

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ВА
КОММУНИКАЦИЯЛАРИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ ВАЗИРЛИГИ
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ФАРҒОНА ФИЛИАЛИ

Телекоммуникация технологиялари ва касбий таълим факультети

“Телекоммуникация инжиниринги” кафедраси

“Электр занжирлар назарияси ”

фанидан

КУРС ИШИ

Бажарди:

631-14 гуруҳ талабаси

Қаландаров М

Қабул қилди:

Жўраева Г

Фарғона 2016

1. Электр занжирлари ҳақида умумий маълумотлар

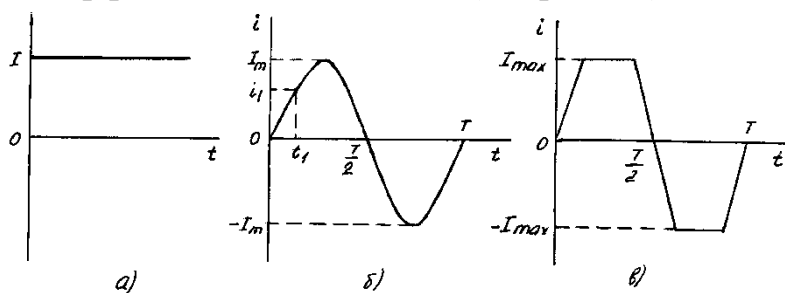
Электротехниканинг муҳим соҳаларидан булган электроэнергетикани ҳаётимизда нақадар катта ўрин олганини республикамиз мисолида кўриш мумкин. Ўзбекистон энергетикаларининг гайрати ва шижоати билан 1926 йилданёк Буз сув ГЭС и, Чирчик ГЭС каскадлари ишга туширила бошланди. 1945 йилда қуввати 150 минг к Вт булган Фарход ГЭС и ишга тушди. Ҳозирги пайитда Чорвок, Туямуйин ГЭС лари каби йирик гидротехника иншоотлари ҳамда умумий қуввати 6-7 млн. кВт дан ортик Ангрен, Тошкент, Сирдарё, ГРЭС лари ишлаб турибди ва ҳар биринг қуввати 3-4 млн. кВт ли янги ГРЭС ларни қуриш давом этмокда. Булар ҳаммаси улкамизни киёфасини тубдан ўзгартириб юборди. Эндиликда саноат ва кишлок хўжалигининг, транспорт ва қурилишнинг, алоқа ва космонавтиканинг, турмуш ихтиёжлари ва медицинанинг бирор соҳаси йукки, у электротехника фани билан боғланмаган булсин. Замонавий электротехниканинг ривожланиши электр қурилмалардан юпка катламли микросхемалар, транзисторлар, диодлар, микропроцессорларни ишлатишга имкон беради. Йил сайин янгидан янги автоматик линиялар, цехлар ва автомат заводлар ишга тушмокда натижада электротехника фанидан янги - электроника, автоматика, микроэлектроника, микросхематехника, кибернетика, ЭХМ ларни бошқарувчи компьютер техникаси, лойихалашни автоматлаштирилган тизимлари каби фанлар ажралиб чикди.

Хулоса. Ҳозирги замон техникасининг асосий фундаметлларида бири булган электротехника фанини мустаҳкам урганиш зарур. Булажак мутахассислар халқ хўжалигининг турли соҳаларидаги вазифаларни мувоффақиятли хал этишлари учун ихтисослиги электрик булиш булмаслигидан катъий назар етарли даражада электротехник билимларга ва тайёргарликка эга булиш керак.

Электротехника электр ҳақидаги фан сифатида эрамиздан аввалги IV-V асрларда юзага келган. Инсон электр ва магнит ходисаларнинг оддий қулатувчиси булишдан, то сунъий энергия манбаларини яратгунча орадан кўп давр утди. Электротехника амалий фан сифатида тикланиши тахминан XVI асрлардан бошланиб, XIX аср бошларида фанлар тараккиёти каторидан мустаҳкам урин олади. 1802 йили В.В.Петров электр ёйини кашф этди. 1832 йили П.Л.Шиллинг телеграф аппарат яратди. 1833 йили Э.Х.Ленц электромагнит индукция қонунларини асослаб берди. 1834 йили Б.С.Якоби 1- булиб электр двигателини ихтиро килди. 1876 йили П.Н.Яблочков электр шамини яратди. 1890 йили А.Н.Лодигин металл толали чугланиш лампасини яратди. 1882 йили Бенардос мателлларни электр ёйи билан пайвандлашни амалга оширди. 1888 йили М.О.Доливо-Добровольский уч фазали ток системасини ишлаб чикди, уч фазали двигатель, уч фазали трансформатор яратди. 1895 йили А.С.Попов антена ёрдамида электромагнит тулкинларини ҳар томонга таркатишга мияссар булди ва биринчи булиб радиогарма узатишга эришди.

1.2. Электр занжирлари ва унинг элементлари

Электр занжири деб, электр токини ҳосил қилувчи ва унинг оқиб ўтишини таъминлаш учун берк йўл ҳосил қиладиган қурилмалар йиғиндисига айтилади. Занжир таркибига кирувчи алоҳида қурилмалар, электр занжирининг элементлари деб аталади. Занжирнинг электр энергияси ҳосил қилувчи элементлари- манбалари, уни истеъмол қилувчи элементлар, истеъмолчилар деб аталади. Узатувчи элементлар - звенолар манба ва истеъмолчиларни ўзаро боғлаб туради. Уларга симлардан ташқари, ўлчаш қурилмалари, ўзгартиргич қурилмалар (трансформатор, тўғрилагич ва ҳ.к.) киради. Занжир уланганда берк контур ҳосил бўлади ва ток ўта бошлайди. Занжирдан ўтаётган электр токининг қиймати ёки кучи ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан t - вақт бирлиги ичида ўтаётган электр зарядларининг миқдори - q билан аниқланади. Яъни ток кучи зарядларнинг ҳаракат тезлигига пропорционал катталиқдир. Агар занжирдан ўтаётган токнинг йўналиши ва қиймати вақт давомида ўзгармас бўлса, бундай ток ўзгармас ток дейилади ва I ҳарфи билан белгиланади (1.1-расм, а)



1.1 - расм

$$I = \frac{q}{t}. \quad (1.1)$$

Халқаро бирликлар тизими (ХБТ) да электр токининг ўлчов бирлиги сифатида ампер қабул қилинган. Ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан бир секунд давомида бир кулон (Кл) электр зарядлари ўтгандаги ток кучи бир ампер (А) га тенг бўлади

$$1 \text{ ампер} = \frac{1 \text{ кулон}}{1 \text{ секунд}}.$$

Ўзгармас ток t вақтда кўчирган заряд:

$$q = I t. \quad (1.2)$$

Йўналиши ва қиймати ўзгариб турувчи тоқлар ўзгарувчан тоқлар дейилади. Тоқнинг кўриладиган моментдаги қиймати унинг оний қиймати дейилади ва i билан белгиланади

$$i = \frac{dq}{dt} . \quad (1.3)$$

Тоқ 0 дан t вақтгача ўзгарганда

$$q = \int_0^t i dt \quad (1.4)$$

зарядни кўчиради.

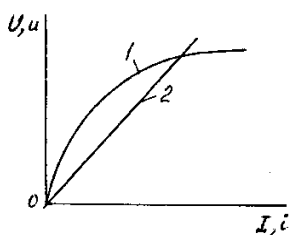
Тоқнинг ўзгариш қонунияти турлича бўлиши мумкин. Асосан даврий ўзгарувчан тоқлардан фойдаланилади. Оний қийматлари бир хил вақт оралиғида такрорланувчи ўзгарувчан тоқлар даврий ўзгарувчан тоқлар дейилади. Бу вақт оралиғи давр дейилади ва T ҳарфи билан белгиланади. Бир секунддаги даврлар сони частота дейилади ва f билан белгиланади. Частота герц (Гц) ларда ўлчанади

$$f = \frac{1}{T} . \quad (1.5)$$

Агар даврий ўзгарувчан тоқ гармоник қонун билан ўзгарса синусоидал тоқ, гармоник бўлмаса, носинусоидал тоқ дейилади, (1.1-расм, б,в.).

1.3. Электр занжирлари элементларининг параметрлари

Электр занжирининг ҳар бир элементи электр энергиясини истеъмол қилиб уни бошқа тур энергияга айлантириш, ўзининг магнит ва электр майдонларини ҳосил қилиш, энергияни ўзида тўплаб қайта занжирга бериш хусусиятларига эга. Бу хусусиятларни характерлаш учун элементларнинг параметри тушунчаси киритилади.



