

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA’LIM VAZIRLIGI

ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI TOSHKENT
DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

ELEKTR MASHINALARI

fanidan

**sinxron va o‘zgarmas tok mashinalari qismlari bo‘yicha laboratoriya
ishlarini bajarish uchun**

USLUBIY KO‘RSATMA

TOSHKENT 2015

Tuzuvchilar: Mustafakulova G.N., Yarmuxamedova Z.A., Toshev Sh.E
«Elektr mashinalari» fanidan sinxron va o'zgarmas tok mashinalari qismlari bo'yicha laboratoriya ishlarini bajarish uchun uslubiy ko'rsatma.
– Toshkent, ToshDTU, 2015. 78 b.

Ushbu uslubiy ko'rsatma «Elektr mashinalari» fanidan sinxron va o'zgarmas tok mashinalari qismiga oid laboratoriya ishlari to'plamidan iborat.

Mazkur uslubiy ko'rsatma 5310700- «Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari» bakalavr yonalishi 5310200- «Elektr energetika» bo'yicha hamda «Elektr mexanika» fanidan o'qiladigan boshqa 5111046 – «Kasbiy ta'lim (Elektr energetika)» yo'nalishlarida tahsil oladigan talabalar uchun mo'ljallangan bo'lib, sinxron va o'zgarmas tok mashinalari tajriba yo'li bilan tekshirishni «Elektr mashinalari va kabel texnikasi» kafedrasida mavjud bo'lgan jihozlar va uskunalarda o'tkazishga muvofiqlashtirilgan.

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashining qaroriga asosan chop etildi.

Taqrizchilar:

- | | |
|-------------------|---|
| A.T. Imomnazarov– | ToshDTU, EF «Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari» kafedrasining dotsenti |
| X.T. Berdiyev – | TTYMI, « Elektr transporti va yuqori tezlikdagi elektr harakat tarkibi» kafedrasida mudiri, dotsent |

1-laboratoriya ishi

Sinxron generatorning salt ishlash va yuklanish tavsiflarini tekshirish

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Uch fazali sinxron generatorning tuzilishi va ishlash prinsipini o'rganish.
2. Muxtor holda ishlayotgan sinxron generatorning salt ishlash va yuklanish tavsiflarini tekshirish.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Sinxron generatorning tuzilishi hamda tajriba qurilmasiga kiradigan barcha asbob va uskunalar bilan tanishing. Stend bilan tanishib, generatorning sxemasiga kiradigan jihozlar va o'lchov asboblarini aniqlang hamda generatorning pasportida ko'rsatilgan texnik ma'lumotlar bilan tanishib, ularni hisobot daftariga yozib qo'ying.
2. Sxemani 1.8- rasmga binoan yig'ing
3. Salt ishlash tavsifi $-E_o = f(i_q)$ ni olish, bunda $I_1=0$ $n=n_n = \text{const}$ yoki $f=f_n=\text{const}$ bo'lishi lozim.
4. Induktiv yuklanish tavsifi $U=f(i_q)$ ni olish. Bunda $I_1=\text{const}$, $\cos\varphi=0$, $n=n_n=\text{const}$ yoki $f=f_n=\text{const}$ bo'lishi lozim.
5. Uch fazali qisqa tutashish tavsifi $I_{qt}=f(i_q)$ ni olish. Bunda $U=0$, $n=n_n=\text{const}$ bo'lishi lozim.
6. Salt ishlash tavsifidan mashina magnit zanjirining to'yinish koeffitsiyentini toping.
7. Salt ishlash va induktiv yuklanish tavsiflari asosida reaktiv uchburchakni quring va Pot'e qarshiligi X_p ni toping.

3. Ishni bajarishga oid qisqacha nazariy tushinchalar

1. Laboratoriya sharoitida salt ishlash tavsifini olish uchun sinxron generator birlamchi motor yordamida nominal tezlik bilan aylantiriladi. Bu sinxron tezlik o'zgarmas tok motorining qo'zg'atish chulg'amidagi reostat orqali rostlanib, o'zgarmas holda ushlab turiladi va generatorning stator chulg'amiga ulangan chastotamer yordamida nazorat qilib turiladi. Sinxron generatorning qo'zg'atish chulg'amiga o'zgarmas tok beriladi va stator kuchlanishi $1,3U_n$ ga etkaziladi, so'ngra qo'zg'atish toki nolgacha

kamaytirilib 5-7 ta nuqta olinadi. Qo'zg'atish toki nol bo'lganda qoldiq EYKning qiymati yozib olinadi. Tajribadan olingan qiymatlar 1-jadvalga yoziladi.

1.1-jadval

E_0	B			
	n.b.			
i_q	A			
	n.b.			

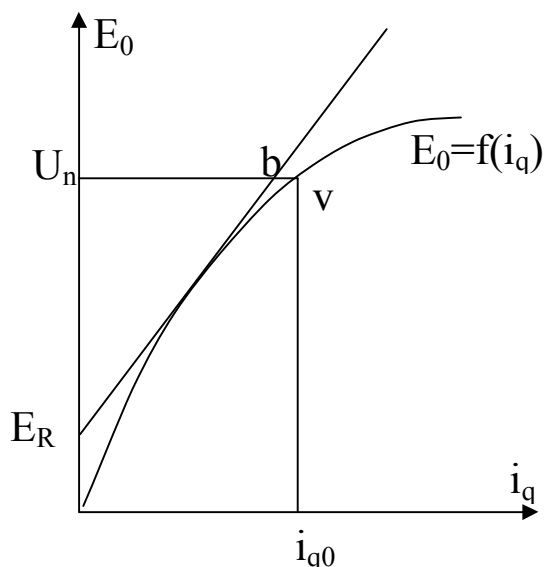
So'ngra salt ishlash tavsifi (1.1-rasm) haqiqiy birliklarda quriladi. Bu tavsif yordamida generatorning to'yinish koeffitsienti aniqlanadi. Buning uchun salt ishlash tavsifining boshlang'ich qismiga urinma o'tkaziladi.

2. Sinxron generatorning induktiv yuklanish tavsifi (1.2-rasm) – yakor (stator) toki $I_1 = \text{const}$, aylanish tezligi $n_1 = \text{const}$ va quvvat koeffitsienti nolga teng bo'lganida generator yakori chulg'amidagi kuchlanish U_1 ning qo'zg'atish toki I_q ni rostlab $I_1 = I_n$ qo'yiladi. Sekin asta qo'zg'atish toki I_q ni pasaytirib, shu bilan birgalikda induktiv qarshilik shunday o'zgartiriladiki, $I_1 = I_n = \text{const}$ bo'lsin. Shunday qilib yakor chulg'ami kuchlanishi va qo'zg'atish tokining 5-6 ta nuqtalaridagi qiymatlari yozib olinadi. Tajribadan olingan ma'lumotlar 1.2-jadvalga kiritiladi.

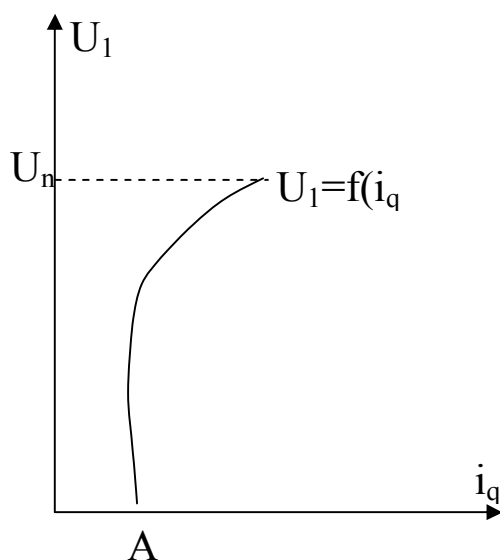
1.2-jadval

U	B			
	n.b.			
i_q	A			
	n.b.			

3 Sinxron mashinasining tuzilishi. Elektr stantsiyalarida ishlab chiqariladigan elektr energiyasi asosan sinxron generatorlar yordamida hosil qilinadi. Sinxron mashina qo'zg'almas qismi stator va aylanuvchi qismi rotordan tashkil topgan. Elektrotexnik po'latdan ishlangan o'zak korpusga o'rnatiladi. Bu o'zak uyurma toklardan hosil bo'ladigan isroflarni kamaytirish maqsadida bir biridan izolyatsialangan po'lat tunikachalardan yig'iladi. Po'lat o'zakning ichki tomonida bir tekisda ariqchalar (pazlar) bo'ladi. Pazlarda uch fazali o'zgaruvchan tok chulg'ami joylashtiriladi. Sinxron generatorning rotorini ikki turda, ya'ni ayon va noayon qutbli qilib ishlanadi. Rotor o'zagi ayrim tunukachalardan yoki quyma po'latdan yasali unga qo'zg'atuvchi chulg'am joylashtiriladi.



1.1-rasm. Salt ishlash tavsifi



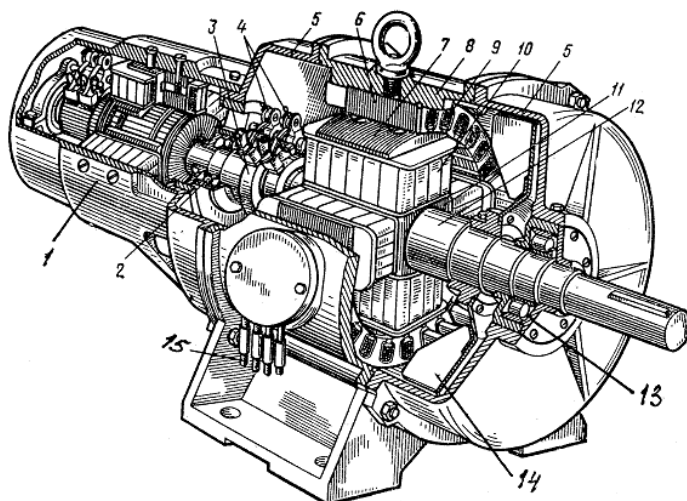
1.2-rasm. Induktiv yuklanish tavsifi

Sinxron mashinalarning konstruksiyasiga oid umumiy ma'lumot

Quyida kam quvvatli va yirik sinxron mashinalar konstruksiyalarining o'ziga xos xususiyatlariga oid ma'lumot bilan tanishamiz.

Ayon qutbli kam quvvatli elektromagnit qo'zg'atgichli sinxron mashinaning tuzilishi 1.3-rasmda ko'rsatilgan. Bunda rotorga tegishli asosiy qismlar: val (12), unga mahkamlab joylashtirilgan ostov, ya'ni rotor yarmosi (11), bunga o'rnatilgan magnit qutblar, ya'ni qutb o'zagi va qutb uchligi (7), o'zakning tashqarisida qo'zg'atish chulg'ami (10), mashinani sovitgich – ventilyator (14) hamda mashinaning qo'zg'atgich tomoniga o'rnatilgan kontakt halqalar (3)dan iborat.

Katta quvvatli (yirik) sinxron mashina (SM)larning ayrim qismlariga juda katta mexanik va elektromagnit yuklamalar kuchli ta'sir qiladi. Yuklamasining jadalligi bo'yicha bu mashinalar boshqa hamma elektr mashinalaridan ustun turadilar. Shuning uchun ularda katta miqdorda issiqlik ajralib chiqishi tufayli ularni *jadallik bilan sovitish* talab qilinadi.



1.3-rasm. Ayon qutbli kam quvvatli sinxron mashinaning tuzilishi:

1–elektromagnit qo‘zg‘atgich; 2–tayanch tagligi (подпятник); 3–kontakt koltsalar; 4–cho‘tka tutqich va cho‘tkalar; 5–podshipnik qalqoni; 6– stator po‘lat o‘zagi; 7–qutb uchligi; 8– stanina; 9– stator o‘zagi pazlari (chulg‘ami bilan); 10 – qutb (qo‘zg‘atish chulg‘ami bilan); 11 – rotor yarmosi (ostov); 12 – val; 13 – podshipnik; 14 – ventilyator; 15 – stator chulg‘aming chiqish uchlari.

Yirik sinxron mashinalar konstruksiyasiga ko‘ra turbogeneratorlar, gidrogeneratorlar, sinxron kompensatorlar va sinxron motorlarga bo‘linadi.

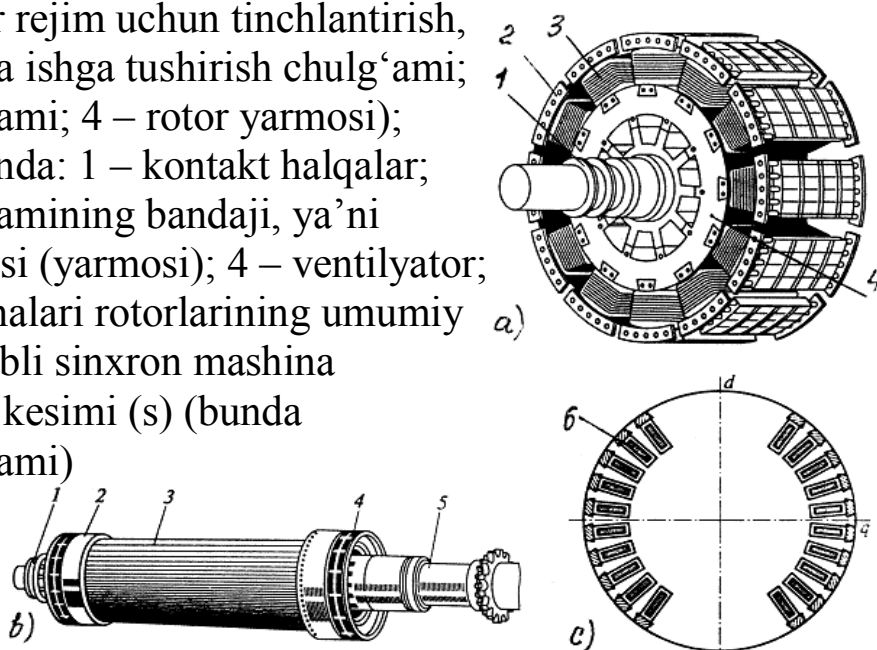
Turbogeneratorlarning rotorlari (1.4,b-rasm) oliy sifatli, bolg‘alanib yasalgan, yaxlit (ya‘ni quyma) po‘latdan yasaladi; 1.4,c- rasmda noayon qutbli sinxron generator rotorini (shu jumladan, qo‘zg‘atish chulg‘aming ko‘ndalang kesimi ko‘rsatilgan).

Eng katta quvvatli turbogenerator rotorining diametri (aylanish chastotasi $n=3000$ ayl/min bo‘lganda) markazdan qochirma kuchlarni cheklash maqsadida $d_r=1,2\div 1,25$ m. dan oshmasligi, rotor tanasining uzunligi esa, valning egilishini cheklash maqsadida $l_r=7\div 7,5$ m. dan oshmasligi kerak. Rotor (ya‘ni qo‘zg‘atish) chulg‘aming tayyorlanishi sovitish sistemasiga bog‘liq bo‘ladi. To‘g‘ridan-to‘g‘ri ichki sovitish sistemasida chulg‘am o‘tkazgichlarining ichida sovitish kanallari bo‘lib, ulardan vodorod yoki distillangan suv o‘tib issiqlik aktiv zonadan sovitish sistemasiga uzatiladi.

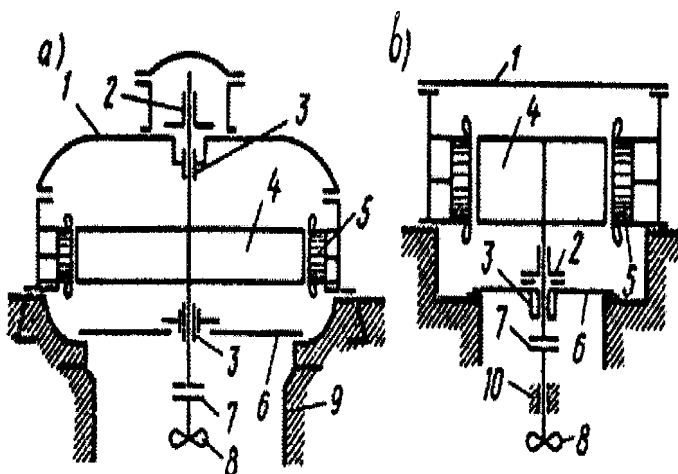
*Issiqlik elektr stansiyalarida **turbogeneratorlar** o‘rnatilgan bo‘ladi va ular $n=3000$ ayl/min ($2p=2$) aylanish chastota bilan ishlagani uchun*

turbogeneratorning va bug' mashinasining gabariti va massasini ancha kamaytirishga imkon beradi.

1.4-rasm. Ayon qutbli (a) (bunda: 1 – kontakt halqalar; 2 – generator rejim uchun tinchlantirish, motor rejimi uchun esa ishga tushirish chulg'ami; 3 – qo'zg'atish chulg'ami; 4 – rotor yarmosi); noayon qutbli (b) (bunda: 1 – kontakt halqalar; 2 – qo'zg'atish chulg'aminin bandaji, ya'ni kamari; 3 – rotor tanasi (yarmosi); 4 – ventilyator; 5 – val sinxron mashinalari rotorlarining umumiy ko'rinishi; noayon qutbli sinxron mashina rotorining ko'ndalang kesimi (s) (bunda 6 – qo'zg'atish chulg'ami)



Dunyoda eng katta quvvatli turbogenerator (1200 MW) «Elektrosila» OAJ da (Sankt-Peterburg, Rossiya) tayyorlanib Kostroma issiqlik elektr stansiyasida ishlab turibdi.



1.5-rasm. Gidrogeneratorlarning konstruktiv sxemalari osma (a) va soyavon (b) tiplari:

1 – ustki krestovina (ya'ni rotorni yuqoridan ko'targich); 2 – yonbosh tayanchi; 3–yo'naltiruvchi podshipniklar; 4–rotor; 5– stator; 6–pastki tayanch; 7– val flantsi (ya'ni turбина va generator vallarini birlashtiruvchi detal);

Atom elektr stansiyalarida reaktorlar ishlab chiqargan bug'ning bosimi nisbatan kam bo'lganligidan, turbina va turbogeneratorlarning aylanish chastotasi $n=1500$ ayl/min ($2p=4$) qilib ishlatish tejamli hisoblanadi.

Quvvati 200 – 300 MW bo'lgan turbogeneratorlar texnik jihatdan eng takomillashgan, tejamli va ishonchli hisoblanadi.

Stator va rotor chulg'amlarini ichidan suv bilan sovitishda turbogeneratorlarning eng katta quvvatini 2 mln. kW gacha oshirish imkoniyati bo'ladi xolos. Bitta turbogeneratorning quvvatini yana ham oshirishni, faqat rotor chulg'amini tayyorlashda o'ta o'tkazuvchan materialdan foydalanganda erishish mumkin (bunday turbogeneratorni *krioturbogenerator* deyiladi). Bunda hozirgi ishlab turgan quvvatlardagi turbogeneratorlarning FIK ni oshirish va materiallar sarfini $2\div 3$ marta kamaytirish imkonini beradi.

Hozirgi vaqtda quvvati 100 MW gacha bo'lgan turbogeneratorlarni havo bilan sovitish sistemasi qo'llanila boshlandi, istiqbolda esa bunday sistemani quvvati 200 MW gacha bo'lgan turbogeneratorlarda qo'llash mumkinligi isbotlangan. Bu holda konstruksiya ancha oddiy bo'lib, turbogeneratorning tannarxi ham kamayadi.

Gidrogeneratorlarda rotorining aylanish chastotasi kam ($n=50\div 500$ ayl/min) bo'lib, ularning katta quvvatli vertikal (tik) o'rnatiladigan qilib yasiladi. 1.5-rasmda bunday gidrogeneratorlarning osma va soyabon tiplarining konstruktiv sxemalari tasvirlangan

Gidrogeneratorlarda stator va rotor chulg'amlari hamda stator po'lat o'zagi bevosita *distillangan suv* bilan sovutiladi. Agar bunday sovitish sistemasini xuddi shunday quvvatga ega bo'lib, tashqaridan (sirtidan) havo bilan sovitish sistemasi bilan solishtirilganda distillangan suv bilan sovitish sistemasida bir xil o'lchamdagi gidrogenerator quvvatini 2 marotaba oshirish mumkin.

Sinxron generatorning ishlash prinsipi va qo'zg'atish sistemasining turlari

Ishlash prinsipi. Sinxron generatorda asosiy magnit maydon (oqim Φ_0) ni hosil qilish uchun uning qo'zg'atish chulg'amiga o'zgarmas tok beriladi. Bu tok vaqt bo'yicha o'zgarmas va qutbiyligi (ishorasi) almashlanadigan, rotorga nisbatan qo'zg'almas bo'lgan magnit maydonni hosil qiladi. Rotor (induktor) birlamchi mexanizm yordamida aylantirilganda, uning magnit maydoni qo'zg'almas stator (yakor)

chulg'amiga nisbatan aylanadi va unda *elektromagnit induksiya qonuniga asosan*, o'zgaruvchan EYK hosil qiladi.

Agarda stator pazlarida simmetrik (ya'ni fazalarining magnit o'qlari fazoda 120° el. ga siljigan bo'lib, fazalarining elektr qarshiliklari va o'ramlar soni bir xil) uch fazali chulg'am joylashtirilgan bo'lsa, bu chulg'amda moduli bo'yicha teng va vaqt bo'yicha 120° el. ga siljigan EYK larning simmetrik sistemasi induksiyalanadi (hosil bo'ladi). Faza chulg'amlarida induksiyalanadigan EYK larning chastotasi:

$$f_1 = pn / 60$$

bunda: p —chulg'amning juft qutblari soni; n —rotorning aylanish chastotasi, ayl./min.

Agar sinxron generatorning uch fazali yakor chulg'ami tashqi simmetrik yuklamaga ulansa, undan yakorning doiraviy aylanma magnit maydonini vujudga keltiruvchi simmetrik o'zgaruvchan toklar sistemasi o'tadi. Bu maydonning statorga nisbatan aylanish chastotasi

$$n_1 = 60 f_1 / p$$

Bu formulalardan f_1 ning qiymatini qo'yib, $n_1=n$ ekanligini aniqlaymiz. Demak, qo'zg'atish va yakor chulg'amlarining magnit maydonlari bir-biriga nisbatan qo'zg'almas bo'lib, mashinaning natijaviy magnit maydonini hosil qilar ekan. Shu tariqa sinxron generatori mexanik energiyani elektr energiyaga aylantiradi.

Qo'zg'atish sistemasi va uning turlari. Ko'pchilik elektr mashinalari elektromagnit qo'zg'atishli bo'lib, bunda qo'zg'atish magnit oqimi o'zgarmas tok manbaiga ulangan rotor chulg'ami tomonidan hosil qilinadi. Qo'zg'atish chulg'ami uchun o'zgarmas tok manbai sifatida maxsus qo'zg'atish sistemasi ishlatilib, *unga bir necha muhim talablar qo'yiladi*. Ulardan asosiylari quyidagilardan iborat:

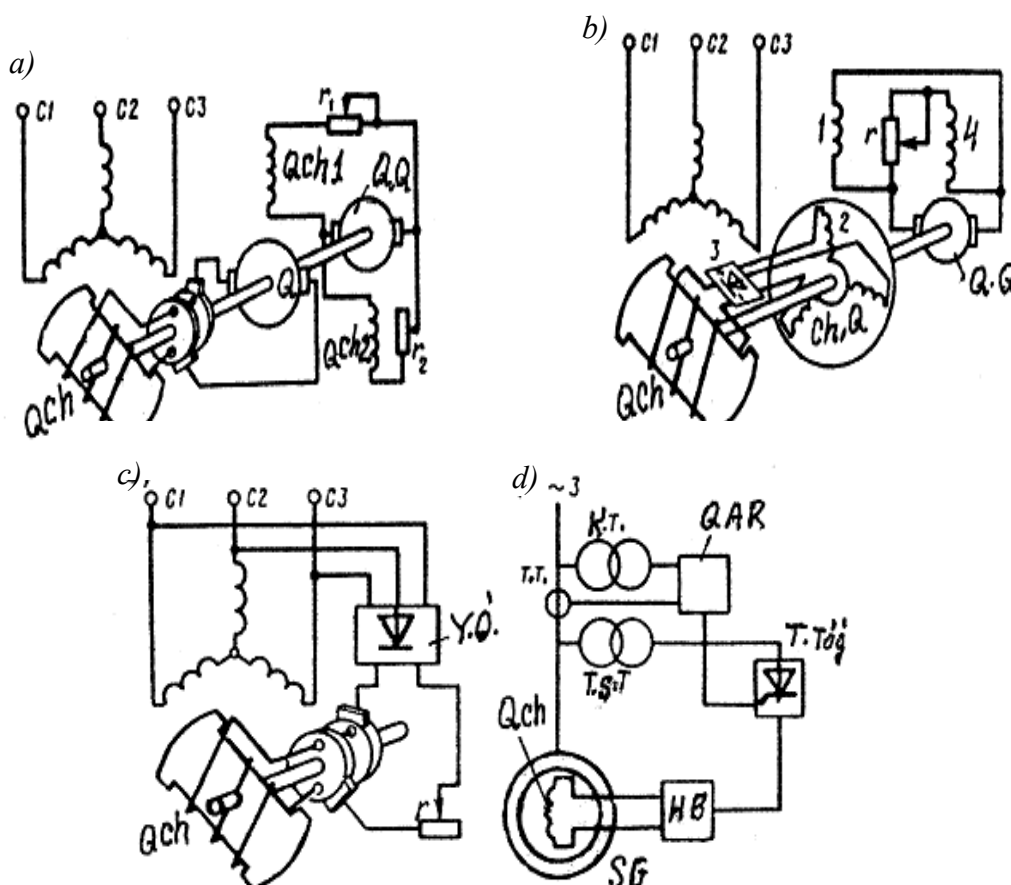
1) sinxron generatorning har xil ish rejimlarida qo'zg'atish tokining ishonchli va turg'un rostanishi;

2) yetarli darajadagi tezkorlik, buning uchun qo'zg'atishni jadallashtirish qo'llaniladi, ya'ni qo'zg'atish kuchlanishini $U_{qo'z.N}$ nominal qiymatidan mumkin bo'lgan maksimal $1,8 \div 2,0 U_{qo'z.N}$ qiymatigacha qisqa muddatda (uning o'sish jadalligi sekundiga $1,5-2 U_{qo'z.N}$ bo'lishi) tezlik bilan oshirishni (bu tadbir avariya vaqtida va unga barham berishda sinxron generatorning turg'un ishini ta'minlash uchun qo'llaniladi) ta'minlashi;

3) magnit maydonining tezda so'nishi, ya'ni mashina chulg'amlaridagi kuchlanishi keskin oshmagan holda qo'zg'atish chulg'ami tokining nolgacha kamayishi (magnit maydonini so'ndirish zarurligi generatorni tarmoqdan ajratish va unda bo'ladigan avariya holatlarda paydo bo'ladi).

Sinxron mashinalarda bir necha qo'zg'atish sistemi qo'llaniladi.

Sinxron mashinalarning ayrimlarida so'nggi vaqtlargacha *elektr-mashinali qo'zg'atish sistemi* (1.6,a-rasm) ishlatilmoqda. Bunda qo'zg'atish manbasi sifatida «qo'zg'atgich» deb ataluvchi maxsus mustaqil qo'zg'atishli o'zgaras tok generatoridan foydalanildi.



