр ва иссиқлик энергияси ишлаб чиқарувчи теплоэлектроцентрал—ТЭЦлар, саноат корхоналари станциялари, шаҳар, қишлоқ хўжалик станциялари ва бошқалар киради. Уларнинг қуввати анча кичик—ўнларча минг киловаттдан юз ва ўн киловаттгача бўлади.

Барча район электр станциялари, ТЭЦлар ва маҳаллий аҳамиятга эга бўлган станцияларнинг кўп қисми уч фазали ток станцияларидир.

Баъзи ишлаб чиқариш корхоналарининг, масалан, электрохимия, электрометаллургия ва электрлаштирилган транспортнинг ўзгармас токка бўлган талаби тўғрилагичлар билан жиҳозланган ўзгартириш подстанцияларида уч фазали токни ўзгармас токка айлантириш йўли билан қаноатлантирилади.

Маҳаллий аҳамиятга эга бўлган кичик қувватли станциялар кўп ҳолларда бошқа станциялар билан боғланмаган ҳолда мустақил ишлайди.

Кўпчилик станциялар эса биргаликда умумий ишлаш учун (параллел қилиб) бирлаштирилади. Бундай бирлашмалар энергия системалари—энергосистемалар деб аталади.

Энергосистеманинг ишлаш графиги анча қулай, яъни унда алоҳида станцияларга қараганда нагрузка кам ўзгаради. Станциялар биргаликда ишлаганда нагрузкаларини станциялар орасида анча рационал тақсимлаш ва резерв агрегатлар қувватини анча камайтириш мумкин бўлади. Энергосистема электр энергия таннархини пасайтириш ва ГЭС дан янада тўлароқ фойдаланиш ҳисобига ёнғли сарфини камайтириш имконини беради. Электр станцияларининг энергосистемаларга бирлаштирилиши совет энергетикаси тараққиётининг характерли хусусиятидир.

Қўшни районларнинг энергия системалари ҳам тараққий қилиб бирлашади. Улар юқори вольтли электр узатиш линиялари билан бирлаштирилиб, қудратли энергия системаларини ҳосил қилади. Масалан, Москва, Горький, Иваново ва Ярославль энергия системаларининг бирлашишидан Марказий район бирлашган энергия системаси юзага келди.

Тараққиётнинг ҳозирги замон босқичида энергия системалари бирлашган юқори вольтли тармоқ (ЕВС)¹ ёрдамида мамлакатнинг Ягона энергия системасига (ЕЭС)² бирлашди.

В. И. Ленин номидаги за КПСС XXII съезди номидаги Волга ГЭС лари ва ЕВС электр узатиш системасининг бу Волга электр станцияларини боғловчи биринчи звенолари ишга туширилиб, фойдаланишга топширилгандан кейин бу гигантларни Марказ, Марказий Қора тупроқли областлар, Жануб ва Урал энергия системалари билан бирлаштирилиб, СССР Европа қисмининг Ягона энергия системаси ҳосил қилинди.

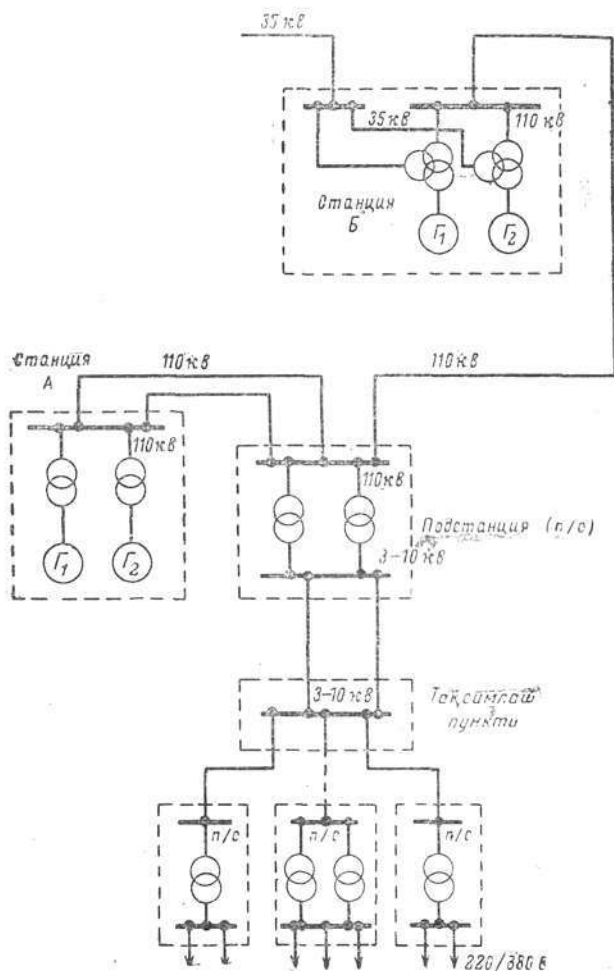
Бу беги йилликда шунингдек, Иркутскдан Новосибирсккача чўзилган Марказий Сибирь ЕЭС ни яратишга доир ишлар қизитиб юборилди, бу ишда Братск ва Красноярск ГЭС лари ҳал қилувчи роль ўйнайди.

1970 йилда Марказий Сибирь ЕЭС Совет Иттифоқининг Европа қисми ЕЭС билан бирлаштирилади, шундай қилиб, СССР ЕЭС ву-

¹ ЕВС—Единая высоковольтная сеть

² ЕЭС—Единая энергетическая система.

жудга келтирилади. ЕЭС ларнинг яратилиши ва ривожлантирилиши турли хил энергия ресурслари ва энергия ускуналарини энг яхши қилиб группалаш ва фойдаланиши, Совет Иттифоқи халқ хўжали- ги энергия базаларининг энг яхши маневр қилиши ва тежамли бў- лишини таъминлайди.



19-1- расм. Электр энергияни узатиш ва тақсимлаш схемаси.

Электр энергиянинг кичик қувватли саноат приёмник (двигател) лари 220—380—660 в номинал кучланишга, 70 квт ва ундан ортиқ қувватли энергия приёмниклари эса 3—6—10 кВ номинал кучланиш- га мослаб тайёрланади.

Турмушда ишлатиладиган кўпчилик энергия приёмниклари 110—127—220 в номинал кучланишга мослаб чиқарилади.

Шундай қилиб, 220—380—660 в кучланишлар саноат корхоналари, шаҳарлар, колхозларнинг паст кучланишли тармоқлари учун асосий кучланишлардир.

Истеъмолчилар яқинида жойлашган маҳаллий аҳамиятга эга бўлган кичик қувватли станциялар истеъмолчи билан бир хил, яъни 220—380—660 в кучланишларда ишлайди, яъни энергия трансформация қилинмасдан узатилади.

Юқори кучланишли маҳаллий станциялар 3—6—10 кВ кучланишларда ишлайди. Бу станцияларнинг бир қисм энергияси худди шундай номинал кучланишли юқори вольтли приёмникларга бевосита берилади. Энергиянинг бошқа қисми тармоқ бўйлаб 127, 220, 380 ёки 660 в кучланишда истеъмол қилинадиган районга узатилади.

ГРЭСлар ва қисман ТЭЦлар энергиясини узатишда энергия 10—15 кВ номинал кучланишли генераторлардан кучайтирувчи трансформаторли подстанцияларга берилади. Подстанцияларда кучланиш 35—110—220—330—500 кВ гача кучайтирилгандан сўнг энергия юқори вольтли узатиш линияси орқали истеъмол қилинадиган районга 35—110—220—330—500 кВ ни 6—10 кВ га пасайтирувчи подстанцияларга берилади. Сўнгра энергия тармоқ бўйлаб 6—10 кВ кучланишда қисман юқори вольтли приёмникларга, қисман 6—10 кВ ни 220—380 в га пасайтирувчи подстанцияларга, бу подстанциялардан 220 ва 380 в кучланишда истеъмолчига берилади.

19-1-расмда электр энергияни узатишнинг мумкин бўлган схемаларидан бири кўрсатилган. Схема бир линияли, яъни узатиш линиясининг учта фазаси бир линия билан тасвирланган.

Узатиш линиясининг кучланиши энергия узатиш таннархи арзон ва ўтказувчи материаллар сарфи энг кам бўлгани ҳолда энергия энг кам бўладиган ҳисоб билан танланади.

Уч фазали ток линияси бўйлаб узатиладиган қувват (6-4 ва 6-5-§ га қаранг):

$$P = \sqrt{3} UI \cdot \cos \varphi.$$

Симларда исроф қуввати

$$\Delta P = 3I^2 r = 3I^2 \rho \frac{l}{S}$$

ёки

$$\Delta P = 3 \frac{P^2}{3U^2 \cos^2 \varphi} \rho \frac{l}{S} = \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi} \rho \frac{l}{S}.$$

Агар исрофлар қувватини узатилаётган қувватнинг процентларида ифодаланса, у ҳолда

$$\Delta P \% = \frac{\Delta P}{P} \cdot 100 \% = \frac{P}{U^2 \cos^2 \varphi} \rho \frac{l}{S} \cdot 100 \%.$$

Бу ифодадан қувват ва электр энергия узатилиши керак бўлган масофанинг ортиси билан энергия исрофлари камайиши учун кучланишни орттириш зарур эканлиги кўринади.

Кучланиш, узатиш қуввати ва узатиш линиясининг узунлиги орасидаги ушбу тахминий муносабатлар амалиётдан аниқланган (19-1-жадвал).

19-1-жадвал.

Кучланишининг қувватга ва узатиш масофасига боғлиқлиги

Кучланиш, кВ	Узатилаётган қувват, кВт	Масофа, км
0,22	50—100	0,2 гача
0,38	100—175	0,35 »
6	2000—3000	5 »
10	3000—5000	10 »
35	5000—10000	25—40 »
110	10000—50000	50—150 »
220	100000—150000	200—300 »
300	150000—1000000	300—400 »
500	1 000 000 ва юқори	400 дан ортиқ

Бу рақамлар узатиш линияси кучланиши орттирилганда ўтказгич материали ва изоляция таннарихи тежамларини назарга олиб чиқарилган.

19-2. ЛИНИЯ ВА ТАРМОҚЛАР

Агар система тармоқланмаган бўлса, электр энергия электр линия симлари тармоқланган бўлса, электр тармоқ орқали узатилади.

Электр қурилмаларининг тузилиши қондаларига ПУЭ мувофиқ линия ва тармоқлар кучланишига кўра 1 000 в гача кучланишли ва 1 000 в дан юқори кучланишли линияларга ва тармоқларга бўлинади.

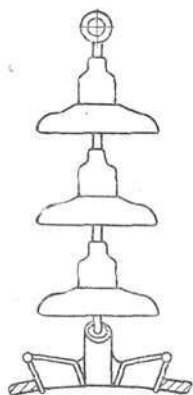
Линия ва тармоқлар ўз вазифасига кўра иккига: энергияни станция ва подстанциядан тармоқнинг энг муҳим тугун нуқталари—тақсимот пунктлари (ТП) га узатишни таъминловчи тармоқларга ва электр энергияни тақсимот пунктларидан истеъмолчиларга узатувчи—тақсимловчи тармоқларга бўлинади.

Тармоқлар қурилишига кўра ҳаво (осма) тармоқлар, кабеллар ёки ер ости тармоқлари ва ички проводка тармоқларига бўлинади.

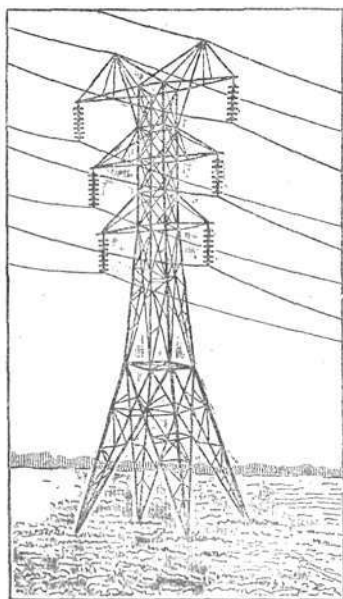
Ҳаво линияларини қуриш ер ости линияларини қуришдан арзон, улардан фойдаланиш қулай ва соддароқ, чунки шикастланган жойлар қараш вақтида осон топилади, бироқ улар ер ости линияларига қараганда хавфлироқ ва ишончсизроқдир. Ҳаво линиялари асосан очиқ ва аҳоли зичлиги кам жойлардан ўтказилади.

Ҳаво линияси учта асосий қисмдан: симлар, изоляторлар ва таянчлардан иборат. Симлар изоляторларга, изоляторлар, ўз навбатида таянчларга маҳкамланади.

Ҳаво линиялари—35—500 кВ кучланишга мўлжалланган электр узатиш линияси очик алюминий ёки пўлат-алюминий симлар, осма изоляторлар гирлянди (шодаси, 19-2-расм) ва металл ёки темир-бетон таянчлардан (19-3-расм) ташкил топади. Симларнинг механик мустаҳкамлиги етарлича танланиши керак. Симлар орасидаги масофа ҳатто шамол бўлиб, уларни тебрат-



19-2- расм. Осма изоляторлар шодаси.



19-3- расм. 110 кВ кучланишли иккита уч фазали линиялар учун металл таянчлар.

ганда ҳам симлар орасидаги ҳавода тешилиш бўлмайдиган қилиб олинади. Таянчларнинг учларидан рухланган пўлат трослар тортилади ва бу симлар ерга улаб қўйилади, улар атмосферадаги электр разрядни ўзига тортиб, ерга ўтказиб юборади.

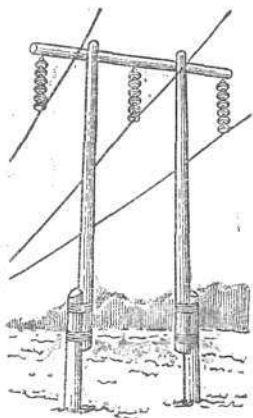
110 кВ ва ундан кичик кучланишли ҳаво линияларида баъзида ёғоч таянчлар (19-4-расм) ишлатилади. Кучланиши 35 кВ ва ундан кичик бўлган узатиш линияларида кўпинча осма изоляторлар ўрнида штирли изоляторлар (19-5-расм) ишлатилади.

19-6-расмда электр узатиш линиясининг чинни ўтиш изолятор ёрдамида бинога киритилиши кўрсатилган.

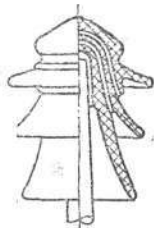
1000 в гача кучланишли ҳаво линияларида алюминий симлар ишлатилади. Таянчлар орасидаги масофа узоқ бўлганда механик мустаҳкамлик шартларига мувофиқ алюминий симлар пўлат-алюминий симлар билан алмаштирилади (масалан, АС-16 маркада диаметри 1,8 мм ли олтига алюминий семи ва худди шундай диаметрли битта пўлат сим бўлади).

Симлар паст вольтли чинни изоляторлар (19-7-расмда ТФ типидеги изолятор кўрсатилган) га монтаж қилинади, улар таянчларга маҳкамланидиган илмоқнинг штирли қисмга ёки штиргга кийдирилади.

Алюминий симларнинг кесими 16 мм^2 дан кам бўлмаслиги керак. Симлар изоляторнинг бўйига (19-8-а расм) баъзида эса изолятор каллагига (19-8-б расм) «боғлағич» — диаметри 1 мм га яқин рухланган темир сим билан маҳкамланади.



19-4- расм. Уч фазали юқори вольтли линия учун ёғоч таянчи.



19-5- расм. 35 кВ га мўлжалланган штирли изолятор.

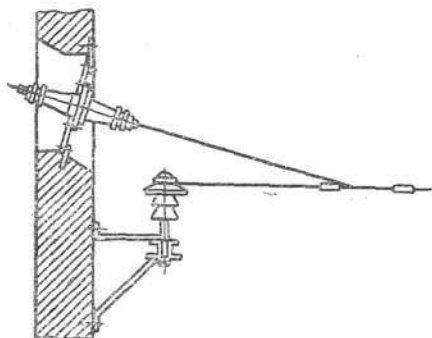
1000 в гача кучланишли линияларда ёғоч таянчлар — узунлиги 9 м гача бўлган устунлар (столбалар) ишлатилади. Устуннинг пастки қисми — оёғи оддий ва мураккаб бўлиши мумкин. Мураккаб бўлган ҳолда таянчнинг пастки учи темир-бетон ёки баъзида ёғоч «стул» га ёки «кичик оёққа» бирлаштирилади (19-9-расм). Устун оёғи стулга 4 мм ли рухланган пўлат симнинг 6-8 ўрамадан иборат бандаж ёрдамида маҳкамланади. Таянчлар орасидаги масофа 30—80 м бўлади. Симнинг ердан баландлиги камида 5 м, симлар орасидаги масофа эса 250 в гача кучланишда 30 см дан кам бўлмаслиги керак.

Ер ости линиялари шаҳарларда, аҳоли жуда зич бўлган жойларда, саноат корхоналари территорияларида ва заводлар ичидаги тармоқларда ишлатилади. Ер ости линияларида кабелдан фойдаланилади. Кабеллар ток ўтказувчи томирлар (симлар), изоляция, герметик қобиқ ва ташқи ҳимоя қатламидан иборат бўлади. Томирлар сонига кўра кабеллар бир, икки, уч ва тўрт симли қилиб ясалади. Кабель томирлари мис ёки алюминийдан доира ёки секторсимон кесимли қилиб ясалади. Кабель томирларининг кесим-

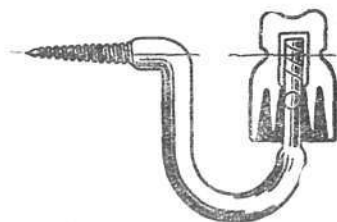
лари 1 дан 240 мм^2 гача (1, 1, 5, 2, 5, 4, 6, 10, 16, 25 ва ҳоказо) қилиб 1000 в кучланишгача ва 3, 6, 10 ва 35 кВ кучланишга мўлжалланган бўлади.