1.2 - расм

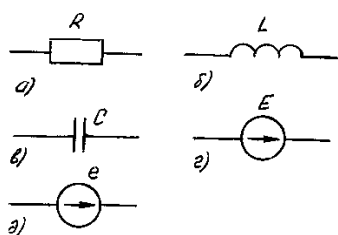
1. Қаршилик R - элементнинг электр занжиридан энергия истеъмол қилиб, уни бошқа тур энергияга айлантириш хусусияти. Айлантилган энергиянинг қуввати (P , p), (I^2 , i^2) га тўғри пропорционал, шунинг учун бу параметрнинг қиймати $R = P/I^2$ ўзгармас тоқ занжири учун ва $R = p/i^2$ ўзгарувчан тоқ занжири учун.

2. Индуктивлик L - элементнинг тоқ ўтганда ўзининг магнит майдонини ҳосил қилиш хусусияти (ўзиндукция). Бу параметр тоқ (I , i) ва магнит илакишини (Ψ , Ψ_t) орасидаги пропорционаллик коэффиценти бўлиб, $\Psi = LI$ ёки $\Psi_t = Li$ уни ўзиндукция коэффиценти дейилади.

3. Ўзаро индуктивлик M -ток i_1 ўтаётган биринчи элементнинг иккинчи элементнинг w_2 чўлғамларида ψ_{21} , магнит илакишини ҳосил қилиш хусусияти.

M - параметри биринчи элементнинг токи билан, шу ток таъсирида иккинчи элемент чўлғамларида ҳосил бўлган магнит илакиши ψ_{21} орасидаги пропорционаллик коэффиценти $\psi_{21}=MI_1$ ёки $\psi_{21t}=Mi_1$ ва худди шунга ўхшаш $\psi_{12}=MI_2$ ёки $\psi_{12t}=Mi_2$.

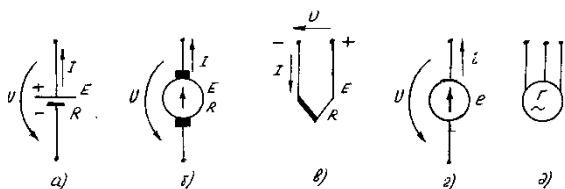
4. Сифим C - элементнинг зарядлар тўплаш ёки электр майдони ҳосил қилиш хусусияти. Бу параметр элементнинг заряди ва кучланиши ўртасидаги пропорционаллик коэффиценти ҳисобланади: $q = CU$, $q = Cu$.



Умумий ҳолатда ҳар қандай реал қурилмада учала параметр R , L , C мавжуд бўлади. Ҳар қандай электр энергияси манбасининг хусусияти, занжирнинг маълум участкасида потенциаллар фарқини вужудга келтириш, шу билан биргаликда берк контур бўйлаб ток вужудга келтириш.

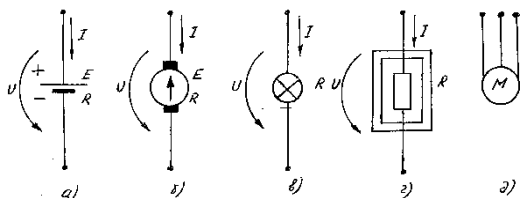
1.3 - расм

1.4. Электр занжирларини улаш схемалари

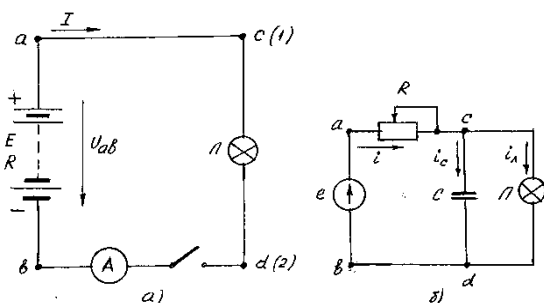


1.4 – расм

Электр занжири элементларини шартли белгилар асосида график равишда ифодаланиши электр занжирининг схемаси дейилади. 1.4 – расм, а-д ва 1.5-расм, а-д да манба ва истеъмолчиларнинг шартли белги-лари кўрсатилган. 1.6-расм, а,б да эса, ўзгармас ва ўзгарувчан ток занжирларининг схемалари кўрсатилган. Зан-жирнинг манба жойлашган қисми, ички участкаси дейилиб, истеъмолчи-лар, боғловчи сим-лар, ёрдамчи аппа-ратлар биргаликда ташқи участкани ташкил этади. Ман-банинг ташқи зан-жирга уланувчи a ва b қисмалари (кутб-лари) занжирнинг чиқиш қисмалари (кутблари) дейила-ди. Ташқи занжир-нинг манба билан



1.5 – расм.

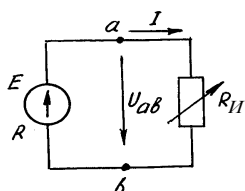


боғланувчи c ва d қисмалари (кутбла-ри) кириш қисмалари (кутблари) деб аталади. Занжирнинг икки кутбга эга қисми икки кутблик дейилади.

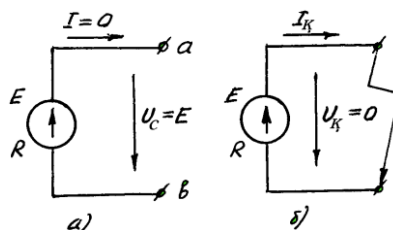
Икки кутблик таркибида манба мавжуд бўлса, актив икки кутблик, йўқ бўлса, пассив икки кутблик деб аталади. Занжирнинг бир хил ток ўтаётган участкаси, кетма-кет боғланишли участка дейилади. Бир қанча участкалардан ўтувчи токнинг ҳар қандай берк йўли контур деб аталади. Бир-биридан бирорта тармоқ билан фарқланувчи контурлар, мустақил контурлар деб аталади. Агар занжирнинг барча тармоқлари икки тугунга боғланган бўлса, бундай боғланиш параллел боғланиш дейилади. Занжирнинг параллел боғланган участкаси бир хил кучланиш остида бўлади. Электр занжирларининг умумий таҳлили учун ток ва кучланишларнинг шартли мусбат йўналишлари белгилаб олиниши керак. Агар аниқланаётган катталиқ мусбат бўлса, занжирда кўрсатилган йўналиш ҳақиқий йўналиш билан бир хил бўлади, агар манфий бўлса, ҳақиқий йўналишга қарама - қарши бўлади. Электр энергияси манбаси учун кучланишнинг мусбат йўналиши манбадаги ток йўналишига қарама- қарши бўлади.

1.5. Чизикли ўзгармас ток занжирлари

1,6-расмда ўзгармас ток занжирининг оддий схемаси келтирилган. Электр занжирларининг иш режимлари, яъни уларнинг электр ҳолатлари мазкур занжир айрим элементларининг токи, кучланиши, қувватларининг қийматлари билан аниқланади.



1.6 – расм



1.7 – расм

Номинал (нормал) режим дегани электр машиналарининг, аппаратларнинг, асбоблар-нинг, симларнинг ишлаб чиқарувчи завод томонидан кўрсатилган номинал қувват билан ишлашидир.

Салт ишлаш режими деганда ташқи занжир манбадан ажратилган ва унинг қаршилиги (истеъмолчи қаршилиги) амалда чексизга тенг бўлиб ($R_H = \infty$) занжирдан ток ўтмаганлиги ($I=0$) даги ҳолат тушунилади. Бу ҳолатда манба ичидаги кучланишнинг пасайиши нолга тенг бўлиб, унинг қисмаларидаги кучланиш манбанинг ЭЮК сига тенг бўлади, $U_c = E$ (1,7-расм, а).

Қисқа туташув режими деб манбанинг ташқи қисмаларида кучланиш нолга тенг бўлган занжир ёки занжир элементларининг қаршиликсиз ўзаро уланиб қолишига айтилади. (1.2-расм, б). Бунда $U_K=0$, $I_K \gg I_n$, бунда U_K , I_K , I_n – лар мос равишда қисқа туташув кучланиши, токи ва номинал ток.