6-rasm. Sinxron generatorlarni elektromagnit qo'zg'atishning:
a –kontaktli sistemi (bunda: QCh –CG ning qo'zg'atish chulg'ami, Q–qo'zg'atish, Q.Q –qo'zg'atgichning qo'zg'atgichi, QCh1 va r_1 – qo'zg'atgichning chulg'ami va rostlash reostati, QCh2 va r_2 –Q.Q ning qo'zg'atish chulg'ami va rostlash reostati) va
b–kontaksiz (bunda: Ch.Q–cho'tkasiz qo'zg'atgich va uning: 1–qo'zg'atish va 2–yakor chulg'amlari, 3 – yarim o'tkazgichli to'g'rilagich); c–o'z-o'zini qo'zg'atish prinsipiga oid chizma (bunda: YO'–yarimo'tkazgich; r–rostlash reostati); d–o'z-o'zini qo'zg'atish avtomatik sistemasining strukturali sxemasi (bunda: KT –kuchlanish transformatori, T.T– tok transformatori, T.S.T – to'g'rilagich sxemaning transformatori, QAR – qo'zg'atishni avtomatik rostlash qurilmasi, T.To'g' – tiristorli to'g'rilagich, HB – himoya bloki, SG – sinxron generator

Qo'zg'atgichning yakori sinxron generatori validan aylanma harakatga keltirilib, uning yakor chulg'ami kontakt halqalari orqali sinxron generatorning qo'zg'atish chulg'ami bilan ulangan. Bunday sistemada sinxron mashinaning qo'zg'atish toki «qo'zg'atgich»ning qo'zg'atish zanjiridagi reostat yordamida rostlanadi (o'zgartiriladi). Qo'zg'atgichning qo'zg'atilishi o'z-o'zini qo'zg'atish sxemasi (1.6,c-rasm) yoki mustaqil qo'z-g'atish sistemali alohida o'zgaras tok generatori («qo'zg'atgichni qo'zg'atgich – QQ»)dan amalga oshiriladi. O'rta va katta quvvatli sinxron generatorlarda qo'zg'atish tokini rostlash jarayoni avtomatlashtirilgan bo'ladi (1.6,d-rasm).

Katta quvvatli turbogeneratorlarda – ayrim holda qo'zg'atgich sifatida yuqori chastotali induktor tipidagi o'zgaruvchan tok generatorlari qo'llaniladi (1.6,b-rasm). Bunday generatorning chiqishida yarimo'tkazgichli to'g'rilagich ulangan bo'ladi.

Hozirgi vaqtda amalda *ventilli qo'zg'atish sistemalari* keng qo'llanilmoqda, chunki bu holda elektromagnit inersiyasi katta bo'lgan elektr-mashinali qo'zg'atish sistemasiga nisbatan qo'zg'atish tokini rostlash tezkorligi va, demak, ishonchlilik ancha oshadi.

Ventilli qo'zg'atish sistemasini uchta turga bo'ladilar: o'z-o'zini qo'zg'atishli, mustaqil qo'zg'atishli va cho'tkasiz qo'zg'atish sistemalar.

Ventilli o'z-o'zini qo'zg'atish sistemada (1.6,c-rasm) qo'zg'atish chulg'ami, sinxron generator (masalan, gidrogenerator) yakor chulg'ami chiqishiga ulangan boshqariladigan statik to'g'rilagichdan o'zgaras tok bilan ta'minlanadi. Bunga oid avtomatik sistemaning strukturali sxemasi 1.6,d-rasmda ko'rsatilgan. Sinxron generatorning boshlang'ich qo'zg'atilishi, uning qutblaridagi qoldiq magnitlanish tufayli yuzaga keladi.

Ventilli o'z-o'zini qo'zg'atish sistemada (1.6,c-rasm) qo'zg'atish chulg'ami, sinxron generator (masalan, gidrogenerator) yakor chulg'ami chiqishiga ulangan boshqariladigan statik to'g'rilagichdan o'zgaras tok bilan ta'minlanadi.

Bunga oid avtomatik sistemaning strukturali sxemasi 6,d-rasmda ko'rsatilgan. Sinxron generatorning boshlang'ich qo'zg'atilishi, uning qutblaridagi qoldiq magnitlanish tufayli yuzaga keladi.

Ventilli mustaqil qo'zg'atish sistemada, rotor bosh generator vali bilan ulangan, alohida uch fazali sinxron generator (qo'zg'atgich) yakoridan olingan o'zgaruvchan tok, statik to'g'rilagichda o'zgaras tokka aylantirilib kontakt halqalar orqali qo'zg'atish chulg'amiga beriladi.

Cho'tkasiz qo'zg'atish sistemasi (1.6,b-rasm) ventilli mustaqil qo'zg'atish sistemaning bir turidir. Faqat bu holda qo'zg'atgich vazifasini konstruksiyasi almashtirilgan, ya'ni o'zgarmas tok mashinaning konstruksiyasi singari, rotorda – yakor, statorda esa induktor joylashtirilgan sinxron generator bajaradi. Qo'zg'atgichning yakor chulg'ami asosiy generatorning qo'zg'atish chulg'ami bilan generator valida joylashtirilgan aylanuvchi to'g'rilagich orqali ulanadi. Bu holda sirpanish kontaktidan foydalanishga zarurat qolmaydi va qo'zg'atish sistemasining ishonchliligi hamda mashinaning FIK oshadi.

Zamonaviy sinxron motorlarni qo'zg'atish uchun o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulanadigan va motorning har turli rejimlarida qo'zg'atish tokini avtomatik boshqarishni amalga oshiradigan *tiristorli qo'zg'atgich qurilmalari* qo'llaniladi. Bunday qo'zg'atish usuli eng ishonchli va tejamlidir, chunki tiristorli qo'zg'atgich qurilmalarining FIK o'zgarmas tok generatorlarnikidan yuqoridir.

Sinxron motorlarning zamonaviy seriyalarida TE-320/48 (qo'zg'atish kuchlanishi $U_{qo'z}=48$ V) va TE8-320/75 (qo'zg'atish kuchlanishi $U_{qo'z}=75$ V) tipli tiristorli qo'zg'atgich qurilmalari keng qo'llaniladi. Qo'zg'atishga sarflanadigan quvvat, odatda, mashina foydali quvvatining $0,2 \div 5\%$ ni tashkil qiladi (kam qiymatlar katta quvvatli mashinalarga oid). Quvvati bir necha kW gacha bo'lgan sinxron mashinalarda qo'zg'atishni *doimiy magnit* yordamida amalga oshiriladi (bu holda qo'zg'atish chulg'ami bo'lmaydi).

Salt ishlash xarakteristikasi (SIX). Bu xarakteristika stator toki $I_1 = 0$ va rotor aylanish chastotasi $n = n_N = \text{const}$ bo'lganda SG ning chiqish klemmlaridagi kuchlanishi yoki EYK E_0 ning qo'zg'atish toki $I_{qo'z}$ ga bog'liq holda o'zgarishini ko'rsatadi, ya'ni $E_0 = f(I_{qo'z})$.

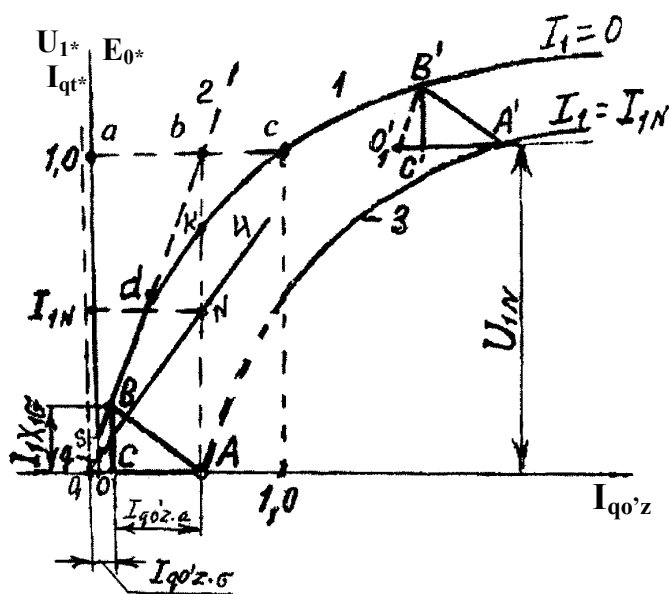
SG larning SIX hamda boshqa xarakteristikalarini nisbiy birliklarda qurish o'ng'aydir. Buning uchun kuchlanishning absolyut qiymati $U_0=E_0$ ni salt ishlashdagi nominal kuchlanish $U_0 = U_{1N}$ ga, qo'zg'atish tokining absolyut qiymatini esa salt ishlashda nominal kuchlanish U_{1N} ga to'g'ri kelgan qiymati $I_{qo'z.N}$ ga bo'lib aniqlangan nisbiy birliklardagi qiymatlari (U_{1*} va $I_{qo'z*}$) asosida SIX, ya'ni $U_{1*} = f(I_{qo'z*})$ quriladi (1.7 - rasm, 1). $I_{qo'z*}=0$ bo'lganda qutbning magnit o'zagidagi kam miqdordagi qoldiq magnit oqim ($\Phi_{qol}=0,2 \div 0,3 \cdot \Phi_{0N}$) tufayli $as=E_{qol}$ vujudga keladi. Qo'zg'atish chulg'amidagi tokning qiymati kichik bo'lganda asosiy magnit oqimi kam bo'lib, mashinaning magnit zanjiri to'yinmagan bo'ladi. Shu sababli SIX ning boshlang'ich (*sd*) qismi to'g'ri chiziqli ko'rinishda bo'ladi. Qo'zg'atish toki ortib borgan sari magnit oqimi ortadi va

mashinaning magnit zanjiri to'yina boradi. Bu holda SIX lar o'qiga og'gan ko'rinishda o'sib, magnit zanjiri to'la to'yinganda esa bu xarakteristika yana taxminan to'g'ri chiziqli ko'rinishga ega bo'ladi. SG ning nominal rejimi SIX egilgan qismining taxminan o'rtasiga to'g'ri keladi (1.7-rasm, 1 da «c» nuqta).

Bu xarakteristika yordamida SG ning magnit zanjiri to'yinish darajasini aniqlash mumkin. Buning uchun SIX ning to'g'ri chiziq (magnit zanjir to'yinmagan holdagi) qismi davom qildiriladi (1.7 - rasm, 2) va $ac/ab = k_\mu$ to'yinish ko'effitsienti topiladi. Bu ko'effitsient sinxron mashinalarda $k_\mu \approx 1,1 \div 1,4$ ga teng bo'ladi.

Odatda, nisbiy birliklarda ifodalangan SG larning SIX lari bir-biridan kam farq qiladi va ularning o'rtacha qiymatiga mos keladigan xarakteristikani *normal salt ishlash xarakteristika* deyiladi.

Simmetrik qisqa tutashuv xarakteristikasi (QTX). Bu xarakteristikani tajribada olishda statorning fazaviy chulg'amлари qisqa tutashtirilib, rotorning aylanish chastotasi $n=n_N=\text{const}$ va $U_1=0$ bo'lganda stator chulg'amidagi qisqa tutashuv tokining qo'zg'atish tokiga bog'liqligini ko'rsatadi, ya'ni $I_{qt} = f(I_{qo'z})$.



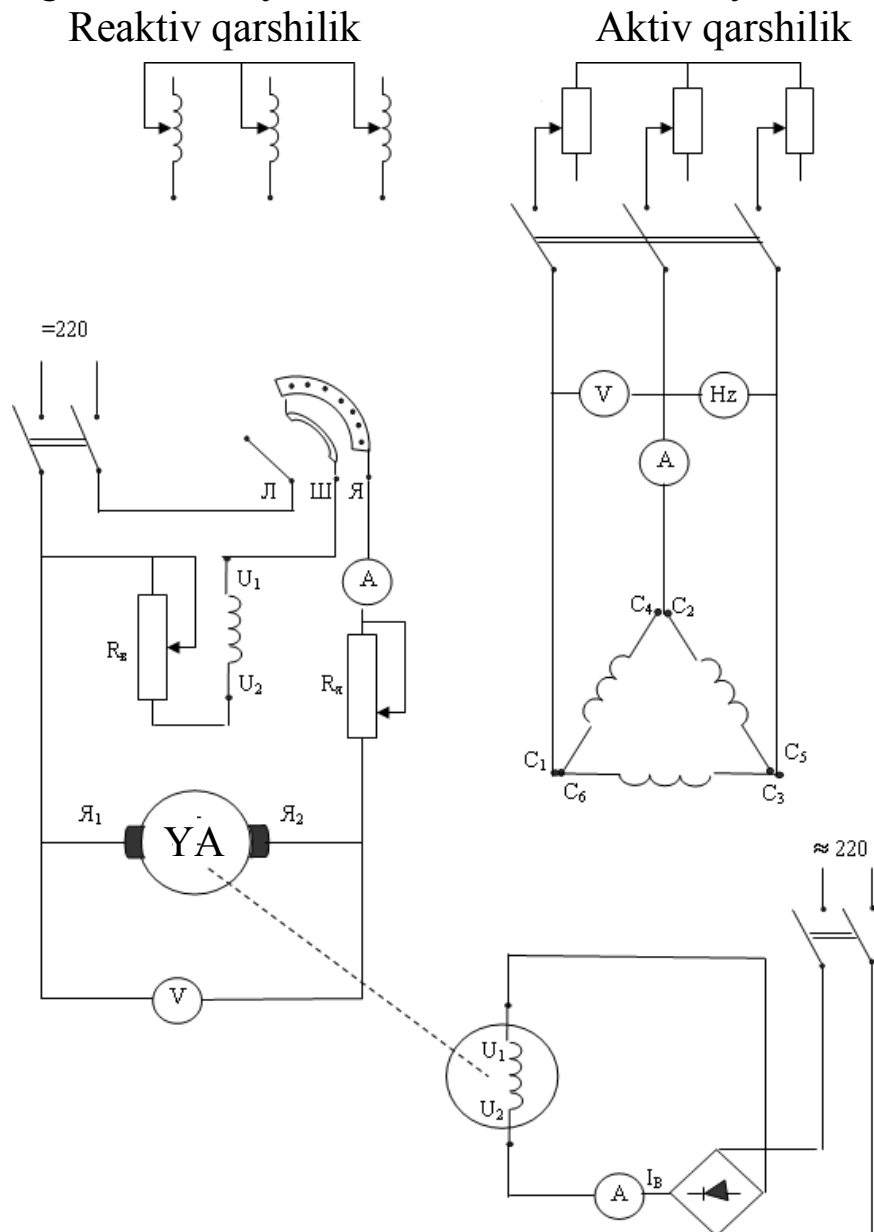
1.7–rasm. Sinxron generator:

1 – salt ishlash xarakteristikasi (S.I.X) va 2 – uning boshlang'ich (magnit zanjiri to'yinmagan holatdagi, ya'ni to'g'ri chiziqli) qismini davom qildirib hosil qilingan S.I.X; 3– induktsion yuklanish (I.Y.X) va 4 – simmetrik qisqa tutashuv (Q.T.X) xarakteristikalari

Qisqa tutashuv tajribasini olishda qo'zg'atish toki $I_{qo'z}=0$ da qutb o'zagida mavjud bo'lgan kam miqdordagi qoldiq magnit oqim tufayli hosil bo'lgan qoldiq EYK $E_{qol}=0s$ qisqa tutashuv toki $I_{qt}=0q$ ni vujudga keltiradi. Shu sababdan SG ning qisqa tutashuv xarakteristikasi ordinatalar o'qidagi «q» nuqtadan boshlanadi.

O'rta va katta quvvatli sinxron mashinalarda aktiv qarshilik juda ham kichik bo'lganidan uni e'tiborga olmaganida ($r_1 \approx 0$), yakor zanjirining qarshiligi sof induktiv bo'lib, qisqa tutashuv toki $I_{qt}=I_d$ mashinani bo'ylama o'qi bo'yicha magnitsizlovchi ta'sir qiladigan yakor reaksiyasi magnit oqimini hosil qiladi. Natijada mashinaning magnit zanjiri to'yinmagan bo'lganligidan Q.T.X to'g'ri chiziq ko'rinishida bo'ladi (1.7 - rasm, 4).

SG ning induksion yuklanish xarakteristikasi yakor reaksiyasining



1.8-rasm.Sinxron generatorini ishga tushirish sxemasi

Induksion yuklanish xarakteristikasi (I.Y.X). Bu xarakteristika $I_1 = I_{1N} = \text{const}$, $\cos\varphi=0$ va $f=f_N=\text{const}$ (ya'ni $n=n_N=\text{const}$) bo'lganda $U_1=f(I_{qo'z})$ bog'liqlikni xarakterlaydi.

bo'ylama o'q bo'yicha magnitsizlovchi ta'siri natijasida koordinata boshi 0 dan boshlanmay, balki lar o'qidagi birorta «A» nuqtadan boshlanadi. Bu nuqtani tajribada olishning iloji yo'q, chunki bu nuqtada $U_1=0$ bo'lgani uchun tok $I_1=0$ bo'ladi. Bu nuqtaning lar o'qidagi holatini SG ning qisqa tutashuv xarakteristikasi (QTX)dan nominal tokka to'g'ri kelgan qo'zg'atish toki $I_{qo'z.q't}$ ni aniqlab qo'yiladi.

SG ning induksion yuklanish xarakteristikasi (I.Y.X), yakor reaksiyasining bo'ylama o'q bo'yicha magnitsizlovchi ta'siri (kam quvvatli sinxron generatorlarda yakor zanjiri aktiv qarshiligi r_1 ni ham e'tiborga olganda undagi kam miqdordagi kuchlanish tushishi) tufayli S.I.X dan pastroqda joylashadi (1.7-rasm, 2).

SG ning salt ishlash, yuklanish va qisqa tutashuv xarakteristikalari mashinaning parametrlari (induktiv qarshiliklari)ni aniqlashda muhim ahamiyatga egadir

Sinov savollari

1. Uch fazali sinxron generatorning tuzilishi va ishlash printsipini gapirib bering.
2. Generatorning salt ishlash tavsifi qanday olinadi?
3. Generatorning yuklanish tavsifi qanday olinadi?
4. Salt ishlash va yuklanish tavsiflarining qanday amaliy ahamiyati bor?

2-laboratoriya ishi

Sinxron generatorning tashqi va rostlash tavsiflarini tekshirish

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Uch fazali sinxron generatorning tuzilishini, ishlash prinsipini o'rganish.
2. Muhtor holda ishlayotgan sinxron generatorning tashqi va rostlash tavsiflarini tekshirish.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Sinxron generatorning tuzilishi, tajriba qurilmasiga kiradigan barcha asbob va uskunalar bilan tanishing. Stend bilan tanishib, generatorning sxemasiga kiradigan jihozlar va o'lchov asboblarini aniqlang hamda generatorning pasportida ko'rsatilgan texnik ma'lumotlar bilan tanishib, ularni hamda chulg'amlar qarshiliklarini hisobot daftariga yozib qo'ying.

2. Laboratoriya ishidagi 1-rasmda ko'rsatilgan sxema yig'iladi.

3. Tashqi tavsifini $U=f(I_1)$ olish, bunda $i_q=\text{const}$, $n=n_n=\text{const}$ yoki $f=f_n=\text{const}$ bo'lishi lozim.

4. Rostlash tavsifini olish. $i_q=f(I_1)$, bunda $U=U_n=\text{const}$, $n=n_n=\text{const}$ yoki $f=f_n=\text{const}$ bo'lishi lozim.

5. Bu tavsiflarni nisbiy birlikda qurish.

6. Tashqi tavsiflardan foydalanib kuchlanishning nominal pasayishini aniqlash.

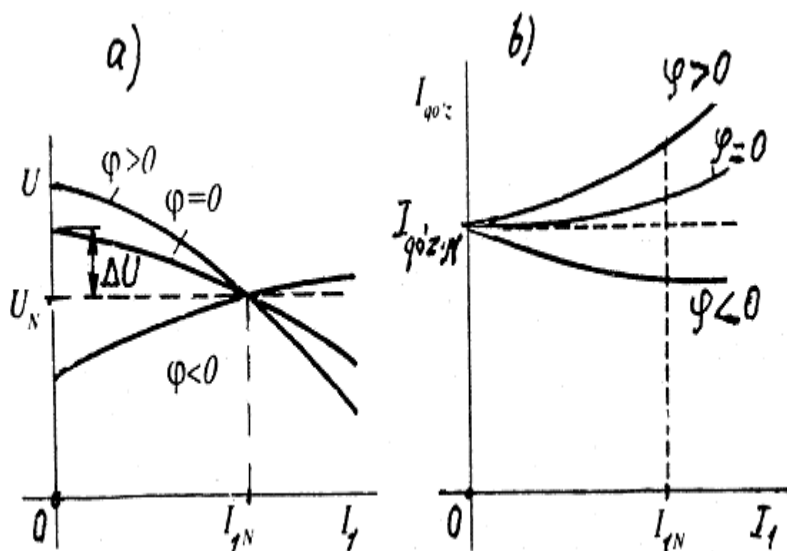
3. Ishni bajarishga oid qisqacha nazariy tushunchalar va hisobot tayyorlash tartibi

3.1. Tashqi xarakteristikalar. Bu xarakteristikalar qo'zg'atish toki $I_{qo'z}=\text{const}$, $f=\text{const}$ (demak, aylanish chastotasi $n=n_N=\text{const}$) va $\cos\varphi=\text{const}$ bo'lganda generatorning chiqish klemmalaridagi kuchlanish U_1 ning yuklama toki I_1 ga bog'liq holda o'zgariishini ko'rsatadi, ya'ni $U_1=f(I_1)$.

SG ning tashqi xarakteristikalar yuklamaning xarakteriga qarab har xil bo'ladi. 1-rasmda generatorning bu xarakteristikalar uch xil (aktiv, aktiv-induktiv va aktiv-sig'imiyl) xarakterli yuklamalarga tegishli $\cos\varphi$ uchun ko'rsatilgan.

Aktiv-induktiv ($\varphi>0$) yuklamada mashina yakor reaksiyasining bo'ylama o'q bo'yicha magnitsizlovchi ta'siri tufayli yakor tokining ortishi bilan SG chiqish klemmasidagi kuchlanish kamayadi (bunda $E_0 > U_1$), *aktiv-sig'imiyl* ($\varphi<0$) yuklamada esa yakor reaksiyasi mashinaning bo'ylama o'qi bo'yicha magnitlovchi ta'sir ko'rsatadi va I_1 tokning ortishi bilan kuchlanish ham ortadi (bunda $E_0 < U_1$). Sof aktiv ($\varphi = 0$) yuklamada esa yakor reaksiyasi mashinaning ko'ndalang o'qi bo'yicha ta'sir qilib, bo'ylama o'qi bo'yicha yo'nalgan asosiy magnit oqimini deformatsiyalaydi, ya'ni uning qutb o'qiga nisbatan simmetrik taqsimlangan shaklini buzadi (bu holda burchak $\psi > 0$ bo'ladi).

Natijada rotorning aylanish yo'nalishiga bog'liq holda qutb o'qining bir tomonida magnit maydon susayadi, ikkinchi tomonida esa kuchayadi va mashina magnit zanjirining bu qismi magnit jihatdan to'yinadi. Bunda mashinaning *bo'ylama o'qi bo'yicha* yo'nalgan natijaviy magnit oqimi nisbatan kamayadi, demak, *bu holda ham* yakor reaksiyasining magnitsizlovchi ta'siri mashinaning *bo'ylama o'qi bo'yicha bo'lar* ekan. Shuning uchun yuklama toki I_1 ning ortishi bilan kuchlanish kamayadi ($E_0 > U_1$).



2.1-rasm. Sinxron generatorning yuklamasini kamaytirib olingan tashqi (a) va yuklamasini oshirib olingan rostlash(b) xarakteristikalari (bularda: $\varphi=0$ –aktiv, $\varphi>0$ –aktiv-induktiv va $\varphi<0$ – aktiv-sig'imiyl xarakterli yuklamalarga xos)

Agar SG ning tashqi xarakteristikasini tajribada olishda nominal yuklama ($I_1=I_{1N}$)dan salt ishlash rejimigacha kamaytirib olinsa, yakor reaksiyasi ta'sirining kamayishi tufayli kuchlanish oshadi ($U_0>U_{1N}$), agarda tashqi xarakteristikani tajribada olishda yuklamani nominalgacha oshirib olinsa unda kuchlanish ΔU ga kamayadi. Uning kattaligi foizda quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta U_{\%} = [(U_0 - U_{1N}) / U_{1N}] \cdot 100.$$

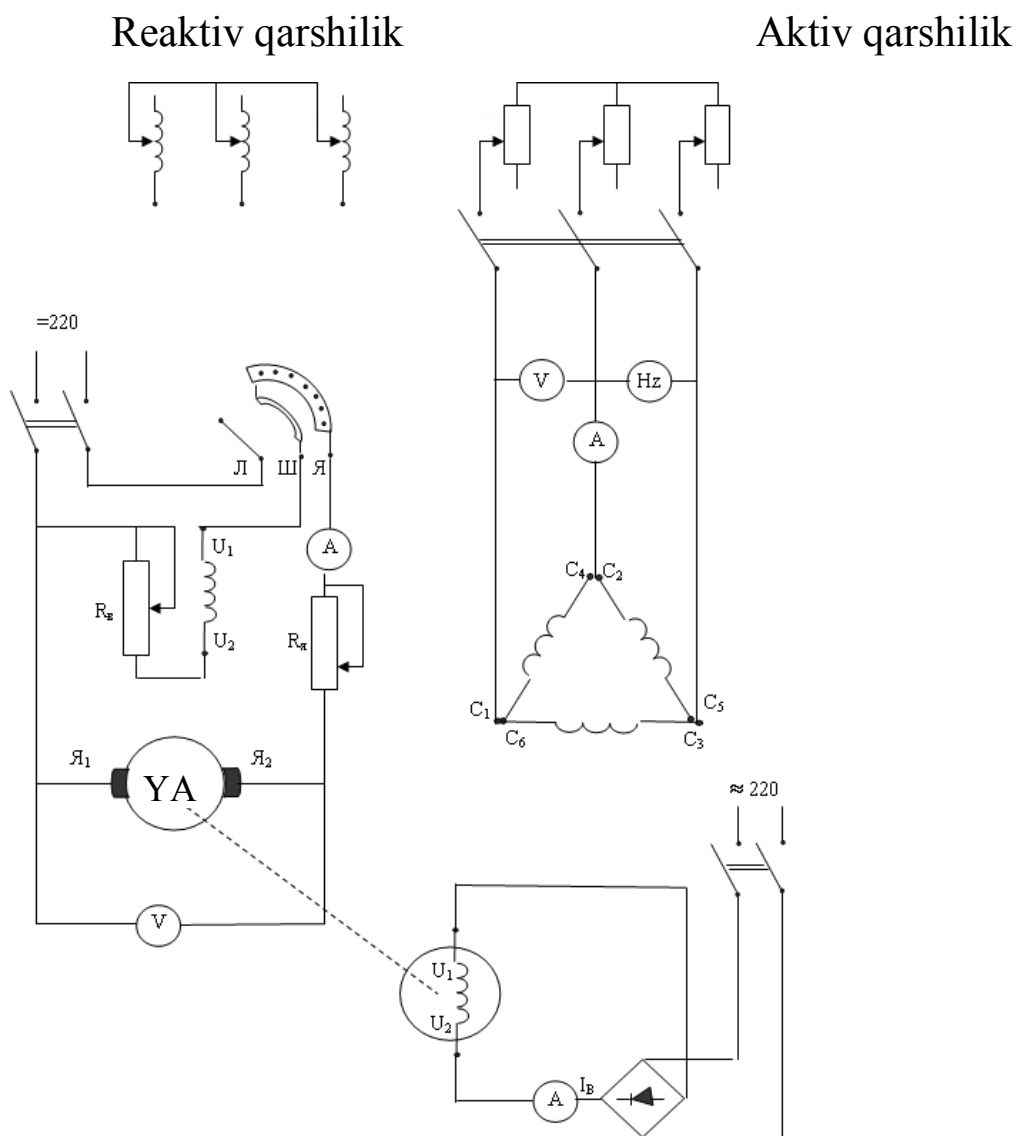
Odatda SG lar $\cos\varphi = 0,85 \div 0,9$ bilan kuchlanishdan orqada qoluvchi tokda ishlaydilar. Bu holda $\Delta U = 20 \div 30 \%$ bo'ladi. Iste'molchilar nominal kuchlanish U_N va unga yaqin kuchlanish bilan ishlashi uchun SG qo'zg'atishni avtomatik rostlash qurilmasi bilan ta'minlanib, kuchlanish rostlanib turiladi.

Rostlash xarakteristikasi. Bu xarakteristika $U=U_N=\text{const}$, $\cos\varphi=\text{const}$ va $f=f_N=\text{const}$ bo'lganda, $I_{q0'z} = f(I_1)$ bog'liqlikni ifodalaydi.