Кабелнинг изоляция қобиғи кабель симлари орасидаги ва симлар билан ер остидаги изоляцияни таъминлайди. Изоляция материали сифатида канифоль қўшилган мой сингдирилган кабель қоғози, резина, полиэтилен ишлатилади. Қўрғошин, алюминий, пластикат ёки резинадан қилинган герметик қобиқ кабелни намланишдан сақлайди. Механик шикастланишдан ҳимоя қилиш учун кабелларнинг иккита пўлат лента ёки рухланган симдан иборат брони (зирхи) бўлади. Кабель брони ёки қобиғи химиявий таъсирдан муҳофаза қилиш учун битум массаси шимдирилган жут билан қопланади. Кабель маркаларида унинг томирлари, ҳимоя қобиғи материаллари ва ҳимоя қатла-

мининг хили кўрсатилган бўлади. Алюминий томир биринчи ўринда турувчи *А* ҳарфи билан белгиланади. Мис томир белгиланмайди. Ҳимоя қобиғининг материали: кўргошин—*С* (свинец); алюминий *А* ҳарфлари билан кўрсатилади. *Б* ҳарфи пўлат ленталардан қилинган

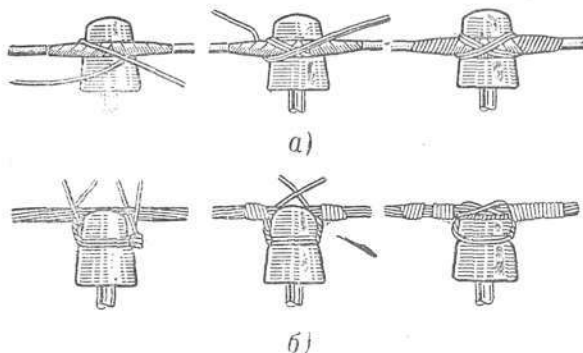


19-6- расм. Линияни бинога киритиш.



19-7- расм. Илмоққа маҳкамланган ТФ типдаги паст кучланишда чини изолятор.

броннинг борлигини билдиради. Масалан, *ААБ* маркали кабель: алюминий томирли, алюминий қобиқли ва жут-битум қатлами бўлган пўлат бронли кабель деган маънони билдиради. *АСБ* маркали кабель: алюминий томирли, кўргошин қобиқ ва жут ҳамда битум қатлами бўлган пўлат бронли кабелдир. *АСБГ*—кабель бундан олдинги маркадан пўлат бронь устидан жут-битум қатламининг йўқлиги билан (*Г*—голый—очиқ дегани) фарқ қилади.

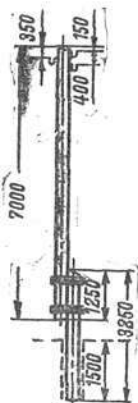


19-8- расм. Силларни маҳкамлаш:

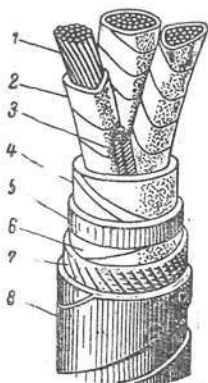
а—изоляторнинг бўйига; *б*—изоляторнинг каллагига маҳкамлаш.

19-10- расмда мис томирли *СБГ* маркали уч томирли кабелнинг тузилиши кўрсатилган, у кабель туннеллари ва бино ичидаги каналларга ётқизиш учун мўлжалланган.

Кабеллар кенглиги 25—50 см, ер устидан чуқурлиги 70—80 см бўлган траншеяларда ётқизилади. Катта шаҳарларда кўпинча кабеллар ер ости йўлаклари—коллекторлар бўлаб ётқизилади.



19-9- расм.
1000 в куч-
ланишли ли-
ния учун «па-
синкали» ёғоч
таянч.

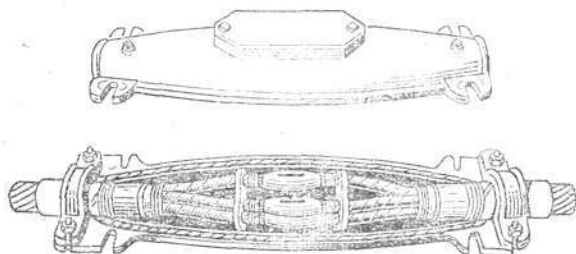


19-10- расм. СБГ маркали
уч томирли кабель.

1—кабель томирлари; 2—томир-
ларнинг қоғоз изоляцияси; 3—
тўлдиргичлар; 4—камарсимон
қоғоз изоляция; 5— қўرғошин
қобик; 6—қоғоз-битум қоплама;
7—кабель тўқимаси; 8— иккита
пўлат лентадан иборат брови
(зирҳ).

Кабель учларини улаш учун қўрғошин ёки чўяндан қилинган ка ель муфтлари ишлатилади (19-11- расм), уларга кабель мас- саси қуйиб қўйилади. Кабеллар муфтасиз ҳам уланиши мумкин.

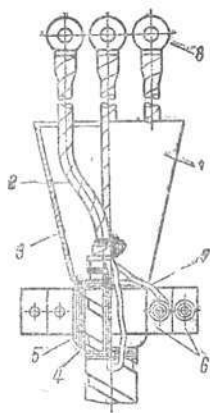
Кабелларнинг электр аппаратлар, машиналар, трансформаторлар тутқичларига уланадиган учларини махсус пўлат учли муфтларга



19-11- расм. Кабеллар учини улаш учун чўяндан
тайёрланган муфта.

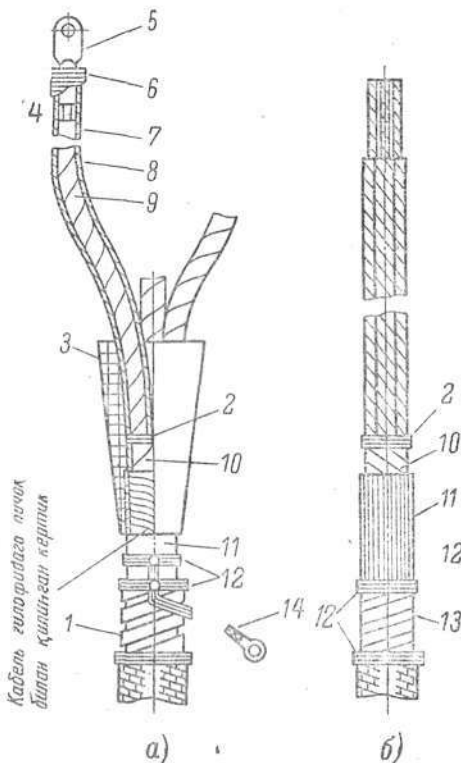
маҳкамлаб, кабель масса тўлдирилган пўлат кабель воронка- ларига киргизиб қўйилади (19-12- расм), шунингдек «қуруқ задел- ка» лар ҳам ишлатилади. Сунъий смолалар, масалан, эпөксид ком-

паунддан қилинган заделкалар (19-13-расм) пўлат воронкали учлардан ўзининг юқори герметиклиги, электрик мустаҳкамлиги ва монтажининг осонлиги билан фарқ қилади. Бундай заделкалар 10 кВ кучланишли кабелларда ишлатилади.



19-12- расм. Уч томирли кабелнинг пўлат воронкада учини тўлдириш.

1—пўлат воронка; 2—изоляцияланган томир; 3—битум масса билан тўлдириш; 4—смодаланган лента билан ўраш; 5—смодаланган лентадан қилинган бандаж; 6—маҳкамлаш учун ярим бўйинтурук; 7—ерга уловчи сим; 8—учлик.



19-13- расм. Эпоксид компаунд ишлатиб кабель учини тўлдириш.

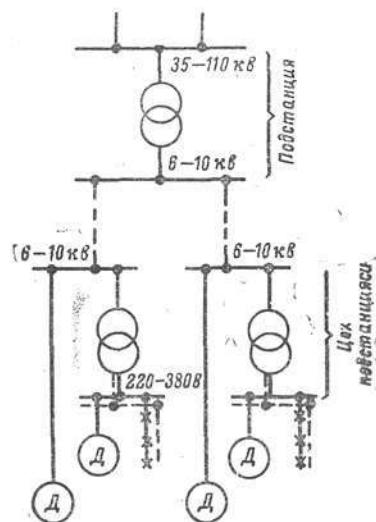
а—умумий кўриниши; б—босқичли бўлиниши; 1—кавишарланган ерга уловчи сим; 2—ип-газламадан тўқилган бандаж; 3—эпоксид компаунд; 4—кипер лента ўраш; 5—учлик; 6—канопдан қилинган бандаж; 7—кабелнинг томири; 8—компаунд қолланган кипер лента ўраш; 9—фаза изоляцияси; 10—камарсимон изоляция; 11—кабелнинг кўрғошин қобити; 12—сим бандаж; 13—кабель брони (зирхи); 14—учи чиқарилган ерга уловчи сим.

19-3. САНОАТ КОРХОНАЛАРИ ВА ЦЕХЛАРНИ ЭЛЕКТР БИЛАН ТАЪМИНЛАШ

Саноат корхоналари кўп ҳолларда электр энергияни электр системаларидан олади.

Корхонанинг қуввати ва қатор шартларга кўра электр энергия истеъмолчига: 1) 35—110 кВ; 2) 3—6—10 кВ ёки 3) 380/220 В кучланишларда берилади.

Биринчи ҳолда кучланиш корхонанинг пасайтирувчи подстанциясига берилади ва у ерда 35—110 кВ дан 6—10 кВ гача трансформацияланади (19—14- расм). Бу кучланишда электр энергия одатда кабель линиялар орқали корхона территорияси бўйлаб цех подстанцияларига узатилади. 6—10 кВ ли подстанцияларнинг шиналарига юқори вольтли электр двигателларига ток берувчи кабель линиялар ва кучланишни 380/220 в гача пасайтирувчи трансформаторлар уланади, цехнинг паст вольтли энергия истеъмолчилари орасида энергия шулар орқали тақсимланади.



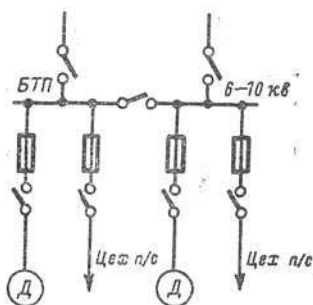
19-14- расм. Йирик саноат корхонасининг энергия тақсимоти схемаси.

Иккинчи ҳолда энергия корхонанинг бош тақсимлаш пункти (БТП) га келади, бу пунктнинг вазифаси энергияни қабул қилиб олиш ва тақсимлашдир (19-15- расм). БТП га энергия 3—6—10 кВ кучланишли бир-икки кабель линиялари (баъзида ҳаво линиялари) орқали келтирилади, пунктдан кетувчи энергияни трансформатор подстанцияларига худди шу кучланишда берувчи линиялар сонин одатда анча кўп бўлади.

Юқори вольтли энергия истеъмолчилари бўлмаган анча кичикроқ корхоналарда электр энергия 6—10 кВ 380/220 в кучланишли энергия система тармогидан завод трансформатор подстанциясига келтирилади ва кейинги кичик кучланишда цехнинг тақсимлаш пунктларига берилади.

Учинчи ҳолда, энергия кичик барқарор қувватли корхоналарга 380/220 в кучланишда энергия системасидан корхонанинг паст вольтли тақсимлаш пунктига берилади ва у ердан цехларга тақсимланади.

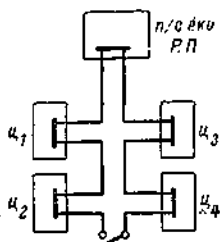
Саноат корхоналарида энергия БТП ёки трансформатор подстанцияси ва цех тақсим-



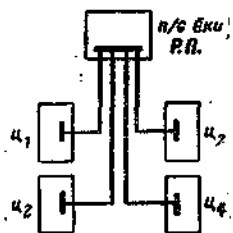
19-15- расм. Электр энергияни корхонанинг тақсимот пункти орқали тақсимланиш схемаси.

лаш пунктлари орасида радиал схема (19-16- расм) ёки магистрал схема (19—17- расм) бўйлаб тақсимланади.

Радиал схеманинг камчилиги шуки, у қиммат туради ва ишлаши ишончсизроқ, чунки радиал линияда авария бўлганида бу линия бўйлаб энергия бериш тўхтаб қолади. Бу схема эксплуатациясининг соддалиги, ҳимоя ва автоматлаштиришнинг осонлиги билан афзалдир.



19-16- расм. Цехлар бўйича электр энергия тақсимлашнинг радиал схемаси.

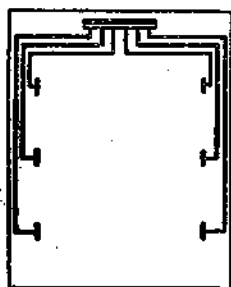


19-17- расм. Цехлар бўйича электр энергия тақсимлашнинг магистрал схемаси.

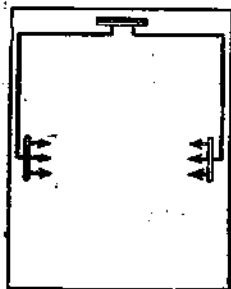
Магистрал схеманинг афзаллиги унинг арзон тушиши ва магистрал туташган бўлганида энергия билан таъминлашнинг жуда ишончлилигидир (19-17- расм) ва аксинча, магистрал ажратилган бўлганда бу система кам ишончли бўлади.

Махсус нагрузкали корхоналарда электр билан таъминлаш ишончли бўлиши учун одатда икки томонламадан турли трансформаторлар (подстанциялар)дан энергия бериладиган магистрал схемадан фойдаланилади.

Светильникларда электр двигателларини юргизиш билан боғлиқ бўлган кучланиш ўзгаришларини камайтириш учун кўп ҳолларда линия ва тармоқларни куч ва ёритиш тармоқларига бўлишдан фойдаланилади.



19-18- расм. Радиал схема.



19-19- расм. Радиал-босқичли схема.

Қурилмада 380/220 в кучланиш бўлганда двигателлар линия симларига (380 в) уланади, лампалар эса нейтрал (ноль) сим билан линия симлари орасига уланади (220 в).

Катта қувватли двигателлар сояи кам бўлганда цех ичида энергия радиал схема бўйлаб берилади (19-18-расм), бунда цех ичиди (ТП) дан ҳар бир двигателга алоҳида линия кетади. Кичик двигателлар кўп бўлганда цех тақсимлаш пунктдан линиялар участка ТП ларига боради, уларга айрим истеъмолчиларга энергия берувчи линиялар уланган бўлади (19-19-расм).

Цехларда очиқ шиналар—шинопроводлардан иборат сода ва арзон магистрал схема кўп қўлланилади, бу шинопроводларнинг керакли нуқтасида энергия истеъмолчилари бевосита уланаверилади.

19-4. САНОАТ КОРХОНАЛАРИНИНГ ТРАНСФОРМАТОР ПОДСТАНЦИЯЛАРИ ВА ТАҚСИМОТ ҚУРИЛМАЛАРИ

35—110 кВ кучланишли тақсимот қурилмалари (ТҚ) ва трансформатор подстанциялари (ТП) очиққа ўрнатилади, яъни уларнинг барча электр ускуналари очиқ ҳавода жойлаштирилади. Фақат ҳавода электр ускуналарга зарар етказувчи моддалар бўлгандагина бу кучланишли ТҚ ва подстанциялар ёпиқ қилиб ясалади, яъни биноларга ўрнатилади. Очиқ қурилмалар ёпиқ қурилмалардан арзонроқ ҳамда тезроқ қурилади ва жуда кам қурилиш материаллари талаб қилинади.

Комплект тақсимот қурилмалари (КТҚ) ва комплект трансформаторлар-подстанциялари (КТП) кенг тарқалган.

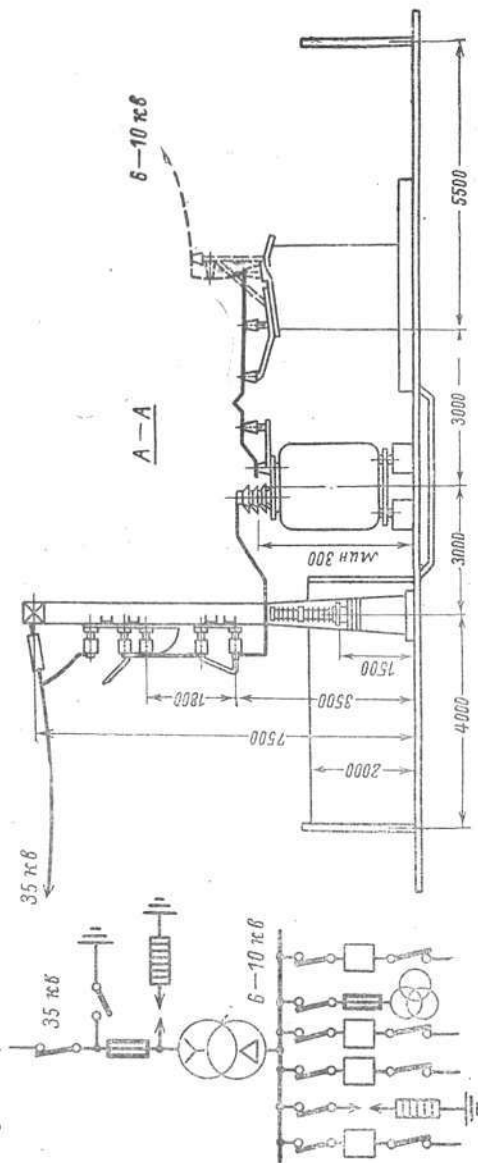
Ичига электр ускуналар монтаж қилинган айрим металл шкафлардан иборат тақсимот қурилмалари ва трансформатор подстанциялари комплект дейилади. Шкафлар ва уларга ускуналарни монтаж қилиш ишларини заводларда бажаради. Маълум номенклатуралли шкафларгина тайёрланади. Уларнинг жиҳозлари ва схемалари бир неча шкафдан тақсимот қурилмаси ёки подстанция ясаш мумкин бўладиган қилиб танланади. Шкафлар 500 в ва ундан юқори кучланишларга мослаб тайёрланади. КТҚ ва КТП лардан фойдаланганда электр ўрнатилгани қуриш тезлашади ва арзонга тушади.