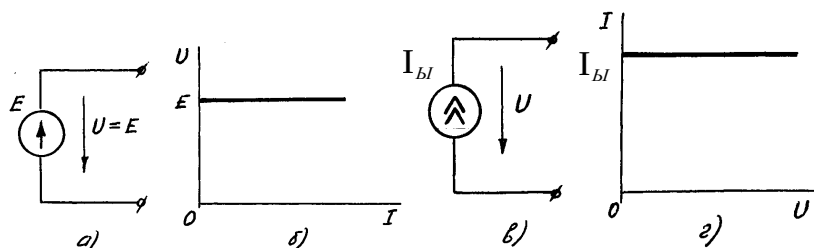
Келишилган режим - бу режимда манба ташқи занжирга энг катта қувват бериб ишлайди.

Электр занжирларининг реал элементлари ҳисоблаш ва анализ қилишда алмашлаш схемалари билан ифодаланади. Манбани алмашлаш схемаси икки хил бўлиши мумкин.

1. ЭЮК манбаси.

2. Ток манбаси.

Идеал ЭЮК манбасида ЭЮК нинг қиймати истеъмолчининг токига боғлиқ бўлмайди: $E=\text{const}$, $R=0$ ташқи қисмаларидаги кучланиш U токка боғлиқ бўлмайди ва қиймат жиҳатдан ЭЮК га тенг бўлади $U=E$ (1.3-расм, а). 2.3 – расм, б даги $U(I)$ боғланиш графиги ташқи ВАХ дейилади.



1.8 – расм

Идеал токманбасидатокнингқийматикучланишгабоғлиқбўлмайдивақийма ти бўйича манбанинг қисқа туташув токи I_K га тенг бўлади. (1.3-расм, в). Идеал манбанинг АВХ си (1.3-расм, г) да кўрсатилган. 1.4-расм, а, б да ЭЮК ва ток манбаларининг алмашлаш схемалари келтирилган. Кўрсатилган схемалар учун 1.4-расм, б дан а схемасига ўтиш ва қайта 1.4-расм, а дан б га ўтиш формулалари қуйидагича ифодаланади:

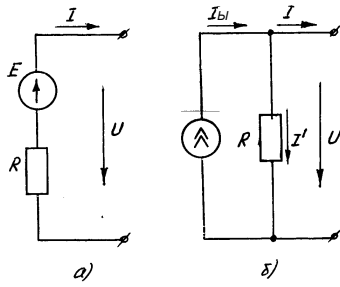
$$E = RI_K ;$$

Электр ҳолати тенгламалари 1.4-расм, а учун:

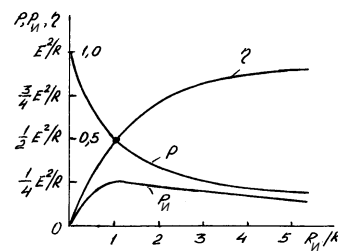
$$E = U + RI \quad (2.1)$$

ва 1.4-расм, б учун:

$$I_{yl} = I + \frac{U}{R} \quad (2.2.)$$



1.9 – расм



1.10 – расм

1.6. Манбани ташқи контурга максимал қувват бериш шартлари

Ташқи занжир резисторининг қаршилиги истеъмолчининг қаршилиги R_H га тенг бўлса, (1.1-расм) ундаги ток ва кучланиш қуйидагича боғланади: $U=R_H I$ бу муносабат занжирнинг пасив участкаси учун Ом қонунини ифодалайди. Агар (1.1) ни қуйидагича ифодалаш мумкинлигини ҳисобга олсак,

$$E=RI+R_H I. \quad (2.3)$$

Бундан оддий берк контур учун Ом қонунининг ифодасини олиш мумкин.

$$I = \frac{E}{R + R_H}. \quad (2.4)$$

У ҳолда

$$P_H = R_H I^2 = \frac{R_H E^2}{(R + R_H)^2}. \quad (2.5)$$

Манбани параллел алмашлаш схемаси учун ташқи занжирнинг токи (2.2) ифодага асосан:

$$I = I_{bl} - \frac{U}{R} = I_{bl} - \frac{R_H I}{R}; \quad (2.6)$$

бундан
$$I = I_{bl} \frac{R}{(R + R_H)}.$$

У ҳолда ташқи занжирнинг қуввати

$$P_H = R_H I^2 = \frac{R_H R^2 I_{bl}^2}{(R + R_H)^2}. \quad (2.7)$$

Истеъмолчининг қуввати салт ишлашда ($R_H=\infty$) ва қисқа туташувда ($R_H=0$) нолга тенг бўлади. $\frac{R_H}{(R + R_H)^2}$ муносабат максимал бўлганда қувват

максимал бўлади. Бу касрдан R бўйича ҳосила олиб ва нолга тенглаб қуйидаги муносабатни ҳосил қиламиз.

$$(R + R_H)^2 - 2R(R + R_H) = 0. \quad (2.8)$$

Бу ифодада $R=R_H$ деб ҳисобланса, яъни ташқи занжирнинг қаршилиги манбанинг ички қаршилигига тенг бўлганда, ташқи занжирнинг қуввати максимал бўлар экан. Занжирнинг бу иш ҳолати манба ва истеъмолчининг мослашув режимини тавсифлайди. Бу режимда манбадаги қувват исрофи, манба қувватининг ярмига тенг бўлади.

$$\Delta P = R I^2 = R_H I^2 = \frac{EI}{2}.$$

Манбанинг фойдали иш коэффициенти (ФИК):

$$\eta = \frac{P_H}{P} = \frac{1}{1 + R/R_H}, \quad (2.9)$$

бу ерда $P=EI=(R+R_H)I^2$; $P_H=R_H I^2$.

1.7 Ом ва Кирхгоф қонунлари

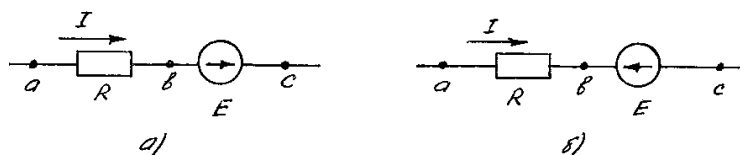
2.6-расм, а,б да занжирнинг I ток ўтаётган участкасида a ва c нуқталари орасидаги потенциаллар фарқи (кучланиш) аниқланиши керак. Ушбу муносабатга кўра $U_{ac} = \varphi_a - \varphi_c$

2.6-расм, а учун:

$$U_{ac} = \varphi_a - \varphi_c = IR - E; \quad (2.10)$$

2.6-расм, б учун:

$$U_{ac} = \varphi_a - \varphi_c = IR + E. \quad (2.11)$$



1.11 – расм.

Кўриб чиқилган муносабатларга кўра Ом қонунининг занжирни бир қисми учун ифодаси

$$I = \frac{(\varphi_a - \varphi_c) \pm E}{R} = \frac{U_{ac} \pm E}{R}. \quad (2.12)$$

Барча электр занжирлари Кирхгоф қонунларига бўйсунди.

1.8. Кирхгофнинг биринчи қонуни:

1. Электр занжирининг тугуни учун тоқларнинг алгебраик йиғиндиси нолга тенг.

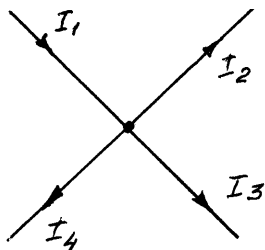
2. Тугунга келаётган тоқларнинг йиғиндиси тугундан кетаётган тоқларнинг йиғиндисига тенг.

1,13-расмучун:

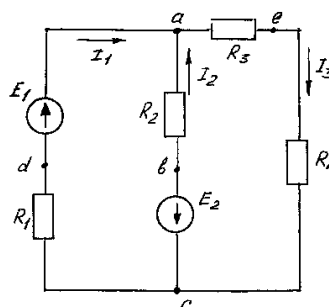
$$I_1 - I_2 - I_3 - I_4 = 0.$$

Умумийҳолатда:

$$\sum I_K = 0. \quad (2.13)$$



1.12-расм



1.13 – расм

1.9. Кирхгофнинг иккинчи қонуни:

1. Исталган берк контур учун кучланишлар тушувларининг алгебраик йиғиндиси шу контурдаги ЭЮК ларнинг алгебраик йиғиндисига тенг.

$$\sum IR = \sum E. \quad (1.14)$$

2. Электр занжирининг берк контури учун, алоҳида участкалар кучланишларининг алгебраик йиғиндиси нолга тенг.

$$\sum U_K = 0. \quad (1.14 \text{ a})$$

1.8-расмдаги занжирнинг четки контури учун:

$$1. \quad I_1 R_1 + I_3 R_3 + I_3 R_4 = E_1.$$

$$2. \quad U_{ae} + U_{ec} + U_{cd} + U_{da} = 0.$$

1.10. Пассивистеъмолчиларнинг гуланиш схемаларини анализи

Юқорида кўриб ўтилганидек,

пассив элементларнинг гуланиш схемалари кетма - кет, параллел ва аралаш боғланишда бўлиши мумкин.