2.1-rasmda SG ning uch xil xarakterli yuklamaga tegishli $\cos\varphi$ qiymatlari uchun *rostlash xarakteristikalari* ko'rsatilgan.

Aktiv-induktiv ($\varphi > 0$) xarakterli yuklamada I_1 tokning ortishi bilan yakor reaksiyasining mashina bo'ylama o'qi bo'yicha magnitsizlovchi ta'siri oshadi, sof aktiv ($\varphi = 0$) yuklamada ham, tashqi xarakteristikaning tahlilida ta'kidlanganidek mashinaning bo'ylama o'qi bo'yicha nisbatan kam miqdorda magnitsizlovchi ta'sir qiladi va SG ning chiqish klemmlaridagi kuchlanish pasayadi, shartga ko'ra esa, $U_1 = \text{const}$ bo'lishi uchun qo'zg'atish tokini oshirish zarur bo'ladi. Aktiv-sig'imiyl ($\varphi < 0$) xarakterli yuklamada yakor reaksiyasi magnetlovchi ta'sir qilishi tufayli kuchlanish ortadi, bu holda $U_1 = \text{const}$ bo'lishini ta'minlash uchun esa qo'zg'atish tokini kamaytirish kerak bo'ladi.

Tashqi tavsif quyidagi tartibda olinadi:



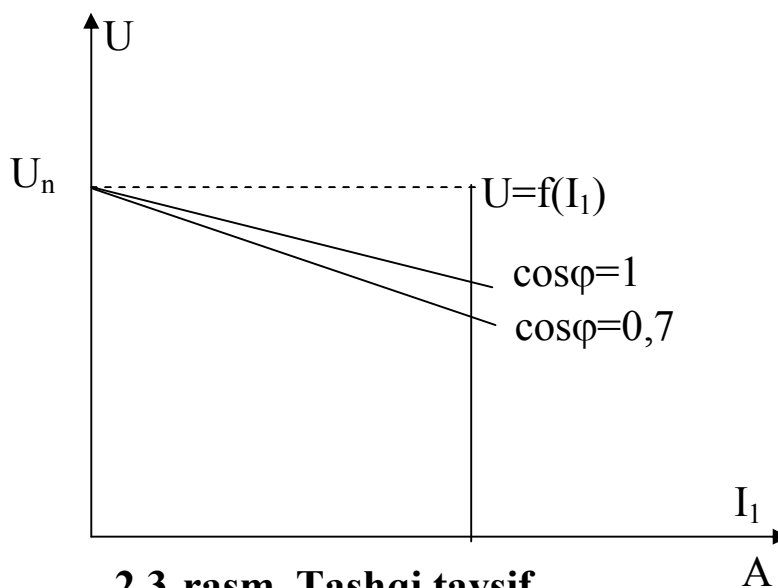
2.2-rasm. Sinxron generatorini ishga tushirish sxemasi

3.2. Generatorning tashqi tavsifi – generator yakor chulgʻamidagi kuchlanish U_1 ning yuklama toki I_1 bilan bogʻlanishini koʻrsatadi, ya'ni $U_1=f(I_1)$. Bu tavsif $i_q=\text{const}$, $\cos\varphi=\text{const}$, $n=\text{const}$ boʻlganda olinadi.

Bu tavsif quvvat koeffitsientining ikkita qiymatida, ya'ni $\cos\varphi=1,0$ yuklama aktiv xarakterda boʻlganda va $\cos\varphi=0,7$ yuklama aktiv va induktiv xarakterda boʻlganda, ya'ni yuklar qarshiliklari R_{yu} va X_{yu} boʻlganida olinadi.

2.1-jadval

$\cos\varphi=0.7$	U	B			
		n.b.			
	I_1	A			
		n.b.			
$\cos\varphi=1.0$	U	B			
		n.b.			
	I_1	A			
		n.b.			

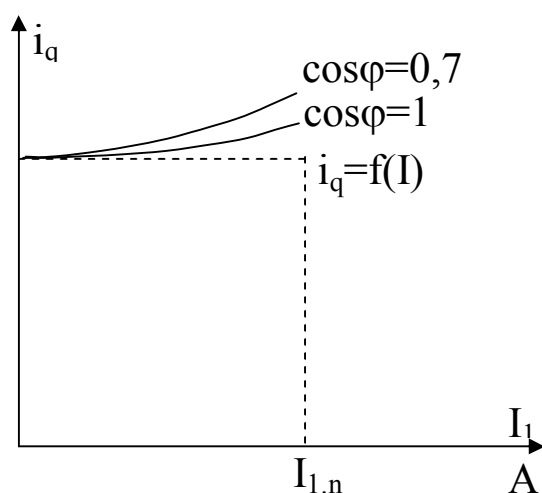


2.3-rasm. Tashqi tavsif

Sinxron generatorning salt ishlashdagi kuchlanishi U nominal qiymatga yetkaziladi. Bunda qoʻzgʻatish toki I_q ning qiymati nisbiy birlikda 1ga teng. Sekin asta yuklamani $I_1=I_n$ gacha oshirib boriladi va bunda 5-6 ta nuqta olinadi. Tajribadan olingan ma'lumotlar 2.1- jadvalga yozib boriladi. $\cos\varphi=1,0$ yuklama aktiv xarakterda boʻlganda va $\cos\varphi=0,7$ yuklama aktiv va induktiv xarakterda boʻlganda olingan tashqi tavsiflar bitta grafikda chiziladi (2.2-rasm). Bu tavsif yordamida kuchlanish pasayishi ΔU topiladi.

$$\Delta U\% = \frac{U_n - U}{U_n} 100\%$$

3. Rostlash tavsifi – ($\cos\varphi$, n , f lar o'zgaras bo'lganda) yakor chulg'ami kuchlanish qiymatining $U=\text{const}$ bo'lishi uchun yuklama toki o'zgarganda qo'zg'atish tokini i_q qanday o'zgartirish kerakligini ko'rsatadi, bunda $U=\text{const}$, $f=\text{const}$, $\cos\varphi=\text{const}$, $n=\text{const}$ bo'lishi lozim, ya'ni $i_q=f(I_1)$ bog'lanish olinadi. Bu tavsif ham quvvat koeffitsientining ikkita qiymatlarida $\cos\varphi=1,0$ va $\cos\varphi=0,7$ (yoki $\cos\varphi=0$) olinadi. Generatorning salt ishlash nominal kuchlanishi U_n o'rnatiladi, keyin yuklamani oshirib, yakor toki nominal qiymatga yetkaziladi. Tajribada 5-6 ta nuqtalardagi qiymat yozib olinadi va o'lchov ma'lumotlari 2,2 – jadvalga kiritiladi.



2.4-rasm. Rostlash tavsifi

$\cos\varphi=1,0$ va $\cos\varphi=0,7$ da olingan rostlash tavsiflari bir grafikda quriladi. Generatorning rostlash tavsiflari quyidagi ko'rinishda bo'ladi (2.4-rasm).

2.2-jadval

$\cos\varphi=0.7$	I_1	A			
		n.b.			
	i_q	A			
		n.b.			
$\cos\varphi=1.0$	I_1	A			
		n.b.			
	i_q	A			
		n.b.			

Sinov savollari

1. Sinxron generatorning tashqi tavsifi qanday olinadi?
2. Generatorning tashqi tavsifida kuchlanishning o'zgarishiga sabab nima?
3. Rostlash tavsifi qanday olinadi?
4. Rostlash va tashqi tavsiflariga yuklama xarakterining ta'siri qanday bo'ladi?

3-laboratoriya ishi

Sinxron motorni elektr tarmog'iga parallel ulash va U-simon tavsiflarini tekshirish

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Uch fazali sinxron motorning tuzilishi, ishlash prinsipi va ishga tushirish usullarini o'rganish.
2. Birlamchi motor yordamida ishga tushirish.
3. Sinxron motorning U-simon tavsiflarini olish va ularni grafikda qurish.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Sinxron motorning tuzilishi va tajriba qurilmasiga kiradigan barcha uskunalalar bilan tanishilsin.
2. Sinxron motorining pasportida ko'rsatilgan texnik ma'lumotlar bilan tanishib, ularni hisobot daftariga yozib qo'yilsin.
3. 2-rasmdagi sxema yig'ilsin.
4. Sinxron mashina birlamchi motor yordamida ishga tushirilsin va o'z-o'zidan sinxronlash usuli bilan elektr tarmog'iga ulansin.
5. Aktiv quvvatning $P_2=0$; $P_2=0,5P_{2n}=\text{const}$; $P_2=P_{2n}=\text{const}$; qiymatlaridagi sinxron motorning U-simon tavsiflari $-I_1=f(i_q)$ olinsin. Bunda $U_1=U_n=\text{const}$ bo'lishi lozim.

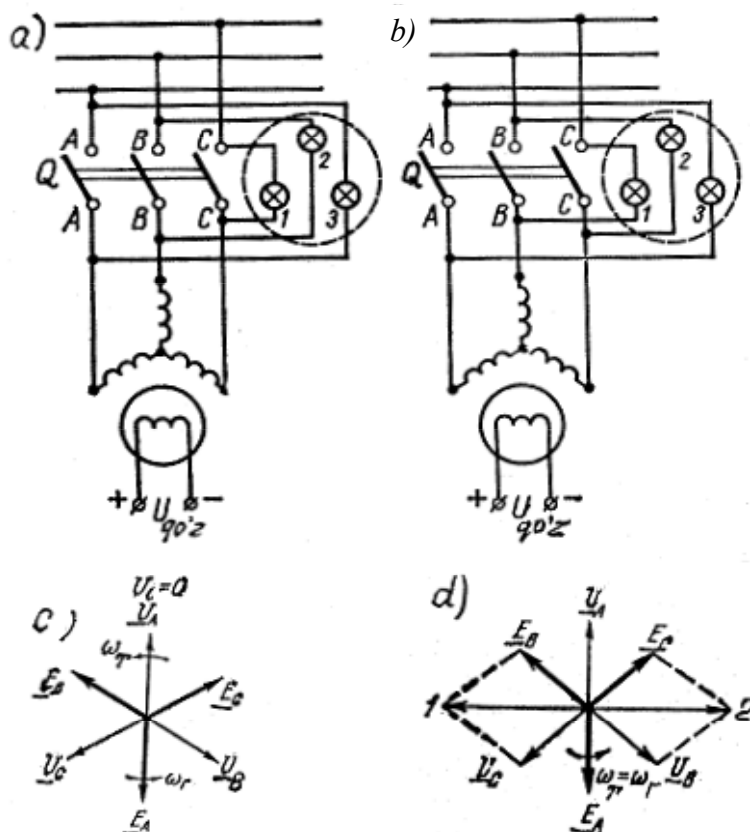
3. Ishni bajarishga oid qisqacha nazariy tushinchalar

1. Hozirgi vaqtda bir nechta elektr stansiyalar parallel ishlab, energetika sistemasini hosil qiladi. Sistema iste'molchilarni uzluksiz

energiya bilan ta'minlashga, elektr stansiyalarining quvvatidan to'laroq foydalanishiga, ta'mirlash ishlarini osonlashtirish imkonini beradi. Har bir elektr stansiyasida bir nechta generator o'rnatilgan bo'lib, elektr sistemasida yuzlab generatorlar parallel ishlaydi. Ana shuning uchun ham har bir generatorning quvvati energetika sistemasida yuklanishni har qanday o'zgarishi bilan sistemada ishlayotgan generatorning chastotasi va kuchlanishi amalda o'zgarmaydi.

SG ni elektr tarmog'iga yoki ishlab turgan generatorlar bilan parallel ulash uchun quyidagi shartlar bajarilishi shart:

1. Sinxron generatorning EYK E_G elektr tarmog'i kuchlanishiga teng ($E_G = U_T$) va faza jihatdan 180° , ya'ni teskari yo'nalgan bo'lishi lozim;
2. SG ning chastotasi f_G elektr tarmog'ining chastotasi f_t ga teng ($f_G = f_t$) bo'lishi kerak;
3. Uch fazali SG va elektr tarmog'i fazalarining ketma-ketligi bir xil bo'lishi kerak.



3.1-rasm. Uch fazali SG ni elektr tarmog'iga chirosli sinxronoskop yordamida parallel ulashning:

«o'chish» (a) va «yorug'lik aylanishi» (b) sxemalari hamda SG ni tarmoqqa ulash paytiga mos keladigan EYK va kuchlanish vektor diagrammalari (c, d)

EYK ni tarmoq kuchlanishiga tenglash uchun SG qo'zg'atish toki o'zgartiriladi, chastotalarni tenglash uchun esa generator rotorining aylanish chastotasini o'zgartirish kerak bo'ladi.

Sinxron generatorlarni parallel ulash usullari. SG larni parallel ulashning quyidagi usullari mavjud:

1) aniq sinxronlash usuli – bu usulda generatorlarni parallel ulashning uchta talabi aniq bajarilishi shart.

Agar ulagich Q_I uzilgan bo'lsa, SG salt ishlashi holatida ishlaydi va Q_I klemmalarida EYK $\underline{U} = \underline{E}_G + \underline{U}_T$ bo'ladi. Agarda parallel ulanadigan generatorning aylanish chastotasi o'z-garmas bo'lib, u nominal aylanish chastotasiga teng bo'lsa, $\underline{E}_G$ va $\underline{U}_T$ lar bir xil burchak chastota bilan aylanardi, natijada $\underline{U}$ ni o'zgarmas qilib saqlab bo'lmaydi, shu sababli $\underline{E}_G$ va $\underline{U}_T$ larning chastotalari orasida farq bo'ladi. Ana shuning uchun ham $\underline{E}_G$ va $\underline{U}_T$ bir-biriga nisbatan $\omega_T - \omega_G = 2\pi \cdot (f_T - f_G)$ burchak chastota bilan aylanadi. Buning oqibatida U noldan $2U_t$ gacha o'zgaradi va chiroqlardagi kuchlanish ham o'zgarib turadi, ya'ni chiroqlar bir vaqtda yonib va o'chib turadi.

Generatorni tarmoqqa parallel ulashning eng qulay vaqti $U=0$ bo'lgandagi holatdir, bunda chiroqlar o'chgan holat bo'ladi. Ana shu vaqtda $\underline{E}_G$ va $\underline{U}_T$ vektorlari bir-biriga nisbatan teskari fazada bo'ladi, ya'ni $\underline{E}_G = -\underline{U}_T$.

Uch fazali SG larni sinxronoskop chiroqlari «o'chish» 3.1,*a*-rasm va «yorug'lik aylanishi» 3.1,*b*-rasm sxemalari bo'yicha ulanadi. Quyida «o'chish» sxemasi (1,*a*-rasm) bo'yicha generatorni parallel ulash usulini ko'rib chiqamiz.

Bu sxemada chiroqlar A-A', B-B' va C-C' nuqtalar orasiga ulangan bo'lib, har bir juft nuqtalar bir fazani tashkil qiladi. Bu nuqtalar orasidagi kuchlanishlar qiymati nolga teng bo'lganda va chiroqlar o'chganda ulagich «Q» qo'shiladi. Bu holda tarmoq kuchlanishi $\underline{U}_T$ va SG EYK $\underline{E}_G$ lar bir-biriga nisbatan teskari fazada bo'ladi (3.1,*a*-rasm).

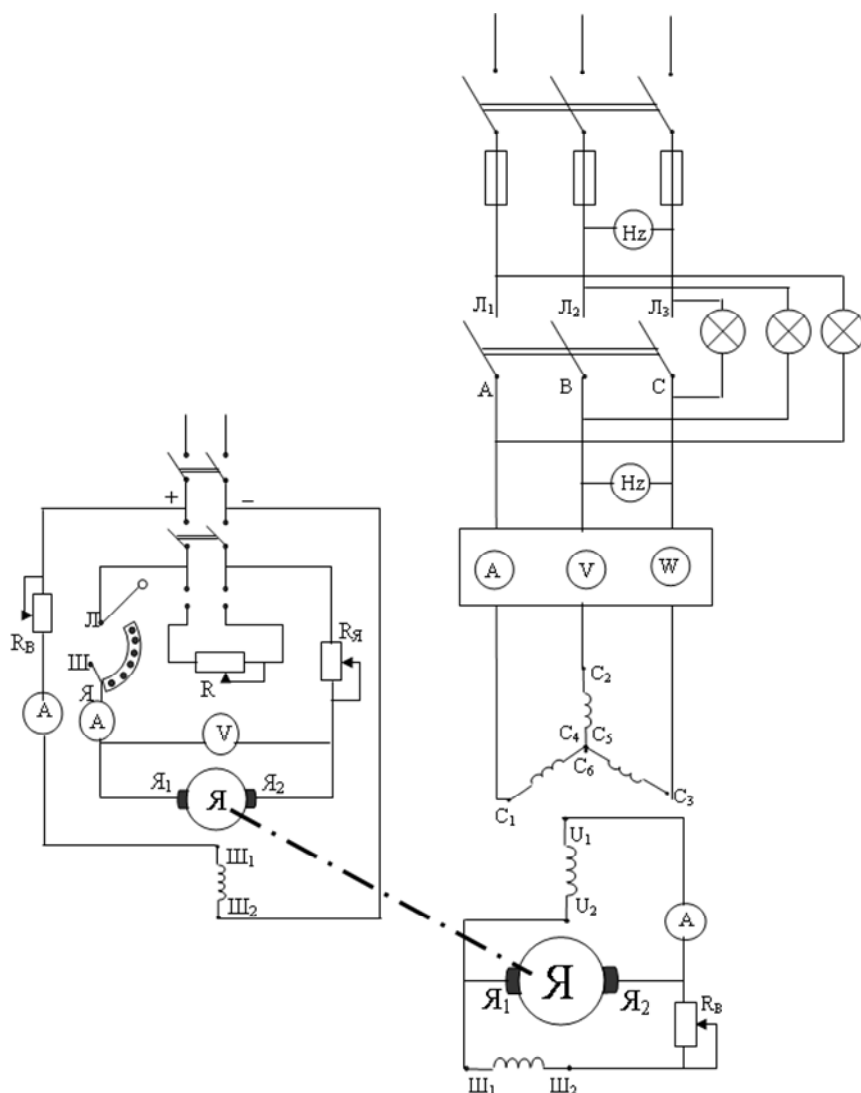
«Yorug'lik aylanishi» sxemasi bo'yicha generatorni tarmoqqa parallel ulash 3.1,*b*-rasmda ko'rsatilgan. Bunda I-chiroq A-A' bir xil faza nuqtalariga, qolgan ikkita chiroq esa har xil faza nuqtalariga B-B' va C-B' ulangan bo'ladi. Ulagich « Q_I » A-A' nuqtadagi chiroq o'chgan va qolgan ikki chiroq esa bir xil ravshan yongan holatda ulanishi kerak.

Ulagich « Q_I » ning yaxshi ulash holatini bilish uchun yuqoridagi sxemada ham A-A' nuqtalar orasiga voltmetr ulanadi. A-A' nuqtalar orasidagi kuchlanish qiymati nol bo'lganda bu voltmetrning strelkasi

chiroqlar o'chganda va yonganda sekin tebranadi va nolni ko'rsatadi. Ana shu vaqtda generator ulanishi lozim.

Hozirgi vaqtda elektr stansiyalarda mukammallashtirilgan sinxronoskoplar ishlatilmoqda. Bu sinxronoskoplar SG larni parallel ulashdagi vaqtni aniq ko'rsatib beradi.

2. Noaniq sinxronlash usuli. SG larni *aniq* sinxronlash usuli bilan parallel ulash ko'p vaqt (≈ 10 minut) talab qiladi. Shuning uchun hozirgi vaqtda juda ko'p elektr stansiyalarda *o'z-o'zini (noaniq) sinxronlash usuli* qo'llanilmoqda. Bu usul bilan SG kuchlanishi va chastotasi tarmoqnikidan nisbatan kam miqdorda farqli bo'lgan holda ham generatorni qisqa vaqtda tarmoqqa parallel ulashga erishiladi.



3.2-rasm. Sinxron generatorni tarmoq bilan parallel ishlatish pirintsiyal sxemasi

Noaniq sinxronlashda birlamchi motor yordamida hali qo'zg'atilmagan (qo'zg'atish chulg'ami o'zgaras tok manbaiga ulanmagan) generatorning rotorini sinxron aylanish chastotaga yaqin chastota bilan aylantiriladi, keyin

stator chulgʻamlari tarmoqqa ulanadi va qoʻzgʻatish chulgʻamiga oʻzgaras tok beriladi. Bu paytda stator tokining tebranishi kuzatiladi. Shuning uchun bu usul generatorni tez va qisqa vaqt ichida tarmoqqa parallel ulash kerak boʻlganda qulay hisoblanadi. Sinxronlashdan oldin generator va tarmoq kuchlanishi ayrim fazalarining ketma-ketligi tekshirilgan boʻlishi shart.

2.1. Sinxron motorning konstruktiv tuzilishi sinxron generatoridan farq qilmaydi. Sinxron mashinani motor sifatida ishlatish uchun uning stator chulgʻami elektr energiyasi tarmogʻiga ulanadi va rotordagi qoʻzgʻatish chulgʻami orqali oʻzgaras magnit maydoni hosil qilinadi. Statorning uch fazali chulgʻamidan tok oʻtganda aylanuvchi magnit maydoni hosil boʻladi. Statoridagi aylanuvchi magnit maydoni va rotor tokining oʻzaro taʼsiri natijasida elektromagnit moment hosil boʻladi va rotor aylanuvchi magnit maydon yoʻnalishida aylana boshlaydi. Bunda rotor ham oʻzgaras $n=60f/p$ sinxron tezlikda aylanadi.

Sinxron motorning yuklamasi ortib borishi bilan stator va rotordagi magnit maydonlarining oʻqlari orasidagi θ burchakning qiymati ortib boradi. Agar yuklama oʻta yuklanish qiymatidan ortib ketsa, u holda $\theta=90^0$ (noayon qutbli), $\theta=70-80^0$ (ayon qutbli) boʻlgan qiymatlarida rotor va stator orasidagi bogʻlanish uziladi va sinxron motor chiqib tezligi sinxron tezlikdan kamayib ketadi. Bu motor uchun normal boʻlmagan ish holatdir. Sinxron motorni ishga tushirishning uch xil usuli mavjud.

1) Birlamchi motor orqali ishga tushirish. Bunda sinxron motor birlamchi mashina orqali ishga tushirilib, tezligi sinxron qiymatgacha keltiriladi va sinxron mashina generator sifatida ishlaydi hamda sinxronlashtirilib elektr tarmogʻiga ulanadi.

2) Dastlab sinxron motorga past chastotali tok beriladi va bunda motorning aylanish tezligi ham kam boʻladi. Keyinchalik chastotani oshirib, to normal qiymatgacha yetkaziladi, bunda motorning aylanish tezligi ham proporsional ortib boradi va sinxron tezlikka erishiladi.

3) Asinxron usul bilan ishga tushirish boʻlib, asosiy usul hisoblanadi. Bu yoʻl bilan ishga tushiriladigan sinxron motorning rotori qutblariga qoʻzgʻatish chulgʻamidan tashqari kataksimon qisqa tutashtirilgan chulgʻam joylashtiriladi.

Bu chulgʻam «ishga tushirish chulgʻami deyiladi. Ishga tushirish uchun qoʻzgʻatish chulgʻami aktiv qarshilikka (bu qarshilik qoʻzgʻatish chulgʻami qarshiligidan 5-10 baravar katta boʻladi) tutashtirilib, soʻngra stator chulgʻami elektr tarmogʻiga ulanadi, statorida hosil boʻlgan aylanuvchi magnit maydoni rotordagi kataksimon qisqa tutashgan

chulg'am bilan kesishuvi natijasida bu chulg'amda EYK va tok hosil bo'ladi. Rotordagi tok bilan magnit maydonining o'zaro ta'siri natijasida aylantiruvchi moment hosil bo'ladi va rotor harakatga keladi. Nosinxron tezlik bilan aylanayotgan rotordagi qo'zg'atish chulg'amini aktiv qarshilikdan uzib, unga o'zgarmas tok beriladi va buning natijasida rotor sinxronizmga tortilib sinxron tezlik bilan aylana boshlaydi.

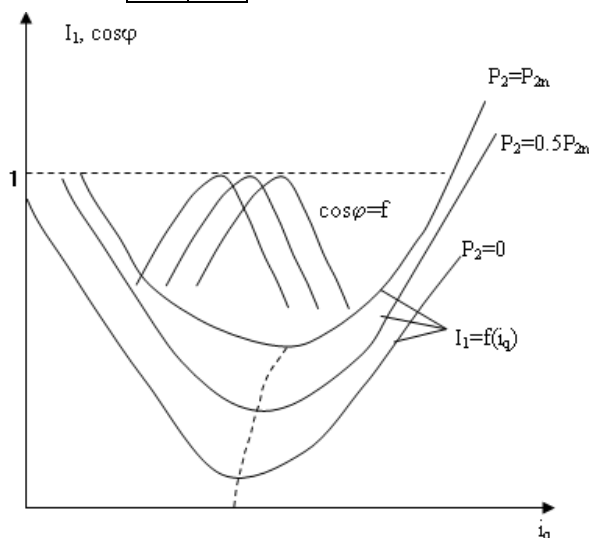
Ushbu laboratoriya ishida tekshirilayotgan sinxron motor birlamchi motor vazifasini bajaruvchi o'zgarmas tok motori yordamida ishga tushiriladi. Sinxron motor sinxron tezlikkacha aylantiriladi va so'ngra aniq sinxronlash usuli bilan tarmoqqa ulanadi. O'zgarmas tok mashinasi generator holatida ishlab, sinxron motorning yuklamasi vazifasini o'taydi.

4. Ishni bajarish va hisobot tayyorlash tartibi

1. Sinxron motorning U-simon tavsiflarini olish. Bu tavsiflarni olish uchun dastlab stator toki minimum bo'lgandagi qo'zg'atish tokining qiymati o'rnatiladi. So'ngra tavsifning o'ng va chap shaxobchalari (har bir shaxobchadan 5-6 ta nuqtalar olinadi) aktiv quvvatning $P_2=0$, $P_2=0,5P_{2n}$, $P_2=P_{2n}$ qiymatlaridan olinadi.

O'lchashdan olingan ma'lumotlar 3.1-jadvalga yoziladi

$P_2=0$		$P_2=0,5P_{2n}$		$P_2=P_{2n}$	
I_1	i_q	I_1	i_q	I_1	i_q
A	A	A	A	A	A



3.3- rasm. Sinxron generator U- simon tavsifi

2. Sinxron motorning U-simon tavsiflari bitta grafikda chiziladi. Bu tavsifning ko'rinishi 3-rasmda ko'rsatilgan.

Sinov savollari

1. Uch fazali generatorning tuzilishi va ishlash printsipini gapirib bering.
2. Generatorning U-simon tavsiflari qanday olinadi?
3. Sinxron generator qanday tarmoqqa ulanadi?