19-20-расмда саноат корхонаси 35/6 — 10 кВ кучланишли очиқ трансформатор подстанциясининг тузилиши кўрсатилган.

Масалан, 3200 кВА қувватли трансформатор сақлагичлар ва ажратгичлар орқали 35 кВ ли ҳаво линиясига уланган. Ўта кучланишдан сақлаш учун вентиль разрядлагич ишлатилган. Трансформаторнинг иккиламчи чулғами ташқи қурилманинг КТҚ шиналарига уланган.

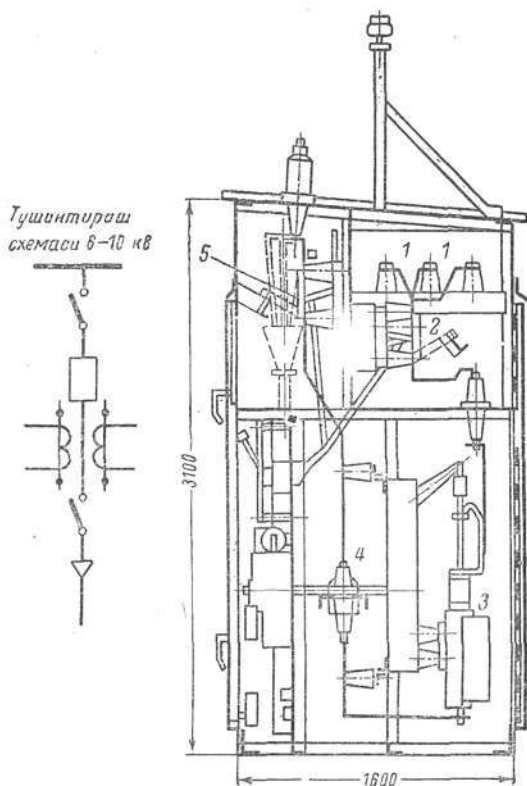
КТҚ шкафларидан бирининг схемаси ва қирқими 19-21-расмда кўрсатилган. Ток шиналар 1 дан шина ажратгич 2, мойли вкключатель 3, ток трансформатори 4, линия ажратгич 5 орқали кабель ёки ҳаво линияси ва ниҳоят линия орқали цех подстанциясининг шиналарига боради.

Турбинтарий схемасы



19-20. расм. Очққ типдаги 35/6—10 кВ ли трансформатор подстанцияси.

Қорхонанинг энергетик системадан 6—10кв кучланишда электр энергия келадиган бош тақсимот пункти одатда бир қаватли бинога жойлаштирилади ва КТҚ шкафлари ёки махсус заводларда тайёрланадиган ҳамда қурилиш жойининг ўзида йиғиладиган йиғма конструкцияли камералар билан жиҳозланади.



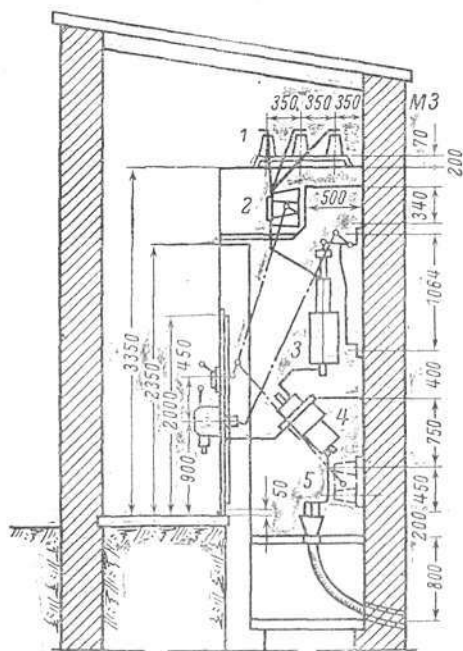
19-21- расм. Мойли виқлючателли ва кабель ёки ҳавога чиқишли ташқи қурилманинг КТҚ шкафи.

Йиғма конструкцияли БТП лардан бирининг тузилиши 19-22- расмда кўрсатилган. Бош тақсимот пунктида камералар бир қаторли жойлашган ва бошқариш йўлакчаси бор. Бу расмда ҳам бир хил номдаги аппаратлар аввалги расмдаги рақамлар билан белгиланган.

Қорхоналарнинг цех подстанциялари БТП сингари ёки йиғма конструкцияли камералар билан ёки КТП шкафлари билан жиҳозланади.

Цех подстанцияларидан бирининг тузилиши 19-23- расмда кўрсатилган 6 кв /380—220 в кучланишли трансформатор ва тақсимот шитти қўшни биноларда жойлаштирилган.

Камеранинг пастки қисмидаги ўймалар (расмда кўрсатилмаган) ва юқоридаги сўрувчи шахта трансформаторларни совитиб туради. Трансформаторга энергия кабель 1, рычагпривод 3 ли ажратгич 2 орқали келади. Трансформаторнинг иккиламчи чиқиши рычагли при-вод 5 ли 4 ажратгич орқали тақсимот шчити шкафларига уланган.



19-22- расм. 6—10 кВ ли тақсимлаш қўриқмаси.

Шчит шиналарига ёритиш учун кабель линиялари ва электр двигателларига энергия берувчи шинопровод уланган. Ҳар бир линияда сақлагич ва рубильник бор, шинопровод занжирида эса ҳаво автомати бор. Шинопровод девордаги тешик орқали қўшни бино—цеҳга ўтади.

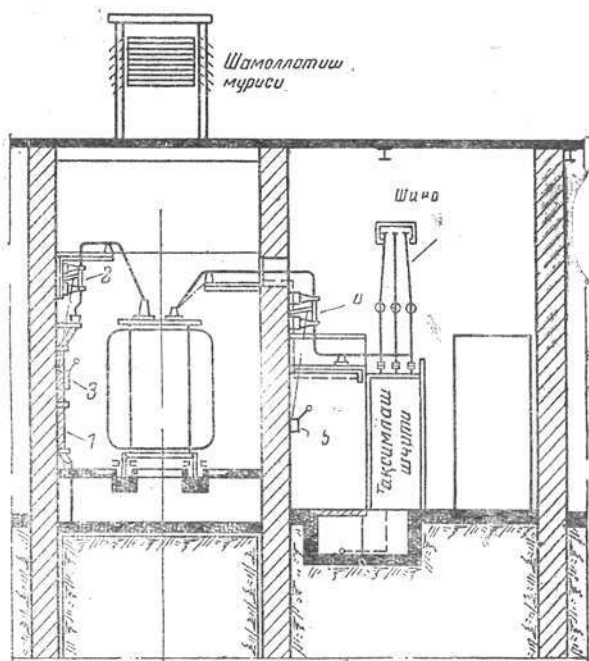
Цех подстанцияларининг кичик кучланишли тақсимот шчитлари бир томонлама ёки икки томонлама қараладиган (19-24 ва 19-25-расмлар), каркасли ёки каркассиз конструкцияда тайёрланади. Каркасли конструкцияли шчитларда листли пўлатдан ёки изоляция материали, масалан, асбестцемент листларидан фойдаланилади. Каркассиз шчитларда эса фақат листли пўлат панеллардан фойдаланилади.

Шчитнинг энг содда электр схемаси: цех подстанцияси куч трансформаторининг иккиламчи чулғамлари тутқичлари автомат ёки ру-

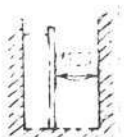
бильник ҳамда сақлагичлар орқали шчит шиналарига уланади. Шиналардан рубильниклар ва сақлагичлар орқали истеъмолчиларнинг энергия линиялари кетади. Ўлчашлар учун шчит шиналарида вольтметр ва кетувчи линияларга амперметрлар ишлатилади.

Икки томонлама қараладиган каркасли шчит ва панеллардан бирининг схемаси 19-26-расмда кўрсатилган.

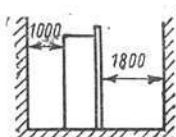
19-27-расмда КТП шкафлари ва шинопроводлари бўлган цех подстанцияси кўрсатилган.



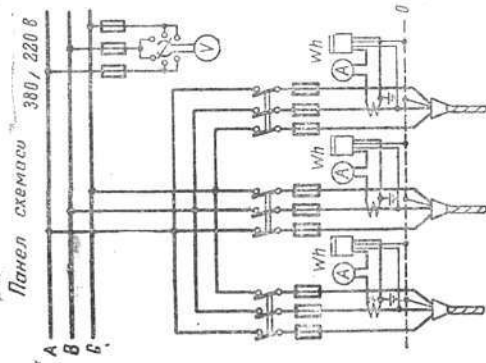
19-23-расм. Цех трансформатор подстанцияси.



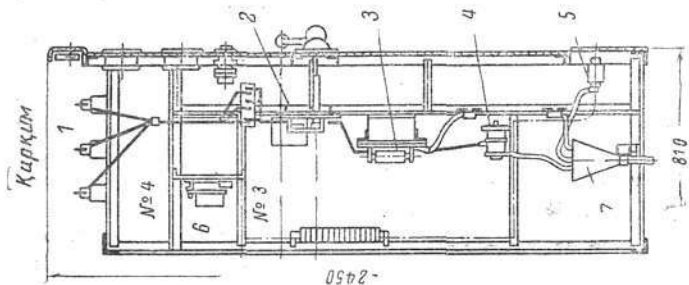
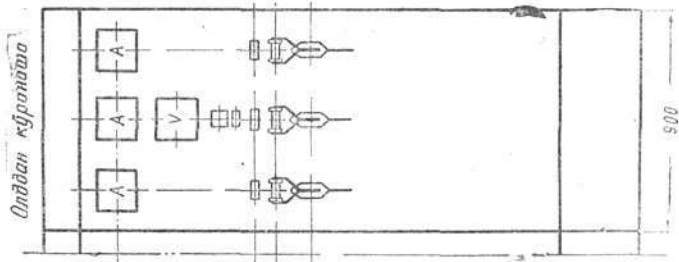
19-24- расм. Бир томонлама қараладиган паст кучланиш шчит қурилмаси схемаси.



19-25- расм. Икки томонлама қараладиган паст кучланиш шчит қурилмаси схемаси.



а)

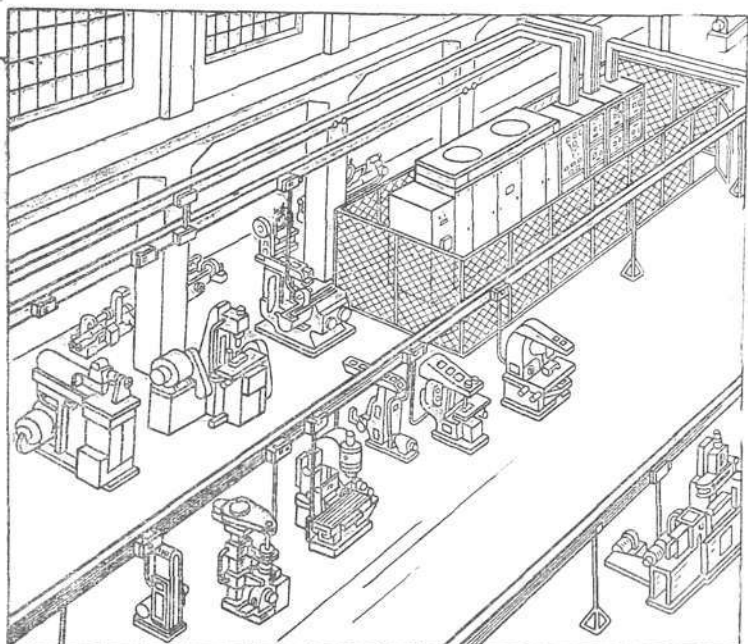


б)

19-26-расм. «Электрощит» заводда тайёрланган 380/220 в қулалининг икки томонлама қараладиган шитнинг панели ва схемаси:

а—схема; б—қирқим; 1—йигла пиналар; 2—рубийник; 3—эрурчан саклагич; 4—ток трансформатори; 5—поль шина; 6—сметчик; 7—кабель воронкаси.

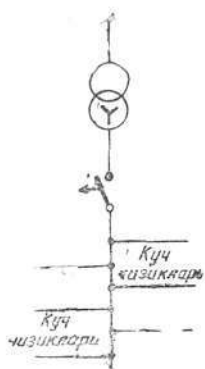
Арзонлаштириш мақсадида цех подстанцияси билан шинопроводнинг қўшма соддалаштирилган схемасидан фойдаланилади, бу схема «блок трансформатор магистрал» деб аталади (19-28-расм). Бу қурилмада тақсимот шити бўлмайди. Ток трансформатордан автомат ёки рубильник орқали бевосита шинопроводга, ундан айрим электр двигателларига келади.



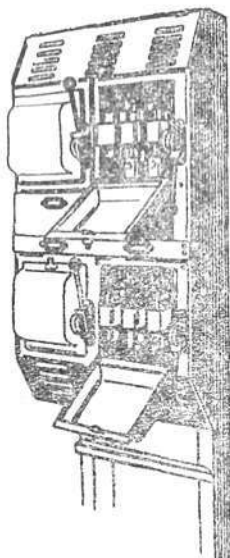
19-27- расм. КТП шкафлари ва шинопроводлар билан бирга кўрсатилган цех подстанцияси.

Унча катта бўлмаган группадаги кичикроқ энергия истеъмолчиларини энергия билан таъминлаш учун цехларда тақсимот пунктлари ўрнатилади. 19-29-расмда алоҳида блоклардан йиғилган блоктақсимот пункти ПРБ-59 кўрсатилган. Унда ҳар бир кетувчи линия бошқаларга боғлиқ бўлмаган ҳолда қўшилади ва ажратилади, сақлагичлар эса фақат кучланиш бўлмаган вақтда алмаштирилади.

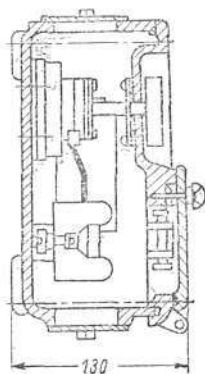
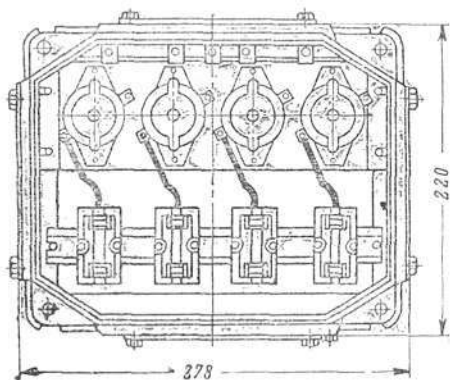
Ёритиш приёмникларига энергия группа тақсимот пунктлари орқали берилади. Улар шкафлар ёки яшиклардан иборат бўлиб, бу шкаф ва яшикларга эрувчан сақлагичли рубильниклар ва выключателлар монтаж қилинган бўлади (19-30-расм). Анча кичик қурилмаларда эрувчан сақлагичли шитлар ишлатилади.



19-28-расм. «Трансформатор-магистра.» блокнинг схемаси.



19-29-расм. Тўрт блок-ли ПРБ-59 блок-ли тақсимот пункти.



19-30-расм. Еритиш пункти.

Электр симлар ва тармоқлар: 1) ёнги чикмаслигини ва кишилар ҳаётининг хавфсизлигини таъминлаши; 2) электр энергия билан узлуксиз таъминлашга ишончли бўлиши; 3) энергиянинг юқори сифатли, яъни истемолчиларга берилаётган кучланишнинг истемолчининг номинал кучланишдан фарқи кам бўлишини таъминлаши; 4) арзон бўлиши лозим.

Симларнинг кесимларини уларнинг йўл қўйиладиган қизишларини назарга олган ҳолда тўғри танлаш, эрувчан сақлагичларни, шунингдек, симларнинг изоляциясини уларнинг маркасига мувофиқ ҳолда танлаш биринчи шартнинг бажарилишини таъминлайди.

Симлар механик мустақкамлигининг етарли бўлиши ва эрувчан сақлагичнинг тўғри танланиши иккинчи шартнинг бажарилишини таъминлайди.

Симларнинг кесимларини уларда кучланиш исрофи йўл қўйиладиган катталиқда бўлиш шартига амал қилган ҳолда танланиши, учинчи шартнинг бажарилишини таъмин этади.

Симларни тўғри танлаш учун улар ҳисобланади.

а) Симларнинг кесимини уларда йўл қўйиладиган қизишга кўра аниқлаш

Симларнинг кесимини аниқлаш учун симлар қисмининг узунлигини ва бу қисмдаги нагрукани билиш керак.

Нагрукка қувватга кўра ёки номинал кучланиш ўзгармас бўлгандаги токка кўра аниқланади.