Кетма - кет боғланишда, ҳар бир элементдан ўтаётган токнинг қиймати бир хил бўлган ҳолатдаги боғланишга айтилади.

1.9-расм, а, б даги схема учун Кирхгофнинг иккинчи қонунига биноан

$$U_1 + U_2 + \dots + U_n = U,$$

ёки

$$R_1 I + R_2 I + \dots + R_n I = R_{\text{экв}} I,$$

бундан

$$R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n. \quad (1.15)$$

Кетма-кетуланган элементларнинг эквивалент қаршилиги, элементлар қаршилигининг йиғиндисидан иборат. Занжирдаги ток

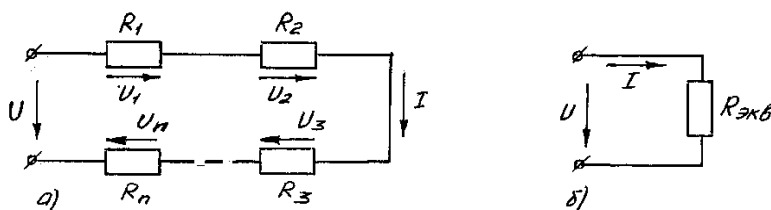
$$I = U / R_{\text{экв}}, \quad (1.16)$$

n - элементнинг кучланиши учун

$$U_n = R_n \cdot U / R_{\text{экв}}, \quad (1.17)$$

n - элементда истеъмол қилинаётган қувват:

$$P_n = R_n I^2 = R_n / (U^2 / R_{\text{экв}}^2) \quad (1.18)$$

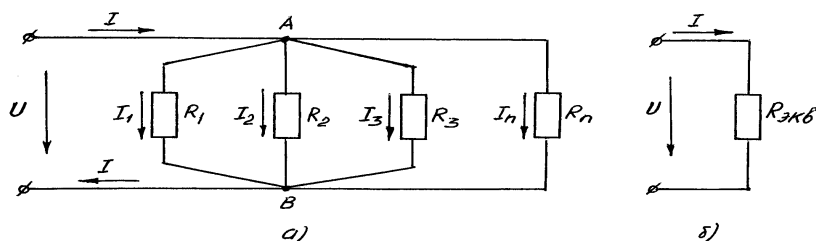


1.14 – расм.

1.14-расм, а да элементлар қаршиликлари параллел уланган схема берилган. Ҳамма элементлар А ва В тугуни оралиғида жойлашган. Тугунлар орасидаги кучланиш манба кучланишига тенг. Шунинг учун ҳар бир тармоқ токи

$$\begin{aligned} I_1 &= U / R_1 = g_1 U, \\ I_2 &= U / R_2 = g_2 U, \\ &\dots\dots\dots \\ I_n &= U / R_n = g_n U. \end{aligned} \quad (1.19)$$

муносабатлар билан аниқланади.



1.15 – расм.

2.10-расм, а даги схема учун Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан:

$$I_{\text{экв}} = I = I_1 + I_2 + \dots + I_n,$$

ёки

$$g_{\text{экв}} U = g_1 U + g_2 U + \dots + g_n U, \quad (1.20)$$

буерда

$$g_{\text{экв}} = g_1 + g_2 + \dots + g_n = \sum_{K=1}^n g_K,$$

ёки

$$\frac{1}{R_{\text{экв}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{K=1}^n \frac{1}{R_K}. \quad (1.21)$$

Демак, параллелбоғланишда эквивалент ўтказувчанлик, занжирдаги барчатармоқлар ўтказувчанликларининг йиғиндисигатенг.

Эквивалент қаршилик $R_{\text{экв}} = \frac{1}{g_{\text{экв}}}$. Бу қаршилик занжир тармоқларидаги энг кичи

қаршиликдан ҳам кичкина бўлади (1.10-расм, б).

Умумий қаршиликнинг камайиши токнинг ортишига сабаб бўлади.

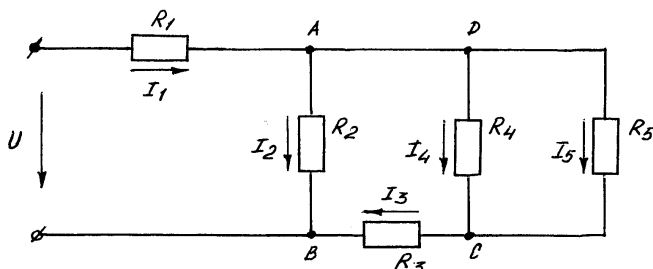
Қувват қуйидагича ифодаланади:

$$P = UI = U(I_1 + I_2 + \dots + I_n),$$

ёки

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n. \quad (1.22)$$

Занжирнинг қуввати алоҳида тармоқлар қувватларининг йиғиндисидан иборат.



1.16 – расм.

Таркибидаги элементлар аралашуланган занжирларда, ҳам кетма-кет, ҳам параллелуланган участкалар мавжуд бўлади. 1.11-расмда аралашуланган схема берилган.

Бундай занжирларни ҳисоблашда эквивалент лаштириш схемаларидан фойдаланилади.

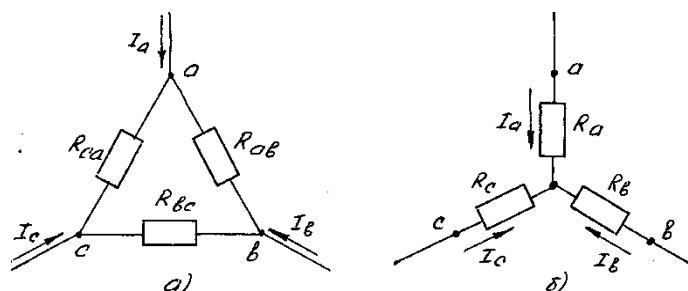
Занжир фақат битта эквивалент қаршиликдани иборат бўлган ҳолатга чиқариб соддалаштирилади. Соддалаштириш схеманинг охиридан бошланади.

$$R_{\text{ДС}} = \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5},$$

$$R_{\text{AB}} = \frac{R_2 (R_3 + R_{\text{ДС}})}{R_2 + R_3 + R_{\text{ДС}}}, \quad (1.23)$$

$$R_{\text{экв}} = R_{\text{AB}} + R_1.$$

Эквивалентқаршилик берилган занжирдаги умумий ток I_1 нитопишимк
 онини беради $I_1 = U/R_{\text{экв}}$. Қолган тармоқларнинг тоқлари босқичма -
 босқич Ом ва Кирхгоф қонунларидан фойдаланилган ҳолатда аниқланади.
 Амалиётда баъзан шундай схемалар уч бурч турадики,
 улар таркибидаги элементлар ўзаро уч бурчак ёки юлдузча шаклида боғланган
 бўлади. Уларни, на параллеллик, на кетма-кетлик аломатига қараб
 ихчамлаш имконияти бўлмайди. Бундай ҳолларда уч бурчакдан
 эквивалент юлдузга, ёки юлдуздан эквивалент уч бурчакка ўтиш йули
 билан занжирни ихчамлаш имконияти ахтарилади (1.12-расм, а, б).
 Уч бурчакдан юлдузга ўтиш формулалари:



1.17 – расм.

$$\begin{aligned} R_a &= \frac{R_{ab}R_{ca}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}, \\ R_b &= \frac{R_{bc}R_{ab}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}, \\ R_c &= \frac{R_{ca}R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}. \end{aligned} \quad (1.24)$$

Юлдуздан уч бурчакка ўтиш формулалари:

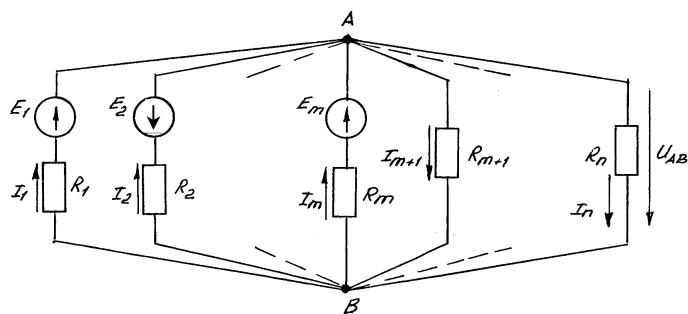
$$\begin{aligned} R_{ab} &= R_a + R_b + \frac{R_a R_b}{R_c}, \\ R_{bc} &= R_b + R_c + \frac{R_b R_c}{R_a}, \\ R_{ca} &= R_c + R_a + \frac{R_c R_a}{R_b}. \end{aligned} \quad (1.25)$$

1.11. Чизиқли ўзгармас ток занжирлари (ҳисоблаш усуллари)

Бир нечта манбали мураккаб электр занжирларини таҳлил қилиш
 ва ҳисоблаш учун Кирхгофнинг иккала қонуни ва Ом қонунига
 асосланган, бир нечта усуллар ишлаб чиқилган.