4-laboratoriya ishi

Uch fazali sinxron motorning ish tavsiflarini tekshirish

1. Ishni bajarishdan maqsad

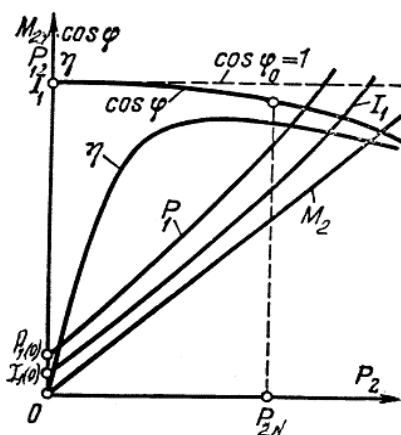
1. Uch fazali sinxron motorning tuzilishi, ishlash prinsipi va ishga tushirish usullarini o'rganish.
2. Sinxron motorning ish tavsiflarini olish va grafikda qurishni o'rganish.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

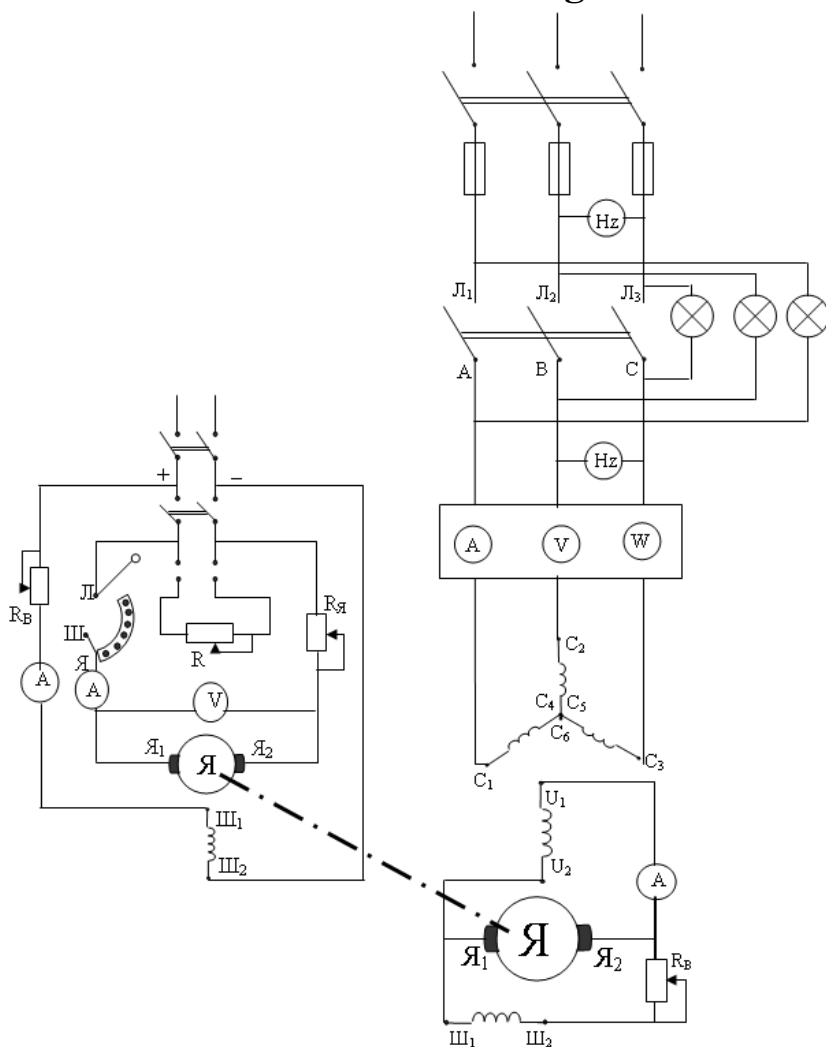
1. Sinxron motorning tuzilishi va tajriba qurilmasiga kiradigan barcha jihozlar bilan tanishiladi.
2. Sinxron motorning pasportida ko'rsatilgan texnik ma'lumotlar bilan tanishib, ularni hisobot daftoriga yozib qo'yiladi.
3. 2-rasmda keltirilgan sxema yig'iladi.
4. Sinxron mashina birlamchi motor yordamida ishga tushirilsin va o'z-o'zidan sinxronlash usuli bilan elektr tarmog'iga ulansin.
5. Sinxron motorning ish tavsiflari I_1 , P_1 , M , $\cos\varphi$, $\eta=f(P_2)$ bunda $U=U_n=\text{const}$; $n=n_n=\text{const}$; $i_q=\text{const}$ bo'lishi lozim.

3. Ishni bajarishga oid qisqacha nazariy tushunchalar

1. Bu ishga tegishli nazariy ma'lumotlar bilan tanishish uchun 3-ishdagi 3-bandga qaralsin.
- 3.2. $U_t = \text{const}$, $f_t = \text{const}$ va $I_{qo'z}=\text{const}$ bo'lganda sinxron motorning validagi foydali moment M_2 , elektr tarmog'idan iste'mol qiladigan quvvati P_1 , stator chulg'amining toki I_1 , FIK η va quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi$



4.1-rasm. Sinxron motorning ish xarakteristikalari



4.2-rasm. Sinxron motorni ishlatish pirinsipial sxemasi

larning motor validagi foydali quvvatga bog'liq holda o'zgarishi, ya'ni M_2 , P_1 , I_1 , η , $\cos \varphi = f(P_2)$ bog'liqlikka sinxron motorning *ish xarakteristikalari* deyiladi. Bu xarakteristikalar valdagi yuk P_2 ni noldan nominalgacha o'zgartirib tekshiriladi (4.1-rasm). Motorning aylanish chastotasi n stator chulg'amidagi tok chastotasi o'zgarmas bo'lganda $n = n_1 = 60 \cdot f_1 / p = \text{const}$ bo'lgani uchun $n = f(P_2)$ bog'liqlik lar o'qiga parallel

bo'lgan to'g'ri chiziqli ko'rinishga ega bo'ladi. $P_1 = f(P_2)$ bog'lanish yuqoriga bir oz egilgan ko'rinishda bo'ladi, chunki P_1 quvvat yakor tokining kvadrati (I_1^2) ga mutanosib bo'ladi. $I_1 = f(P_2)$ bog'lanish P_1 ning oshishi bilan o'sadi, chunki $I_1 = P_1 / (m \cdot U_1 \cos\varphi)$. FIK ning yuklamaga nisbatan o'zgarishi $\eta = f(P_2)$ hamma elektr mashinalari uchun umumiy xarakterga ega, ya'ni sinxron motorning o'zgaruvchan va o'zgarmas isroflari teng bo'lganda FIK maksimal qiymatga erishadi. Bu qiymatdan chap tomonida magnit isroflari elektr isroflardan katta bo'lib, o'ng tomonida esa stator chulg'amidagi elektr isroflar magnit isroflardan ko'p bo'ladi.

4. Ishni bajarish va hisobot tayyorlash tartibi

1. Sinxron motorning ish tavsiflarini olish uchun qo'zg'atish tokining quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi=1$ bo'ladigan qilib tanlanadi va shu holatdagi qo'zg'atish tokining qiymati yuklama o'zgarishi bilan bir xil ushlab turiladi. Yuklama $P_2=200$ Vt dan boshlab $P_2=P_{2n}$ gacha o'zgartirilib boriladi.

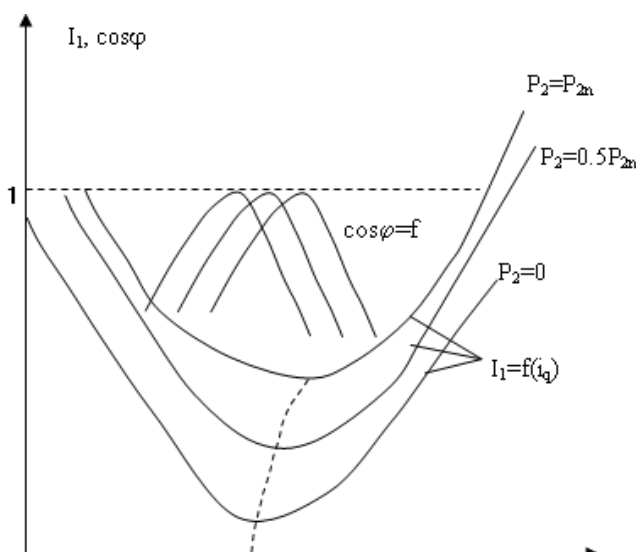
O'lchashlardan olingan natijalar 2-jadvalga yoziladi

$P_2=0$ $P_2=0,5P_{2n}$ $P_2=P_{2n}$

I_1	i_q
A	A

I_1	i_q
A	A

I_1	i_q
A	A



4.3- rasm. Sinxron generator U- simon tavsifi

Motor validagi quvvat $P_2 = U_g I_g / \eta_g$; $\eta_g = \eta_m = \eta$, bu erda η_g - generatorning FIK; η_m - motorning FIK.

Motor validagi aylantiruvchi moment

$$M = 9550 \frac{P_2}{n}, \quad /NM/$$

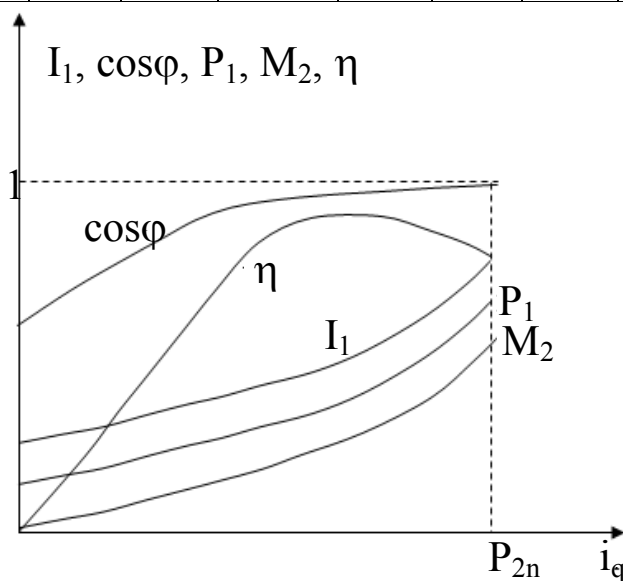
bu yerda n - rotorning aylanish tezligi.

Sinxron motorning quvvat koeffitsiyenti

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3} U_1 I_1}$$

4.2-jadval

O'lchashlar						Hisoblashlar					
I_d	U_d	i_q	U_g	I_g	P_d	$\cos \varphi$	M_2	P_2	η		



4.4-rasm. Sinxron motorning ish tavsifi

Sinov savollari

1. Uch fazali motorning tuzilishi va ishlash printsiplarini gapirib bering.
2. Motorning V-simon tavsiflari qanday olinadi?
3. Sinxron motor qanday usullar bilan ishga tushiriladi?
4. Qanday holatda ishlayotgan sinxron motorga «sinxron kompensator» deyiladi?

5-laboratoriya ishi

Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorini yakor aylanish tezligi $n=n_n=\text{const}$ bo'lgan sharoit uchun tekshirish

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorining tuzilishi va asosiy xossalari bilan tanishish.
2. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatori tavsiflarini tajribada tekshirish va ularning grafik tasvirini nisbiy birlik (n.b.) lar sistemasida chizishni o'rganish.

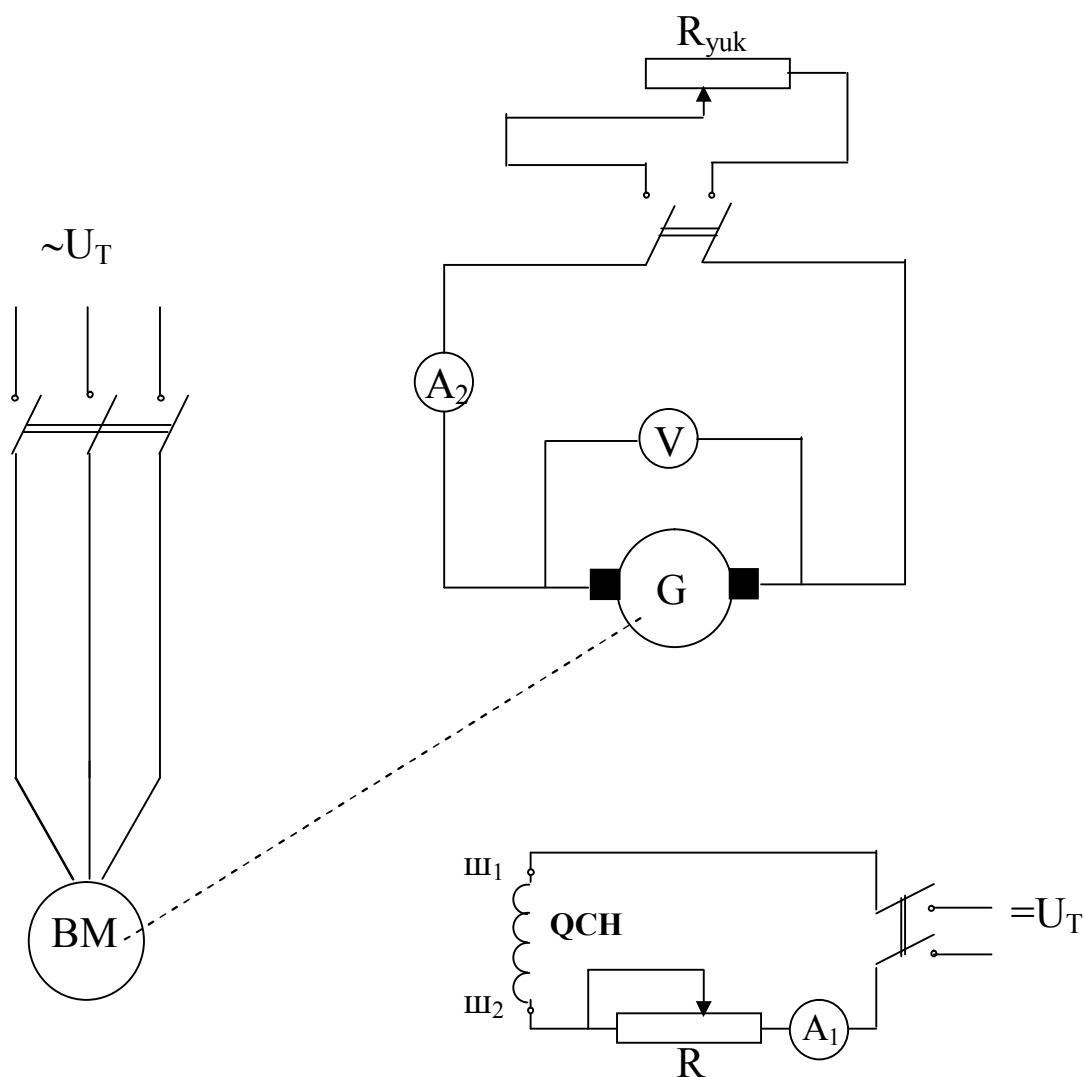
2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Salt ishlash tavsifini ifodalovchi $U_0=f(i_q)$ bog'liqlikni yakor chulg'ami iste'molchiga ulanmagan ($I_a=0$) holda olish. Bu tavsifdan mashina magnit zanjirining to'yinish darajasini aniqlash.
2. Qisqa tutashuv tavsifini ifodalovchi $I_{qt}=f(i_q)$ bog'liqlikni yakor chulg'amini qisqa tutashtirib, ya'ni yakor kuchlanishi $U_{ya}=0$ bo'lganda olish.

3. Ish bajarish tartibi va hisobot tayyorlash bo'yicha ko'rsatmalar

1. 5.1-rasmda ko'rsatilgan tajriba o'tkazish elektr sxemasi yig'iladi.
2. Dasturda ko'rsatilgan generator tavsiflarini tekshirishda generator yakorini birlamchi motor bilan $n=n_n=\text{const}$ tezlikda aylantirib tajriba o'tkaziladi.
3. Salt ishlash tavsifi. $U_0=f(i_q)$ quyidagicha olinadi. Tajriba o'tkazish vaqtida yakor chulg'ami istemolchiga ulanmagan. Generatorning qo'zg'atish tokini $i_q=0$ dan boshlab kuchlanish $U_0=1,15 U_n$ ga yetguncha bir tekisda oshirib boriladi. Qo'zg'atish tokining bir necha (kamida 8 ta) oraliq qiymatlariga to'g'ri kelgan kuchlanish o'lchanadi va 5.1-jadvalga yoziladi.
Olingan ma'lumotlarni ularning nominal kattaliklariga bo'lib hisoblangan nisbiy birliklardagi qiymatlari asosida salt ishlash tavsifi quriladi 5.2-rasm.

U_0	B												
	n.b.												
i_q	A												
	n.b.												

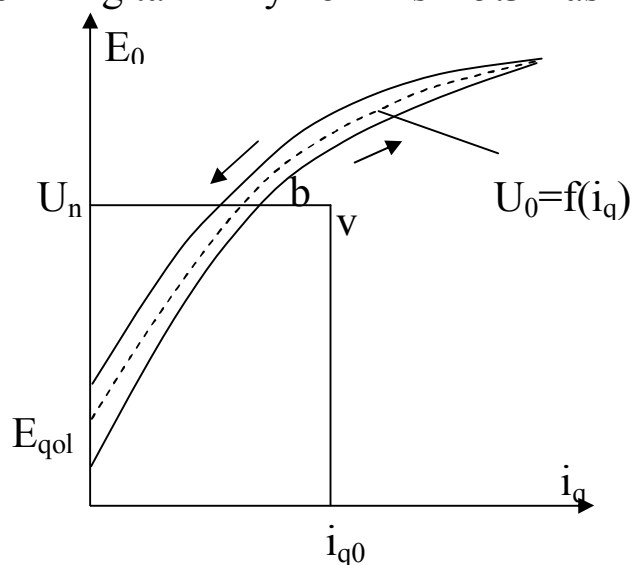


5.1-rasm. Mustaqil qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok generatori tavsiflarini tajribada tekshirishga oid elektr sxema.

(BM-birlamchi motor, G-generator yakori, QCH-q o‘zg‘atish chulg‘ami, A₁-kam qiymatli tokni o‘lchaydigan ampermetr, A₂-katta qiymatli tokni o‘lchaydigan ampermetr)

I_{qt}	B												
	n.b.												
i_q	A												
	n.b.												

4. Qisqa tutashuv tavsifi $I_{qt}=f(i_q)$ quyidagicha olinadi. Qisqa tutashuv tajribasini o'tkazish uchun yakor zanjiri qisqa tutashtiriladi va $I_{qt}=f(i_q)$ bog'liqlik olinadi (bu holda $U_{ya}=0$ bo'ladi). Qo'zg'atish toki i_q ni 0 dan boshlab oshirib qisqa tutashuv toki $I_{qt}=(1.1-1.2)I_n$ gacha bo'lgan oraliqda 4-5 ta qiymat o'lchab olinadi va natijalar 5.2-jadvalga yoziladi. Qisqa tutashuv tavsifining taxminiy ko'rinishi 5.3- rasmda ko'rsatilgan.



5.2-rasm. Salt ishlash tavsifi

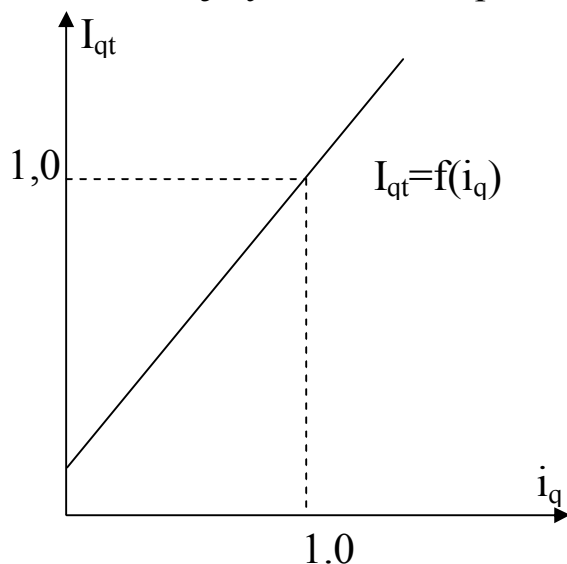
4. Ishni bajarish yuzasidan qisqacha nazariy tushunchalar

O'zgarmas tok motor (O'TM)lari elektr transportida, avtomatik rostlash sistemasida, jo'valash stanoklarida, yuk ko'tarish kranlarida, ekskavatorlarda, metallarga ishlov berish stanoklarida, to'qimachilik sanoatida keng ishlatiladi. O'T generatorlari (V.1-rasm) esa O'T energiya manbai sifatida (masalan, katta quvvatli O'TM larni O'T bilan ta'minlashda) ishlatiladi.

O'T mashinalari cho'tka-kollektor apparatlarining ishi bilan bog'liq bo'lgan *kamchiliklari* mavjud, ya'ni katta yuklamada cho'tkalar bilan kollektor orasida yuzaga keladigan uchqunlanish mashina ishiga salbiy

ta'sir ko'rsatib *ishonchlilik darajasini pasaytiradi*. Shu sababli O'T mashinalarini portlashga xavfli bo'lgan muhitlarda ishlatib bo'lmaydi. Kollektor O'T mashinasining konstruksiyasini murakkablashtiradi, ekspluatatsiya jarayonida uni muntazam nazorat qilib turish talab qilinadi. O'TM qisqa tutashgan rotorli asinxron motorga nisbatan $2,5 \div 3$ marta qimmat va uni ishlatish uchun O'T energiya manbai yoki o'zgaruvchan tokni to'g'rilagich qurilmasi zarur bo'ladi.

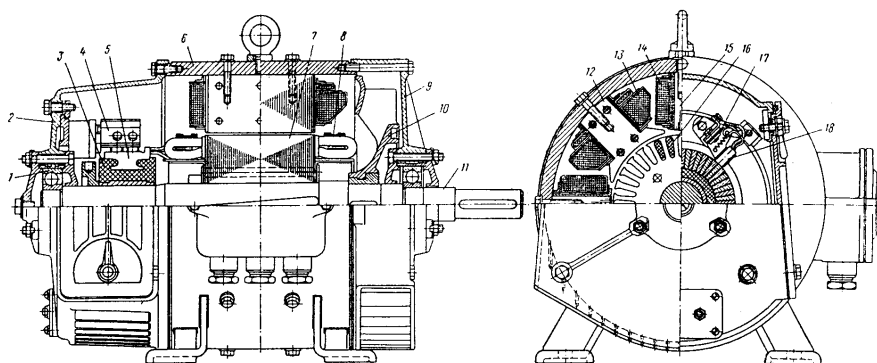
Lekin, so'nggi yillarda O'TM ni reostatsiz ishga tushirishga imkon beradigan O'T ni rostlashning tejamli metodi ishlab chiqilganligi; O'T yurit-masi chastota vositasida rostlanadigan yuritmaga nisbatan arzonligi; kollektorsiz O'T mashinalari ham ixtiro qilinib amalda qo'llanila boshlanganligi kollektor bilan bog'liq bo'lgan jiddiy kamchilikka nisbatan barham berilib ishonchlilik daraja yaxshilanmoqda.



5.3-rasm. Qisqa tutashuv tavsifi

O'zgarmas tok mashinasining tuzilishi. O'T mashinasining qo'zg'almas qismini—*stator*, aylanuvchi qismini esa— *yakor* deyiladi. Stator—sifatli po'latdan tayyorlanadigan stanina (tana gardishi) va uning ichki tomoniga mahkamlangan bosh hamda qo'shimcha qutblardan iborat. Stanina va qutblar o'zagi magnit sistemaning tarkibiy qismiga kiradi.

Asosiy qutb o'zagi qalinligi 1 mm bo'lgan elektrotexnik po'lat listlardan yig'iladi. Mashina havo oralig'ida magnit maydonni zaruriy shaklda taqsimlash maqsadida asosiy qutblarning yakor tomonidagi uchiga maxsus («qutb uchligi») shakl beriladi (5.4-rasm).



5.4-rasm. Quvvati 6 kW, aylanish chastotasi $n=1500$ ayl/min, $U_N=220$ V bo'lgan o'zgarmas tok mashinasi:

1– sharikli podshipnik; 2–oldingi (kollektor tomonidagi) podshipnik qalqoni; 3–kollektorni plastmassa bilan mahkamlagich; 4–cho'tka tutqich barmog'i; 5–kollektor plastinasi; 6–stanina (tana gardishi); 7–yakor o'zagi; 8–yakor chulg'ami pazdan tashqari qismining bandaji (kamari); 9– orqa tomondagi podshipnik qalqoni; 10–ventilyator; 11– val; 12– bosh qutb; 13– bosh qutb qo'zg'atish g'altagi; 14–qo'shimcha qutb qo'zg'atish g'altagi; 15–qo'shimcha qutb; 16–yakor chulg'ami joylashtirilgan paz; 17– cho'tka tutqich; 18– cho'tka

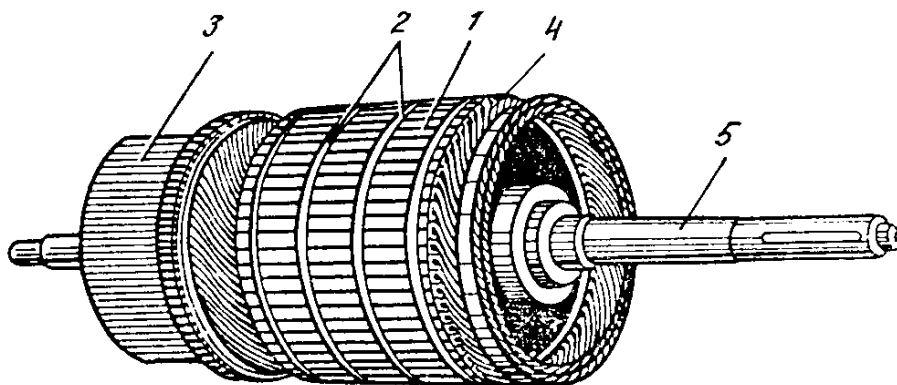
Qo'zg'atish chulg'aming g'altaklari qutb o'zaklariga kiydiriladi va staninaga siqib mahkamlanadi. O'rta va katta quvvatli O'T mashinalarida sovitish yuzani oshirish uchun qo'zg'atish g'altaklarini ikki qismga bo'ladilar. Asosiy qutb g'altaklarini shimoliy va janubiy qutblar navbatma-navbat keladigan tartibda ulab *qo'zg'atish chulg'ami hosil qilinadi*. Bu chulg'am mashinada asosiy maydon hosil qilish uchun xizmat qiladi

Quvvati 1 kW va undan katta bo'lgan O'T mashinalarida kommutatsiya jarayonida sodir bo'ladigan uchqunlanishni kamaytirish uchun qo'shni joylashgan bosh qutblar orasida (mashinaning ko'ndalang o'qi bo'yicha) qo'shimcha qutblar o'rnatiladi. *Qo'shimcha qutblar* o'zagi yaxlit po'lat yoki qalinligi 1 mm po'lat listlaridan yig'ilgan bo'ladi. O'zakka to'g'riburchak kesimli simdan tayyorlangan chulg'am g'altagi o'rnatiladi.

Yakor (5.5-rasm) – val va unga o'rnatilgan silindrik shakldagi po'lat o'zak, uning pazlariga joylashtirilgan yakor chulg'ami va uning seksiyalarini ulash uchun ma'lum tartibda yig'ilgan maxsus shakldagi mis plastinalari majmuasi (kollektor)dan iborat (6-rasm).