Симларни ҳисоблашда қуйидаги тушунчалардан фойдаланилади: 1) номинал қувват P_n приёмникда кўрсатилган бўлади; 2) ўрнатилган қувват P_y —ўрнатилган приёмникларнинг номинал қувватлари йиғиндиси; 3) ҳисобланган қувват P_x —ҳисоблашда олинаётган қувват.

Бу қувватларга I_n , I_y , I_x тоқлар мос келади, бу тоқлар ҳам юқоридаги қўшимча номлар билан аталиши равшан.

Амалда ҳеч қачон барча энергия приёмниклари бир вақтда бараварига уланмайди, унинг устига двигателлар ҳамма вақт тўла нагрукка билан ишлайвермайди, шунинг учун ҳисоблаш вақтида ўрнатилган қувват эмас, унинг истемолчи томонидан бир вақтда фойдаланилиши мумкин бўлган P_x қисми назарга олинади.

Ҳисобланган қувватнинг ўрнатилган қувватга нисбати талаб коэффициенти деб аталади

$$k_T = \frac{P_K}{P_y} \quad (19-1)$$

ёки

$$k_T = \frac{I_x \cdot U \cdot \cos \varphi}{I_y \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{I_x}{I_y}.$$

Ёритиш нагрукасида

а) ташқи ёритиш тармоқлари учун $k_T = 1$;

б) рўзгордаги ёритиш тармоқлари учун $k_T = 0,7 \div 0,8$;

в) саноат корхоналари тармоқлари учун $k_T = 0,7 \div 0,9$.

Ёритиш нагрукасида ҳисобланган ток бир фазали ўзгарувчан ток занжирлари ва ўзгармас ток тармоқлари учун

$$I_x = \frac{k_T P_{\Sigma}}{U} = \frac{P_x}{U},$$

уч фазали ток занжирлари учун

$$I_k = \frac{k_T P_{\Sigma}}{\sqrt{3} U} = \frac{P_x}{\sqrt{3} U}.$$

Металларга совуқ ишлов бериш цехларидаги куч нагрукаларда ўриятилган электр двигателлар сонига боғлиқ ҳолда талаб коэффицентининг тахминий қийматлари 19-2-жадвалда кўрсатилгандек бўлади.

19-2-жадвал

Двигателлар сонига боғлиқ ҳолда талаб коэффицентини

Ўриятилган двигателлар сони	2	3	4	5	6	8	10	20	30
Металларга совуқ ишлов бериш цехлари учун талаб коэффицентини	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,45	0,3	0,25

Ўзгармас ток двигателининг номинал токи

$$I_n = \frac{P_n}{U \cdot \eta}, \quad (19-2)$$

уч фазали ток двигателининг номинал токи

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U \cdot \eta \cdot \cos \varphi}, \quad (19-3)$$

бу ерда η — электр двигателининг фойдали иш коэффицентини.

Двигателлар учун η ва $\cos \varphi$ нинг қийматлари справочниклар ва каталоглардан олинади. Тахминий ҳисоблашларда 10—12 кет гача кичик қувватли двигателлар учун $\eta \cdot \cos \varphi$ кўпайтма катталигини 0,7—0,8 га тенг деб олиш мумкин.

Двигателларнинг ҳисобланган токи

$$I_x = k_x \cdot I_n = k_x \cdot I_{\Sigma}.$$

Одатда симларнинг кесимини улар учун йўл қўйиладиган қизишга кўра жадвалдан (19-3-жадвал) аниқланади, жадвалда турли марказдаги симларнинг стандарт кесимлари учун узоқ вақтга ўтиши мумкин бўлган чегаравий йўл қўйилган тоklar ($I_{\text{йк}}$) берилган.

Мис ва алюминий томирли кабеллар ва изоляцияланган симлар учун узоқ муддатга йўл қўйилган ток нагрузкалар

Томир кесими, мм ²	Йўл қўйилган узоқ муддатли нагрузкалар, а*								
	очиқ ётқизилган ПР, ПРД, ПВ, ППВ, АПР, АПВ маркали симларда	очиқ ётқизилган СРГ, СРБГ, ВРГ, ВРБГ, ТПРФ, ПРП маркали мис томирли симлар ёки кабелларда		бир трубада ётқизилган ПР, ПРТО, ПРТ, ПВ, ПВБ, АПР, АПВ симларда ва яширил ётқизилган ППВ симларда				3 ва гача бўлган ва модда синдирилган қоғоз изоляцияли СВ, АВ, ВМБ, ААБ, АБМБ маркали ерда ётқизилган кабелларда	очиқ ҳаводаги бир томирли симларда
		икки томирли	уч томирли	иккита сим	учта сим	битта икки томирли	битта уч томирли	уч томирли	
0,5	11/—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,75	15/—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	17/—	—	—	16/—	15/—	15	14	—	—
1,5	23/—	19	19	19/—	17/—	18	15	30	—
2,5	30/24	27	25	27/20	25/19	25	21	40/30	—
4	41/32	38	35	38/28	35/28	32	27	55/42	50/40
6	50/39	50	42	46/36	42/32	40	34	70/55	70/55
10	80/55	70	55	70/50	60/47	55	50	95/75	95/75
16	100/80	90	75	85/50	80/60	80	70	120/90	130/105
25	140/105	115	95	115/85	100/80	100	85	160/125	180/135
35	170/130	140	120	135/100	125/95	125	100	190/145	220/170
50	215/165	175	145	185/140	170/130	160	135	235/180	270/215
70	270/210	215	180	225/175	210/165	195	175	285/220	340/265
95	330/255	260	220	275/215	255/200	245	215	340/260	415/325
120	385/295	300	260	315/245	290/220	295	250	390/300	485/375
150	440/340	350	305	360/275	330/255	—	—	435/335	570/440

* Суратида мис томирлар учун, махражида алюминий томирлар учун нагрузка берилган.

Симларда йўл қўйиладиган ток ҳисобланган [токдан кичик бўл-маслиги керак, яъни

$$I_{\text{як}} \geq I_{\text{т}}. \quad (19-4)$$

Шундай қилиб, симнинг кесими унда йўл қўйиладиган ток ҳисобланган токка тенг ёки ундан катта бўладиган қилиб танланади.

19-1- мисол. 220 в қўлланишли уч фазали линия магистрал симларидаги ҳисоблаш токи аниқлансин; линия учига номинал қувватлари $P_{\text{н1}} = 4,5 \text{ кат}$, $P_{\text{н2}} = 2,8 \text{ кат}$ ва $P_{\text{н3}} = 3,5 \text{ кат}$ бўлган учта электр двигатели уланган.

Трубаларда ётқизиладиган ПР маркали симлар кесимини уларнинг йўл қўйиладиган қизишлари шартига кўра танланг.

Магистралдаги ҳисоблаш токи

$$I_{\text{x}} = \frac{k_{\text{x}} P_{\text{n}} \cdot 1000}{1,73 U \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{0,9 \cdot 11,8 \cdot 1000}{1,73 \cdot 220 \cdot 0,7} = 30 \text{ а}.$$

Топилган $I_{\text{x}} = 30 \text{ а}$ ҳисоблаш токи учун трубаларда ётқизиладиган ПР маркали симларда йўл қўйилган энг яқин ток қиймати $I_{\text{як}} = 35 \text{ а}$, бу токка симнинг $S = 4 \text{ мм}^2$ кесими мос келади. Бу $S = 4 \text{ мм}^2$ кесимини берилган шартлар учун қабул қиламиз.

Симнинг танланган кесимини эрувчан қўйилма токига кўра (19-5-§, б) ва қўлланишининг йўл қўйилган нисбий исрофи (19-5-§ в) га кўра текшириш зарур.

б) Сақлагичларнинг эрувчан қўйималарини танлаш

Сақлагичларнинг эрувчан қўйималарининг вазифаси симларни қисқа туташув токларидан ва катта ортиқча нагрузкалардан сақлашдир.

Ҳисоблаш токидан катта тоklar ўтганида эрувчан қўйма куйиб кетиши керак.

Эрувчан қўймани танлашда учта шарт назарда тутилади:

1) Эрувчан қўйманинг номинал токи $I_{\text{кўй}}$, линиянинг ҳимоя қилинаётган қисмининг ҳисоблаш токига тенг ёки ундан катта бўлиши керак, яъни

$$I_{\text{кўй}} \geq I_{\text{x}}. \quad (19-5)$$

Масалан, агар $I_{\text{x}} = 30 \text{ а}$ бўлса, у ҳолда эрувчан қўймаларнинг номинал токлари шкаласидан (19-4-жадвал) қўйманинг энг яқин номинал токини танлаймиз $I_{\text{кўй}} = 35 \text{ а}$.

19-4- ж а д в а л.

Эрувчан қўймаларнинг номинал токлари

Ток, а	4	6	10	15	20	25	35	45	60	80	100	125	160	200	252	260	300	350
--------	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

2) Эрувчан қўйманинг номинал токи $I_{\text{кўй}}$ битта қисқа туташтирилган электр двигатели уланган линиянинг ҳимоя қилинаётган қис-

мининг юргизиш токи катталигининг 2,5 марта камайтирилганига тенг ёки ундан катта бўлиши керак,

$$I_{\text{кўр.}} \geq \frac{I_{\text{ю}}}{2,5} \quad (19-6)$$

Масалан, агар $I_{\text{ю}} = 200 \text{ а}$ бўлса,

$$I_{\text{кўр.}} \geq \frac{200}{2,5} = 80 \text{ а.}$$

Эрувчан қуйманинг энг яқин номинал токи (19-4-жадвал):

$$I_{\text{кўр.}} = 80 \text{ а.}$$

Бир неча қисқа туташтирилган электр двигателлар уланган линия учун эрувчан қуйма номинал токи қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$I_{\text{кўр.}} \geq \frac{I_{\text{макс.}}}{2,5} = \frac{I_{\text{ю}} + I'_{\text{x}}}{2,5}, \quad (19-7)$$

бу ерда $I_{\text{ю}}$ — юргизиш токи энг катта бўлган двигателнинг юргизиш токи;

I'_{x} — линиянинг ҳисоблаш токи (бунда юргизиш токи энг катта бўлган двигатель ҳисобга олинмаган).

1 ва 2 шартлардан топилган катта токли эрувчан қуйма танланади.

Юргизиш токига кўра (19-7) топилган эрувчан қуйма линияни қисқа муддатли ҳаддан ташқари катта токлардан ҳимоя қилади; эрувчан қуйма линияни узоқ муддатли ортқча нагрузкалардан ҳимоя қилиши учун

$$3I_{\text{в.к}} \geq I_{\text{кўр.}} \quad (19-8)$$

шарт бажарилиши керак.

19-2-мисол. Учига $P_{\text{н1}} = 4,5 \text{ квт}$, $P_{\text{н2}} = 2,8 \text{ квт}$ ва $P_{\text{н3}} = 3,5 \text{ квт}$ қувватли учта қисқа туташтирилган электр двигателлар уланган 220 в кучланишли линия қисми учун юргизиш токига кўра эрувчан қуйма танлансин.

Электр двигателларининг юргизиш токи карралиги 7 га, $\eta \cdot \cos \varphi = 0,7$ га тенг деб олинг.

Электр двигателларининг номинал токлари:

$$I_{\text{н1}} = \frac{P_{\text{н1}}}{1,73U \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{4,5 \cdot 1000}{1,73 \cdot 220 \cdot 0,7} = 17 \text{ а};$$

$$I_{\text{н2}} = \frac{P_{\text{н2}}}{1,73U \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{2,8 \cdot 1000}{1,73 \cdot 220 \cdot 0,7} = 10,5 \text{ а};$$

$$I_{\text{н3}} = \frac{P_{\text{н3}}}{1,73U \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{3,7 \cdot 1000}{1,73 \cdot 220 \cdot 0,7} = 13,3 \text{ а.}$$

Линиянинг 2 ва 3 двигателлар ишлаб тургандаги ҳисоблаш токи:

$$I_{\text{x2,3}} = k_{\text{T}} (I_{\text{н2}} + I_{\text{н3}}) = 1 (10,5 + 13,3) = 23,8 \text{ а.}$$

1 двигатель юргизилганда линиядаги максимал ҳисоблаш токи:

$$I_{\text{макс.}} = I_{\text{ю1}} + I_{\text{x2,3}} = 17 + 23,8 = 40,8 \text{ а.}$$

Эрувчан қўйма токи [(19-7) формула]

$$I_{\text{қўй}} \geq \frac{I_{\text{макс}}}{2,5} = \frac{142,8}{2,5} = 59 \text{ а.}$$

Энг яқин номинал токи $I_{\text{қўй}} = 60 \text{ а}$ бўлган қўймани танлаймиз.

3. Тармоқда кетма-кет ўрнатилган сақлагичларнинг эрувчан қўймаларини танлашда приёмникдан бошлаб ҳисобланганда ҳар бир келгуси қўймани эрувчан қўймалар стандарт токлари шкаласидан бир поғона юқори қилиб танлаш керак (19-4-жадвал). Шундай қилинганда сақлагичлар селектив (танлама бўлиб) ишлайди, яъни сақлагич қайси қисмда қисқа туташув бўлган бўлса, ўша қисмнигина ажратади. Сақлагич қисмнинг бошида (энергия ҳаракати йўналишига кўра) ўрнатилиши керак, фақат ана шу ҳолдагина у ўз қисминини ҳимоя қила олади.

в) Симларнинг кесимини кучланишнинг йўл қўйилган исрофига кўра танлаш

Линиянинг боши ва охиридаги кучланишларнинг арифметик фарқи кучланиш исрофи дейилиши маълум (1-15-§)

$$\Delta U = U_1 - U_2.$$

Қўпинча кучланиш линиянинг бошидаги кучланишга нисбатан процентларда ифодаланади ва уни кучланишнинг нисбий исрофи деб юритилади

$$\epsilon = \frac{\Delta U}{U} 100 \%. \quad (19-9)$$

Подстанциядан истеъмолчигача бўлган қисмда кучланишнинг йўл қўйиш мумкин бўлган нисбий исрофи ёритиш нагрукаси учун 2—3% ни, куч нагрукаси учун 4—6% ни ташкил қилади.

1-15-§ да симларнинг кесимини аниқлаш формуласи (1-43) топилган эди.

$$S = \frac{2Il}{\gamma \Delta U}.$$

ΔU ни кучланишнинг нисбий исрофи билан алмаштириб ушбуни ҳосил қиламиз:

$$S = \frac{2 \cdot 100 Il}{\gamma \cdot \epsilon U}$$

ёки U га кўпайтирсак ва бўлсак, формула бошқача кўринишга келади

$$S = \frac{2 \cdot 100 Pl}{\gamma \epsilon U^2}. \quad (19-10)$$

Охирги ифодадан қуйидаги келиб чиқади:

$$\epsilon = \frac{2 \cdot 100 Pl}{\gamma S U^2}. \quad (19-11)$$

(19-10) ва (19-11) формулалардан охирида нагрукаси бўлган линия симлари кесимларини кучланишнинг берилган нисбий исрофига кўра аниқланади, ёки аксинча, мос равишда симлар кесимларига кўра кучланишнинг нисбий исрофи аниқланади.

Бу формулаларни ўзгармас ток, бир фазали ўзгарувчан ток ва уч фазали ток учун қўллаш мумкин. Уч фазали ток учун қўлланилганда U кучланиш линия кучланишидан иборат бўлади, яъни $U = U_{\text{л}}$, P қувват эса—уч фазали нагруканинг актив қуввати бўлади.

19-3- мисол. 220 в кучланишли уч фазали ток линиясидаги кучланиш тушиши аниқлансин. Линия узунлиги $l = 15$ м, кесими $S = 4$ мм² бўлган ПР маркали симдан тортилган, унинг учига қуввати $P_{\text{и1}} = 4,5$ кВт, $P_{\text{и2}} = 2,8$ кВт ва $P_{\text{и3}} = 3,5$ кВт бўлган (19-1- мисолга қаранг) учта электр двигатели уланган.

Двигателларнинг уларнинг номинал кучланишида тармоқдан истеъмол қиладиган қуввати:

$$P = \frac{P_{\text{и1}}}{\eta_1} + \frac{P_{\text{и2}}}{\eta_2} + \frac{P_{\text{и3}}}{\eta_3} = \frac{4,5}{0,85} + \frac{2,8}{0,85} + \frac{3,5}{0,85} = 5,3 + 3,3 + 4,1 = 12,7 \text{ кВт.}$$

Ҳисоблаш қуввати

$$P_{\text{х кт}} P = 0,9 \cdot 12,7 = 11,5 \text{ кВт.}$$

19-11- формуладан фойдаланиб, қуйидагини ёзиш мумкин:

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot 100 Pl}{\gamma \cdot S U^2} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 11,5 \cdot 1000 \cdot 15}{57 \cdot 4 \cdot 220^2} \approx 3\%.$$

Шундай қилиб, нисбий кучланиш тушиши йўл қўйилган қийматдан ошмайди, демак, симнинг йўл қўйилган қизиш шартларига мувофиқ танланган кесими $S = 4$ мм² тўғри танланган.