1. Икки тугун усули.
2. Кирхгоф қонунларини қўллаш усули.

3. Контур токлари усули.
4. Устлаш усули.
5. Эквивалент генератор усули ва бошқалар.



1.18– расм

Занжирни икки тугун усули билан ҳисоблаш, берилган занжирнинг барча тармоқлари (актив ёки пасив) ўзаро параллел бўлиб, икки тугун оралиғида жойлашган ҳолатлар учун қўлланилади. Бу усулни 1.18-расмда берилган занжир мисолида кўрамиз. Бу усулга биноан аввал А ва В тугунлари орасидаги кучланиш аниқланади. Кучланишнинг шартли мусбат йўналиши А дан В га деб қабул қилинганда Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан:

$$I_{m+1} + I_{m+2} + \dots + I_n = I_1 + I_2 + \dots + I_m. \quad (1.26)$$

Ом қонунига мувофиқ ҳар бир тармоқ токи:

$$\begin{aligned} I_1 &= g_1(E_1 - U_{AB}), \\ I_2 &= g_2(-E_2 - U_{AB}), \\ I_m &= g_m(E_m - U_{AB}), \\ I_{m+1} &= g_{m+1}U_{AB}, \\ &\dots\dots\dots \\ I_n &= g_n U_{AB}. \end{aligned} \quad (1.27)$$

(3.2) ни (3.1) муносабатга қўйиб, баъзи бир ўзгартиришлардан сўнг қуйидаги ифода ҳосил қилинади:

$$U_{AB} = \frac{g_1 E_1 - g_2 E_2 + \dots + g_m E_m}{g_1 + g_2 + \dots + g_n},$$

ёки

$$U_{AB} = \sum_{k=1}^m g_k E_k / \sum_{k=1}^n g_k. \quad (1.28)$$

U_{AB} нинг қийматини аниқлаб, (3.2) муносабатга қўямиз ва тармоқлар бўйлаб ўтаётган токнинг қийматини ҳисоблаб топамиз.

3.2. Кирхгоф қонунларини қўллаш усули

Бу усулга кўра, ҳамма тармоқлар сони t ва тугунлар сони t^1 билан белгилаб олинади. Ток манбаси бор тармоқлар сони t_T билан белгиланади. Тенглама тузишдан олдин:

1. Тоқларнинг шартли мусбат йўналишларини танлаб схемада белгилаб чиқилади.
2. Кирхгофнинг иккинчи қонунига биноан тенглама тузиш учун контур бўйлаб шартли мусбат йўналиш белгилаб олинади.

Сўнгра Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан тугунлар сонидан битта кам, иккинчи қонунга биноан $(t-t_T)-(t^1-1)=t-t_T-t^1+1$ та тенглама тузилади. Тузилган тенгламалар биргаликда ечилиб тармоқ тоқлари аниқланади.

Мисол. 2.8-расмдаги схема учун юқоридаги усулга биноан тенглама тузамиз.

Схемада $t=3$ $t_T=0$ $t^1=2$. Демак, биринчи қонунга биноан битта тенглама тузилади:

$$I_1 + I_2 = I_3. \quad (1.29)$$

Иккинчи қонунга биноан $(t-t_T)-(t^1-1)=(3-0)-(2-1)=2$ та тенглама тузилар экан.

Контурнинг мусбат йўналишини соат стрелкаси бўйлаб деб қабул қиламиз:

$R_1 E_1 R_2 E_2$ контуручун

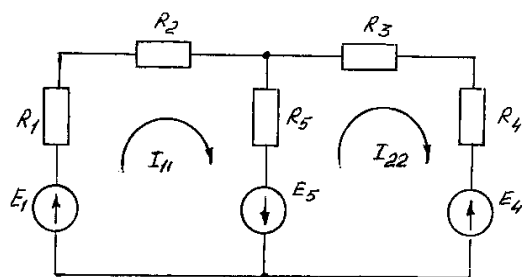
$$I_1 R_1 - I_2 R_2 = E_1 + E_2. \quad (1.30)$$

$E_2 R_2 R_3 R_4$ контуручун

$$I_2 R_2 + I_3 (R_3 + R_4) = -E_2. \quad (1.31)$$

Бутенгламаларни биргаликда ечиб I_1 , I_2 , I_3 тармоқ тоқларини топилади.

Контур тоқлар усули



1.19 – расм.

Бу усулдан жири-нинг ҳар бир берк контурининг ўз тоқимавжуд деб фараз қилинади. Кирхгофнинг иккинчи қонунига биноан, контур тоқларидан фойдаланиб тенгламалар тузилади. Ҳисоблаб топилган контур тоқлари асосида тармоқ тоқларининг қиймати аниқланади. 1.19-расмда кўрсатилган схема учун контур тоқлари усулини қўлаймиз. I_{11}

ва I_{22} билан контур тоқларини белгилаймиз.

Биринчиконтурчун

$$(R_1 + R_2)I_{11} + R_5(I_{11} - I_{22}) = E_1 + E_5,$$

ёки

$$(R_1 + R_2 + R_5)I_{11} - R_5I_{22} = E_1 + E_5.$$

Иккинчиконтурчун

$$(R_3 + R_4)I_{22} + R_5(I_{22} - I_{11}) = -E_5 - E_4,$$

ёки

$$-R_5I_{11} + (R_3 + R_4 + R_5)I_{22} = -E_5 - E_4.$$

Бутенгламаларниқуйидагичаёзамиз:

$$R_{11}I_{11} + R_{12}I_{22} = E_{11},$$

$$R_{21}I_{11} + R_{22}I_{22} = E_{22}.$$

бу ерда

$$R_{11} = R_1 + R_2 + R_5,$$

$$E_{11} = E_1 + E_5,$$

$$R_{22} = R_3 + R_4 + R_5,$$

$$E_{22} = -E_4 - E_5.$$

$$R_{12} = R_{21} = -R_5,$$

(3.7) тенгламалар системаси ҳисобланиб топилган контур тоқлари асосида тармоқ тоқлари аниқланади. Занжирнинг контурлар сони қанча бўлса, тузиладиган тенгламалар ҳам шунча бўлади.

Устлаш усули

Ушбу усулда асосан схемада бирдан ортиқ ЭЮК манбалари бўлса, электр занжири ҳар бир ЭЮК манбаининг таъсиридан ҳосил бўлган хусусий тоқлар учун алоҳида (босқичма-босқич) ҳисобланади. Ҳар бир босқичда схемада битта ЭЮК манбаи қолдирилиб, қолган барча манбалар вақтинча нолга тенг деб фараз қилинади ва барча тармоқларда шу ЭЮК таъсирида оқаётган тоқлар топилади. Занжирда нечта ЭЮК манбаи бўлса, ҳисоблаш ишлари шунча марта бажарилади. Аммо занжирдаги барча қаршиликлар ва схемадан вақтинча ажратилган манбаларнинг ички қаршиликлари ўзгаришсиз қолдирилади. Агар манбаларнинг ички қаршиликлари берилмаган бўлса, у нолга тенг деб қабул қилинади. Агар бирор мураккаб электр занжири m та ЭЮК манбаидан ва n та тармоқдан ташкил топган бўлса, у ҳолда k - номерли ихтиёрий тармоқнинг R_k қаршилигидан схемадаги ҳар бир ЭЮК таъсиридан ҳосил бўлган $I'_k, I''_k, \dots, I^m_k$ каби турли қиймат ва йўналишларга

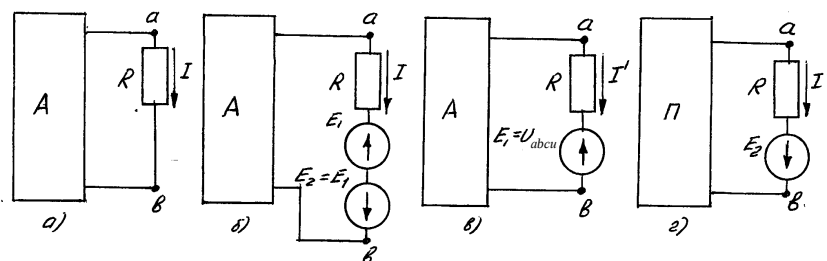
эга бўлган хусусий тоқлар оқиб ўтади. Тармоқлардан оқиб ўтаётган тоқларнинг ҳақиқий қийматлари айрим манбалар таъсирида ҳосил бўлган хусусий тоқларнинг алгебраик йиғиндисига тенг

$$I_k = \sum_{n=1}^m i_n.$$

Эквивалент генератор усули

Мураккаб электр занжирининг ихтиёрий битта тармоғидаги тоқнинг қийматини аниқлаш керак бўлганда эквивалент генератор усулидан фойдаланиш мумкин. Ажратилган тармоққа нисбатан занжирнинг қолган қисмини икки қутблик деб қаралса, шу икки қутблик ҳисоб давомида эквивалент генератор билан алмаштирилади. Эквивалент генераторнинг ички қаршилиги икки қутбликнинг кириш қаршилигига, ЭЮК эса, ажратиб кўрсатилган тармоқ қисмларидаги салт ишлаш кучланишига тенг деб қабул қилинади.