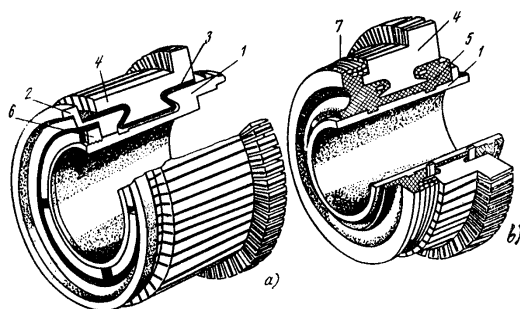
Yakorning po'lat o'zagi qalinligi 0,35 yoki 0,5 mm bo'lgan elektrotexnik po'lat lislardan yig'ilgan bo'ladi. Bu holda magnit maydonda yakor aylanishida o'zakda hosil bo'ladigan uyurma toklar ta'siri keskin

kamayadi. Yakor pazlaridagi chulg'am seksiyalarini maxsus ponalar bilan, pazdan tashqari qismlarini esa bandaj (kamar)lar bilan mahkamlanadi. *Kollektor (yig'uvchi)* sovuq holda jo'valangan qattiq mis-dan tayyorlangan ponasimon kesimli plastinalardan silindr shaklida yig'iladi. Plastinalar bir-biridan mikanit qistirmalar bilan izolyatsiyalanadi. Kam va o'rta quvvatli O'T mashinalarida kollektor plastinalari va mikanit qistirmalar plastmassa yordamida presslab mahkamlanadi (5.6,b-rasm). Yig'ilgan kollektor qizdirilgan holda valning yakor chulg'ami yoniga joylashtirib mahkamlanadi. Kollektor plastinalarining yakor chulg'ami tomonidagi chiqib turadigan qismiga chulg'am seksiyalari kavsharlanadi. Kollektor plastinalari yakor chulg'ami o'ramlarini ketma-ket ulaydi. Kollektor yakor chulg'ami bilan birga aylanadi, uning yuzasida chulg'amni tashqi elektr zanjiri bilan bog'lovchi cho'tkalar traversaga (yoki podshipnik qalqoniga) mahkamlangan cho'tka tutqichlar yordamida qo'zg'almas holatda tutib turiladi. *Traversa* – zarurat tug'ilganda cho'tkalar sistemasini mashina qutblariga nisbatan siljitish imkonini beruvchi qurilmadir (5.7-rasm). Cho'tkalar va qo'zg'atish chulg'amidan chiqqan simlar maxsus klemma (qisqich)lar taxtachasiga chiqarilgan bo'ladi



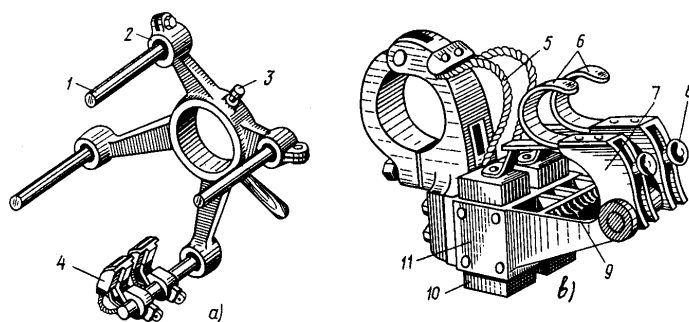
5.5-rasm. O'zgarmas tok mashinasining yakori:

1 – yakor o'zagi; 2 – bandajlar; 3 – kollektor; 4 – yakor chulg'amining pazlardan tashqari qismi; 5 – val



5.6-rasm. O'zgarmas tok mashinasining metall (a) va plastmassa (b) korpusli kollektori:

1 – korpus; 2 – siquvchi flanets;
3 – izolyatsion qistirma; 4 – kollektor plastinalari; 5 – plastmassa; 6 – qisuvchi halqa; 7 – bandaj



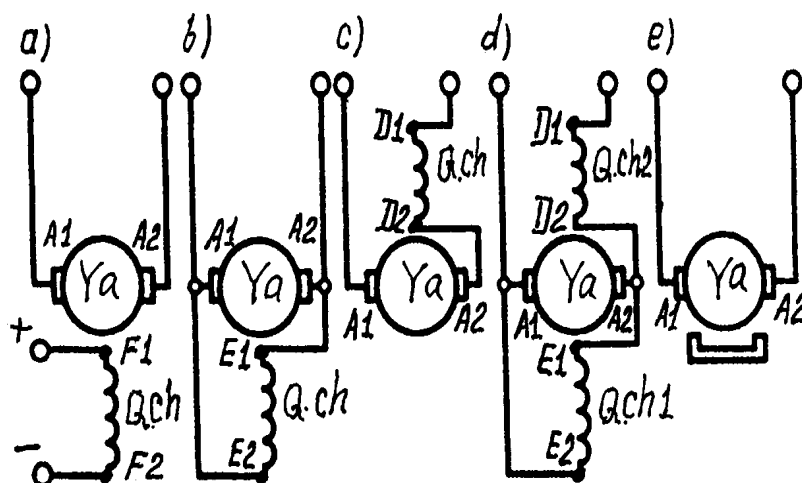
5.7-rasm. O'zgarmas tok mashinasining cho'tka mexanizmi:

a – traversa; b – cho'tka tutqich va cho'tkalar: 1 – cho'tka tutqichni mahkamlash uchun izolyatsiyalangan barmoq; 2– barmoqni qisuvchi kronshteyn; 3 – cho'tkalarning kollektortordagi holatini belgilash uchun bolt; 4 – cho'tka tutqich; 5 – sim; 6 va 7– cho'tkani kollektorga siquvchi qismlar; 8 – cho'tka va kollektor orasidagi bosimni rostlash uchun gayka; 9– prujina; 10 – cho'tka; 11– cho'tkani o'rnatish uchun moslama.

O'T mashinasini sovitish uchun uning valiga ventilyator o'rnatiladi. Valning ikkala tomoniga podshipnik qalqonlari mahkamlanadi.

O'T mashinalari qo'zg'atish usuliga ko'ra quyidagi turlarga bo'linadi (5.8-rasm): mustaqil, ketma-ket, parallel, aralash qo'zg'atishli va doimiy magnitli O'T mashinasining mustaqil qo'zg'atishli turida qo'zg'atish chulg'amiga tashqi O'T manbayidan tok berib asosiy maydon hosil qilinadi (5.8,a-rasm); parallel qo'zg'atishlida (5.8,b-rasm) mashinaning asosiy magnit maydoni qutb o'zagidagi qoldiq magnit oqimi ta'sirida, ya'ni o'z-o'zini qo'zg'atish hodisasi tufayli hosil bo'ladi; ketma-ket qo'zg'atishli turida (5.8,c-rasm) mashinaning asosiy maydoni yuklama ulangandan keyingina hosil bo'ladi, chunki qo'zg'atish chulg'ami yakor chulg'amiga ketma-ket ulangan bo'ladi; aralash qo'zg'atishli turida (5.8,d-rasm), salt ishlash rejimda mashinaning asosiy magnit maydonini parallel qo'zg'atishli chulg'am hosil qiladi, yuklama bilan ishlaganda esa qo'zg'atish maydonini parallel va ketma-ket qo'zg'atish chulg'amlarining natijaviy maydoni tufayli hosil bo'ladi.

O'T mikromashinalarining ko'pchiligida mashinaning asosiy maydoni doimiy magnit vositasida hosil qilinadi (5.8,e-rasm). Bu holda mashinaning qo'zg'atish chulg'ami vazifasini doimiy magnit bajaradi.



5.8-rasm. Har xil qo'zg'atishli o'zgaras tok mashinalarining elektr sxemalari:

a) mustaqil; b) parallel; c) ketma-ket; d) aralash; e) doimiy magnitli

O'zgaras tok mashinasining generator rejimda ishlash prinsipi. O'T mashinasining rotori birlamchi motor bilan aylantirilganda yakor chulg'ami o'tkazgichlari qo'zg'atgich chulg'ami magnit maydonini kesib o'tishi tufayli ularning har birida elektromagnit induksiya hodisasiga binoan o'zgaruvchan EYK hosil bo'ladi. Uning oniy qiymati quyidagiga teng:

$$e = B l v, \quad (5.1)$$

bunda V – magnit maydon induksiyasi; l – o'tkazgichning uzunligi; v – tezlik.

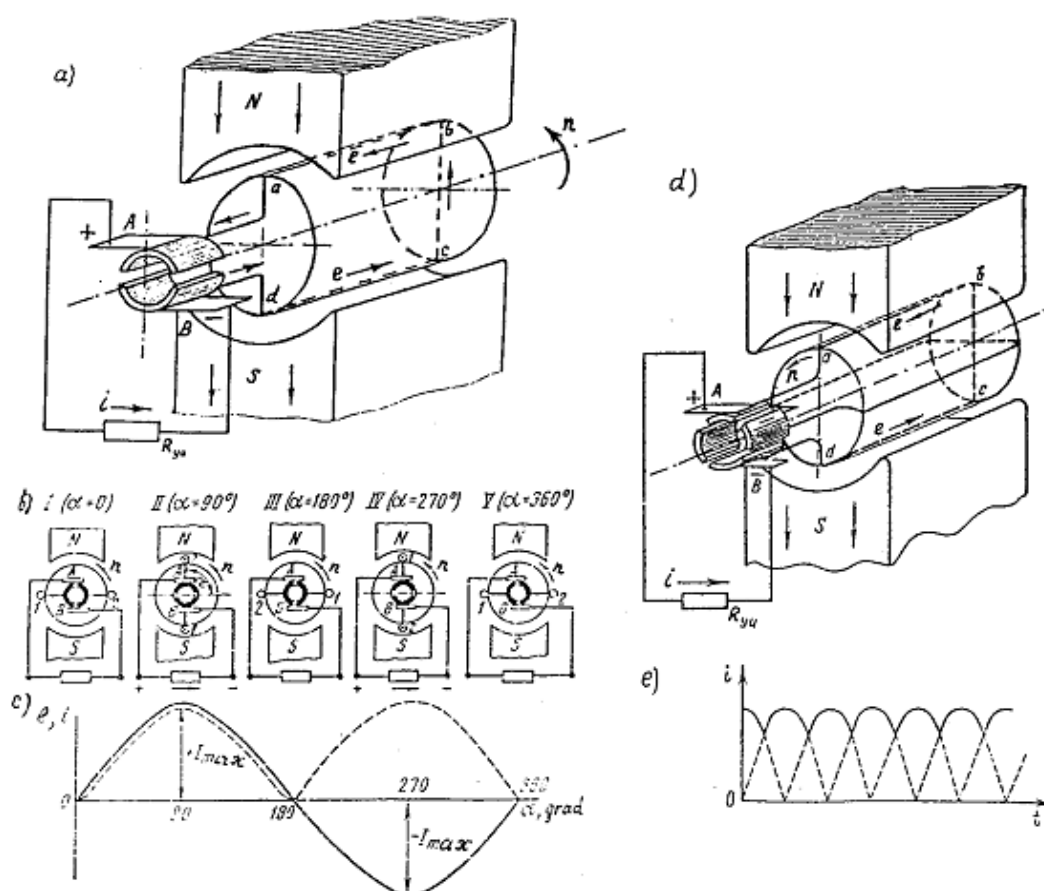
EYK ning yo'nalishi «o'ng qo'l» qoidasi bilan aniqlanadi.

Yakorning burchak tezligi v (yoki aylanish chastotasi n) o'zgaras bo'lsa yakor chulg'ami EYK ning kattaligi va yo'nalishi mashina havo oralig'i magnit induksiyasining kattaligi va yo'nalishi bilan aniqlanar ekan.

O'T generatorining ishlash prinsipini eng oddiy O'T generatori misolida ko'rib chiqamiz (5.9-rasm). Bunda mashinaning magnit qutblari orasida erkin aylanadigan po'lat silindrga ikkita («ab» va «cd») o'tkazgichning ketma-ket ulanishidan hosil bo'lgan bitta o'ram o'rnatilgan bo'lib, u yakor chulg'aminin g eng oddiy bir qismidir. Yakor o'ramining uchlari 2 ta yarim halqaga ulangan. Yarim halqalarga 2 ta qo'zg'almas cho'tka tegib turadi. Yakor aylantirilganda yarim halqalar o'tkazgichlar bilan mos aylanadi. Mazkur yarim halqalar ko'rilayotgan oddiy O'T mashinasining kollektoridir.

O'tkazgichda hosil bo'lgan EYK ning vaqt bo'yicha o'zgarish grafigi mashina havo oralig'ida magnit induksiyaning taqsimlanish shakliga mos keladi.

Yakor aylanganda uning chulg'am o'tkazgichlari («*ab*», «*cd*») magnit maydonda magnit induksiyaning kattaliklari har xil bo'lgan holatlarni egallaydi (5.9, *b*-rasm). Bunda o'tkazgichlar har xil magnit qutblar tagidan o'tgani tufayli unda hosil bo'lgan EYK va, demak, yakor chulg'amidagi tok ham sinusoidal shaklda o'zgaruvchan bo'ladi. Yakor 180° ga burilganda o'ramdagi EYK (yoki tok) ning yo'nalishi teskariga o'zgaradi. Lekin cho'tkalar qutbiyligi (ishorasi) va zanjirning tashqi qismida tokning o'z yo'nalishini o'zgartirgan paytda cho'tkalar tagidagi kollektor plastinalarining ham joyi almashinadi.



5.9-rasm. Yakor chulg'ami bitta o'ram (2 ta o'tkazgich)dan iborat bo'lgan eng oddiy o'zgaras tok generatorining modeli (a); yakor bitta aylantirilganda o'tkazgichlarning magnit maydondagi holatlari (b) va o'zgaras EYK (yoki tok) ning hosil bo'lishi (s); yakor chulg'ami fazoda bir-biriga nisbatan 90 (da joylashgan ikkita o'ram (4 ta o'tkazgich)dan iborat bo'lganda (d), tashqi zanjirda EYK (yoki tok) pulsatsiyalanishining keskin kamayishi (e)

Shunday qilib, «A» cho'tka tagida hamma vaqt shimoliy qutb ta'siridagi, «V» cho'tka tagida esa janubiy qutb ta'siridagi o'tkazgich ulangan plastina turadi. Natijada O'T generatorida yakor chulg'amidagi o'zgaruvchan tok kollektor va cho'tkalar vositasida zanjirning tashqi qismidagi pulsatsiyalanadigan tokka aylantiriladi (5.9,c-rasm). Agar yakor chulg'ami fazoda bir-biriga nisbatan 90° da joylashgan ikkita o'ramdan iborat bo'lsa (5.9,b-rasm), tashqi zanjirda tokning pulsatsiyalanishi keskin kamayadi (5.9,c-rasm).

Albatta, yakor chulg'ami bitta yoki ikkita o'ramdan emas, balki bir necha o'ramdan iborat bo'ladi. Natijada tokning tashqi zanjirdagi pulsatsiyasi keskin kamayadi. Masalan, chulg'amdagi o'tkazgichlar soni 16 ta (o'ramlar soni 8 ta) bo'lsa, tokning pulsatsiyasi sezilmay qoladi va generatorning tashqi zanjiridagi EYK (yoki tok) ni faqat yo'nalishi bo'yicha emas, balki kattaligi bo'yicha ham o'zgaras deyaish mumkin bo'ladi.

Yakor chulg'amiga yuklama ulanganda o'tadigan tok asosiy maydon bilan ta'sirlashib elektromagnit kuch va moment hosil qiladi. Elektromagnit kuchning qiymati Amper qonuniga binoan quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$F_{em} = B_{o'rt} \ell I_a . \quad (5.2)$$

Bu kuchning yo'nalishi «chap qo'l qoidasi» bo'yicha aniqlanadi. Bu kuch hosil qilgan elektromagnit moment quyidagiga teng bo'ladi:

$$M = F_{em} \cdot D / 2 = C_m F I_a , \quad (5.3)$$

bunda $D/2$ –yakorning radiusi; $C_m = rN/(2\pi a)$ – mashina konstruksiyasiga bog'liq bo'lgan o'zgaras son. Mashina generator rejimida ishlaganda bu moment tormozlovchi ta'sir etadi.

Sinov savollari

1. O'zgaras tok generatorining tuzilishi va ishlash printsiptini gapirib bering.
2. Generatorning salt ishlash tavsifi qanday olinadi?
3. Generatorning qisqa tutashuv tavsifi qanday olinadi?
4. O'zgaras tok generatorlarining turlari va sxemalarini chizing?
5. Cho'tka va kollektorning vazifasi?

6-laboratoriya ishi

Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorini, rostlash, tashqi va qisqa tutashish tavsiflarini tekshirish

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorining tuzilishi va asosiy xossalari bilan tanishish.

2. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatori rostlash, tashqi va yuklanish tavsiflarini tajribada tekshirish va ularning grafik tasvirini nisbiy birlik (n.b.) lar sistemasida chizishni o'rganish.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Rostlash tavsifini ifodalovchi $i_q=f(I_{ya})$ bog'liqlikni yakor kuchlanishi $U_{ya}=U_n=\text{const}$ bo'lganda olish.

2. Tashqi tavsifini ifodalovchi $U_{ya}=f(I_{ya})$ bog'liqni qo'zg'atish chulg'ami toki $i_q=\text{const}$ bo'lganda yuklanish tokini oshirib olish. Tashqi tavsifdan kuchlanishning o'zgarish qiymati Δu ni aniqlash.

3. Yuklanish tavsifini ifodalovchi $U_a=f(i_q)$ bog'liqlikni yakor chulg'amidan o'tadigan yuklanish toki $I=I_a=\text{const}$ ($I_a>0$) bo'lganda olish.

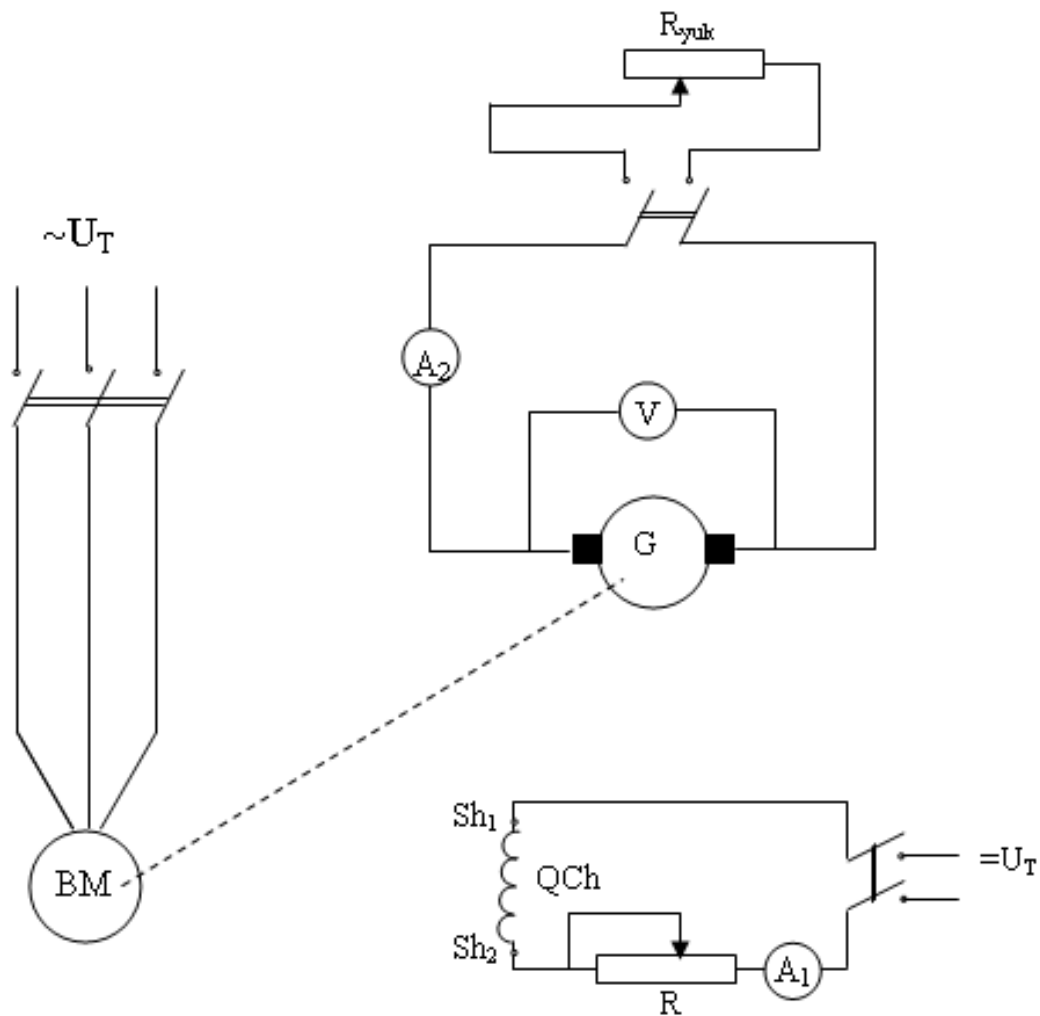
3. Ish bajarish tartibi va hisobot tayyorlash bo'yicha ko'rsatmalar

1. 6.1-rasmda ko'rsatilgan tajriba o'tkazish elektr sxemasi yig'iladi.

2. Dasturda ko'rsatilgan generator tavsiflarini tekshirishda generator yakorini birlamchi motor bilan $n=n_n=\text{const}$ tezlikda aylantirib tajriba o'tkaziladi.

3. Rostlash tavsifi. $i_q=f(I_{ya})$ quyidagicha olinadi. Rostlash tavsifini olish uchun yuklanish toki $I_{ya}=0$ bo'lganda, qo'zg'atish tokini oshirib yakor klemmlarida $U_{ya}=U_n$ kuchlanish hosil qilinadi. Yakor zanjiri yuklanish qarshiligi R_{yuk} ga ulanadi va uni kamaytirib yakor chulg'ami tokini $I_{ya}=I_n$ qiymatga etguncha oshirib boriladi. Ma'lumki, yakor zanjiri qarshiliklarida kuchlanish pasayishi $I_{ya}\Sigma R_{ya}$ va yakor reaksiyasining magnitsizlanishi ta'sirida kuchlanish $U_{ya}=U_n$ qiymatidan kamayib boradi. Lekin, shartga ko'ra, yakor kuchlanishini o'zgartirmay saqlash lozim bo'lgani uchun qo'zg'atish zanjiridagi rostlash reostati (R_{qr}) qarshiligini kamaytirish bilan qo'zg'atish toki i_q oshirib boriladi. O'lchash natijalari 6.1-jadvalga

yoziadi. Rostlash tavsifining taxminiy grafik tasviri 6.2-rasmda ko'rsatilgan.



6.1-rasm. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatori tavsiflarini tajribada tekshirishga oid elektr sxema.

(BM-birlamchi motor, G-generator yakori, QC-qo'zg'atish chulg'ami, A_1 -kam qiymatli tokni o'lchaydigan ampermetr, A_2 -katta qiymatli tokni o'lchaydigan ampermetr)

6.1-jadval

I_a	B												
	n.b.												
i_q	A												
	n.b.												

6.2-jadval

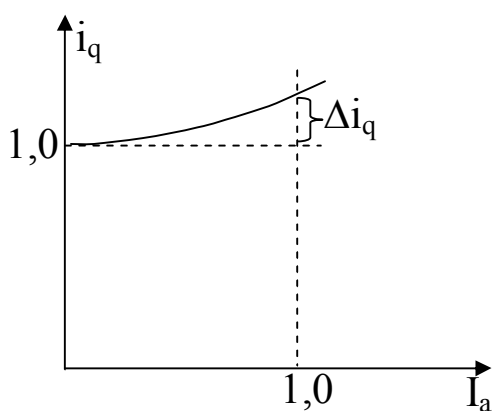
U_a	B												
	n.b.												
I_a	A												
	n.b.												

6.3-jadval

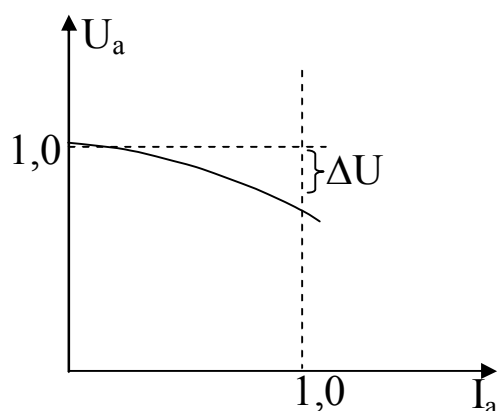
U_a	B												
	n.b.												
i_q	A												
	n.b.												

4. Tashqi tavsifi $U_{ya}=f(I_{ya})$ quyidagicha olinadi. Bu tavsifni tajribada yuklanish tokini oshirish yo'li bilan olish uchun generatorning salt ishlash holatidagi kuchlanishi $U_0=U_n$ qiymatga yetguncha qo'zg'atish tokini $i_q=0$ dan boshlab oshiriladi va bu tokning $i_q=i_{qn}$ qiymati butun tajriba oxirigacha o'zgartirilmaydi (demak $R_q=\text{const}$ bo'ladi).

So'ngra yakor zanjiri yuklanish qarshiligi R_{yuk} ga ulanadi va yuklanish toki $I_{ya}=0$ dan $I_{yu}=1,1I_n$ ga qadar oshirib boriladi. Yuklanish tokining 5-6 ta qiymat o'lchab olinadi va natijalar 6.2-jadvalga yoziladi. Tavsif 6.3- rasmda ko'rsatilgan.



6.2-rasm. Rostlash tavsifi



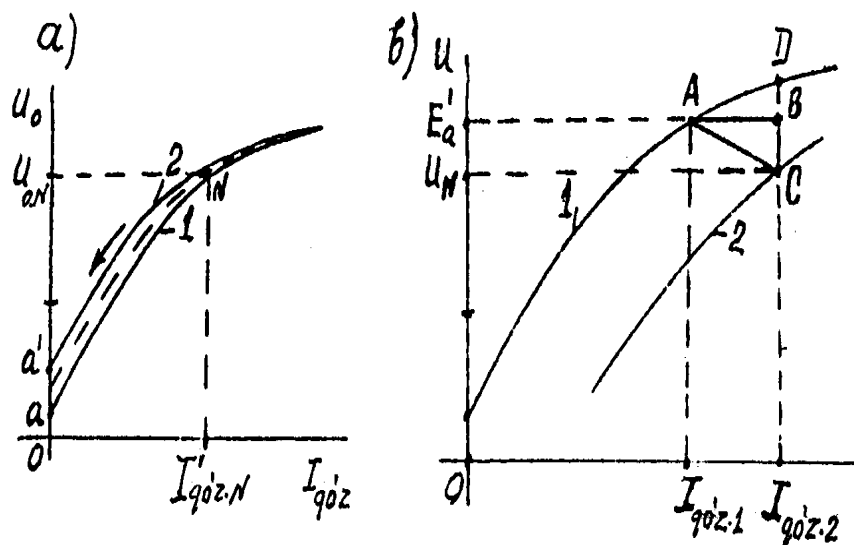
6.3-rasm. Tashqi tavsifi

3.5. Yuklanish tavsifi. $U_a=f(i_q)$ quyidagicha olinadi. Qo'zg'atish chulg'amiga berilgan tokni kuchlanish $U_a=U_n$ bo'lguncha oshiriladi va yakorga beriladigan yuklanish toki nominal qiymat ($I_a=I_n$) ga yoki uning yarmi ($I_a=0.5I_n$) ga yetkaziladi. Tokning bu qiymatini butun tajriba olish davomida yakor zanjiriga ulangan yuklanish qarshiligi R_{yuk} yordamida o'zgartirmay saqlanadi. Qo'zg'atish zanjiridagi rostlash reostati R_{qr} yordamida qo'zg'atish tokini kamaytirib besh oltita qiymat olinadi. O'lchash natijalari 6.3-jadvalga yoziladi.

4. Ishni bajarish yuzasidan qisqacha nazariy tushunchalar. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorining xarakteristikallari

Bu turdagi generatorning qo'zg'atish chulg'amiga boshqa O'T manbadan kuchlanish beriladi. Agar qo'zg'atish chulg'amiga ulangan kuchlanish $U_{qo'z} = \text{const}$ va uning qarshiligi ham $R_{qo'z} = \text{const}$ bo'lsa, generatorning har qanday ish rejimida ham bu chulg'amdagi tok $I_{qo'z}$ o'zgarmay qoladi.

Salt ishlash va yuklanish xarakteristikallari. *Salt ishlash xarakteristikasi (SIX)* – generator yakorining aylanish chastotasi $n = \text{const}$ va yakor toki $I_a = 0$ bo'lganda $U_0 \approx E_0 = f(I_{qo'z})$ bog'liqlikni ifodalovchi egri chiziqdir (6.4-rasm). Bu xarakteristikani tajribada olish vaqtida generator kuchlanishining qiymati $U_0 \approx (1,15 \div 1,2)U_N$ ga teng bo'lgunga qadar, qo'zg'atish toki $I_{qo'z} = 0$ dan boshlab oshirib boriladi, so'ngra esa qo'zg'atish tokining qiymati 0 gacha kamaytiriladi.



6.4-rasm. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorining salt ishlash (a) va yuklanish (b)

Qo'zg'atish tokining qiymati oshirilib olinganda SIX ning o'suvchi shoxobchasiga ega bo'lamiz (6.4-rasm, 1). Bu egri chiziq koordinatalar boshi 0 dan boshlanmay, balki ordinatalar o'qidagi birorta «a» nuqtadan boshlanadi.