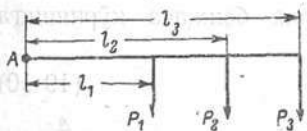
Агар A энергия берувчи пунктдан энергия олаётган линиянинг (19-31- расм) турли нуқталарида бир неча нагрукка бўлса, линия барча қисмларининг кесими ва materiali бирдай бўлганда, симларнинг кесими қуйидаги формула билан аниқланади.

$$S = \frac{2 \cdot 100 (P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3 + \dots)}{\gamma \varepsilon U^2} = \frac{2 \cdot 100 \sum Pl}{\gamma \varepsilon U^2}, \quad (19-12)$$

кучланишнинг нисбий исрофи

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot 100 (P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3 + \dots)}{\gamma S U^2} = \frac{2 \cdot 100 \sum Pl}{\gamma S U^2}, \quad (19-13)$$

Бу кейинги икки формула зваллиларидан нагрукка моменти деб аталувчи нагрукка P ва линиянинг узунлиги l кўпайтмаси Pl нинг нагруккалар моментларининг йиғиндиси билан алмаштирилганлиги билан фарқ қилади (19-31- расм).



Симларнинг йўл қўйиладиган қизиш шартларидан топилган ва кучланишнинг йўл қўйилган исрофи талабларини қа-ноатлантирадиган кесимларининг механик мустаҳкамлик шартлари 19-5- жадвал бўйича текширилади.

19-31- расм. Учта нагруккали линия.

Симларнинг механик мустаҳкамлик жиҳатидан йўл қўйиладиган энг кичик кесимлари

Симларнинг номи ва уларни ўтказиш (прокладка) усуллари	Кесим, мм ²	
	мис симларнинг	алюминий симларнинг
Бино ичидаги ва ташқарисидаги светильникларни зарядка қилувчи симлар	0,5; 1,0	—
Осма, стол ва бошқа светильниклар учун шнурлар ва шлангли симлар	0,75	—
Қўзғалувчи ток приёмиликлари учун ўрта ва оғир шлангли симлар	1 ва 2,5	—
Ораларидаги масофа 1 м бўлган изоляция таянчларидаги икки томирли кўп сымли эшилган симлар	1,0	—
Биноларда бир-биридан қуйидаги масофаларда ўрнатилган изоляция таянчларидаги изоляцияланган симлар, м.:		
1 м гача	1,0	2,5
2 м гача	1,5	2,5
6 м гача	2,5	4
12 м гача	4	10
12 м дан ортиқ	6	16
Бинолардаги очик симлар	2,5	4
Ташқи проводкалардаги изоляцияланган симлар ва муҳофаза қилинган очик симлар:		
деворлар бўйлаб	2,5	4
бошқа ҳолларда	4	10
Трубаалардаги изоляцияли симлар	1	2,5
1000 а гача бўлган ҳаво линиялари	6	16
Таянчлар оралиги 25 м гача бўлганда ҳаводаги учлар	4	10

19-6. БИНО ИЧИДАГИ ТАРМОҚЛАРНИНГ ТУЗИЛИШИ

Электр энергияни бинолар ичида узатишда симлар, шнурлар, кабеллар ва шиналар ишлатилади.

Очик ёки изоляцияли айрим сим ёки томир электр сими деб аталади. Изоляцияланган симнинг резина полихлорвинил, найрит ёки ип-газламадан ҳимоя қобиғи бўлади.

Ўзаро эшилган икки ёки бир неча симлар томир дейилади, бу симлар электр токи ўтказгичлари бўлиб хизмат қилади.

Икки ёки бир неча ўзаро бирлаштирилган изоляцияланган юмшоқ томирлар системаси шнур дейилади.

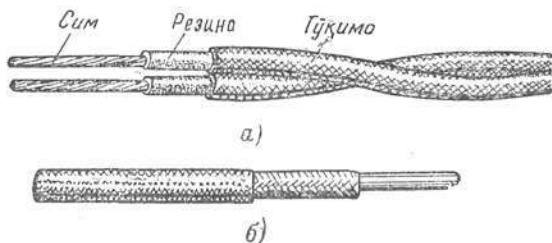
Қўргошин, алюминий ёки полихлорвинилдан қилинган герметик ҳимоя қобиғи ичига киритилган қўшиб эшилган бир ёки бир неча изоляцияланган томир кабель дейилади.

Полоса шаклидаги, баъзан доира шаклидаги мис, алюминий, пўлат шина дейилади.

Электр симлари ва кабеллари томирларининг материалли (мис, алюминий — А), конструкцияси (бир ва кўп томирли), изоляция тури (резина — Р, полихлорвинил — В), ҳимоя қобиғининг тури (қўргошин — С, алюминий — А ва ҳоказо) га қараб бир-биридан фарқланади.

Шундай қилиб, бир томирли ва кўп томирли, яъни ток ўтиши учун бир-биридан изоляцияланган бир ёки бир неча йўл (томир) бўлган электр симлари, шнурлар, кабеллар бўлади. Униси ҳам бу- ниси ҳам бир симли ва кўп симли бўлиши мумкин.

Фақат қуйидаги стандарт кесимли томирлар ишлаб чиқарилади: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 400; 500; 625 ва 800 мм².



19-32- расм.

а — ПРД сим ва ШР шнур; б — ПР ва АПР сим.

Куч ва ёритиш қурилмаларида қуйидаги маркали электр симлари, шнурлар, кабеллар энг кўп ишлатилади:

1. ПРД — мис томирли, резина изоляцияли, икки томирли, ип-газлама тўқимали юмшоқ сим (19-32-а расм), 380 в гача кучланишли қурилмалар учун 0,75 дан 6 мм² гача кесимли қилиб тайёрланади.

2. ПР ва АПР — устида ип-газлама тўқимаси бўлган резина изоляцияли бир томирли симлар; биринчиси — мис, иккинчиси эса алюминий (19-32-б расм).

500 в гача кучланишли қурилмалар учун биринчиси 0,75 дан 400 мм² гача, иккинчиси 2,5 дан 400 мм² гача кесимли қилиб тайёрланади.

3. ПРГ — худди ПР нинг ўзи, бироқ анча юмшоқроқ, томирлари яна ҳам ингичкароқ симдан қилинган.

4. ПВ ва АПВ — юқоридаги ПР ва АПР симлардан полихлорвинил изоляциясининг бўлиши билан фарқ қилади. 500 в гача кучланишли қурилмалар учун 0,75 дан 95 мм² гача кесимли қилиб тайёрланади.

5. ПГВ — полихлорвинил изоляцияли юмшоқ сим. 500 в гача кучланишли қурилмалар учун ПВ сим сингари кесимларда тайёрланади.

6. ПРТО ва АПРТО — ип-газламадан тўқилган умумий тўқимали резинка изоляцияли сим. 500 в гача ва 2000 в гача кучланишли қурилмалар учун кесими 1 дан 500 мм² гача, бир, икки, уч, тўрт томирли қилиб тайёрланади.

7. ПРП — резинка изоляцияли — ҳимоя совутли сим. Совут ингичка рухланган пўлат симлардан тайёрланади. 500 в гача кучла-

нишли қурилмалар учун кесими 1 дан 95 мм² гача, бир, икки, уч, томирли қилиб тайёрланади.

8. ТПРФ — металл найсимон қобиқ ичидаги резина изоляцияли мис сим. 500 в гача кучланишли қурилмалар учун кесими 1 дан 10 мм² гача, бир, икки, уч, тўрт томирли қилиб тайёрланади.



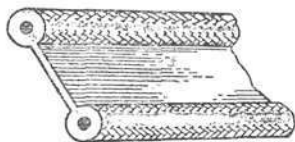
19-33- расм. ШРПС шнур.

1— резина ҳимоя шланг; 2— резина изоляци; 3— мис томир.

9. ШР — резина изоляцияли, икки томирли шнур, ПРД сим қўлланиладиган ҳолларда ишлатилади, бироқ ундан катта юмшоқлиги билан фарқ қилади (19-32-а расм).

10. ШРПС — резина изоляцияли шнур, кўчириб олиб юриладиган, шлангли, ўртача (19-33- расм). Изоляцияланган томирлар умумий ҳимоя резина қобинига киритилган. 500 в кучланишга мўлжаллаб, кесими 1 дан 4 мм² гача, бир, икки, уч томирли қилиб тайёрланади. Шнур кўчиб энергия приёмниклари (пилесослар, электр асбоблар ва ҳоказолар) ни улашда ишлатилади.

11. ППВ ва АППВ — полихлорвинил изоляцияли, икки, уч томирли ясси симлар (19-34- расм). Мис ёки алюминий толалари (АППВ) бўлиб, биринчиси 0,75 — 2,5 мм², иккинчиси 2,5 — 4 мм² кесимли қилиб, 500 в гача кучланишли қурилмаларга мўлжаллаб тайёрланади. Ёритиш тармоқларида бу симлар аввал ишлатиб келинаётган шнурларни деярли бутунлай сиқиб чиқарди.



19-34- расм. ППВ ёки АППВ типдаги ясси икки томирли сим.

12. АПН — найрит изоляцияли 2,5 — 4 мм² кесимли алюминий томирли икки ёки уч томирли ясси сим. 500 в кучланишга мўлжалланган.

13. СРБ — резина изоляцияли 4 — 185 мм² гача кесимли мис томирли кабеллар қўرғошинланган, пўлат ленталар билан зирҳланган, устидан кабель тўқимаси ўралган. Номинал кучланиши 500 в.

14. СРГ — худди СРБ сингари, бироқ тўқима қобиғи бўлмайди.

15. ВРГ — резина изоляцияли полихлорвинил қобиққа ўралган кабель ва ВРБ — ҳамма жиҳатларидан ВРГ га ўхшаш, бироқ пўлат ленталар билан зирҳланган. Томирнинг кесими 1 — 185 мм², икки, уч ва тўрт томирли қилиб тайёрланади. Номинал кучланиши 500 в.

16. НРГ ва АНРГ — кабель: биринчиси мис, иккинчиси алюминий томирли, найрит қобиқ ичида резина изоляцияли. Томирлари-

Ассосий маркали симларнинг ишлатилиши

Ўтказиш (проводка) тури	Етқирилиши	Сим маркаси	Енио характери						
			Куруқ		нам	хўл	чанг	хисоратли ак-тив муҳитда	ташки курил-малар
			маъмурий-хизматий	и/ч буюси					
Изоляцияловчи таянчаларда очиқ	Роликларда	ПР; ПРД; ПР; АПР; ПВ; АПВ;	×	×	—	—	—	—	—
	Изоляторларда	ПР; АПР; ПВ; АПВ очиқ симлар	×	+	+	+	×	+	+
Очиқ изоляцияловчи таянчаларда очиқ	Девор ва шиплар сиртидан	ТПРФ, ВРГ; СРГ; НРГ; АНРГ; ППВ; АПВ; АПН;	×	+	—	—	+	—	—
	Металл қобикли қоғоз найларда	ПР; АПР; ПВ; АПВ	×	×	—	—	×	—	—
	Пўлат труба-ларда	ПР; АПР; ПРТО; АПР ТО; ПВ; АПВ	×	×	×	—	×	—	—
	Қутиларда	ПР; АПР; ПРТО ПВ; АПВ	—	+	×	—	×	—	—
	Шиша най-ларда	ПР; АПР	+	×	—	—	×	—	—
	Пўлат труба-ларда	ПР; АПР; ПРТО АПРТО	×	+	+	+	+	×	×
	Ярим қаттиқ изоляцияли найларда	ПР, АПР	×	×	—	—	×	—	—
Яширин	Металл қобикли қоғоз найларда	ПР, АПР	×	×	×	—	×	—	—
	Қурилиш конструкцияларда ва сувоқ остида	ППВ; АППВ; ПВ; АПВ; АПН	+	×	×	—	×	—	—

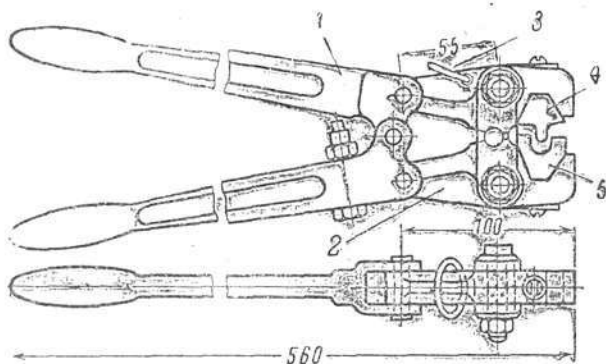
Шартли белгилар: + таъсия қилинади; × —мумкин; — тақиқланади.

нинг кесими $4 - 185 \text{ мм}^2$ бўлиб, бир, икки, уч, тўрт томирли қилиб, 500 в номинал кучланишга мўлжаллаб тайёрланади.

Асосий электр симлари ва кабелларнинг ишлатилиши ва ўтказиш усуллари 19-6-жадвалда берилган.

Электр симларини ўтказиш уларни улашсиз ва учларини чиқармасдан бўлмайди.

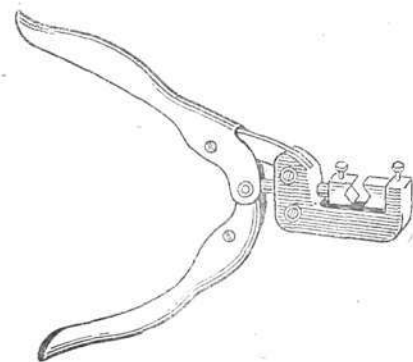
Симлар ва кабелларнинг кўп толали алюминий ва мис томирларининг учларини чиқариш ва улашда пресслаш, пайвандлаш, кавшар-



19-35- расм. ПК-1 қўл омбур.

1—даста; 2—ричаг; 3—ҳалқа; 4—пуансон; 5—матрица.

лаш усулларидадан фойдаланилади. Пресслаш усулида ток ўтказувчи томир учликнинг найсимон қисмига ёки томир билан бир хил материалдан қилинган найча-уловчи гильзага киритилади ва ПК-1, ПК-2 (19-35 ва 19-36- расмлар), дастаки омбурлар билан ёки гидравлик пресс билан қисилади. Томирда прессланган учлик ва пресслаш процесси 19-37- расмда кўрсатилган. Пресслашда томир ва най орасида мустақкам электр контакти ҳосил қилинади.



19-36- расм. ПК-2 тилидаги икки ричагли омбур.

Мис томирларни бир марта босиб, пуансонни бир марта қисиб, алюминий томирларни эса икки марта қисиб, учи чиқарилади ва уланади (19-37- расм.) Алюминий томирларни пресслашда томирлар сиртидаги оксид пардаларни емириш учун учлик ёки гильзага вазелин билан майда кварц қуми аралашмасида

оборот паста киритилади. Пресслашда қум доналари оксид пардани емиради, вазелин эса янгидан оксидланишга йўл қўймайди.

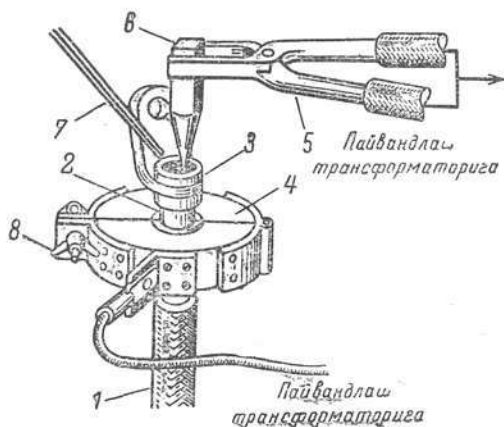
Пресслаш усули жуда ишончли, содда ва қулай.

Алюминий томирларнинг учини чиқариш ва улашда асосан электр пайванд дан фойдаланилади. Қўпинча ёй ҳосил қилмасдан, контактни қиздириш усулида пайванд қилинади. Бунда ток ўтганида темир электрод билан эриётган томирнинг учи тегиб турган жойда иссиқлик ажралади. Учликни алюминий толага пайвандлаш 19-38-расмда кўрсатилган. Бир томондан, токни сим томирига келтириш ва унинг изоляциясини ўта қизиб кетишдан сақлаш совитгич 4 томонидан бажарилади. Иккинчи томондан, ток пайвандлаш трансфор-



19-37- расм.

а—сим томирида учликни пресслаш; б—бир марта босиш билан прессланган учлик; в—икки марта босиш билан прессланган учлик.

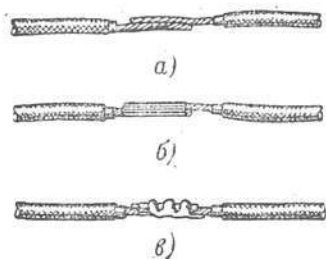


19-38- расм. Алюминий учликни алюминий томирга пайвандлаш схемаси:

1—сим; 2—очилган алюминий томир; 3—алюминий учлик; 4—совитгич; 5—омбур; 6—қўмир электрод; 7—присадка берувчи (қўшувчи) алюминий чивик; 8—тутқич.

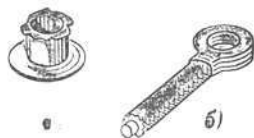
маторидан пайвандлаш жойига омбур 5 ва кўмир электрод 6 орқали келади.

Пресслаш ва пайвандлаш имконияти бўлмаганида кавшарлашдан фойдаланилади. Мис томирлар кавшар лампа алангасида қалайи-қўрғошинли кавшар ва конифолдан фойдаланиб кавшарланади. Алюминий томирларни кавшарлашда рух-қалайи кавшардан фойдала-



19-39- расм. Мис томирларни юпқа лента билан қисиб улаш:

а — уланадиган учларни тайёрлаш; б — юпқа мис лента билан ўраш; в — омбурлар билан сиқиб улаш:



19-40-расм. Блокли учлик:

а — пресслагунча; б — с.м ҳалқага прессланган.

нилади, бунда кавшарланадиган сиртларга олдиндан ишлов берилади, сўнгра томирлар формаларга ёки учликка киритилади. Қалайлашда қизиган сиртлардаги оксид парда металл чўтка билан тозаланади.