1.20 а да ab тармоғининг I тоқини аниқлаш талаб қилинади. Тўртбурчакдаги A белгиси, унинг таркибида ЭЮК ёки тоқ манбаси борлигини ифодалайди. Агар ab тармоққа қийматлари тенг қарама - қарши йўналган иккита E_1 ва E_2 ЭЮК манбаларини уласак, тоқ I нинг қиймати ўзгармайди (3.3-расм, б).



1.20 – расм.

Устлаш усулига биноан

$$I = I' + I''.$$

Бу ерда $I'E_1$ ва икки қутблик ичидаги барча манбалар таъсирида ҳосил бўлади. I'' эса E_2 манба таъсирида ҳосил бўлади.

Шулар асосида ва 3.3-расм, в, г схемаларидан I' ва I'' ни аниқлаймиз. E_1 ва U_{ab} кучланиш бир-бирига қарама-қарши йўналган.

Занжирнинг бир қисми учун (ЭЮК бор бўлган) Ом қонунига биноан:

$$I' = \frac{U_{ab} - E_1}{R}.$$

Бунда E_1 шундай танланадики, ток I' нинг қиймати нолга тенг бўлсин. ab тармоқда токнинг нолга тенг бўлиши тармоқнинг узилиши билан тенг кучли (салт ишлаш). Салт ишлаш кучланиши U_{abcu} билан белгиланади. Демак, E_1 ни U_{abcu} га тенгласак, $I' = 0$ бўлади. $I = I' + I''$ бўлганлиги сабабли, $I' = I''$ 3.3-рasm, г га кўра

$$I'' = \frac{E_2}{R + R_k} = \frac{U_{abcu}}{R + R_k},$$

бунда R_k - икки кутбликнинг кириш қаршилиги; R - ab тармоқ қаршилиги.

Демак, бу усул билан ток аниқланганда:

1. ab тармоқ узилган ҳолат учун a ва b қисмалар орасидаги кучланиш аниқланади.
2. ab қисмаларга нисбатан кириш қаршилиги R_k топилади (ЭЮК манбалари қисқа туташтирилиб, ток манбалари узиб қўйилган ҳолатда).
3. Токнинг қийматини қуйидаги формула билан ҳисоблаб топилади.

$$I = \frac{U_{abcu}}{R + R_k}.$$

Ҳар бир усул бўйича номаълумлар аниқлангандан сўнг, ҳисобий қийматлар аниқлиги қувватлар баланси бўйича текширилади. Энергияни сақланиш қонунига биноан, вақт бирлигида схемадаги қаршиликлардан ажралаётган иссиқлик миқдори, шу вақт бирлигида манбадан олинаётган энергияга тенг бўлиши керак.

Агар манбадан ўтаётган ток билан, ЭЮК нинг йўналиши бир хил бўлса, манба вақт бирлигида занжирга EI миқдорда энергия (ёки қувват) беради ва EI кўпайтма тенгламага мусбат ишора билан киради. Агар I ва E нинг йўналишлари қарама - қарши бўлса, ЭЮК манбаси истеъмол қилади ва EI кўпайтма қувватлар баланси тенгламасига манфий ишора билан киради.

$$\sum I^2 R = \sum EI.$$

Агар схеманинг a тугунига ток манбаидан I_k ток кириб, b тугунидан чиқиб кетаяпти деб фараз қилсак, ток манбаси бераётган қувват $U_{ab} \cdot I_k$ га тенг бўлади. У ҳолатда қувватлар баланси тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади

$$\sum I^2 R = \sum EI + \sum U_{ab} I_k.$$

Баъзи бир ҳолларда электр занжирларининг бир учини ёки берк контуридаги электр ҳолатни таҳлил қилиш учун занжир қисми ёки контур бўйлаб потенциалларнинг тақсимланиш графиги қурилади. Занжир қисмининг ёки контурнинг ҳар бир нуқтаси учун потенциал диаграммада тегишли ўз нуқтаси бўлади. Абцисса ўқида контурдаги

ихтиёрий бир нуқтадан бошлаб қаршиликларнинг қийматлари қўйилади, ординаталар ўқида нуқталарнинг потенциаллари белгиланади. Координата текислигидаги нуқталарни туташтирувчи чизик занжир участкасининг ёки контурнинг потенциал диаграммаси дейилади.

Чизиқли ўзгармас тоқлар темасидаги қўрилган материаллар кейинги мавзуларни ўрганишда алоҳида аҳамиятга эга. Қўриб чиқилган мураккаб занжирларни ҳисоблаш усуллари, ўзгарувчан ток занжирлари учун ҳам қўлланилиши мумкин.

2.ЭлектрзанжиридатокманбаиниЭЮКманбаиғаалмаштиришвазан жиручунКирхгофқонунларибўйичатенгламалартузиш

Ўқитувчи томонидан берилган вариант бўйича электр занжир параметрларини 1-жадвалга ёзамиз ва ҳисобланадиган схемани чизамиз. Схема 2.1-расмда келтирилган.

1-жадвал									
R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	E_2	E_3	I_{K2}	I_{K3}
Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	В	В	А	А
10	18	5	10	8	6	20	30	0	1

I_{K2} токлитокманбасиниЭЮКманбаиғаалмаштирамизвауни E_2 ЭЮКби
ланқўшиб, $E_{2,0}$ нитопамиз:

$$E'_2 = I_{K2} \cdot R_2 = 0 \text{ В}$$

$$E_{20} = E_2 + E'_2 = 20 \text{ В}$$

I_{K3} токлитокманбасиниЭЮКманбаиғаалмаштирамизвауни E_3 ЭЮКби
ланқўшиб, $E_{3,0}$ нитопамиз:

$$E'_3 = I_{K3} \cdot R_3 = 5 \text{ В}$$

$$E_{30} = E_3 + E'_3 = 10 \text{ В}$$

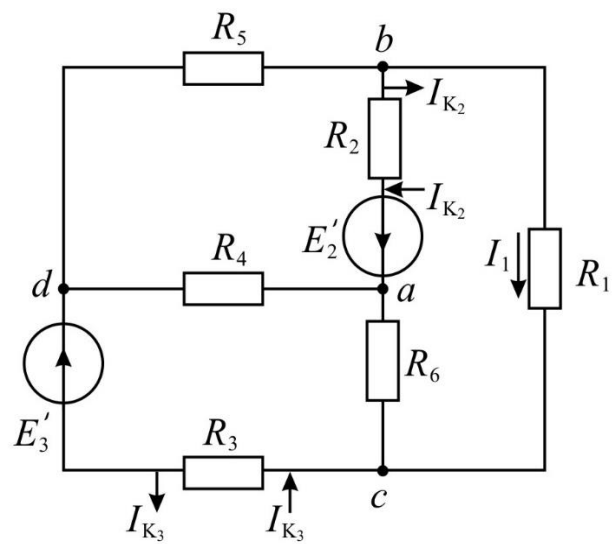
Энди схема 2.2-расмдаги ҳолатга келади.