Bunga sabab shuki, $I_{qo'z} = 0$ da mashina qutblari o'zagidagi qoldiq magnit oqimi (Φ_{qol}) kam miqdorda qoldiq EYK $E_{qol} = 0a$ ni hosil qiladi. Qo'zg'atuvchi tok $I_{qo'z}$ ning qiymati kamaytirib olingan SIX ning kamayuvchi shoxobchasi uning o'suvchi shoxobchasiga nisbatan yuqorida joylashadi va $I_{qo'z} = 0$ bo'lganda qoldiq EYK ning qiymati $E'_{qol} = 0a'$ ga teng bo'lib, oldingi E_{qol} dan bir oz kattaroq bo'lishi, SIX ning o'suvchi shoxobchasini olganda Φ_{qol} ning qiymati boshdagi qiymati $[\Phi_{qol} = (0,02 \div 0,03) \cdot \Phi_{0N}]$ ga nisbatan bir oz oshishi sabab bo'ladi (Φ_{0N} – mashina salt ishlash rejimida U_N hosil qilish uchun zarur bo'lgan magnit oqim).

Salt ishlash vaqtida mashinaning aylanish chastotasi $n = \text{const}$ bo'lsa, $U_0 = E_0 \equiv \Phi$ bo'ladi. Demak, $SIX - U_0 = f(I_{qo'z})$ boshqa masshtabda mashinaning magnitlanish xarakteristikasi – $\Phi = f(I_{qo'z})$ ni ifodalay ekan.

SIX yordamida mashina magnit zanjiri xossalarini aniqlash mumkin. Haqiqatan ham, SIX ning «a» nuqtasi $I_{qo'z} = 0$ bo'lganda, qoldiq magnit oqimining qiymatini ko'rsatadi. 6.4-rasmda ko'rsatilgan 1–1 va 2–2 shoxobchalar bilan chegaralangan maydon gisterezis hodisasi tufayli hosil bo'lib, mashina magnit zanjiri po'lat qismlarining xossasini ko'rsatadi. Nihoyat, SIX da generatorning nominal kuchlanishi (U_N) uning egilgan qismiga (6.4-rasm, N nuqta) to'g'ri keladi. Bu nuqtaga qarab, mashina magnit zanjirining to'yinish holati to'g'risida xulosa yuritishimiz mumkin. *Quyidagi sabablarga ko'ra,* mashinani loyihalashda nominal kuchlanish U_N ni SIX ning egilgan qismiga to'g'ri keltirib amalga oshiriladi:

1) agar N nuqta to'g'ri chiziq qismiga to'g'ri kelsa, kuchlanishning qiymati noturg'un holatda bo'lib, qo'zg'atish toki salgina o'zgarsa ham kuchlanishning qiymati nisbatan katta o'zgaradi;

2) agar N nuqta SIX ning to'yingan qismida (egilgan qismidan o'ng tomonda) bo'lsa, kuchlanish qiymatini rostlash chegaralanib qoladi.

Kuchlanishning $U_0 = (0,55 \div 0,6)U_N$ qiymatlarigacha to'g'ri chiziqli bo'lishi mashinaning magnit zanjiri to'yinmaganligidan dalolat beradi.

Yuklanish xarakteristikasi. Yakor toki $I_a = \text{const}$ ($I_a > 0$) va yakorning aylanish chastotasi $n = n_N = \text{const}$ bo'lganda $U_a = f(I_{qo'z})$ bog'liqlikni ifodalovchi egri chiziq *yuklanish xarakteristikasi* deyiladi. Yuklanish xarakteristikasining *amaliy ahamiyati shundaki*, u yakor reaksiyasining

magnitsizlovchi ta'sirini miqdoriy jihatdan aniqlashga hamda uning mashina magnit zanjiri to'yinishini tekshirishga imkon beradi. Agar bitta yuklanish xarakteristikasi olinadigan bo'lsa, ko'pincha yakor toki $I_a = I_N$ bo'lgan qiymat uchun olinadi.

Yuklanish va SIXlarini solishtirish va ular yordamida xarakteristik uchburchak qurish uchun yuklanish xarakteristikasini SIXning kamayuvchi shoxobchasi (6.4,b-rasmda, 1) bilan bitta grafikda qurish qulay bo'ladi.

Yuklanish xarakteristikasi (2-egri chiziq) *quyidagi sabablarga ko'ra* SIX ga nisbatan pastda joylashadi:

- 1) yakor zanjiridagi qarshiliklarda kuchlanish pasayishi;
- 2) yakor reaksiyasining magnitsizlovchi ta'siri (buning natijasida mashinaning asosiy magnit oqimi va EYK kamayadi).

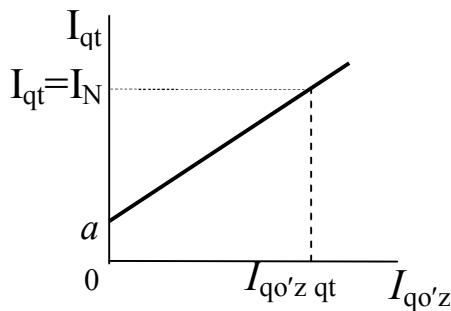
Agarda salt ishlash rejimda qo'zg'atish tokining bironta $I_{qo'z.2}$ qiymatida «D» nuqta bilan aniqlanadigan (6.4,b-rasm) kuchlanishga ega bo'lsak, yuklama bilan ishlaganda esa ($I_{qo'z.2}$ ning o'sha qiymatida) generatorning chiqish klemmalaridagi kuchlanishi kamayadi (6.4,b-rasmda «C» nuqta), ya'ni «DC» kesma bilan ifodalanadigan kuchlanish pasayishiga ega bo'lamiz. Bu kesmaning «BC» qismi yakor zanjiri va cho'tkalardagi kuchlanish pasayishini, «DB» kesma esa yakor reaksiyasining magnitsizlovchi ta'siri tufayli kuchlanish pasayishini ifodalaydi. Yakor toki $I_a = \text{const}$ bo'lsa, CB kuchlanish pasayishi ham o'zgarmas bo'ladi. Yakor reaksiyasining magnitsizlovchi ta'siri esa $I_{qo'z}$ ning oshishi bilan o'zgaruvchan bo'ladi, chunki bu holda magnit zanjirining to'yinish darajasi o'zgaradi.

EYK E'_a ning bir xil qiymatini olish uchun salt ishlash rejimda $I_{qo'z.1}$ qo'zg'atish toki talab qilinsa, yuklama bilan ishlaganda esa, qiymati $I_{qo'z.2} > I_{qo'z.1}$ bo'lgan qo'zg'atish toki kerak bo'ladi. Bu toklarning farqi yakor chulg'amidagi EYK E_a ni «DB» qiymatga kamaytiruvchi yakor reaksiyasining magnitsizlovchi ta'sirini kompensatsiyalashga sarflanadi.

SIX va xarakteristik uchburchak yordamida elektromagnit qo'zg'atishli O'T generatorlarining normal ish jarayonidagi tashqi va rostdash xarakteristikalarini grafik usulda aniqlash mumkin. 6.4-rasmdagi hosil bo'lgan «ABC» uchburchakni *xarakteristik (yoki reaktiv) uchburchak* deyiladi.

Qisqa tutashuv xarakteristikasi (QTX). Bu xarakteristika–yakor chulg'ami qisqa tutashtirilib (demak, $U_a = 0$), aylanish chastotasini $n = n_N = \text{const}$ bo'lgandagi $I_a = f(I_{qo'z})$ bog'liqlikni ifodalaydi.

QTX ni tajribada qo'zg'atish chulg'ami hosil qiladigan magnit oqimining yo'nalishi Φ_{qol} yo'nalishi bilan mos tushgan hol uchun oladilar. Bu holda qo'zg'atish tokini 0 dan boshlab oshirganda qisqa tutashuv (QT) toki I_{qt} bironta a nuqtadan to'g'ri chiziqli ko'rinishda oshadi (6.5-rasm). $I_{qo'z}=0$ bo'lganda ham yakor zanjiridan $I_{qt}=0a$ tok o'tadi. Bu tok Φ_{qol} yakor chulg'amida vujudga keltirgan kichik qiymatdagi EYK E_{qol} hisobiga hosil bo'ladi. Odatda yakor tokining yo'l qo'yilgan qiymatlarida QTX deyarli to'g'ri chiziqli bo'ladi.



6.5-rasm. Mustasil qo'zg'atishli generatorning qisqa tutashuv xarakteristikasi

Agar cho'tka bilan kollektor orasidagi o'zgaruvchan kontakt qarshiligini e'tiborga olmasak (bunda $R_a \approx \text{const}$) QT toki I_{qt} EYK E_a ga, magnit sistema to'yinmaganligi uchun bu tok (I_{qt}) qo'zg'atish tokiga to'g'ri mutanosib ravishda o'zgarar ekan ($I_{qt} \equiv I_{qo'z}$).

Tashqi va rostdash xarakteristikalari. Generatorni ishlatishdagi asosiy ish jarayonni belgilovchi xarakteristika – *tashqi* xarakteristikadir. Odatda, generatorlarga nisbatan qo'yiladigan talab (payvandlash generatorlaridan tashqari) umumiy bo'lib, ularning qo'zg'atish toki $I_{qo'z} = \text{const}$ bo'lganda, yuklama tokining qiymati 0 dan yo'l qo'yilgan qiymatgacha o'zgarganda, generatorlarning chiqish klemmalaridagi kuchlanishi nominal qiymatidan mumkin qadar kam o'zgarishi amaliyot uchun muhimdir.

Tashqi xarakteristika—qo'zg'atish toki $I_{qo'zN} = \text{const}$ va yakorning aylanish chastotasi $n_N = \text{const}$ bo'lganda $U_a = f(I_a)$ bog'liqlikni ifodalaydi. Bu xarakteristikani ahamiyatga ega bo'lgan ikkita hol uchun tahlil qilish foydalidir:

1) salt ishlash rejimda ($I_a = 0$) yakor chulg'amida hosil bo'lgan EYK ning qiymati $E_0 = U_N$ ga to'g'ri kelgan qo'zg'atish toki $I_{qo'z.N} = \text{const}$ bo'lganda yuklama tokini oshirib olish (6.6,a-rasm, 2);

2) yakor chulgʻaming tokini $I_a=I_N$ va kuchlanishi U_N boʻlganda qoʻzgʻatish tokini $I_{qo'z.N} = \text{const}$ qilib, yuklama tokini kamaytirib olish (6,a-rasm, 1).

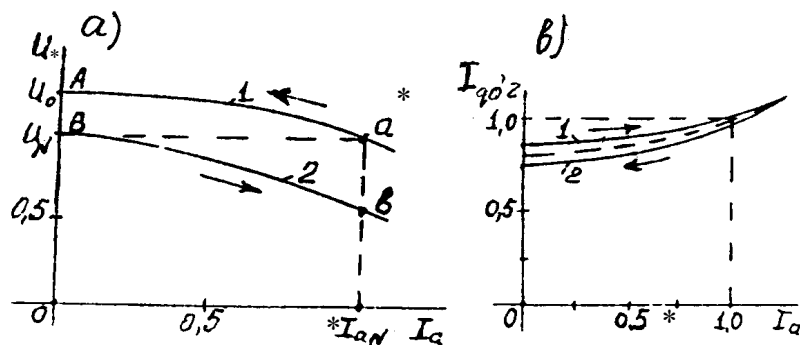
Tashqi xarakteristikani tajribada yuklama tokini $I_a = 0$ dan $I_a = I_N$ gacha oshirib olinganda, generator chiqish klemmlaridagi kuchlanishi, yakor reaksiyasi magnitsizlovchi taʼsirining va yakor zanjiridagi qarshiliklarda kuchlanish pasayishi tufayli bir oz kamayadi (2-egri chiziq). Tashqi xarakteristika egri chizigʻining shakliga yuklama toki tufayli magnit zanjiri toʻyinish darajasining oʻzgarishi ham sabab boʻladi.

Maʼlumki, generatorning kuchlanishi (U_a), natijaviy magnit oqimiga bogʻliq ravishda oʻzgaradigan E_a , yakor zanjiridagi ($I_a R_a$) hamda choʻtkalarda boʻladigan (ΔU_{ch}) kuchlanish pasayishlari bilan aniqlanadi:

$$U_a = E_a - I_a R_a - \Delta U_{ch}. \quad (6.1)$$

Yuklama toki oshirilganda yakor reaksiyasining mashina asosiy maydoniga boʻlgan magnitsizlovchi taʼsiri ortadi. Qoʻzgʻatish toki $I_{qo'z} = \text{const}$ boʻlganligidan, generatorning natijaviy magnit oqimi, demak, EYK E_a ham bir oz kamayadi.

Tashqi xarakteristikani tajribada olishda *davlat standarti tavsiyasi qoʻyidagicha*: yakorning aylanish chastotasi $n = n_N$ va qoʻzgʻatish tokini $I_{qo'z.N} = \text{const}$ holda saqlab, yuklama toki I_a ni nominal qiymatidan 0 gacha kamaytirib olish lozim.



6.6-rasm. Mustaqil qoʻzgʻatishli oʻzgarmas tok generatorining tashqi (a) va rostlash (b) xarakteristikalari

Yuklama toki kamaya borgan sari, koʻndalang yakor reaksiyasi taʼsirining susayishi va yakor zanjirida kuchlanish pasayishi $I_a R_a$ ning kamayishi tufayli, yakor chulgʻami chiqish klemmlaridagi kuchlanish tobora oshadi (6,a-rasm, 1). Tashqi xarakteristika yuklamani oshirib olinganda kuchlanish pasayuvi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta U_{\%} = 100 (U_N - U_a) / U_N, \quad (6.2)$$

bunda U_N – yakor toki $I_a = I_N$ bo‘lganda generator chiqish klemmlaridagi nominal kuchlanish.

Kompensatsion chulg‘ami bo‘lmagan o‘rta quvvatli mashinalarda kuchlanishning oshishi, odatda $(5 \div 10)$ foizni tashkil qiladi.

Rostlash xarakteristikasi. Yakorning aylanish chastotasi $n_N = \text{const}$ va yakorning kuchlanishi $U_N = \text{const}$ bo‘lganida $I_{qo'z} = f(I_a)$ bog‘liqlik – generatorning *rostlash* xarakteristikasini ifodalaydi.

Bu xarakteristikani, *yuklama tokini kamaytirib olingan hol uchun ko‘rib chiqamiz*. (1) formulaga asosan, agar qo‘zg‘atish toki $I_{qo'z}$ ning qiymatini o‘zgartirmay qoldirilsa, yuklama toki I_a ning kamayishi tufayli yakor reaksiyasining kuchsizlanishi va $I_a R_a$ ning kamayishi sababli, generatorning chiqish klemmlaridagi kuchlanish miqdori oshadi. Lekin, shartga ko‘ra, $U_a = U_N = \text{const}$ bo‘lishi kerak, shu maqsadda, rostlash xarakteristikasini olayotgan paytda qo‘zg‘atish toki $I_{qo'z}$ ni kamaytirib borish lozim bo‘ladi (6,b-rasm).

Tajribada rostlash xarakteristikasining ikkita shoxobchasini, ya‘ni yuklama toki I_a ni $0 \leq I_a \leq I_N$ oraliqda tobora oshirib (1-shoxobcha), so‘ngra, tok I_a ni I_N qiymatidan asta-sekin 0 gacha kamaytirib (2-shoxobcha) olinadi. Bunda 1-shoxobcha ikkinchiga nisbatan yuqorida joylashadi. *Bunga sabab*: 1-shoxobchani olishda yuklama toki I_a ning qiymati I_N gacha oshganda bir vaqtning o‘zida qo‘zg‘atish toki $I_{qo'z}$ ham oshiriladi. Bu esa, magnit zanjirining po‘lat qismlarida Φ_{qol} ning nisbatan ko‘payishiga olib keladi, natijada xarakteristikaning 2-shoxobchasini olganda $U_a = U_N = \text{const}$ bo‘lishi uchun kamroq qo‘zg‘atish magnit oqimi (demak, kamroq qo‘zg‘atish toki) talab qilinadi. Bu ikkala shoxobchaning o‘rtasidan o‘tkazilgan punktir chiziq rostlash xarakteristikasi uchun qabul qilinadi (6.6,b-rasm).

Shuni ta’kidlash kerakki, rostlash xarakteristikasi, yuklama tokini o‘zgartirganda generatorning kuchlanishini o‘zgartirmay saqlab turish maqsadida, *qo‘zg‘atish tokini rostlash qonuniyatini* ifodalaydi. Masalan, yuklama tokini oshirganda generator kuchlanishining nominal qiymati U_N ga nisbatan kamayishini bartaraf etish, ya‘ni kuchlanishni $U_N = \text{const}$ qilib saqlash uchun qo‘zg‘atish toki $I_{qo'z}$ ni bir oz oshirish kerak bo‘ladi.

Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorining o'z-o'zini qo'zg'atishi va normal rejimdagi xarakteristikalari

Parallel qo'zg'atishli generatorlarning o'z-o'zini qo'zg'atishi (demak, qo'zg'atish uchun alohida O'T manbai talab qilinmasligi) hamda normal yuklamada turg'un kuchlanish berishi sababli ular amalda keng qo'llaniladi.

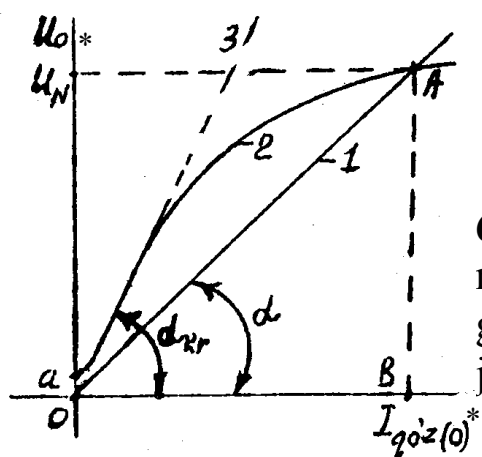
Salt ishlash xarakteristikasi. Bunday generatorning SIX, mustaqil qo'zg'atishli O'T generatorinikiga o'xshagan bo'lib, yuklama toki $I_a=0$ va yakorning aylanish chastotasi $n_N=\text{const}$ bo'lganda, $U_0=f(I_{qo'z})$ bog'liqlikni ifodalaydi. Parallel qo'zg'atishli generatorning, salt ishlashida $I_a=I_{qo'z}$ bo'ladi (mustaqil qo'zg'atishlida esa yakor toki $I_a=0$).

Qo'zg'atish toki $I_{qo'z}$, odatda, yakor zanjiri nominal toki I_{aN} ning (2÷4) foizini tashkil qilgani uchun, O'T generatori kuchlanishi muvozanat tenglamasi (2.1)da kuchlanish pasayishlari ($I_a R_a$ va ΔU_{ch}) kichikligidan ularni e'tiborga olmasdan, $U_0 \approx E_0$ deb hisoblasa bo'ladi.

Parallel qo'zg'atishli generatorning SIX ni tajriba yo'li bilan, kuchlanish U_0 va qo'zg'atish toki $I_{qo'z}$ larning faqat musbat qiymatlari uchun aniqlab olish mumkin, chunki qo'zg'atish tokining ishorasini o'zgartirganda, generatorning kuchlanishi U_0 o'zining 0 qiymati orqali o'tadi va, buning natijasida, mashina magnit zanjirining po'lat qismlaridagi qoldiq magnit oqimi yo'qoladi va mashina o'z-o'zini qayta qo'zg'atish imkoniyatidan mahrum bo'ladi.

Parallel qo'zg'atishli generatorning o'z-o'zini qo'zg'atish jarayoni.

Zavod sinovidan o'tgan har qanday O'T mashinasi magnit zanjirining po'lat qismlarida qoldiq magnit oqimi Φ_{qol} mavjud bo'ladi. Agar shunday magnit oqimi mashinada bo'lmasa, uni hosil qilish uchun tashqi O'T manbaini qo'zg'atish chulg'amiga ulab qisqa muddatli tok o'tkazish kerak bo'ladi.



6.7-rasm. Yakorning aylanish chastotasi $n=\text{const}$ bo'lganda, parallel qo'zg'atishli generatorning o'z-o'zini qo'zg'atish jarayonini tushuntirishga oid chizma

Agar yakor birlamchi motor yordamida aylantirilsa, uning chulg'amida F_{qol} ta'sirida, dastlab kam miqdorda EYK (E_{qol}) hosil bo'lib, uning ta'sirida «yakor chulg'ami–qo'zg'atish chulg'ami» yopiq zanjirida kam miqdorda tok vujudga keladi. Bu tok, o'z navbatida, qo'zg'atish chulg'amida MYK $F_{qo'z}$ ni hosil qilib, uning ta'sirida qo'shimcha magnit oqimi $\Phi_{qo'z}$ hosil bo'ladi. Mashina o'z-o'zini qo'zg'atish uchun bu oqimning Φ_{qol} ga nisbatan *yo'nalishi hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'ladi*. Agar bu oqimlarning yo'nalishi qarama-qarshi bo'lsa, mashinaning magnit zanjiri magnitsizlanadi va o'z-o'zini qo'zg'atish jarayoni boshlanishga imkon bo'lmaydi. Bu oqimlar mos yo'nalgandagina qo'zg'atish oqimining natijaviy qiymati osha boradi. Bu esa yakor chulg'amidagi EYK ning ko'payishiga, demak, qo'zg'atish toki $I_{qo'z}$ va oqimi $\Phi_{qo'z}$ larning oshishiga hamda yakor chulg'ami EYK ning navbatdagi oshishiga olib keladi va hokazo.

Agar $r_{qo'z} = \text{const}$ bo'lsa, qo'zg'atish zanjiridagi kuchlanish pasayishi ($I_{qo'z} \cdot r_{qo'z}$) qo'zg'atish tokiga to'g'ri mutanosib ravishda o'zgaradi (6.7-rasm, 1). Bu to'g'ri chiziq lar o'qi bilan α burchak hosil qilib o'tadi. Bu burchakni uning tangensi orqali qo'yidagicha aniqlanadi:

$$\text{tg } \alpha = (m_u / m_l) \cdot AB / OB = (m_u / m_l) \cdot (I_{qo'z} \cdot \Sigma r_{qo'z}) / I_{qo'z} \equiv \Sigma r_{qo'z}. \quad (6.3)$$

Demak, mashina salt ishlashida o'z-o'zini qo'zg'atish jarayonining tugagan nuqtasi «A» va koordinatalar boshi 0 orqali o'tgan to'g'ri chiziqning abstsissalar o'qiga nisbatan qiyalik burchagi α qo'zg'atish zanjirining qarshiligi $\Sigma r_{qo'z}$ ga to'g'ri mutanosibda bo'lar ekan. $\Sigma r_{qo'z}$ ning ortishi bilan 6.7-rasmdagi A nuqta SIX egri chizig'i bo'yicha 0 nuqta tomon siljiydi. $\Sigma r_{qo'z}$ ning 1-to'g'ri chiziqqa to'g'ri kelgan qiymatidan katta bo'lgan qandaydir qiymatda to'g'ri chiziq SIX egri chizig'ining boshlang'ich qismiga urinma (6.7-rasm, 3) bo'ladi. Qarshilikning ana shu qiymatiga *kritik qarshilik* ($\Sigma r_{qo'z.kr}$) deyiladi. Bunda generator o'z-o'zini qo'zg'ata olmaydi.

Agar qo'zg'atish zanjiri parametrlari $\Sigma r_{qo'z} < \Sigma r_{qo'z.kr}$ bo'ladigan qilib tanlangan bo'lsa, unda «A» nuqtada o'z-o'zini qo'zg'atish jarayonining turg'unligi ta'minlanadi. O'z-o'zini qo'zg'atish jarayonining «A» nuqta bilan cheklanishi magnit zanjirining to'yinishi hodisasi tufayli bo'ladi.

Demak, parallel qo'zg'atishli O'T generatori o'z-o'zini qo'zg'atishi uchun quyidagi shartlar bajarilishi kerak ekan: 1) qoldiq magnit oqimi Φ_{qol} ning mavjud bo'lishi; 2) qo'shimcha magnit oqimi $\Phi_{qo'sh}$ qoldiq magnit oqimi Φ_{qol} bilan bir xil yo'nalishda bo'lishi; 3) qo'zg'atish

zanjirining qarshiligi $\Sigma r_{qo'z}$ kritik qarshilik $\Sigma r_{qo'z.kr}$ dan kichik bo'lishi ($\Sigma r_{qo'z} < \Sigma r_{qo'z.kr}$).

Bu shartlar $n = \text{const}$ ($n > n_{kr}$) bo'lgandagi parallel qo'zg'atishli O'T generatori o'z-o'zini qo'zg'atishining asosiy shartlari hisoblanadi.

Yuklanish xarakteristikasi. Uning tajribada olinishi va o'zgarish xarakteri, xuddi mustaqil qo'zg'atishli generatorlarniki kabi bo'ladi (6.4-rasmga qarang).

Rostlash xarakteristikasi. Parallel qo'zg'atishli O'T generatorining rostlash xarakteristikasi, xuddi mustaqil qo'zg'atishli generatorniki kabi (6.6,b-rasmga qarang), $U_a = U_N = \text{const}$ va $n = n_N = \text{const}$ bo'lganda, $I_{qo'z} = f(I_a)$ bog'liqlikdir. Bu xarakteristika, yuklama tokining har xil qiymatlarida yakor zanjirining kuchlanishini $U_a = U_N = \text{const}$ qilib saqlab turish uchun qo'zg'atish toki $I_{qo'z}$ ning o'zgarishi qanday tarzda bo'lishini ko'rsatadi. Agar yakor toki I_a va yuklama toki I_{yu} larning ozgina farqini e'tiborga olmasak, parallel qo'zg'atishli generatorning rostlash xarakteristikasi mustaqil qo'zg'atishli generatornikidan farq qilmaydi (6.6,b-rasm).

Tashqi xarakteristikasi. Bu xarakteristika $\Sigma r_{qo'z} = r_{qo'z} + r_{sh.r} = \text{const}$ va $n = n_N = \text{const}$ bo'lganda, $U_a = f(I)$ bog'liqlik ko'rinishda bo'ladi.

Parallel qo'zg'atishli generatorning bu xarakteristikasi xuddi mustaqil qo'zg'atishli generatorning tashqi xarakteristikasi kabi, qo'zg'atish sistemasidagi rostlovchi reostatning dastlabki olingan nuqtadagi ($U_a = U_N$) holatini o'zgartirmasdan yuklama tokining o'zgarishi yakor zanjirining chiqishidagi kuchlanishi U_a ga qanday ta'sir qilishini ko'rsatadi.

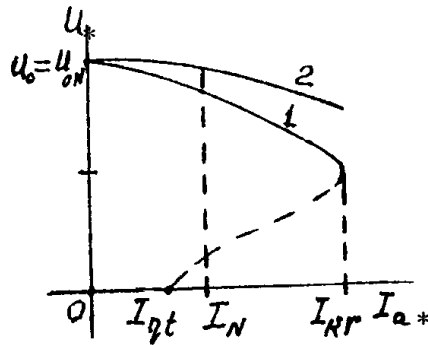
Shuni ta'kidlash kerakki, mustaqil qo'zg'atishli generatorlarda qo'zg'atish toki o'zgarmas bo'lsa, parallel qo'zg'atishli generatorlarda esa, $U_{qo'z} = U_a$ bo'lganligidan qo'zg'atish toki $I_{qo'z}$ o'zgaradi, ya'ni

$$I_{qo'z} = U_{qo'z} / \Sigma r_{qo'z} \neq \text{const} \quad (6.4)$$

bo'ladi. Demak, qo'zg'atish zanjiridagi qarshilik $\Sigma r_{qo'z} = \text{const}$ bo'lsa, qo'zg'atish toki $I_{qo'z}$ generator yakorining kuchlanishiga mutanosib ravishda o'zgarar ekan.

Yuklama tokini oshirib olingan tashqi xarakteristikalarini taqqos-lasak (6.8-rasm), parallel qo'zg'atishlida bu xarakteristika mustaqil qo'zg'atishlinikiga nisbatan pastroqda joylashganini ko'ramiz. *Bu quyidagicha tushuntiriladi.* Agar mustaqil qo'zg'atishli generatorlarda yuklama tokining oshishi bilan kuchlanishning tushishiga: 1) yakor

reaksiyasining magnitsizlovchi ta'siri va 2) yakor zanjiridagi kuchlanishning pasayishi sabab bo'lsa, parallel qo'zg'atishli generatorlarda bunga 3-sabab qo'shiladi, ya'ni yuqorida ko'rsatilgan 2 ta sababga ko'ra, yakor zanjiridagi (demak, qo'zg'atish zanjiridagi) kuchlanishning kamayishi (chunki $U_{qo'z} = U_a$) tufayli qo'zg'atish tokining kamayishi ta'sir ko'rsatadi. Demak, shu 3-sababga ko'ra, parallel va mustaqil qo'zg'atishli generatorlarning tashqi xarakteristikalarini bir-biri bilan farq qiladi.