10 мм² гача кесимли симлар ва шнурларнинг юмшоқ томирлари қуйидагича уланади ва шохобланади. Уланадиган томирларнинг тозаланган учлари (19-39- расм) устма-уст қўйилади, жез ёки мис лента билан ўралади, сўнгра дастаки омбур билан сиқилади. Бундай томирлардан блок учликлар ёрдамида (19-40- расм) уч чиқарилади, улар томирларга дастаки омбурлар билан сиқиб киритилади.

Бир толали алюминий томирли (кесими 2,5 мм² гача) симларни улашда, шунингдек, алюминий томирларни мис томирларга улашда, асосан электр пайванд усулидан фойдаланилади (19-41- расм). Уланадиган томирларнинг учлари буралади ва унинг учини (торецли қисмини) «шарча» га айланмагунча кўмир электродга тақаб тутиб турилади.

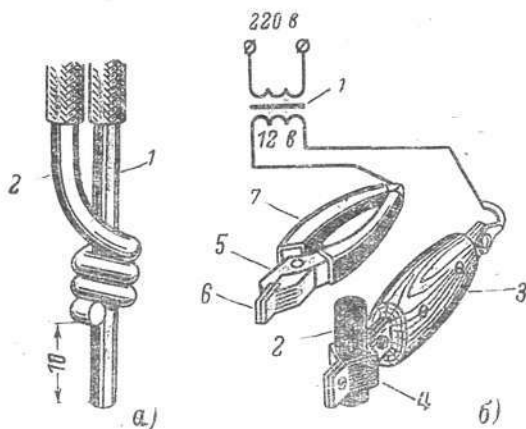
Симлар уланадиган жойлар резиналанган лента билан изоляцияланади.

Корхоналарнинг куч тармоқлари кўпинча: 1) кабелда; 2) шиналарда; 3) трубалардаги ва изоляторлардаги изоляцияланган симлар билан ўтказилади.

Корхоналарнинг ёритиш тармоқлари асосан: 1) металл трубалардаги симлар; 2) изоляторлар ва роликларга маҳкамланган (очиқ проводка) ва трослардаги (тросли проводка) симлар билан ўтказилади.

Биолар ичида кабеллар шундай ётқизиладики, бунда кабелнинг трубопровод ва конструкцияларни айланиб ўтиши, девор ва тўсиқлар орқали ўтиши иложи борица кам бўлиши, шунингдек, ремонт қилиш керак бўлиб қолганда кабелларга бориш эркин бўлиши керак.

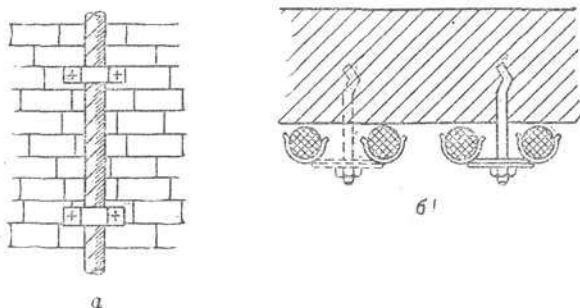
Кабеллар оч и қ ва я ш и р и н ётқизилади. Оч и қ ётқизилганда улар деворлар ёки шиплар бўйлаб таянч конструкцияларда ётқизилади



19-41- расм. Бир тоғали мис ва алюминий симларни электр пайванд йўли билан улаш:

а—пайвандга тайёрлаш; 1—мис томир; 2—алюминий томир; б—электр пайванд схемаси: 1—трансформатор; 2—кўмир электрод; 3—электрод тутқич; 4— электроднинг мис тутқичи; 5—яссн жағли омбур; 6—мис жағлар; 7—яссн омбур дасталаридаги изоляция найчалари.

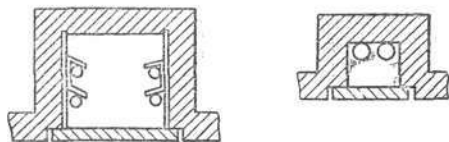
ёки скобалар билан маҳкамланади (19-42- расм). Яширин ётқизилганда эса кабеллар полда қилинадиган каналларда ётқизилади (19-43- расм) Кабелларда уч чиқариш юқорида—19-2- § да кўрилган эди.



19-42-расм. Кабелни маҳкамлаш:

а — деворда; б — шипда.

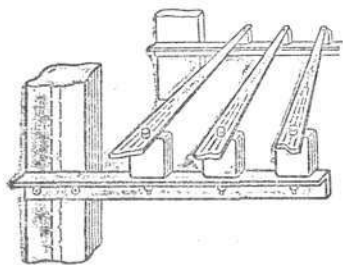
Шинопроводлар очик ва ёпиқ бўлади. Очик шинопровод (19-44- расм) деворлар, колонналар, шиплар ёки фермаларга маҳкамланадиган металл конструкцияга монтаж қилинган изоляторлар-



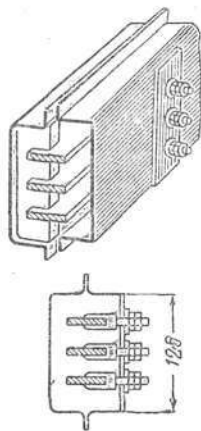
19-43- расм. Кабелларни чуқурларга ётқизиш.

га маҳкамланган очик шиналардан иборат (19-44- расм). Энергия приёмникларига боровчи тармоқлар симлар ва кабеллар билан тортилади, кабель учликлари шиналарга болтлар билан маҳкамланади.

Ёпиқ шинопроводлар пўлат қутичалар ёки труба ичидаги изоляцияловчи гребен (чиқиқлар) да жойлашган шиналардан иборат бўлади (19-45- расм). Улар одатда узунлиги 3м бўлган алоҳида нормал секциялардан йиғилади. Шинопроводнинг тармоқлари



19-44- расм. Очик шинопровод.



19-45- расм. Ёпиқ шинопровод.

корпусга маҳкамланган қутичалар ва яшиклар ёрдамда бажарилади. Яшикларда ёки фақат симлар уланадиган тутқичлар, ёки найсмон сақлагичлар ҳамда тутқичлар бўлади. Бу тутқичлардан пўлат трубалар ёки металл енгларда жойлашган изоляцияланган симлар бўйлаб ток энергия приёмникларига берилади. Шинопроводлар газ трубалардан қилинган тирговучларга (19-46- расм), деворлар ёки колонналарга жойлаштирилган кронштейнларга маҳкамланади (19-47- расм) ёки фермаларга тортилган тортгичларга осиб қўйилади.

Куч тармоқларида симларни трубаларда тортиш кенг қўлланилади. Портлашга ва ёнғинга хавфли бўлган биноларда симларни албатта бундай тортиш мажбурийдир. Бу ҳолда трубопроводлар герметик бўлиши, аппаратура ва светильниклар портлашга хавфсиз бўлиши керак.

Шоҳобчаларга ажралган тармоқли цехлар ва машина залларида трубалар яширин—полда ётқизилади. Пўлат трубаларда ётқизилган симларнинг уланиш ва тармоқланиш жойларига махсус қутилар ва яшиқлар ўрнатилади.

Изоляцияланган симларни шунингдек, шнурли симларни роликлар ва изоляторларга тортиб ўтказиш ҳозирги вақтда жуда кам қўлланилади.

Сансат корхоналарининг ёритиш тармоқларида электр симларини тросга осиб ўтказиш кенг қўлланилади. Тросларга осиб ўтказишнинг турли вариантлари 19-47-расмда кўрсатилган. Тросли проводкалар аввалдан тайёрланиб, унга светильниклар осиб қўйилади ва монтаж қилинадиган жойда пролётнинг чекка нуқталарига маҳкамланган махсус тортиш қурилмалари ёрдамида осилади.

Кейинги вақтларда тросли проводкалар учун махсус тросли симлар ишлатила бошланди, улар изоляцияланган тросли ягона конструкцияли симлардир. Бундай симлардан тармоқлар троснинг керакли жойида маҳкамланган қутичалардан чиқариб олиनावеради.

Шнурларни роликларга осиб ўтказиш (19-48-расм) кам ишлатилади. Маиший биноларнинг ёритиш тармоқларида ҳозирги вақтда ППВ ва АППВ маркали ясси симлар ишлатилади. Улар очик ҳолда ҳам, яширин ҳолда ҳам ўтказилиши мумкин.

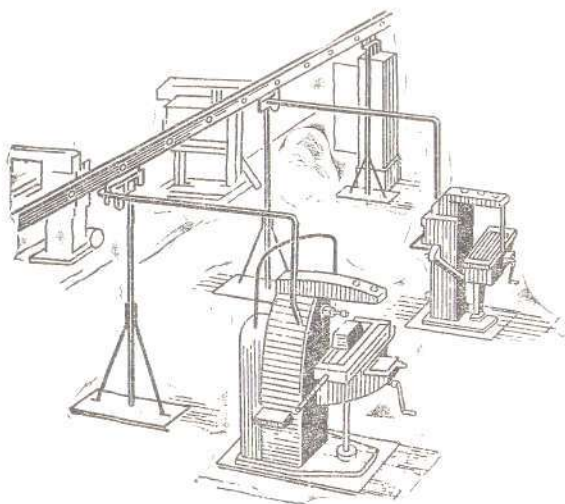
Ясси симларни монтаж қилиш жуда қулай ва осон. Яширин ўтказишда улар сувоқ остидан ҳеч қандай қўшимча ҳимоя қобикларисиз бевосита ётқизилаверади. Очик ўтказишда улар девор ва шипларга махсус сортли клейлар ёки михлар билангина маҳкамланади. Ҳар қандай ўтказишда ҳам ясси симлардан тармоқ чиқариш ёки уларни улаш учун керакли жойларга пластмасса ёки пўлат қутичалар қўйиб кетилади. ППВ ва АППВ маркали симларни ўтказишнинг умумий кўриниши 19-49-расмда, бундай ўтказишнинг айрим деталлари 19-50-расмда кўрсатилган.

Ёритиш тармоғида симлардан ташқари лампалар учун патронлар, штепсель розеткалари, тармоқни қисқа туташувлардан сақловчи виключателлар ва эрувчан сақлагичлар ёки автоматик виключателлар (автоматлар) ҳам бўлади.

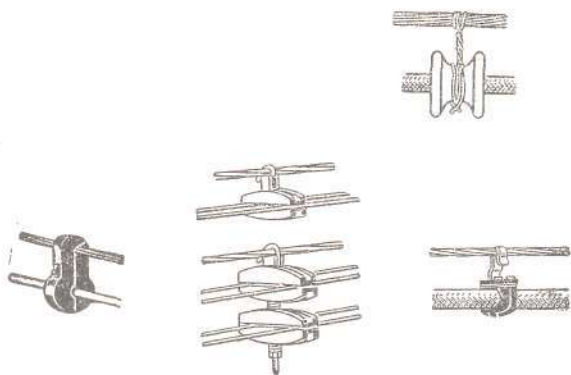
Умумий асосга монтаж қилинган бир неча сақлагичлар группа шчитоғини ҳосил қилади (19-51-расм).

19-52-расмда чўлланма лампаларни улашнинг энг содда схемалари кўрсатилган. Схемалар бир линияли ва кўп линияли тасвирларда берилган. Бир линияли схемаларда кўндаланг чизиқчалар билан схеманинг ҳар бир участкасидаги симлар сони кўрсатилган.

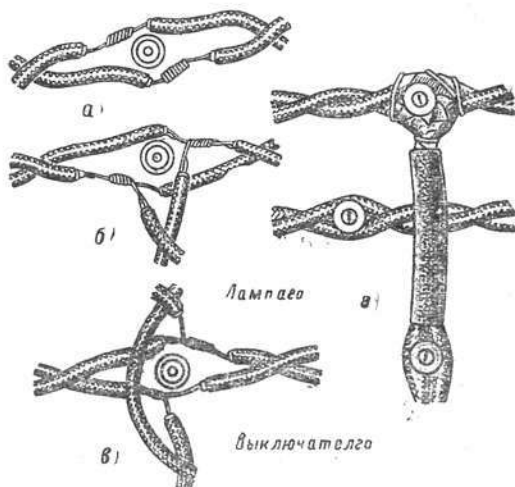
19-53-расмда цех ёритиш проводкасининг бир линияли схемаси берилган. 19-52-расмда берилган схемадан фойдаланиб, худди ўша қурилманинг кўп линияли схемасини чизиш қийин эмас.



19-46- расм. Ёпиқ шинопроводни газ трубаларидан қилинган тирговучларга маҳкамлаш.

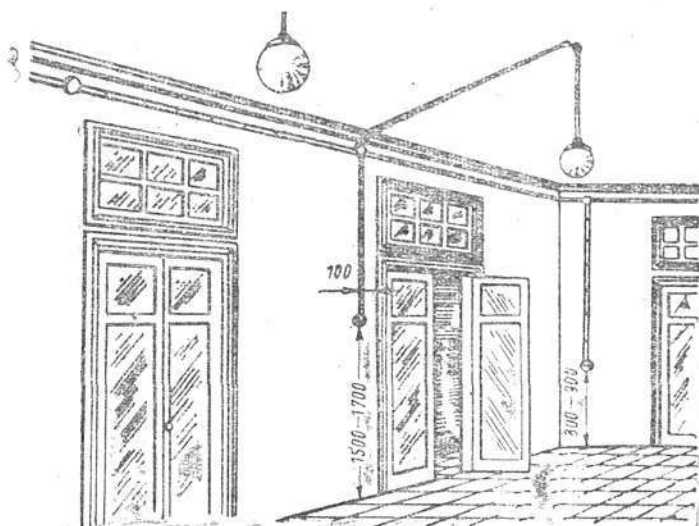


19-47- расм. Изоляция қилинган симларни тросга осиб ўтказишнинг турли усуллари.

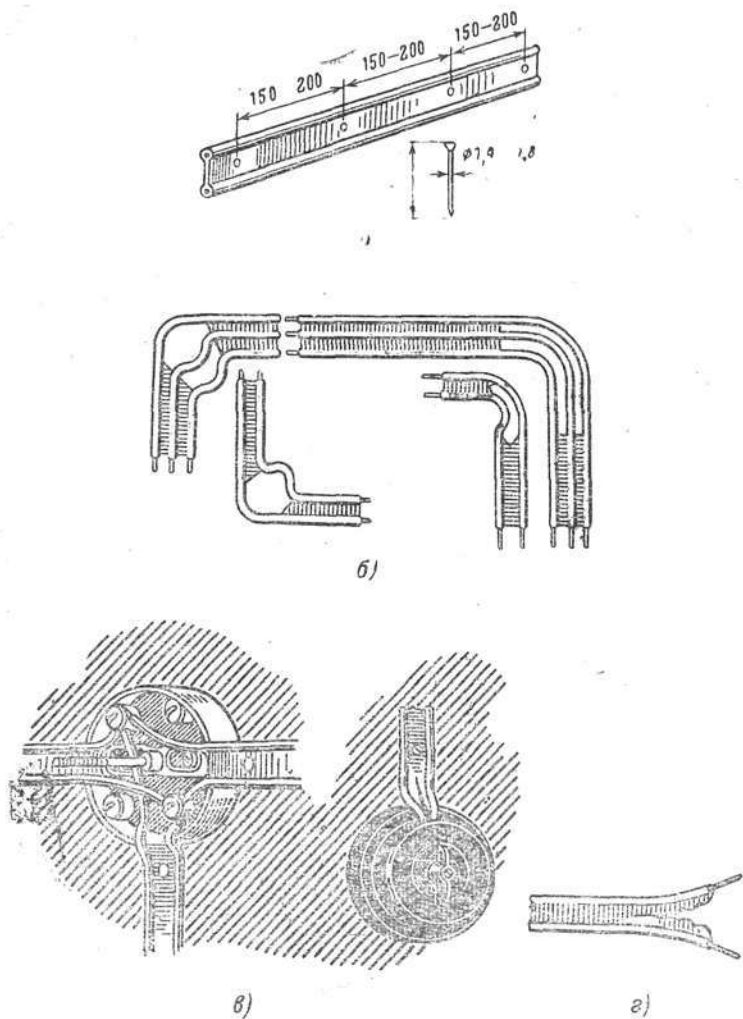


19-48- расм. ШР шнур ёки ПРД симни ўтказиш:

а—шнурларни улаш; *б*—штепсель розеткасига тармоқлаш; *в*—лампа ва виключателга тармоқ чиқариш; *г*—шнурли симни кесиб ўтиш.

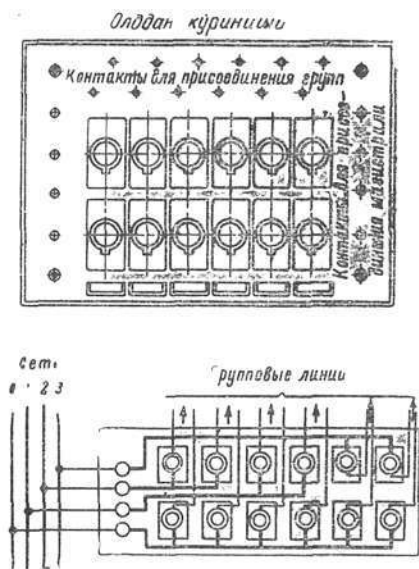


19-49- расм. ППВ маркали сим билан электр ўтказишнинг умумий кўриниши.