Занжирни ҳисоблашда Кирхгоф қонунлари асосида тенгламалар системасини тузиш учун қуйидагиларни бажарамиз:

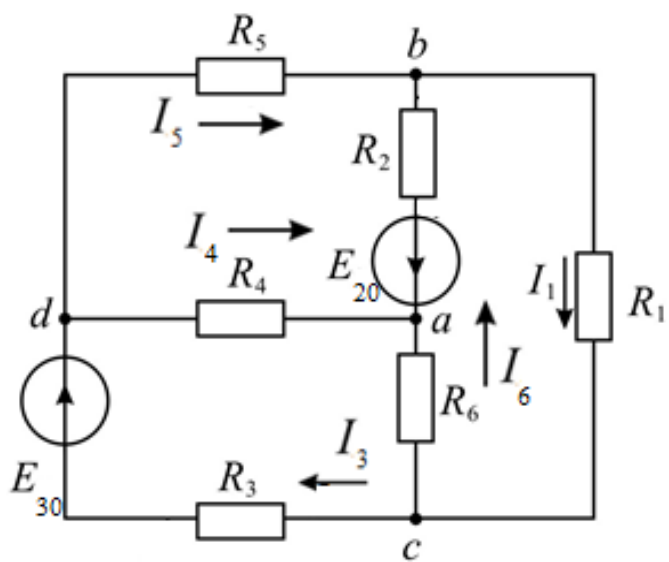
а) 2.2-расмдаги схема тармоқ тоқлари мусбат йўналишини ихтиёрий қўямиз.

б) контурни айланиш йўналишини танлаймиз, одатда соат стрелкаси бўйича йўналиш мусбат йўналиш деб қабул қилинади;

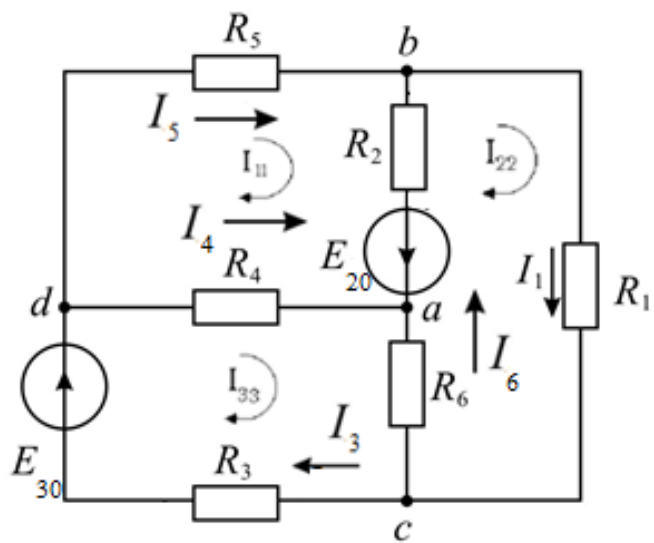
в) Кирхгофнинг 1-қонуни бўйича тугунлар сонидан битта сонга кам мустақил тенгламалар системасини тузамиз. Бизнинг схемада тугунлар сони 4 та, шунинг учун Кирхгофнинг 1-қонунига биноан 3 та тенглама тузамиз:



2.1-рәсм



2.2-рәсм



2.3-рәсм

$$\begin{aligned}
\text{«d» тугун учун} & I_3 - I_5 - I_4 = 0 \\
\text{«с» тугун учун} & I_1 - I_6 - I_3 = 0 \quad (2.1) \\
\text{«b» тугун учун} & I_5 - I_2 - I_1 = 0
\end{aligned}$$

Кирхгофнинг иккинчи қонунига асосан в-(у-1) та тенглама тузамиз; бу ерда в- тармоқлар сони, у- тугунлар сони.

Бизнинг схема учун $6 - (4 - 1) = 3$. Демак,

$$\begin{aligned}
\text{«dba» контур учун} & I_5 R_5 + I_2 R_2 - I_4 R_4 = E_{20} \\
\text{«bcd» контур учун} & -I_2 R_2 + I_1 R_1 + I_6 R_6 = -E_{20} \quad (2.2) \\
\text{«acd» контур учун} & I_4 R_4 - I_6 R_6 + I_3 R_3 = E_{30}
\end{aligned}$$

(2.1) ва (2.2) тенгламалар системасини биргаликда ечими схема тармоқ тоқларини аниқлашга имкон беради.

3. Электр занжирини контур тоқлари усули билан ҳисоблаш

Контур тоқлари усули билан схема тармоқ тоқларини аниқлаш учун 2.2-расмдаги схемани тармоқ тоқлари йўналишини кўрсатмаган ҳолда 2.3-расмдаги кўринишда қайта чизамиз. Бу ерда ҳар бир мустақил контурда ўз контур тоқи оқади деб фараз қиламиз.

Дастлаб контур тоқлари учун тенгламалар тузиб, уларни биргаликда ечиб, сўнг контур тоқлари орқали тармоқ тоқларини аниқлаймиз.

Номаолумлар сони Кирхгофнинг 2-қонуни бўйича тузилган тенгламалар сонига тенг бўлиши керак. 2.3-расмда кўрсатилганидек, уч мустақил контур учун контур тоқларини I_{11} , I_{22} , I_{33} орқали белгилаймиз. Уларнинг йўналишини ихтиёрий танлаш мумкин. Биз қараётган ҳолда контур тоқлари ва контурлар учун айланиш йўналишини соат стрелкаси бўйича оламиз. Унда Кирхгофнинг 2-қонунига биноан:

$$\begin{aligned}
I_{11}(R_5 + R_4 + R_2) - I_{22}R_2 - I_{33}R_4 &= E_{20} \\
-I_{11}R_2 + I_{22}(R_2 + R_1 + R_6) - I_{33}R_6 &= -E_{20} \\
-I_{11}R_4 - I_{22}R_6 + I_{33}(R_4 + R_6 + R_3) &= E_{30}
\end{aligned} \quad (3.1)$$

Энди қуйидагича белгилаш киритамиз:

$$I_{11} = X_1; \quad I_{22} = X_2; \quad I_{33} = X_3.$$

ЭЮК ва қаршилиқларнинг сон қийматларини (3) га қўйиб қуйидаги тенгламалар системасини ҳосил қиламиз:

$$\begin{aligned}
33X_1 - 18X_2 - 10X_3 &= 20 \\
-18X_1 + 34X_2 - 6X_3 &= -20 \\
-10X_1 - 6X_2 + 21X_3 &= 10
\end{aligned}
\tag{3.2}$$

$$X_1 = 0,927$$

$$X_3 = 0,067$$

$$X_3 = 0,93$$

Демак, $I_1 = I_{22} = 0,067 \text{ А}$

$$I_2 = I_{11} - I_{22} = 0,08 \text{ А}$$

$$I_3 = I_{33} = 0,93 \text{ А}$$

$$I_4 = I_{11} - I_{33} = -0,003 \text{ А}$$

$$I_5 = I_{11} = 0,927 \text{ А}$$

$$I_6 = I_{33} - I_{22} = 0,86 \text{ А}.$$

Тармоқ тоқларини аниқлашда ҳосил бўлган манфий ишоралар тармоқ тоқларининг ҳақиқий йўналиши контур тоқларининг мусбат йўналишига нисбатан тескари эканлигини билдиради.

4. Электр занжирини тугун потенциаллари усули билан ҳисоблаш

Номаолум миқдор сифатида схема тугунларининг потенциаллари олиниб ва улар орқали электр занжирини ҳисоблаш тугун потенциаллари усули дейилади.

Бизнинг схемамизда 4 та тугун бор, «с» тугунни ерга уланган деб фараз қиламиз ва бу тугун потенциали «0» га тенг деб қабул қиламиз. У ҳолда номаолумлар сони «3» га тенг бўлади. Тугун потенциаллари усули билан ҳисоблашда номаолумлар сони Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича тузилган тенгламалар сонига тенг (4-расм).