6.8-rasm. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorining tashqi xarakteristikasi

(1);2– mustaqil qo'zg'atishli generatorning tashqi xarakteristikasi (taqqoslash uchun keltirilgan)

Agar tashqi xarakteristikani tajribada olish jarayonida yuklama qarshiligi R_{yu} ni 0 gacha kamaytirishni davom qildirsak (6.8-rasmda 2-punktir chiziq), yakor toki I_a haddan tashqari oshib ketadi, chunki bunda $U_a = 0$ bo'lib, qisqa tutashuv rejimiga ega bo'lamiz. Yakor tokining yo'l qo'yilgan qiymatidan oshib ketishi yakor chulg'amini ishdan chiqaradi.

Parallel qo'zg'atishli generatorning tashqi xarakteristikasini olishda R_{yu} ni 0 gacha kamaytirsak yuklama toki $I_{yu} = I_a$ o'zining kritik $I_{kr} = (2 \div 2,5) I_N$ qiymatigacha oshib, keyin esa kamaya boradi (6.8-rasm, 1-punktir egri chiziq). *Buni quyidagicha tushuntirish mumkin.* Ma'lumki, R_{yu} qarshilikning kamayishi yuklama tokining oshishiga olib kelishi kerak, ammo yuqorida ko'rsatilgan 3 ta sababga ko'ra generatorning chiqish klemmalaridagi kuchlanishning kamayishi, teskari yo'nalishda ta'sir qiladi. Yuklama tokining qiymati yuklama qarshiligi va generator kuchlanishining qiymatlariga bog'liq ravishda o'zgaradi.

Xulosa qilib shuni ta'kidlash mumkinki, mustaqil va parallel qo'zg'atishli generatorlarning xarakteristikalarini va xossalari yuklama tokining $I_a = 0$ dan $I_a = I_N$ gacha o'zgarishida bir-biridan kam farq qiladi.

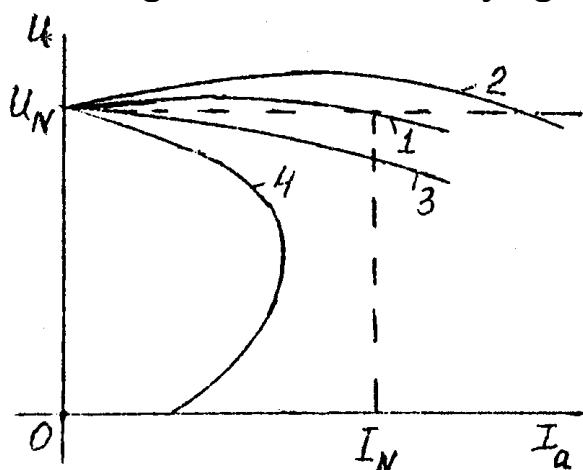
Aralash qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorining xarakteristikalar

Dastlabki ma'lumotlar. Bu turdagi generatorning ikkita qo'zg'atish chulg'ami bo'lib, ulardan bittasi yakor chulg'amiga parallel qilib, ikkinchisi esa unga ketma-ket qilib ulanadi.

Ketma-ket qo'zg'atish chulg'ami faqat aralash qo'zg'atishli generatorlarda yaxshi samara beradi. Parallel (F_{sh}) va ketma-ket (F_s) qo'zg'atish chulg'amlari hosil qilgan MYK larning birgalikdagi ta'siridan umumiy qo'zg'atish oqimi $\Phi_{qo'z}$ vujudga keltiriladi. Ko'pincha qo'zg'atish chulg'amlari, ular hosil qilgan magnit oqimlari bir xil yo'naladigan qilib ulanadilar. Ketma-ket qo'zg'atish chulg'ami yakor reaksiyasi MYK ni va yakor zanjirida kuchlanish pasayuvi ($I_a R_a$) ni kompensatsiyalaydi. Shu tarzda generator klemmlaridagi kuchlanishni avtomatik ravishda rostdlashga erishiladi.

Aralash qo'zg'atishli generatorlar magnit zanjirining to'yinish darajasi kam bo'lgan mashinalar turiga kiradi.

Tashqi xarakteristikasi. Bu xarakteristika, parallel qo'zg'atish zanjiridagi qarshilik $\Sigma r_{qo'z} = \text{const}$ va $n = n_N = \text{const}$ bo'lganda $U_a = f(I_a)$ bog'liqlikni ifodalaydi. Bu xarakteristika, normal ishlatish xarakteristikasi bo'lganligidan uning tahlili katta ahamiyatga egadir.



6.9- rasm. Aralash qo'zg'atishli generatorning tashqi xarakteristikalar

(1; 2; 4); 3 – parallel qo'zg'atishli uchun (taqqoslash uchun keltirilgan)

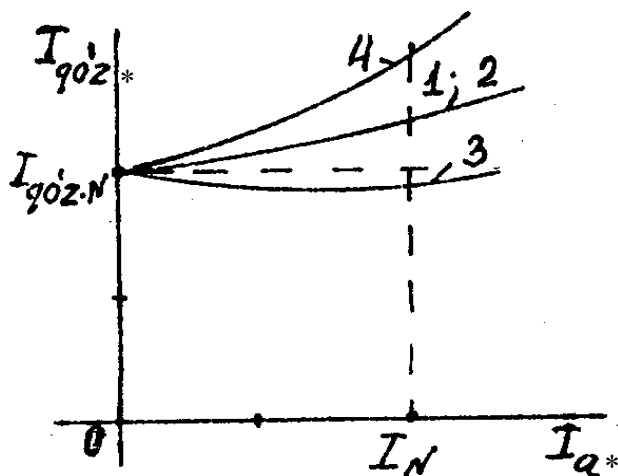
Ketma-ket qo'zg'atish chulg'amining o'ramlar soni shunday tanlanadiki, u hosil qilgan MYK yakor reaksiyasini va yakor zanjirida kuchlanish pasayishini, $I_a = I_N$ qiymatda bartaraf qilsin (6.9-rasm). Ammo, ko'pincha generator klemmlaridagi kuchlanishni bir xil qilish talab

qilinmay (6.9-rasm,1), balki elektr energiya iste'molchilaridagi kuchlanishning qiymati $U_N = \text{const}$ bo'lishi talab qilinadi. Buning uchun, qo'shimcha ravishda liniya simlaridagi kuchlanish pasayishini ham bartaraf qilish kerak bo'ladi. Buning uchun ketma-ket qo'zg'atishli chulg'amning o'ramlari w oshiriladi (6.9-rasm, 2).

Bu rasmda har xil qo'zg'atishli (ketma-ket qo'zg'atishlidan boshqa) o'zgarmas tok generatorlarining yuklamasi oshirib olingan tashqi xarakteristikalar taqqoslangan. Parallel va ketma-ket qo'zg'atish chulg'amlari qarama-qarshi ulangan hol (6.9-rasm, 4) payvandlash generatorlarida ishlatiladi.

Rostlash xarakteristikasi. Bu xarakteristika, $U_a = U_N = \text{const}$ va $n = n_N = \text{const}$ bo'lgandagi $I_{qo'z} = f(I_a)$ bog'liqlikni ifodalaydi. Bu xarakteristika aralash qo'zg'atishli generatorning tashqi xarakteristikasi ko'rinishiga bog'liq bo'ladi. Generatorning ketma-ket qo'zg'atishli chulg'amining o'ramlari sonini ko'proq qilib, ya'ni yuklama toki o'sishi bilan yakor zanjirining chiqish klemmlaridagi kuchlanishi oshadigan qilib tayyorlansa, unda bu generatorning rostlash xarakteristikasi 6.10- rasmdagi 3-egri chiziq ko'rinishida bo'ladi.

Bu xarakteristikalar, yuklama toki o'zgarishi bilan, generatorning kuchlanishi $U = U_N = \text{const}$ bo'lishi uchun, parallel qo'zg'atish chulg'amidagi tokni qanday o'zgartirish kerakligini ko'rsatadi.



10-rasm. Qo'zg'atish chulg'amlari har xil ulanish sxemalariga xos bo'lgan aralash qo'zg'atishli generatorlarning rostlash xarakteristikalarini

Qo'zg'atish chulg'amlari to'g'ri yoki teskari ulanganligini yuklanish usuli bilan tekshirish mumkin. Buning uchun salt ishlashda yakorning aylanish chastotasi $n = n_N$ bo'lganda generatorni nominal kuchlanishga qadar qo'zg'atiladi. Shuni eslatib o'tish lozimki, faqat parallel qo'zg'atish

chulgʻamidagi tokning yoʻnalishini oʻzgartirib, qoʻzgʻatish chulgʻamlarining oʻzaro ulanishlarini oʻzgartirib boʻlmaydi, bunga sabab, parallel qoʻzgʻatish chulgʻamidagi tok yoʻnalishining oʻzgarishi yakor chulgʻamidagi EYK ning yoʻnalishini oʻzgartiradi, bu esa, oʻz navbatida, yakor tokining va ketma-ket qoʻzgʻatish chulgʻamidagi tokning ham yoʻnalishini oʻzgartiradi.

Sinov savollari

1. Mustaqil qoʻzgʻatishli OʻTG ning tashqi va rostlash xarakteristikalarini tahlil qilib bering.
2. Parallel qoʻzgʻatishli OʻTG ning mustaqil qoʻzgʻatishli turidan asosiy afzalligi nimadan iborat?
3. Mustaqil qoʻzgʻatishli OʻTG ni qoʻzgʻatish jarayoni qanday sodir boʻladi?
4. Oʻzgarmas tok generatori (OʻTG)ning tuzilishi va ishlash prinsipini soʻzlab bering.
5. Parallel qoʻzgʻatishli OʻTG ning oʻz-oʻzini qoʻzgʻatish jarayoni qanday sodir boʻladi?
6. Aralash qoʻzgʻatishli OʻTG dagi ketma-ket qoʻzgʻatish chulgʻami qanday vazifani bajaradi?

7-laboratoriya ishi

Parallel qo'zg'atishli o'zgaras tok motorini tekshirish

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Parallel qo'zg'atishli o'zgaras tok motori (O'TM) ning tuzilishi va ishlashi bilan tanishish.

2. Parallel qo'zg'atishli O'TM ni ishga tushirish, aylanish yo'nalishini teskariga o'zgartirish va tezligini rostlashni o'rganish.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Parallel qo'zg'atishli O'TM ning tezlikni rostlash usullari:

a) Qo'zg'atish tokini o'zgartirib I_a , $n=f(i_q)$ bunda $U_a=U_n=\text{const}$, $I_{\text{gen}}=\text{const}$, $i_{q\text{gen}}=\text{const}$ bo'lganda olish.

b) Yakor chulg'amidagi kuchlanishni o'zgartirib: I_a , $n=f(U_a)$ bunda $i_q=i_{qn}=\text{const}$, $I_{\text{gen}}=\text{const}$, $i_{q\text{gen}}=\text{const}$ bo'lganda olish.

3. Ish bajarish tartibi va hisobot tayyorlash bo'yicha ko'rsatmalar

1. Tajriba o'tkaziladigan sxemani chizib olish kerak va har bir elementning vazifasini bilish kerak.

2. Tekshirilayotgan motorning va yuklantiruvchi generatorning pasport qiymatlarini yozib olish kerak.

3. Motorni tekshirish 7.1- rasm bo'yicha amalga oshiriladi.

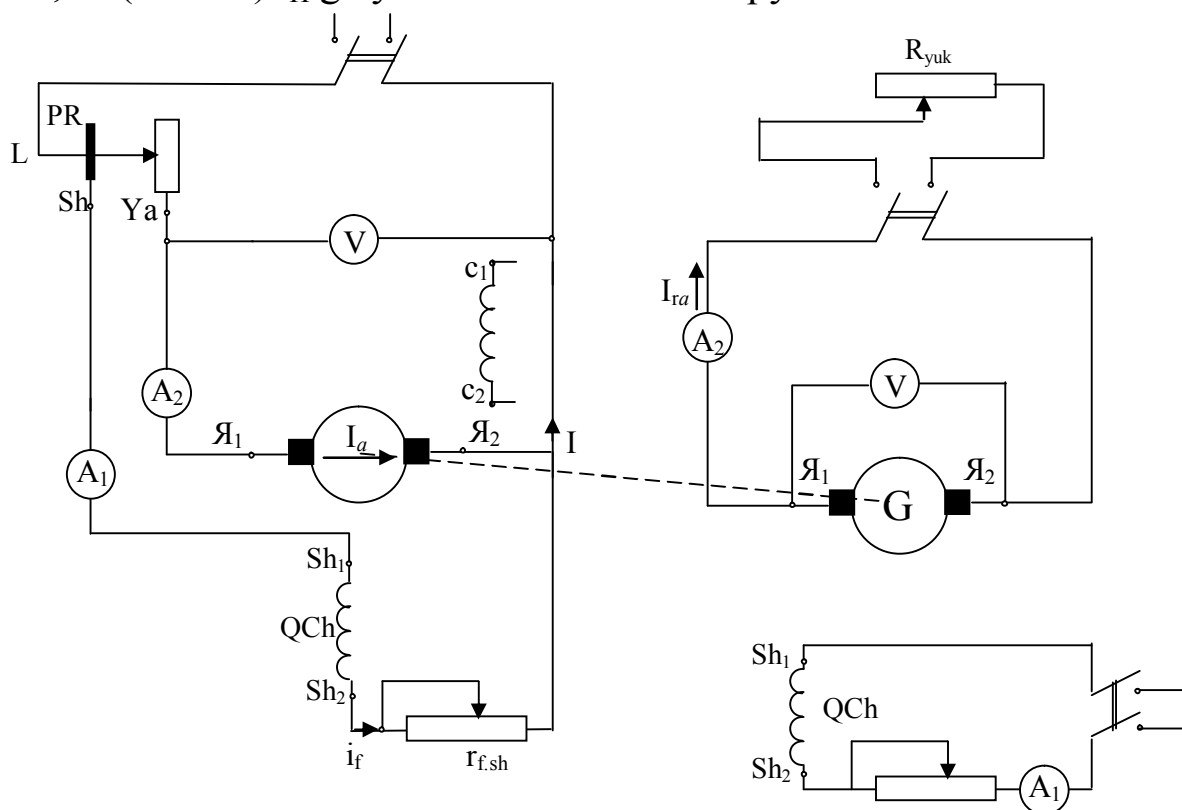
4. Yuklantiruvchi generator mustaqil qo'zg'atishli generator sxemasi bo'yicha yig'iladi.

5. Motorni revers (aylanish yo'nalishini o'zgartirish) qilish uchun chulg'amlardan birida tok yo'nalishini o'zgartirish kerak. Buning uchun yo qo'zg'atish chulg'amini yoki yakor chulg'amini uchlarni almashtirib ulash kerak. Agar ikkala chulg'amdagi tok yo'nalishi baravar o'zgartirilsa mashinaning aylanish yo'nalishi o'zgarmaydi.

6. Qo'zg'atish tokini nominal qiymati shunday o'rnatiladiki $U=U_H$ bo'lganda yakor toki $I_a=I_H$ va aylanish tezligi $n=n_H$ bo'lishi kerak. U_H, n_H, I_H kattaliklarining qiymatini o'qituvchi studentlarga aytadi.

7. Rostlash tavsifini olinayotganda aylanish tezligi qo'zg'atish tokini kamayishi hisobiga o'zgaras ushlanadi. Yakor tokining qiymati $I_a=(1.1-1.2)I_H$ bo'ladi.

8. Aylanish chastotasini bu tajribada nominaldan oshirib rostlanadi. Buning uchun motorning qo'zg'atish tokini kamaytiramiz shuning hisobiga motorning aylanish chastotasi kuchlanishi, yuklantiruvchi generatorning yakor toki o'zgaradi. Ularni o'zgaras qilib ushlab uchun avval generatorning qo'zg'atish tokini P3 qarshilik yordamida kamaytiramiz, so'ng P4 qarshilik yordamida yuklantiruvchi generatorning yakor tokini o'zgaras qilib ushlaymiz. Aylanish tezligini sekin asta oshirib, $n=(1.3-1.4)n_H$ ga yetkazamiz va 5-6 ta qiymat olamiz.



7.1-rasm. Parallel qo'zg'atishli o'zgaras tok motori tavsiflarini tajribada tekshirishga oid elektr sxema.

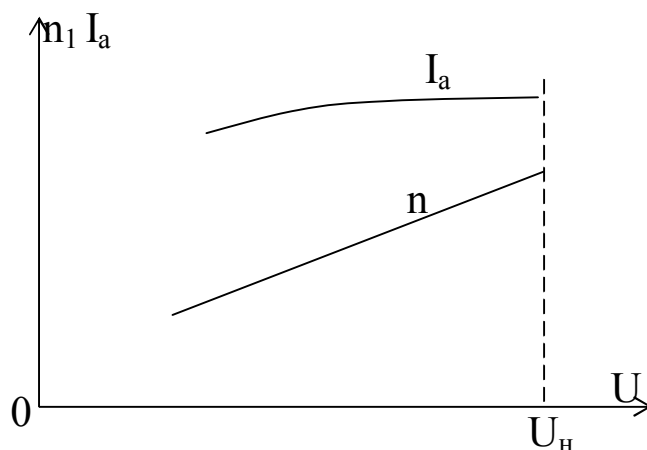
[BM-birlamchi motor, G-generator yakor chulg'ami, QCh-qo'zg'atish chulg'ami, A₁-kam qiymatli tokni o'lchaydigan ampermetr, A₂-katta qiymatli tokni o'lchaydigan ampermetr]

9. Motorning aylanish chastotasini kuchlanishni o'zgartirib rostlash uchun valdagi momentni yuklantiruvchi generatorning elektromagnit momentini o'zgaras silib ushlanadi. Chunki

$$M_r = I_{ar} \Phi_r$$

Bu yerda I_{ar} –generatorning yuk toki, Φ_r – generatorning foydali magnit oqimi u yakor chulg'ami F_a magnitlovchi kuchini qo'zg'atish chulg'ami F_f magnitlovchi kuchi bilan o'zaro ta'siridan aniqlanadi. Yuklantiruvchi

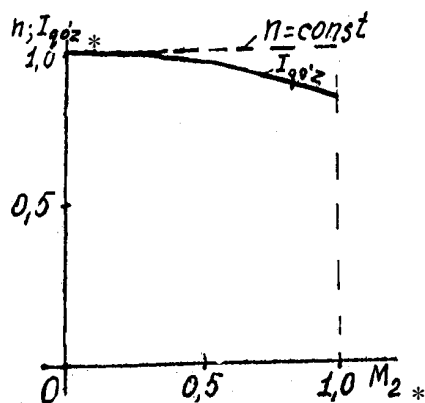
generatorning yakor va qo'zg'atish toki o'zgarmas bo'lganda foydali magnit oqim hamda motorning elektromagnit momenti o'zgarmas bo'ladi.



7.2-rasm. Tezlikni rostdash tavsifi

Tajriba yakor chulg'amidagi kuchlanishni kamaytirib olinadi. Buning uchun yakor zanjiridagi rostlovchi qarshilikni o'zgartiriladi. Bu paytda motorning aylanish tezligi va generatorning yakor toki kamayadi. Tajriba kuchlanishning mumkin bo'lgan minimal qiymatigacha olinadi. Bu vaqtda P1 rostlovchi qarshilik butunlay kiritilgan bo'ladi. Tajriba qiymatlaridan foydalanib $n, I_a = f(U_a)$ bog'lanishni quramiz. Bu yerda $i_f = \text{const}$, $I_{\text{gen}} = \text{const}$, $i_{f,\text{gen}} = \text{const}$.

Tajriba qiymatlaridan foydalanib $n, I_a = f(i_f)$ bog'lanishni quramiz. Bu yerda $U = \text{const}$, $I_{\text{gen}} = \text{const}$, $i_{f,\text{gen}} = \text{const}$.



7.3-rasm. Qo'zg'atish tokini o'zgartirib tezlikni rostdash

4. Ishni bajarish yuzasidan qisqacha nazariy tushunchalar

Boshqa EM lari kabi O'T mashinalari ham Lens kashf qilgan *qaytarlik xossasiga* binoan, ular generator sifatida ham, motor sifatida ham ishlay oladilar.

Tuzilishi. O‘TM ning tuzilishi generatornikidan farq qilmaydi, ya’ni *qo‘zg‘almas qismi* – *stator*: stanina, bosh va qo‘shimcha qutblar, qo‘zg‘atish chulg‘ami, cho‘tkalari tutqich (cho‘tkalari bilan), podshipnik qalqonlari va boshqa yordamchi qismlardan iborat (7.4-rasm).

Asosiy qutblar mashinaning asosiy magnit oqimini hosil qiladi. Qo‘shimcha qutblar esa mashinaning cho‘tkalari joylashgan o‘qi, ya’ni geometric neytral (ko‘ndalang o‘qi) bo‘yicha yuklama tokiga mutanosib ravishda o‘zgaradigan magnit maydonini hosil qilib, cho‘tkalarning uchqunsiz ishlash sharoitini (kommutatsiyani) yaxshilaydi.

Aylanadigan qismi – *yakor*. Tuzilishi: yakor chulg‘ami, kollektor, ventilyator, podshipnik, val va boshqa yordamchi qismlardan iborat (3.4-rasm).

Yakorning o‘zagi qalinligi 0,5 mm bo‘lgan elektrotexnik po‘lat list (tunuka)lardan yig‘iladi. Bu holda uyurma toklar tufayli hosil bo‘ladigan isroflar kamayadi.

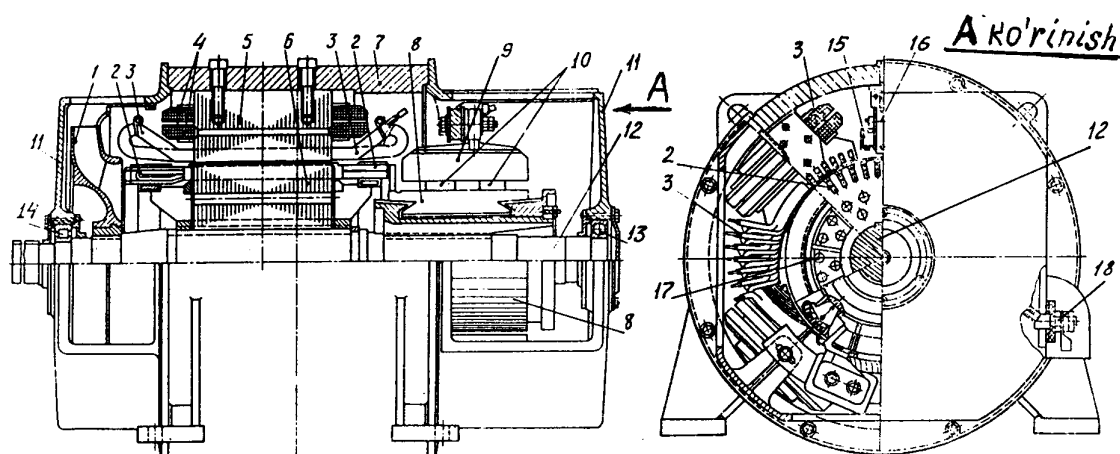
Ishlash prinsipi. O‘TM larining ishlashi «magnit maydoniga joylashtirilgan tokli o‘tkazgich orasida o‘zaro ta’sir kuchi vujudga kelishi»ga asoslangan. Bu hodisaning asosida quyidagi kashfiyotlar: «tokli o‘tkazgich ning magnit strelkasiga ta’siri» (Ersted); «tokning magnit qutbiga ta’siri» (Bio va Savar) va Amporning «Elektrodinamik xodisalar nazariyasi» yotadi.

Agar O‘T mashinasi O‘T energiya manbaiga ulansa, mashinaning qo‘zg‘atish chulg‘amidan va yakor chulg‘amidan toklar o‘tadi. Yakor toki qo‘zg‘atish maydoni (asosiy maydon) bilan ta’sirlashib yakor validagi elektromagnit moment M ni hosil qiladi. Lekin bu moment generatordagi singari tormozlovchi emas, balki aylantiruvchi bo‘ladi va uning ta’sirida mashina yakori aylana boshlaydi. Bu holda mashina, tarmoqdan elektr energiyani olib, motor sifatida ishlaydi va uni mexanik energiyaga aylantiradi.

O‘T mashinasi generator sifatida ishlaganida kollektor va cho‘tkalar *to‘g‘rilagich vazifasini* bajaradi. Motor rejimida ishlaganida esa, kollektor va uning sirtiga tegib turuvchi cho‘tkalarni, o‘tkazgichlaridan o‘zgaruvchan tok o‘tuvchi yakor chulg‘amini O‘T tarmog‘i bilan bog‘lovchi, chastota o‘zgartirgich, deb qarash mumkin.

Qutblarning berilgan qutbiyligi (ishorasi)da va yakor aylanishining ma’lum yo‘nalishida yakor chulg‘amidagi EYK ning yo‘nalishi generator va motor rejimlarida ishlaganida bir xil bo‘lib, yakor chulg‘ami tokining yo‘nalishi har xil bo‘ladi. Shu sababdan O‘TM yakorining magnit maydoni

generator rejimdagiga nisbatan yoʻnalishi teskari boʻlib, yakor reaksiyasi ham teskari taʼsir qiladi, yaʼni:



7.4-rasm. Umumiy maqsadli P seriyaga mansub boʻlgan oʻzgarmas tok motori:

1 – ventilyator; 2 – yakor chulgʻami; 3 – kompensatsion chulgʻam; 4 – bosh qutb qoʻzgʻatish chulgʻamining gʻaltagʻi; 5 – bosh qutb oʻzagi; 6 – yakorning poʻlat oʻzagi; 7 – stanina (tana gardishi); 8 – kollektor plastinasi; 9 – choʻtka tutqich; 10 – choʻtkalar; 11, 11' – oldingi va orqa tomondagi podshipnikli qalqonlar; 12 – val; 13, 14 – sharikli (kollektor tomondagi) va rolikli (orqa tomondagi) podshipniklar; 15 – qoʻshimcha qutb qoʻzgʻatish chulgʻamining gʻaltagʻi; 16 – qoʻshimcha qutb oʻzagi; 17 – ventilyatsion kanallar; 18 – qisqich

1) choʻtkalar geometrik neytralda boʻlganida koʻndalang yakor reaksiyasi asosiy magnit maydonini qutb oʻqidan oʻng tomonida susaytiradi, uning chap tomonida esa, kuchaytiradi;

2) choʻtkalar yakor aylanishi tomonga siljigan boʻlsa, yakorning boʻylama magnit yurituvchi kuchi (MYK) ham vujudga keladi, agar choʻtkalar teskari tomonga siljigan boʻlsa, bu MYK boʻylama magnitsizlovchi taʼsir qiladi.

Odatda, OʻTMda choʻtkalarni yakor aylanishiga teskari tomonga siljiriladi, bu holda MYK magnitsizlovchi taʼsir qilib, yakor aylanish chastotasini oʻzgartiradi. OʻTM larining ish jarayoni: ishga tushirish, ish, mexanik, rostlash va tormozlash xarakteristikalaridan iborat boʻladi. Ish jarayonining asosiy tenglamalari. OʻTM larining istalgan rejimdagi ishini momentlarining va elektr yurituvchi kuchlarining muvozanat tenglamalari belgilaydi.

OʻTM da asosiy maydon va yakor chulgʻamining tokli oʻtkazgichlari oʻzaro taʼsirlashuvi natijasida hosil boʻladigan elektromagnit moment M_{em}

yakorni aylanma harakatga keltiradi va shu sababli, uni *aylantiruvchi moment* deyiladi. Uning kattaligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$M = Np \cdot \Phi \cdot I_a / (2\pi \cdot a) = C_M \Phi \cdot I_a \quad (7.1)$$

bu yerda: N , a – tegishli yakor chulg‘amining o‘tkazgichlari va parallel shoxobchalari sonlari; p – mashinaning juft qutblari soni; $C_m = p \cdot N / (2\pi \cdot a)$ – berilgan mashinaning konstruksiyasiga bog‘liq bo‘lgan o‘zgarmas kattalik; Φ – mashinaning natijaviy magnit oqimi.