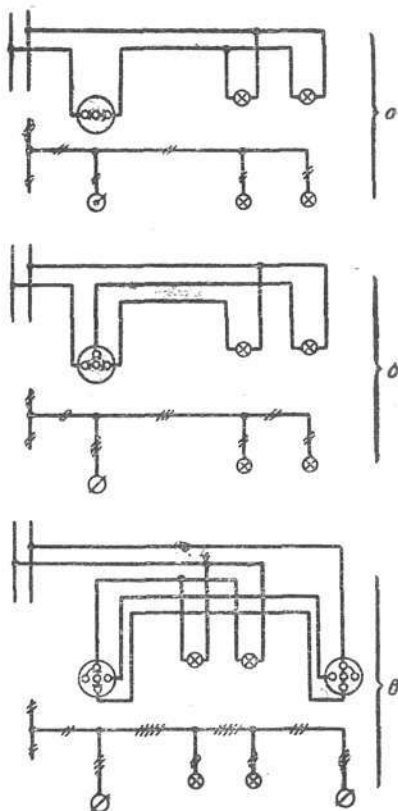


19-50- расм. ППВ сим билан электр ўтказиш:

а—тўғри қизиқли қиём; б—симларни букиш; в—симларни улаш ва тармоқлар чиқариш учун қути; г—симни виключателга улаб қўйиш.



19-51- расм. Группавий ёритиш щитоти.



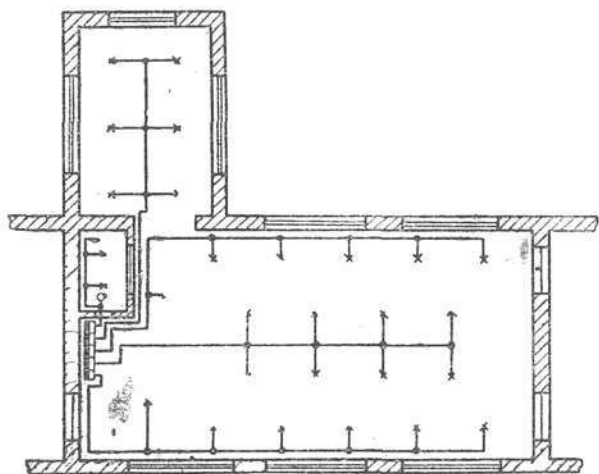
19-52- расм. Лампаларни бир линияли ва кўп линияли қилиб улаш схемаси:

а—бир ёки бир неча лампани виключатель билан қўшиш схемаси; *б*—бир лампани, иккинчи лампани ёки иккала лампани переключатель билан улаш схемаси; *в*—бир ёки бир неча лампаларни икки жойдан переключатель билан қўшиш схемаси:

19-7. ЭЛЕКТР БИЛАН ЁРИТИШ ҚУРИЛМАЛАРИНИ ПАРВАРИШ ҚИЛИШ

Электр билан ёритиш қурилмаларини систематик равишда парварш қилиб туриш керак.

Даврий равишда квартал давомида камида 1 марта проводкани, бутун аппаратурани қараб қўйиш ва унинг изоляцияси қаршилигини ўлчаб кўриш лозим. Қарашда барча камчиликларни топиш ва бар-тараф қилиш, масалан, осилиб қолган симлар, виключателлар, пат-



19-53- расм. Қорхона цехидаги ёритиш проводкасининг схемаси.

ронлар, группа шчитларидаги ёмон контактлар тузатилиши керак. Шунингдек, алоҳида фазалар нагрукаланишини текшириш, нагрукка тақсимланиши жуда ҳам нотекис бўлса, нагрукани қайта тақсимлаш керак.

Бузилишлар, светильникларнинг ёмон ҳолатда бўлиши, уларнинг ифлосланиши ёритилганликни заифлаштиради, меҳнат унумдорлигини камайтиради, кўришга ёмон таъсир кўрсатади ва фойдасиз сарфлар қилишга сабаб бўлади. Шунинг учун светильникларга узлуксиз равишда қараб туриш, светильник ва лампанинг барча қисмларини артиб ва тозалаб туриш керак. Светильниклар қуруқ ёки керосинда бир оз ҳўлланган латта билан артилади. Патронлар ва лампа орасидаги контактнинг ҳолатини алоҳида кузатиб туриш лозим. Бундай тозалашни бинонинг чангланишига қараб ойига 1—3 марта ўтказиб туриш керак.

ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИНИ ЎТКАЗИШГА ДОИР ТАШКИЛИЙ ВА МЕТОДИК КЎРСАТМАЛАР

Лаборатория ишларини бажариш учун ўқув группаси (25—30 ўқувчи) икки-та кичик группага бўлинади, бу кичик группаларнинг ҳар бири битта ўқитувчи билан алоҳида машғулот ўтказadi.

Кичик группада 2—4 ўқувчидан иборат бригадалар тузилади. Бригадалар навбат билан программада кўрсатилган барча ишларни бажарадилар. Лаборатория ишларини бажаришни программанинг I бўлими — «Электротехника асослари ва электр катталикларини ўлчаш» темасини ўргангандан сўнг бошлаш керак.

Ўқувчиларнинг аввалдан тайёрланишлари, лаборатория ишларини бажариш сифатини яхшилашда катта аҳамиятга эгадир. Ўқувчи аввалдан (ҳеч бўлмаганда бир ҳафта аввал) ўзининг қайси ишни бажаришнинг билиши керак. Ўқувчи дарсликдан назарий материални такрорлаши, ишни бажариш плани билан танишиши, лаборатория ишининг мақсадини ва унда қўйилган масалаларни аниқлаши керак. Ҳар бир ўқувчининг иш дафтари бўлиши керак. Бу дафтарга дастлабки тайёрланиш натижасида ишни бажариш плани, керакли аппаратура ва ускуналар рўйхати, электр схемалар, электр улашлар, ҳисоблаш формуллари, жадваллар ва бошқалар ёзилади.

Иш столида аппаратура танлашда энг катта ҳамда энг кичик қувватлар учун занжирнинг барча участкаларида тоқлар ва кучланишларни тақрибан (10% гача аниқлик билан) ҳисоблаб чиқиш зарур. Олинган маълумотларга кўра, ишни бажариш учун керак бўлган аппаратурани танлаш, унинг техник кўрсаткичларини ёзиб олиш керак. Аппаратурани танлаб бўлгандан сўнг, иш столида уни қандай жойлаштириш планини тузиш керак. Бунда ўлчаш асбоблари, ёрдамчи ва ростловчи қурилмаларини шундай жойлаштириш керакки, ҳосил бўладиган улаш схемаси энг содда, аёний бўлсин, аппаратларга қараб ҳисоблашлар ва ростлашлар учун ортиқча ҳаракатлар қилинмайдиган ҳамма кузатувчи ноқулай вазиятда турмайдиган бўлсин. Схемани монтаж қилишдан аввал асбоблар, аппаратлар ва машиналарнинг электр схемалари ҳамда уларнинг уланishi схемалари билан танишиб чиқиш керак. Бунда асбоб ёки машинанинг қайси клеммалари электр схеманинг қайси нуқталарига мос келишини аниқлаш, реостатларнинг жилғичлари ва ростлаш қурилмаларининг тутқичлари қандай вазиятда қўйилиши кераклигини аниқлаш керак.

Электр схема элементларини улаганда ҳамма вақт занжирнинг энг оддий ва аёний бўлишига интилиши керак. Бу талабнинг бажарилишига фақат асбобларнинг жойлаштирилишигина эмас, туташтирувчи симларнинг қандай танланиши ҳам ёрдам беради. Симларнинг узунлиги уланувчи клеммалар орасидаги масофага мос бўлиши керак. Ишлаш токи юрадиган симларни ток катталигига мос кесимда, бир хил рангда танлаш тавсия этилади. Ёрдамчи занжирларни (ваттметрлар, счётчиклар ва бошқаларнинг параллел занжирларини) кичикроқ кесимдаги бошқа рангли симлар билан улаш тавсия этилади.

Электр занжирни улаётганда, дастлаб, асосий (кетма-кет) занжирни улаш, сўнгга параллел тармоқларни улаш мақсадга мувофиқдир. Электр занжирини монтаж қилишни бригада аъзоларидан бири бажаради. Бригаданинг бошқа аъзолари тузилган занжирни текширадилар. Келгуси электр занжирларни навбат билан бригаданинг бошқа аъзолари йиғиладилар.

Электр занжирни текшириш асосий контурни кўриб чиқишдан (обход қилгш) бошланиб, сўнгга параллел тармоқлари текширилади. Текшириш натижасида барча клеммаларнинг зич тегиб турганига, реостат жилгичларининг ва ростловчи қурилмалар тутқичларининг тўғри вазиятда турганига шунингдек, барча ўлчаш асбобларининг стрелкалари шкаланинг ноль белгисида турганига ишонч ҳосил қилиш керак.

Йиғилган электр занжирни бригада аъзолари текширишларидан кейин уни албатта ўқитувчи текшириши керак; унинг рухсати билангина занжирга кучланиш бериш мумкин. Рубилыиқни туташтиргандан кейин ҳамма зарурий ростлашларни бажариш, дастлаб, фақат кўз билан кузатиб навбатма-навбат барча зарурий режимларни ўрнатиш (дафтарга ёзмасдан) ва сўнгга барча керакли режимларни олиб, кузатишларни иш дафтарига ёзиб олиш керак.

Лабораторида инҳоятда эҳтиётлик билан ишлаш ва ҳар гал занжир режимининг ўзгариши қандай оқибатларга олиб келишини аввалдан назарда тутиш керак.

Ишни бажараётган вақтда хавфсизлик қондаларига риоя қилинишига эътибор бериб бориш зарур. Занжирга кучланиш берилганда изоляциясиз симларга, клеммаларга қўл билан тегтиш қатъий ман қилинади. Айниқса, ғалтақлари ва конденсаторлари бўлган ўзгарувчан ток занжирлари билан ишлашда жуда эҳтиёт бўлиш керак, бундай занжирларда топшириқни бажариш давомида кучланиш резонанси рўй бериши мумкин. Бундай занжирлардаги кучланиш тармоқдаги кучланишдан анча катта бўлиши мумкин.

Барча кузатиш ва ҳисоблашлар бажарилгач, олинган натижалар ўқитувчига кўрсатилади, агар ўқитувчи иш натижасини қониқарли деб топса, ишни тугатишга рухсат беради. Бундан кейин занжир бўлакларга ажратилади. Асбобларнинг клеммалари бураб қисиб қўйилади, симлар яхшилаб тахлаб ўз жойларига қўйилади.

Ҳар бир бажарилган иш бўйича ўқувчилар ҳисобот (протокол) ёзадилар. Ҳисоботлар алоҳида бланкларга ёки катак қоғозга ёзилади. Ҳисобот муфассал ва яхшилаб ёзилиши керак. Ҳисоботда қуйидагилар бўлиши керак:

- 1) ишнинг номи ва унинг номери;
- 2) ўқувчининг фамилияси ва исми, группанинг номи ва иш бажарилган куни;
- 3) асбоб ва аппаратлар рўйхати ҳамда уларнинг қисқача техник хара-
ктеристикалари;
- 4) ишнинг қисқача тавсифи;
- 5) уланиш схемалари;
- 6) кузатишлар ва ҳисоблашлар натижалари (жадвал шаклида ёзилади);
- 7) графиклар;
- 8) хулоса,

МУНДАРИЖА

Сўз боши		3
Қиринш		4

БИРИНЧИ БОБ

ЎЗГАРМАС ТОК ЭЛЕКТР ЗАНЖИРИ

1-1. Асосий тушунчалар	7
1-2. Электр кучланиш	8
1-3. Электр токи	10
1-4. Электр занжири ва унинг элементлари	10
1-5. Ом қонуни	12
1-6. Электр қаршилиқ ва ўтказувчанлиқ	14
1-7. Электр қаршилиқнинг температурага боғлиқлиги	16
1-8. Электр ўтказувчанлиқ	18
1-9. Ўтказгич материаллар	18
1-10. Иш ва қувват	21
1-11. Электр энергиянинг иссиқлик энергияга айланиши	23
1-12. Симда оқиши мумкин бўлган ток. Ортиқча нагрузкадан сақлаш	24
1-13. Кирхгофнинг биринчи қондаси	25
1-14. Энергия истеъмолчиларини (қаршилиқларни) улаш	26
1-15. Икки симли линия	30
1-16. Ток манбаи ишининг икки режими	31
1-17. Кирхгофнинг иккинчи қондаси	33
1-18. Мураккаб электр занжирларини ҳисоблаш	34
1-19. Чизиқлимас электр занжирлар	37
1-20. Лаборатория иши. Линияда кучланишнинг исрофланиши	39

ИККИНЧИ БОБ

ТОКНИНГ ХИМИЁВИЙ ТАЪСИРИ

2-1. Электрлитларда электр токи	40
2-2. Гальваник (бирламчи) элементлар	42
2-3. Аккумуляторлар (чикилламчи элементлар)	44
а) Қўроғишли (кислотали) аккумуляторлар	44
б) Ишқорли аккумуляторлар	47
2-4. Ток манбаларини улаш	47

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

3-1.	Магнит индукцияси. Магнит оқими	49
3-2.	Электромагнит куч	51
	а) Магнит майдонидаги тўғри ўтказгич	51
	б) Магнит майдонидаги контур	53
	в) Магнит майдонидаги ҳаракатланувчи электрон	53
3-3.	Токли ўтказгичларнинг ўзаро таъсири	54
3-4.	Магнит киритувчанлик	55
3-5.	Магнит майдонининг кучланганлиги. Магнит кучланиши	56
3-6.	Тўлиқ ток қонуни	57
3-7.	Токли ғалтакнинг магнит майдони	58
3-8.	Электромагнит индукция	59
	а) Симда индукцияланган электр юритувчи куч	59
	б) Контурда индукцияланган ишлаш принципи	61
3-9.	Электр генераторнинг ишлаш принципи	63
3-10.	Электр двигателнинг ишлаш принципи	64
3-11.	Ўрма тоқлар	65
3-12.	Ферромагнетикларнинг магнитланиши	67
3-13.	Ферромагнит материаллар	70
3-14.	Магнит занжирини ҳисоблаш	73
3-15.	Электромагнитлар	75
3-16.	Индуктивлик. Ўзиндукция электр юритувчи кучи	75
3-17.	Магнит майдонининг энергияси	77

Т У Р Т И Н Ч И Б О Б

КОНДЕНСАТОРЛАР. ЭЛЕКТР ИЗОЛЯЦИЯСИ

4-1.	Электр снгим. Конденсаторлар	78
4-2.	Конденсаторларни улаш	81
4-3.	Электр майдони энергияси	82
4-4.	Электр майдонидаги диэлектрик	83
4-5.	Электр майдонидаги газ	86
4-6.	Электр изоляцияси	89
4-7.	Электр изоляцияловчи материаллар	90
	а) Газсимон диэлектриклар	90
	б) Суюқ диэлектриклар	90
	в) Қаттиқ диэлектриклар	92

Б Е Ш И Н Ч И Б О Б

ЎЗГАРУВЧАН ТОҚ

5-1.	Ўзгарувчан токнинг даври ва частотаси	95
5-2.	Синусоидал э.ю.к. олиш	96
5-3.	Фазалар силжиши	98
5-4.	Векторлар диаграммаси	100
5-5.	Ток ва кучланишнинг эффектив қийматлари	102
5-6.	Ўзгарувчан ток занжирлари ҳақида умумий мулоҳазалар	104
5-7.	Қаршиликли занжир	104
	а) Кучланиш ва ток	105
	б) Қувват	105
5-8.	Индуктивликли занжир	105
	а) Кучланиш ва ток	105

б) Индуктив қаршилик	107
в) Қувват	107
г) Э.ю.к. билан магнит оқими орасидаги боғланиш	108
Актив қаршиликли ва индуктивликли занжир	109
а) Кучланиш ва ток	109
б) Занжирнинг қаршилиги	111
в) Қувват	111
Актив қаршиликли ва индуктивликли тармоқланмаган занжир	113
Актив қаршиликли ва индуктивликли тармоқланган занжир	114
Сигимли занжир	116
а) Кучланиш ва ток	116
б) Сигим қаршилиги	117
в) Қувват	117
Кучланишлар резонанси	118
Токлар резонанси	121
Қувват коэффициенти	122
Актив ва реактив энергия	124
Лаборатория иши. Актив қаршиликли, индуктивликли ҳамда сигимли ўзгарувчан ток занжири	125
Лаборатория иши. Ғалтак билан конденсаторни параллел улаш	126

ОЛТИНЧИ БОБ

УЧ ФАЗАЛИ ТОК

6-1. Уч фазали ток олиш	127
6-2. Генератор чулғамларини юлдуз усулида улаш	128
6-3. Генератор чулғамларини учбурчак усулида улаш	130
6-4. Истеъмолчиларни юлдуз усулида улаш	131
6-5. Истеъмолчиларни учбурчак усулида улаш	134
6-6. Истеъмолчиларни уч фазали ток тармоғига улаш	138
6-7. Лаборатория иши. Уч фазали токнинг тўрт симли занжири	138
6-8. Лаборатория иши. Уч фазали токнинг уч симли системаси	139

ЕТТИНЧИ БОБ

ЭЛЕКТР ЎЛЧОВ АСБОБЛАРИ ВА ЎЛЧАШЛАР

7-1. Ассий тушунчалар	141
7-2. Электр ўлчов асбобларининг турлари	141
7-3. Асбобларнинг ўлчаш механизмлари	144
а) Магнитоэлектрик ўлчаш механизми	145
б) Электромагнит ўлчаш механизми	146
в) Электродинамик ўлчаш механизми	147
г) Ферродинамик ўлчаш механизми	148
7-4. Ток кучланишини ўлчаш	149
а) Амперметр ва вольтметрни улаш схемалари	149
б) Магнитоэлектрик амперметрлар ва вольтметрлар	150
в) Тўғрилагичли амперметрлар ва вольтметрлар	152
г) Термоэлектрик амперметрлар ва вольтметрлар	153
д) Электромагнит амперметрлар ва вольтметрлар	154
е) Электродинамик ва ферродинамик амперметрлар ва вольтметрлар	154
7-5. Қувватни ўлчаш	156
7-6. Электр энергияни ўлчаш	160
7-7. Қаршиликларни ўлчаш	164
а) Қаршиликни ўлчайдиган кўприк	164
б) Қаршиликларни амперметр ва вольтметрлар ёрдамида ўлчаш	165
в) Омметрлар	166
г) Изоляция қаршилигини ўлчаш	169
Электрмас катталикларни электр усуллари билан ўлчаш	169
а) Реостатли ўзгартиргичлар	170