Тармоқ тоқлари йўналишини ихтиёрий танлаб Кирхгофнинг 1-қонунига асосан a , b , d тугунлар учун тенгламалар тузамиз:

$$\text{«d» тугун учун} \quad I_3 - I_5 - I_4 = 0$$

$$\text{«с» тугун учун} \quad I_1 - I_6 - I_3 = 0$$

$$\text{«b» тугун учун} \quad I_5 - I_2 - I_1 = 0$$

Бунда

$$I_1 = (\varphi_b - \varphi_c)g_1$$

$$I_2 = [(\varphi_c - \varphi_a) + E_{20}]g_2$$

$$I_3 = [(\varphi_c - \varphi_d) + E_{30}]g_3$$

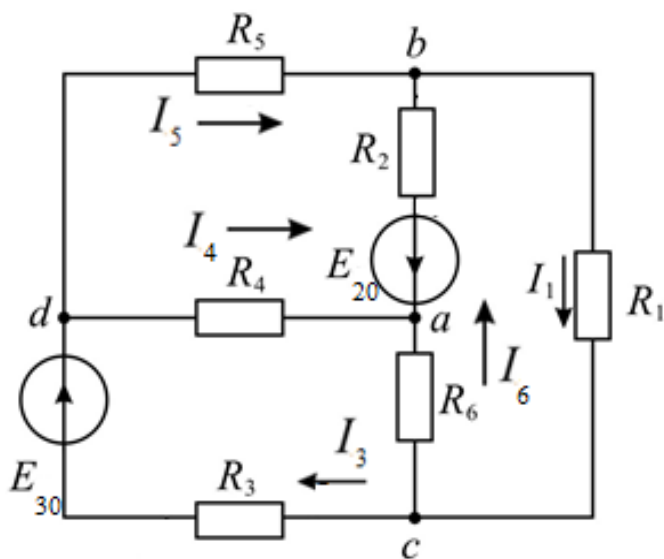
$$I_4 = (\varphi_d - \varphi_a)g_4$$

$$I_5 = (\varphi_d - \varphi_b)g_5$$

$$I_6 = (\varphi_c - \varphi_a)g_6$$

Бу ерда φ - тугун потенциалли; $g = 1/R$ тармоқўтказувчанлиги. Токларнинг бу ифодаларини юқоридагитенгламаларга қўйиб, математик алмаштиришлардан сўнг ва $\varphi_a = 0$ эканини хисобга олиб, қуйидаги тенгламалар системасини оламиз:

$$\begin{aligned} -\varphi_d(g_5 + g_3 + g_4) + \varphi_b g_5 + \varphi_c g_3 &= E_{30}g_3 \\ \varphi_d g_3 - \varphi_c(g_3 + g_6 + g_1) + \varphi_b g_1 &= -E_{30}g_3 \\ \varphi_d g_5 + \varphi_c g_1 - \varphi_b(g_5 + g_2 + g_1) &= -E_{20}g_2 \end{aligned} \quad (14)$$



4-расм

Бу системадаги ўтказувчанлик, ЭЮК сон қийматларини қўйиб, ҳамда $\varphi_d = X_1$; $\varphi_b = X_2$; $\varphi_c = X_3$ белгилаш киритиб, қуйидагини ёзамиз:

$$\begin{aligned} -0,426X_1 + 0,125X_2 + 0,2X_3 &= 2 \\ 0,2X_1 + 0,1X_2 - 0,46X_3 &= -2 \\ 0,125X_1 - 0,275X_2 + 0,1X_3 &= -1 \end{aligned} \quad (15)$$

Тенгламалар системасини илова-1 даги дастур бўйича компютерда ечиб d, b, c тугунлар потенциалли сон қийматларини топамиз:

$$X_1 = 0,77 \quad (16)$$

$$X_2 = 5,14 \quad (17)$$

$$X_3 = 5,13 \quad (18)$$

Тармоқ токлари миқдорини аниқлаш учун потенциаллар сон қийматини (16), (17), (18) ва $\varphi_a = 0$ эканлигини ҳисобга олиб (8)-(13) ифодаларга қўямиз ва токларнинг қийматини топамиз.

$$I_1 = I_{33} = 0,067 \text{ A}$$

$$I_2 = 0,08 \text{ A}$$

$$I_3 = 0,93 \text{ A}$$

$$I_4 = -0,03 \text{ A}$$

$$I_5 = 0,927 \text{ A}$$

$$I_6 = 0,86 \text{ A}.$$

«Минус» ишораси токнинг ҳақиқий йўналиши, ихтиёрий олинган йўналишга тескари эканлигини кўрсатади.

5. Ҳисоблаш натижаларини таққослаш ва ҳисоблаш аниқлигини баҳолаш

Контур токлари ва тугун потенциаллари усуллари билан олинган ҳисоблаш натижаларини 2-жадвалга киритамиз ва токнинг ўртача қийматларини топиб, жадвалга ёзиб қўямиз.

2-жадвал

Токлар →	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
Усул ↓	A	A	A	A	A	A
Контур токлари	0,067	0,08	0,93	0,03	0,927	0,86
Тугун потенциаллари	0,067	0,08	0,93	0,03	0,927	0,86
Токларнинг ўртача қиймати	0,067	0,08	0,93	0,03	0,927	0,86

2-жадвалда келтирилган натижаларни солиштириш шуни кўрсатадики, ҳар икки усул билан ҳисобланган ток қийматлари амалда бир-бирига тенг, бу ҳисоблаш тўғри бажарилганлигини кўрсатади.

Ҳисоблаш аниқлигини баҳолаш учун қувват балансини тузиш зарур. Бунда манбалар ва истеомолчилар қуввати алоҳида ҳисобланади. Ҳисоблашда ҳар бир тармоқ токининг ўртача қиймати олинади.

а) ЭЮК манбалари бераётган қувват:

$$P_m = E_{30}I_3 + E_{20}I_2 = 10,67 \text{ Вт}$$

б) схемада истеомол қилинаётган қувват:

$$P_{\text{ист}} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6 = 10,57 \text{ Вт}$$

в) нисбий хатолик

$$\gamma = \frac{P_{\text{м}} - P_{\text{ист}}}{P_{\text{м}}} \cdot 100\% = \frac{10,67 - 10,57}{10,67} \cdot 100\% = 0,93\%$$

шуни кўрсатадики, бажарилган ҳисоблар етарли даражада тўғридир. Хатолик арифметик амалларни бажаришда вергулдан кейинги рақамларнинг чекланганлиги туфайли ўсил бўлган. Ҳисоблашлардаги нисбий хатоликка 2% гача рухсат берилади.

АДАБИЁТЛАР

1. Новгородцев А.Б. 30 лекция по теории электрических цепей : Учебник для вузов СПб: Политехника, 1995. -519 с.
2. Бирюков В.Н., Попов В.П., Семенцов В.И. Сборник задач по теории цепей.- М: Высшая школа 1990. – 238 с.
3. Электр занжирлар назарияси. Лаборатория машғулотларини бажариш учун услубий қўлланма .(Ўзбек ва рус тилларида). Тошкент . 2010.
4. Электр занжирлар назарияси. Лаборатория (виртуал) машғулотларини бажариш учун услубий қўлланма. (Ўзбек ва рус тилларида). Тошкент . 2008.
5. Электр занжирлар назарияси. Амалий машғулотларни бажариш учун услубий қўлланма. (Ўзбек ва рус тилларида). Тошкент . 2008.
6. Электр занжирлар назарияси. Курс ишларини бажариш учун услубий қўлланма. (Ўзбек ва рус тилларида). Тошкент . 2008.
7. Электр занжирлар назарияси. Мустақил ишларини бажариш учун услубий қўлланма. (Ўзбек ва рус тилларида). Тошкент . 2008.
8. Давидов С.Р., Дмитриев В.Н., Тулаганова В.А. Электр занжирлар назарияси. Тест синовлари учун вазифалар тўплами. Т.ТЭАИ, 1-қисм ,1997.-172 б; 2-қисм.
9. Бакалов В.П., Воробьенко П.П., Крук Б.И. Теория электрических цепей.: Учебник для ВУЗов; Под ред. В.П. Бакалова, -М.: Радио и связь, 1998. -444 с.
10. Матханов П.Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи: Учебник для ВУЗов. -3-е изд., -М.: Высш. шк., 1990. -400 с.
11. Методические указания по расчету контрольных заданий по курсу «ТОЭ»(Линейные цепи постоянного тока). Учебно-производственная типография ФерПИ, 1985 (составители: Нигматов Ж.М. и др.).
12. Каримов А.С., Миръайдаров М.М. ва бошқалар. Электротехника ва электроника асослари (масалалар тўплами ва лаборатория ишлари). Тошкент, «Ўқитувчи», 1989.
13. Каримов А. С. Назарий электротехника. 1-том. Т.: Ўқитувчи,
14. Сборник задач по теоретическим основам электротехники. Под. ред. Л.А. Бессонова. М.: Вкшная школа, 1988.
15. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основк электротехники. Том 1. Ленинград, 1982.
16. Шебес М.Р. Задачник по теории линейных электрических цепей. М.: Вкшная школа, 1982.
17. Сборник программированных задач по теоретическим основам электротехники. Под. ред. Н.Г. Максимовича и И.Б. Куделрко. Лрвов, «Вкшная школа», 1976.