б) Контакт қаршиликли ўзгартиргичлар	171
в) Сими ўзгартиргичлар	172
г) Термоқаршиликлар	173
д) Электрлитик ўзгартиргичлар	175
е) Индуктив ўзгартиргичлар	176
ж) Сими ўзгартиргичлар	176
з) Ионловчи ўзгартиргичлар	177
и) Индукцион ўзгартиргичлар	178
к) Пьезоэлектрик ўзгартиргичлар	179
л) Термoeлектрик ўзгартиргичлар	179
7-9. Лаборатория иши. Изоляция қаршилигини ўлчаш	180
7-10. Лаборатория иши. Индукцион сўтчикни текшириш	180
7-11. Лаборатория иши. Уч фазали ток заижирида қувватни ўлчаш	181
7-12. Лаборатория иши. Термoeлектр пирометрни даражалаш ва ундан температураларни ўлчаш учун фойдаланиш	183

САККИЗИНЧИ БОБ ЎЗГАРМАС ТОК ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРИ

8-1. Ўзгармас ток машиналарининг вазифаси	185
8-2. Ўзгармас ток машиналарининг тузилиши	185
8-3. Ўзгармас ток машинасининг иш принципи	187
8-4. Якорь чулғамининг тузилиши	189
8-5. Якорь чулғамининг электр юритувчи кучи	191
8-6. Машина валидаги момент	192
8-7. Ўзгармас ток машинасининг механик қуввати	193
8-8. Якорь реакцияси	193
8-9. Ток коммутацияси	194
8-10. Ўзгармас ток генераторининг турлари	199
8-11. Мустақил уйғотишли генератор	200
8-12. Параллел уйғотишли генератор	202
8-13. Кетма-кет уйғотишли генератор	203
8-14. Аралаш уйғотишли генератор	204
8-15. Генераторларнинг параллел ишлаши	205
8-16. Ўзгармас ток электр двигателлари	207
8-17. Параллел уйғотишли электр двигатели	208
8-18. Кетма-кет уйғотишли электр двигатели	212
8-19. Аралаш уйғотишли электр двигатели	213
8-20. Исрофлар ва фойдали иш коэффициенти	214
8-21. Электр пайвандлаш генераторлари	215
8-22. Уч чўткали генератор	216
8-23. Электр машина кучайтиргичи	217
8-24. Генератор — электр двигатели (Г—ЭД) схемаси	218
8-25. Лаборатория иши. Параллел уйғотишли электр двигатели	219
8-26. Лаборатория иши. Параллел уйғотишли генератор	220

ТАҲҚИЗИНЧИ БОБ

ТРАНСФОРМАТОРЛАР

9-1. Трансформаторларнинг вазифаси	221
9-2. Бир фазали трансформаторнинг ишлаш принципи ва тузилиши	222
9-3. Трансформаторнинг салт ишлаши	225
9-4. Нагрузкали трансформаторнинг ишлаши	227
9-5. Уч фазали трансформатор	229
9-6. Трансформаторларнинг параллел ишлаши	232
9-7. Трансформаторлар кучланишини ростлаш	234
9-8. Кўп чулғамли трансформаторлар	235

9-9. Автотрансформаторлар	235
9-10. Ўлча трансформаторлари	237
9-11. Энергиянинг трансформатордаги исрофлари ва уларни аниқлаш	238
9-12. Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти	239
9-13. Трансформаторларнинг қизиши ва уларни совитиш	240
9-14. Электр пайвандлашда ишлатиладиган трансформаторлар	241
9-15. Газ ёруғлик трансформаторлари	242
9-16. Лаборатория иши. Бир фазали трансформатор	243

Ў Н И Н Ч И Б О В

АСИНХРОН ЭЛЕКТР ДВИГАТЕЛЛАРИ

10-1. Асинхрон электр двигателларининг вазифаси	244
10-2. Айланувчи магнит оқимини ҳосил қилиш	245
10-3. Статор чулғами	248
10-4. Ротор чулғамлари	250
10-5. Асинхрон двигателнинг ишлаш принципи	252
10-6. Роторнинг сирпаниши	252
10-7. Ротор чулғамидаги э. ю. к. ва токнинг частотаси	253
10-8. Статор ва ротор чулғамларининг электр юритувчи кучлари	253
10-9. Ротор чулғамидаги қаршилик	254
10-10. Ротор чулғамидаги ток	254
10-11. Асинхрон двигателнинг иш процесси	255
10-12. Двигателни айлантирувчи момент	255
10-13. Асинхрон двигателларни юргизиб юбориш	258
10-14. Асинхрон двигателнинг айланиш тезлигини ростлаш	261
10-15. Икки фазали ва бир фазали асинхрон двигател	263
10-16. Асинхрон двигателдаги исрофлар ва унинг фойдали иш коэффициенти	266
10-17. Асинхрон двигателларга ток берувчи тармоқларнинг қувват коэффициенти ва яхшилаш	267
10-18. Лаборатория иши. Уч фазали асинхрон электр двигатели	268

Ў Н Б И Р И Н Ч И Б О В

СИНХРОН МАШИНАЛАР

11-1. Синхрон машиналарнинг вазифаси	268
11-2. Синхрон машинанинг тузилиши ва ишлаш принципи	269
11-3. Уч фазали синхрон генераторнинг нагрузка билан ишлаши	270
11-4. Синхрон генераторларни параллел ишлатиш учун улаш	272
11-5. Ўзгармас ўйғотиш токида синхрон генераторнинг тармоқ билан параллел ишлаши	274
11-6. Синхрон двигател	275
11-7. Ўйғотиш токи ўзгарадиган бўлганда синхрон машинанинг тармоқ билан параллел ишлаши	276
11-8. Электр машиналарининг парвариши	277

Ў Н И К К И Н Ч И Б О В

АВТОМАТИК ҚУРИЛМАЛАРНИНГ ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРИ

12-1. Машиналарнинг вазифаси	280
12-2. Ўзгармас ток ижро қилувчи двигатели	281
12-3. Ўзгарувчан ток икки фазали ижро қилувчи двигатели	283
12-4. Ферромагнитли ёвак ёки яхлит роторли икки фазали асинхрон двигател	286
12-5. Юргизиш қаршилиги ўрнатилган бир фазали асинхрон двигател	286

12-6.	Бир фазали синхрон реактив двигателъ	287
12-7.	Уч фазали ва бир фазали гистерезисли синхрон двигателлар	288
12-8.	Коллекторли универсал двигателъ	289
12-9.	Ўзгармас ток тахогенератори	290
12-10.	Ховол магнитмас роторли ўзгарувчан ток тахогенератори	291
12-11.	Бурилма трансформаторлар	292
12-12.	Синхрон алоқа учун асинхрон машиналар	294
12-13.	Электр вали	296

ЎН УЧИНЧИ БОБ САНОАТ ЭЛЕКТРОНИКАСИ

13-1.	Электрон асбобларнинг классификацияси ва уларнинг вазифаси	297
13-2.	Кам қувватли электрон тўғрилагичлар. Фильтрлар	297
13-3.	Ўртача қувватли ион венти́ллар	302
	а) Газотрон	302
	б) Тиратрон	303
13-4.	Чала ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги	305
	а) Хусусий электр ўтказувчанлик	305
	б) Аралашмали электр ўтказувчанлик	306
13-5.	Чала ўтказгичли ўрта ва кам қувватли тўғрилагичлар	307
	а) Чала ўтказгичли венти́ль	307
	б) Мис I оксидли венти́ль	308
	в) Селенли венти́ль	309
	г) Германийли ва кремнийли венти́ллар	310
13-6.	Катта қувватли тўғрилагичлар— симобли тўғрилагичлар	312
13-7.	Игнитрон	315
13-8.	Иньвертор	316
13-9.	Уч электродли лампа	317
13-10.	Тўрт ва беш электродли лампалар	319
13-11.	Электрон кучайтиргичлар	320
13-12.	Транзисторлар. Чала ўтказгичли кучайтиргичлар	324
13-13.	Генераторлар	326
	а) Синусоидал тебранишли лампали генератор	326
	б) Кучланиши аррасимон эгри чизиқ бўлган генераторлар	329
	в) Мультивибраторлар	330
13-14.	Стабилизаторлар	331
	а) Ток стабилизаторлари	331
	б) Кучланиш стабилизаторлари	332
13-15.	Электрон-нур трубка	333
13-16.	Электрон осциллограф	335
13-17.	Фотоэлементлар. Фотоқаршиликлар	336
13-18.	Термоқаршиликлар	340
13-19.	Лаборатория иши. Чала ўтказгичли тўғрилагичлар	341
13-20.	Лаборатория иши. Электрон осциллограф	343

ЎН ТўРТИНЧИ БОБ

ЭЛЕКТР ЮРИТМА ВА БОШҚАРИШ АППАРАТУРАСИ

14-1.	Электр юритма системаси	347
14-2.	Электр машиналарнинг қизиши ва совитилиши	348
14-3.	Ўзсқ муддатли иш режимида қувватни танлаш	349
14-4.	Қисқа муддатли ишлаш режимида двигатель қувватини танлаш	351
14-5.	Такрорий қисқа муддат ишлаш режимида двигатель қувватини танлаш	351
14-6.	Электр двигателларини бошқариш аппаратураси	352
14-7.	Рубильниклар	353

14-8.	Пакет виключателлар	355
14-9.	Электр двигателларини ишга тушириш ва ростлаш реостатлари	356
14-10.	Контролёрлар	358
14-11.	Эрувчан сақлагичлар	359
14-12.	Ҳаво автоматик виключателлари (автоматлар)	361
14-13.	Контакторлар	362
14-14.	Реле	364
14-15.	Магнитли ишга туширгичлар	367
14-16.	Мойли виключателлар	368
14-17.	Нагрузка виключателлари	370
14-18.	Магнитли кучайтиргичлар	371
14-19.	Электротехник қурилмаларни ҳимоя тариқасида ерга улаш	372

ЎН БЕШИНЧИ БОБ

ЭЛЕКТР АВТОМАТИКАСИ АСОСЛАРИ

15-1.	Умумий тушунчалар	375
15-2.	Реле ёрдамида автоматик ҳимоя қилиш	375
15-3.	Параллел уйғотишли ўзгармас ток двигателини ишга тушириш- ни автоматлаштириш	376
15-4.	Автоматик ростловчи қурилма схемасининг ясалиш принципи	378
15-5.	Генератор кучланишини автоматик ростлаш схемаси	379
15-6.	Автоматик ростлаш системаларида тескари боғланиш	381
15-7.	Электр машина кучайтиргичи ёрдамида кучланишни автоматик ростлаш	383
15-8.	Ўзгармас ток двигателининг айланиш тезлигини стабиллаш схемаси	384
15-9.	Синхрон кузатувчи юритма	385

ЎН ОЛТИНЧИ БОБ

ҲИСОБЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИ

16-1.	Ҳисоблаш қурилмаларининг вазифаси	386
16-2.	Электрон-ҳисоблаш қурилмалар системалари	387
16-3.	Аналог ҳисоблаш қурилмалари	388
16-4.	Моделловчи қурилмаларда потенциалметрлар ёрдамида ҳисоблаш	390
16-5.	Рақамли ҳисоблаш қурилмалари (ЦВУ—РХҚ) нинг вазифаси ва улар ҳақида умумий маълумотлар	392
16-6.	Рақамли ҳисоблаш қурилмаларининг ясалиш принципи	393
16-7.	Рақамли ҳисоблаш қурилмалари айрим блокларининг ўзаро таъсири	394
16-8.	Ҳисоблашнинг иккили системаси	395
16-9.	Иккили системада арифметик амаллар	397
16-10.	Рақамли ҳисоблаш қурилмалари баъзи элементларининг ишлаш принципи	398
	а) Клапан ёки вентиль	399
	б) Мос тушиш схемаси	399
	в) Ингувчи схема	400
	г) Инвертор схемаси	400
	д) Клапанлар заنجири	401
	е) Силжитгич схемаси	401
	ж) Электрон триггер	402
16-11.	Иккили сўтчикининг ишлаш принципи	402
16-12.	Арифметик қурилма сумматорининг ишлаш принципи	403
16-13.	Хотира қурилмалари	406
16-14.	Қириш ва чиқиш қурилмаси	410

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ

17-1.	Умумий маълумотлар	412
17-2.	Электрохимиявий усуллар	413
	а) Гальванотехника	413
	б) Металларни электрохимиявий усулда оксид пардалар билан қоплаш	414
	в) Электрохимиявий усулда анодли едириш йўли билан металлларни тозалаш ва мойини кетказиш	414
	г) Электрохимиявий усулда жило бериш ва пардозлаш	415
	д) Металларда электрохимиявий усулда коваклар ва тешик очиш	415
	е) Анод-механик усулда қирқиш	416
	ж) Кесиш асбобици анод-механик усулда чархлаш	417
	з) Анод-механик усул билан соф ишлов бериш	417
17-3.	Электротермик усуллар	418
	а) Металларни электр пайвандлаш	418
	б) Учма-уч, нуқтавий ва чокли пайванд	418
	в) Ёйли электр пайванд	420
	г) Электр билан қизитиш	423
	д) Қаршилиқ ёрдамида электр билан бевосита қизитиш	424
	е) Қаршилиқ ёрдамида электр билан билвосита қизитиш	425
	ж) Электр ёйи билан қизитиш	426
	з) Ёйли вакуум печлари	427
	и) Электрон-нур ёрдамида эритиш қурилмалари	428
	к) Металларни индукцион қиздириш	430
	л) Материалларга когерент ёруғлик нури билан ишлов бериш	432
	м) Диэлектрикларни қиздириш	432
17-4.	Электр эрозия йўли билан ишлов бериш	433
17-5.	Ультратовуш ёрдамида ишлов бериш	434
17-6.	Электростатик қурилмалар	436
	а) Ишлаш принципи	436
	б) Сочилувчан - аралашмаларни таркиб й қисмларига ажратиш	437
	в) Газларни электростатик тозалаш	437
	г) Металл буюмларни электростатик бўйиш	437
	д) Ёғоч буюмларни электростатик пардозлаш	438
	е) Сувни электростатик тозалаш	439

ЎН САККИЗИНЧИ БОБ

ЭЛЕКТР БИЛАН ЁРИТИШ

18-1.	Асосий тушунчалар ва бирликлар	440
18-2.	Ёруғлик манбалари	443
18-3.	Ёритувчи асбоблар	447
18-4.	Электр билан ёритишни ҳисоблаш	451

ЎН ТУҚ ҚИЗИНЧИ БОБ

ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСINI УЗАТИШ ВА ТАҚСИМЛАШ

19-1.	Электр энергиясини узатиш ҳақида умумий маълумотлар	458
19-2.	Линия ва тармоқлар	462
19-3.	Саноат корхоналари ва цехларни электр билан таъминлаш	467

19-4.	Сапоат корхоналарининг трансформатор подстанциялари ва тақсимот қурилмалари	470
19-5.	Симларни ҳисоблаш	478
а)	Симларнинг кесимини уларда йўл қўйиладиган қизишга кўра аниқлаш	478
б)	Симларнинг кесимини кучланишининг йўл қўйилган исрофига кўра таплаш	482
в)	Симларнинг кесимини кучланишини йўл қўйилган исрофига кўра таплаш	483
19-6.	Био ичидаги тармоқларнинг тузилиши	486
19-7	Электр билан ёритиш қурилмаларини парвариш қилиш	498

ИЛОВА

Лаборатория ишларини ўтказишга доир ташкилий ва методик кўрсатмалар	500
---	-----

На узбекском языке

ПОПОВ ВИКТОР СТЕПАНОВИЧ
НИКОЛАЕВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Перевод с второго издания «Энергия» М, 1968.

Издательство «Ўқитувчи» Ташкент — 1973.

Таржимонлар: Юнусов М. (1—7-боблар),
Мирзаева Ж. (8—19-боблар).

Редактор Абдурахмонов А.

Бадний редактор Ахмаджонов Х.

Тех. редакторлар, Еқубов Б., Ахтамова С.

Корректор Раҳматуллаева М.

Терришга берилди 7/VII-1971 й. Боснишга рухсат этилди 24/IV 1973 й. Қоғози 60×90¹/₁₆. Физик л. 32,0. Нашр. л 31,62. Тиражи 15 000.

«Ўқитувчи» нашриёти. Тошкент, Навоий кўчаси, 30. Шартнома 124-70. Баҳоси 85 т. Муқоваси 10 т.

ЎзССР Министрлар Советининг нашриётлар, полиграфия ва китоб савдоси ишлари бўйича Давлат Комитетининг Тошкент полиграфкомбинатда терияиб, Самарқанддаги, Морозов номида босмахонасида босилди. Типография кўчаси, 4. 1973, Қоғоз № 3. Зак, № 4063

Пабрано на Ташкентском полиграфкомбинате Государственного комитета Совета Министров УССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли, отпечатано в типографии имени Морозова Самарканд. Типографская, ул. 4.