O‘TM momentlarining muvozanat tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$M = M_0 + M_2 \pm M_D, \quad (7.2)$$

bunda $M_D = J \cdot d\omega/dt$ – dinamik moment. Bu momentning «musbat» ishorasi – rotor tezlanishda bo‘lganida va «manfiy» ishorasi esa rotor aylanishi sekinlashganda qabul qilinadi.

(7.2) tenglamadan: O‘TMning istalgan rejimdagi ishida uning aylantiruvchi (M_{em}) va tormozlovchi (M_t) momentlari miqdor jihatdan o‘zaro teng va yo‘nalishi jihatdan qarama-qarshidir, *degan xulosa kelib chiqadi*.

Barqarorlashgan ish rejimda O‘TM $n = \text{const}$ aylanish chastota bilan ishlaydi, demak, bu rejimda $M_D = 0$, shuning uchun (2) ifoda quyidagicha yoziladi:

$$M = M_0 + M_2 \quad (7.3)$$

O‘TMning yakori magnit maydonda aylanganida yakor chulg‘ami o‘tkazgichlarida, elektromagnit induksiya qonuniga muvofiq, EYK vujudga keladi. Uning qiymati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$E_a = C_E \Phi \cdot n, \quad (7.4)$$

bunda $C_E = p \cdot N / (60a)$ – berilgan mashina uchun o‘zgarmas bo‘lgan kattalik; n – yakorning aylanish chastotasi.

Bu EYK ning yo‘nalishi yakor chulg‘ami toki yo‘nalishiga qarama-qarshi

bo‘ladi, demak, yakor zanjiri uchlariga berilgan kuchlanish U ga ham teskari yo‘nalgan bo‘ladi. Shu sababli O‘TM yakor chulg‘amining EYK ($-E_a$) – *teskari EYK* deyiladi.

O‘TM EYK larining muvozanat tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\text{a) umumiy hol uchun: } U = e_a + i_a R_a + L_a di_a/dt; \quad (7.5)$$

$$\text{b) barqaror ish rejimi uchun: } U = E_a + I_a R_a, \quad (7.6)$$

bunda e_a va i_a – yakor chulg‘ami EYK va toklarining oniy qiymatlari; R_a – yakor zanjirining to‘la qarshiligi; $L_a \cdot di_a/dt = 0$; E_a – teskari EYK ($-E_a$) ni muvozanatlaydigan kuchlanishning tashkil etuvchisi; barqaror rejimda tok I_a ham miqdor jihatdan o‘zgarmasdir.

(7.6) dan yakor tokining qiymatini topamiz:

$$I_a = (U - E_a) / R_a \quad (7.7)$$

(7.7) tenglama O'TM ishini xarakterlovchi *nihoyatda muhim tenglama* hisoblanadi.

O'zgarmas tok motorlarini ishga tushirish: Ishga tushirish jarayoni quyidagilar bilan, ya'ni: a) ishga tushirish tokining karrali ($I_{i,t}/I_N$); b) ishga tushirish momentining karrali ($M_{i,t}/M_N$); v) ishga tushirish jarayonining ravonligi; g) ishga tushirish davri $t_{i,t}$; d) ishga tushirish uskunalarining tannarxi va energiya sarflari bilan xarakterlanadi.

O'TM larini ishga tushirishning quyidagi usullari qo'llaniladi:

1) bevosita («reostatsiz») ishga tushirish, bunda yakor chulg'ami to'g'ridan-to'g'ri, ya'ni reostatsiz elektr tarmog'iga ulanadi.

2) reostatli ishga tushirish, bunda tokning qiymatini cheklash maqsadida yakor zanjiriga ketma-ket qilib maxsus ishga tushirish reostati yoki qo'shimcha qarshilik ulanadi.

3) maxsus ishga tushirish agregati yordamida ishga tushirish (bunda yakor chulg'amiga beriladigan kuchlanishni ravon oshirish ko'zda tutiladi).

a) O'TMni bevosita ishga tushirish. Dastlabki paytda motorning aylanish chastotasi $n = 0$ bo'lganligidan, yakor chulg'ami EYK $E_a = 0$ bo'lib, yakor chulg'amining toki quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$I_{i,t} = U / R_a \quad (7.8)$$

Yakor zanjiri qarshiligi r_a ning qiymati kichik bo'lganligidan ishga tushirish toki nominal tokka nisbatan 10÷20 marta katta bo'lib, mashina kollektorida kuchli uchqun chiqishiga olib keladi va zarbiy moment hosil bo'ladi. Bu hol O'TM ulangan tarmoq uchun ham, motorning valiga ulangan mexanizm uchun ham zararlidir. Shu sababli O'TM ni bevosita ishga tushirish usuli faqat kam quvvatli elektr motorlarida qo'llaniladi, chunki bunday EMLarida yakor chulg'ami qarshiligi r_a ning qiymati nisbatan katta bo'ladi (chunki qarshilik r_a ning qiymati simning kesim yuzasiga tes-kari mutanosibda bo'lishligidir).

Hozirgi vaqtda ishga tushirish toki nominal tokdan 6÷8 marta oshganda ham, quvvati 6 kW gacha bo'lgan O'TM larini reostatsiz (tezkor avtomatlar qo'llash yo'li bilan) ishga tushirish mumkinligi aniqlangan. Bunda aylanish chastotani oshirish jarayoni yakor zanjiriga bir nechta kuchlanish impulsini berib amalga oshiriladi, ya'ni tokning qiymati oldindan belgilangan qiymatga yetganda yoki undan oshganda avtomat yakor zanjirini uzib qo'yadi va bu tok oldindan belgilangan qiymatga kamayganda avtomat yakor zanjirini tarmoqqa qaytadan ulab beradi.

b) O‘TM ni «reostatli» ishga tushirish. Quvvati $P > 0,5 \text{ kW}$ bo‘lgan larida ishga tushirish tokini kamaytirish uchun yakor zanjiriga ketma-ket qilib ishga tushirish reostatini ulaydilar. Ishga tushirish jarayoni silliq o‘tishi uchun ishga tushirish reostati qarshiligini, odatda alohida elementlardan iborat bo‘lgan ko‘p pog‘onali (1...4) qilib bajariladi. Bu holda ishga tushirish toki quyidagiga teng bo‘ladi:

$$I_{i,t} = U / (r_a + R_r), \quad (7.9)$$

bu yerda R_r – ishga tushirish reostatining qarshiligi.

O‘TM ni ishga tushirish davri $t_{i,t}$ nisbatan ko‘p bo‘lmaganligidan, ishga tushirish reostatining qarshiligi shunday tanlanadiki, bunda ishga tushirish toki $I_{i,t} \leq (2 \div 3) I_N$ bo‘lishi kerak.

Quvvati katta bo‘lgan O‘TM larini ishga tushirish uchun reostatlarni qo‘llash maqsadga muvofiq bo‘lmaydi, sababi, bunda O‘TM aylanuvchi qismlari massasining momenti J ga to‘g‘ri mutanosib bo‘lgan energiya isroflari katta bo‘ladi. Shuning uchun bunday O‘TM ni ishga tushirishda kuchlanishni kamaytirish yo‘li maxsus ishga tushirish agregatidan foydalanib amalga oshiriladi (masalan, elektrovozning tortish O‘TM larini ishga tushirishda) yoki elektr motorlarini «generator – motor» sxemasi yordamida ishga tushiriladi.

v) Parallel qo‘zg‘atishli motorni ishga tushirish. Reostatli ishga tushirish amalda eng ko‘p qo‘llaniladigan usuldir.

7.5-rasmدا uchta (L , Sh , Ya) uchli ishga tushirish reostatining sxemasi ko‘rsatilgan. Ko‘rilayotgan reostat o‘zaro ketma-ket ulangan to‘rtta pog‘onadan iborat. Bular 6 ta kontaktga ega bo‘lib, ulardan boshlang‘ichi – nol (0), to‘rtta (1÷4) oraliqdagi va oxirgisi (5) – ishchidir. 4 – pog‘onaning oxiri 5 –kontakt va « Ya » harfi bilan belgilangan ulanish joyiga birlashtirilgan: « M » harfi bilan belgilangan misdan yasalgan yoy esa « Sh » harfi bilan belgilangan ulanish joyiga birlashtirilgan. Siljiydigan kontaktlari reostatining tutqichiga mahkamlangan va « L » harfi bilan belgilangan ulanish joyi bilan birlashtirilgan bo‘lib, bu kontaktlar yordamida tarmoq simining birontasiga ulanadi.

Ishga tushirishdan oldin reostatning tutqichiga mahkamlangan siljiydigan kontaktning uchi «0» kontaktida bo‘lilishi shart.

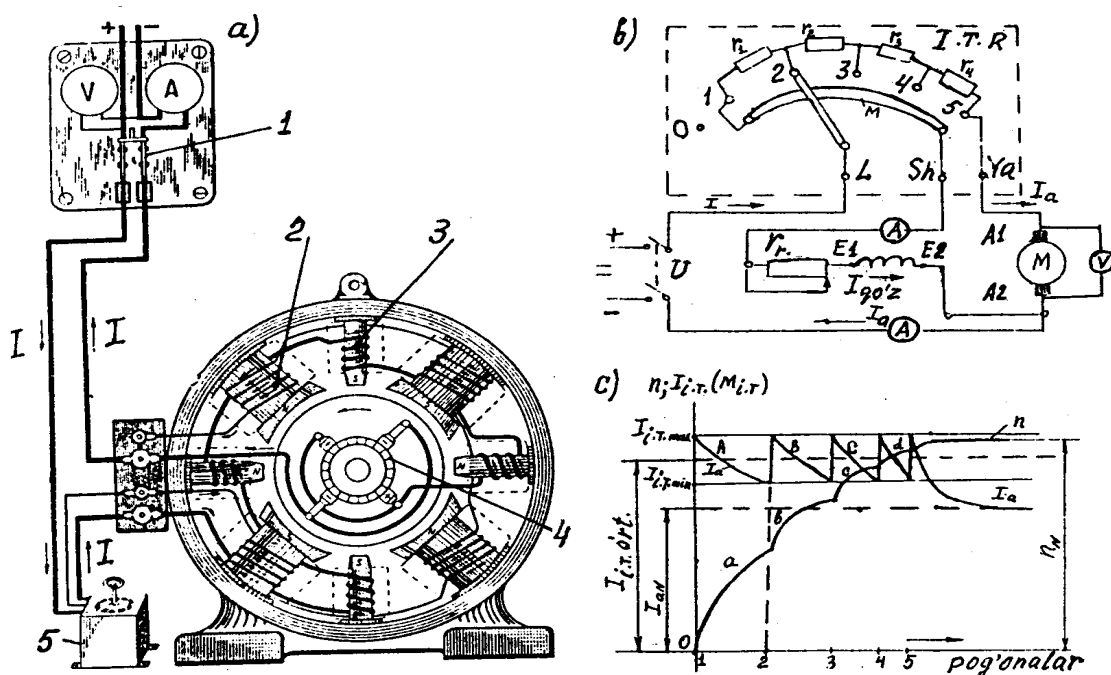
Yakor zanjiridagi ishga tushirish tokining cheklangan qiymatida ishga tushirish momentini oshirish maqsadida asosiy qutb magnit oqimining qiymatini ko‘paytirish uchun qo‘zg‘atish sistemasidagi rostlash reostatining qarshiligi $r_{r,qo'z} \approx 0$ bo‘lishi kerak (7.5,a-rasm). Ishga tushirish reostatining tutqichini kontakt «0» dan kontakt «1» ga ko‘chirganda qo‘zg‘atish chulg‘amiga, darhol, qiymati $U_N = U$ bo‘lgan

kuchlanish beriladi, yakor chulg'amiga esa, uning zanjiri bu holda ishga tushirish reostatining to'la $R_{i.t.r} = r_1 + r_2 + r_3 + r_4$ qarshiligiga ulanganligi sababli, pasaygan kuchlanish beriladi. Natijada qo'zg'atish chulg'amidagi tokning qiymati katta bo'lib, yakor zanjiridan esa (7.9) tenglama bilan aniqlanadigan tok o'tadi. Ishga tushirishning boshlanishida yakorning aylanish chastotasi $n = 0$ bo'lganligidan (7.9) ning suratidagi $E_a = 0$ bo'ladi.

Agar yakor reaksiyasi O'TM ning asosiy magnit oqimiga ta'sir qilmaydi deb hisoblasak, unda $\Phi = \text{const}$ bo'ladi. Tok $I_{i.t.\text{max}}$ ga boshlang'ich ishga tushirish momenti to'g'ri keladi:

$$M_{i.t.} = S_m \Phi I_{i.t.\text{max}} \quad (7.10)$$

Agar bu moment $M_{i.t.} > M_{st} = M_0 + M_2$ bo'lsa, unda O'TM ning yakori aylana boshlaydi. Bunda yakor chulg'amini hosil qiladigan o'tkazgichlar o'zgarmas magnit oqimning kuch chiziqlarini kesadi va, $I_{qo'z} = \text{const}$ bo'lganligidan, bu o'tkazgichlarda yakorning aylanish chastotasi n ga mutanosib bo'lgan teskari EYK vujudga keladi (7.5, b-rasm, «a» egri chizig'i). Shu rasmdagi «A» egri chiziq esa, teskari EYK vujudga kelganligi tufayli (7.9) ifodaga binoan,



7.5-rasm. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorda:
a–tajriba o'tkazish qurilmasi (bunda: 1–ulab-uzgich;
2–qo'zg'atish chulg'ami; 3–qo'shimcha qutb chulg'ami;
4–kollektor; 5–ishga tushirish reostati); b–motorni ishga tushirish sxemasi (ITR – ishga tushirish reostati, M–mis yoyi); c–«reostatli» ishga tushirish jarayonidagi tok, moment va aylanish chastotalarining o'zgarish xarakteri

ishga tushirish tokining va (10) ifodaga ko'ra bu tokka mutanosib bo'lgan ishga tushirish momentining kamayishini ko'rsatadi (chunki qo'zg'atish toki $I_{qo'z} = \text{const}$ bo'lganda qo'zg'atish magnit oqimi ham $\Phi_{qo'z} = \text{const}$ bo'ladi va bitta «A» egri chizig'i orqali har xil masshtabda ifodalangan ishga tushirish toki $I_{i,t}$ va ishga tushirish momenti $M_{i,t}$ ko'rsatilgan).

Ishga tushirish toki $I_{i,t,\min}$ qiymatgacha kamayganda reostatining «T» tutqichi kontakt «2» ga ko'chiriladi (bunda 1-pog'onaning qarshiligi r_1 keyingi jarayonda qatnashmaydi). Bu holda tok yana $I_{i,t,\max}$ gacha yetadi va O'TM ning aylanish chastotasi ham «v» egri chizig'i bo'ylab o'sadi, bunda ishga tushirish toki va momenti «V» egri chizig'i bo'ylab kamayadi. Bu jarayon 7.5,b-rasmda ko'rsatilganidek quyidagi tartibda boradi, ya'ni aylanish chastotasining o'zgarishini ifodalovchi egri chiziqlar a-b-c-d; tok va momentniki esa – A-B-C-D. Bu jarayon reostatning tutqichi 5-kontakt bilan ulangunga qadar davom qiladi va bundan keyin O'TM, yakor toki I_a va aylanish chastotasi n bo'lgan barqaror ish rejimda ishlaydi.

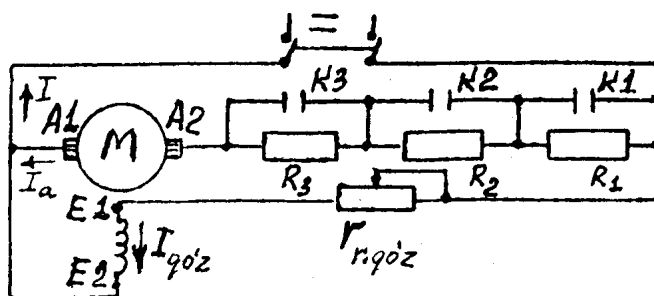
O'TM ni tarmoqdan uzishda yakor tokini kamaytirish maqsadida reostat tutqichini kontakt 5 dan kontakt 0 ga qadar birin-ketin ko'chiriladi; bunda ishga tushirish reostatining to'la qarshiligi yakor zanjiriga ulangan bo'ladi va yakor toki kamayadi. Bundan keyin ulab-uzgich «U/» yordamida O'TM tarmoqdan uziladi (7.5,b-rasm).

Kontakt 1 va mis yoyi «M» orasidagi *tutashmaning mavjudligi katta ahamiyatga ega* bo'lib, u qo'zg'atish chulg'ami, yakor chulg'ami va reostatlardan iborat bo'lgan berk konturni hosil qiladi. Bu konturda tarmoqdan uzilgan O'TM qo'zg'atish chulg'aming elektromagnit energiyasi issiqlik energiyaga aylanadi. Agar bu tutashma bunday, qo'zg'atish chulg'ami birdaniga tarmoqdan uzilganda, bu chulg'amda haddan tashqari o'zinduksiya EYK hosil bo'lib, bu esa, chulg'am izolyatsiyasini ishdan chiqarishi mumkin.

Ishga tushirish vositalari odatda ishga tushirish toki maksimal qiymatining qisqa vaqt ichida o'tishiga mo'ljallangan, shu sababli ularni O'TM ning normal ish jarayonidagi aylanish chastotasini rostlash maqsadida ishlatib bo'lmaydi, hamda O'TM ni ishga tushirgandan keyin ishga tushirish reostatining pog'onalari kuyib qolmasligi uchun oxirgi pog'onalarini ulangan holda qoldirib bo'lmaydi.

Avtomatlashtirilgan elektr yuritmasida O'TM ni ishga tushirish uchun bir nechta pog'onaga bo'lingan qarshiliklar (R_1 , R_2 , R_3)dan foydalanadilar (7.6-rasm) bunda ishga tushirish kontaktlari (K_1 , K_2 va K_3) vositasida ular navbatma-navbat shunt qilinadi.

g) Ketma-ket va aralash qo'zg'atishli motorlarni ish-ga tushirishning o'ziga xos xususiyatlari.



6-rasm. Avtomatlashtirilgan elektr yuritmasida parallel qo'zg'atishli O'TM ni ishga tushirishning prinsipal sxemasi

Bunday motorlarni ishga tushirish parallel qo'zg'atishli motordagi kabi, ishga tushirish reostati vositasida amalga oshiriladi, lekin o'ziga xos xususiyatlarga ega.

Ketma-ket qo'zg'atishli motorda ishga tushirish momenti parallel qo'zg'atishlinikiga nisbatan katta bo'ladi va (7.10) ifoda bilan aniqlanadi:

Bu momentning katta bo'lishiga sabab, yakor chulg'amidan o'tuvchi ishga tushirish tokining oshishi bilan, bu chulg'amda ketma-ket ulangan qo'zg'atish chulg'amining magnit oqimi ham o'sadi. Ketma-ket qo'zg'atishli motorlarning bu xossasi ayrim elektr yuritmalarda, masalan, yuk ko'taradigan moslamalarda, tortish qurilmalarida va boshqa hollarda katta ahamiyatga ega bo'ladi.

Ketma-ket qo'zg'atishli motorlarning quyidagi o'ziga xos xususiyatlarini, ya'ni bu motorlarni salt ishlash holatida (valiga yuk ulanmagan holatda) va shuningdek, yuklamaning miqdori nominalga nisbatan 25% dan kam bo'lgan hollarda, ishga tushirish qat'iyon mumkin emasligini esda tutish lozim bo'ladi. Chunki bunday hollarda mashina magnit zanjiri to'yinmagan bo'lib, magnit oqimi Φ yakor toki I_a ga to'g'ri mutanosib ($\Phi \equiv I_a$) ravishda o'zgarganligi sababli aylantiruvchi momenti M_{em} yakor tokining kvadrati (I_a^2) ga to'g'ri mutanosib ravishda o'zgaradi, ya'ni:

$$M = C'_m I_a^2. \quad (7.11)$$

(7.5) va (7.6) ifodalardan aniqlangan quyidagi

$$n = (U - I_a R_a) / (C_E \Phi) \quad (7.12)$$

tenglamadan ko'rinishicha, ketma-ket qo'zg'atishli motor mexanik jihatdan zararli (me'yordan katta) bo'lgan aylanish chastotasini hosil qiladi.

Aralash qo'zg'atishli motorning qo'zg'atish chulg'amlari mos ulangan bo'lsa, u xuddi parallel qo'zg'atishli motordek ishga tushiriladi. Agar qo'zg'atish chulg'amlari o'zaro teskari ulangan bo'lsa, O'TMni ishga tushirish qiyinlashib qoladi. Bu holda ketma-ket qo'zg'atish chulg'ami butun ishga tushirish jarayoni davomida shuntlanadi (qisqa tutashtiriladi).

Sinov savollari

1. O'zgarmas tok motorini tuzilishi va ishlash printsipli.
2. Motorning EYK tenglamasini yozing.
3. Motor qanday ishga tushiriladi? Yurgizish reostatining vazifasi
4. Motorning aylanish yo'nalishini qanday o'zgartiriladi?
5. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorini aylanish tezligini rostdashning qanday usullari bor?
6. Ishlab turgan motorning qo'zg'atish chulg'ami uzilsa nima bo'ladi?

8-laboratoriya ishi

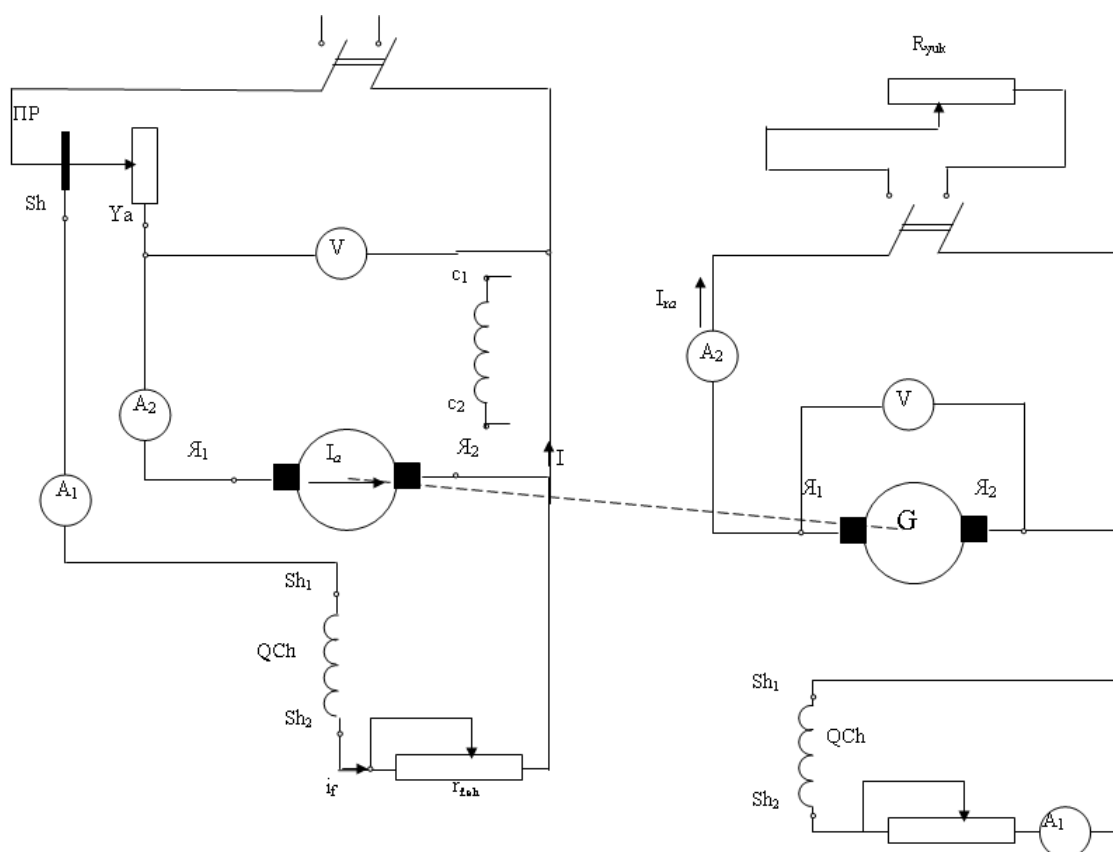
Parallel va aralash qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorini tekshirish

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Parallel va aralash qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori (O'TM) ning tuzilishi va ishlashi bilan tanishish.
2. Parallel va aralash qo'zg'atishli O'TM ni ishga tushirish, ish tavsifini o'rganish.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Parallel va aralash qo'zg'atishli hollar uchun O'TM ning ish tavsiflari $I_{ma}, M, n, \eta = f(P_2)$, kuchlanish $U_{ma} = U_n = \text{const}$ va qo'zg'atish toki $i_q = i_{qn} = \text{const}$ (demak, $R_{qp} = \text{const}$) bo'lganda:
 - A) parallel qo'zg'atishli;
 - B) to'g'ri ulangan aralash qo'zg'atishli;
 - V) teskari ulangan aralash qo'zg'atishli sxemalarda olish.



8.1-rasm. Parallel qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok motori tavsiflarini tajribada tekshirishga oid elektr sxema.

[BM-birlamchi motor, G-generator yakor chulg‘ami, QCh- qo‘zg‘atish chulg‘ami, A₁-kam qiymatli tokni o‘lchaydigan ampermetr, A₂-katta qiymatli tokni o‘lchaydigan ampermetr]

3. Ishni bajarish va hisobot tayyorlash tartibi

1. 8.1-sxemani yig‘ib ishga tushirish.
2. Motorning ish tavsiflarini olish uchun mustaqil qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok generatoridagi P4 qarshilikni o‘zgartirib generator yuklantiriladi.

Tajribada qo‘zg‘atish tokining nominal qiymati shunday o‘rnatiladiki, yakor zanjiridagi kuchlanish nominal va nominal yukda motorning aylanish tezligi ham nominal bo‘lishi kerak.

Ish tavsiflarini yakor kuchlanishi va qo‘zg‘atish toki nominal bo‘lganda yuk toki $1.25I_H$ gacha oshirilib 5-6 ta nuqta olinadi. Tajriba va hisobot natijalari 8.1- jadvalga yoziladi.

4. Ishni bajarish yuzasidan qisqacha nazariy tushunchalar

Bu xarakteristikalar elektr motorlarining barqaror ish rejimidagi xossalarini belgilaydi. Bu xarakteristikalar yakor chulg‘amiga berilgan

kuchlanish $U_a=U_N=\text{const}$, hamda parallel (yoki mustaqil) qo'zg'atish zanjiri kuchlanishi $U_{qo'z}=\text{const}$ va $r_{qo'z}=\text{sonst}$ (demak, $I_{qo'z}=\text{sonst}$) shartlar bajarilganda olinadigan n , M , I_a va $\eta = f(P_2)$ bog'liqlikdir.

$\eta = f(P_2)$ bog'lanishdan tashqari barcha ish xarakteristikalarini O'TM turiga, ya'ni uning qo'zg'atish usuliga bog'liq bo'ladi. Masalan, parallel qo'zg'atishli motorlarda (mustaqil qo'zg'atishlisida ham) qo'zg'atish chulg'aminin magnit oqimi $\Phi_{qo'z}$ yuklamaning miqdoriga deyarli bog'liq bo'lmaydi, ketma-ket qo'zg'atish motorlarda esa, bu yuklama tokiga kuchli bog'liq bo'ladi.

a) Parallel qo'zg'atishli motorning ish xarakteristikalarini.

Quyida mazkur O'TM larida $U_a=U_N=\text{const}$ va $I_{qo'z}=I_{qo'z.N}=\text{const}$ bo'lgandagi n , M , I_a , $\eta = f(P_2)$ bog'liqlik bilan ifodalanuvchi ish xarakteristikalarini ko'rib chiqamiz (2-rasm). Qo'zg'atish tokining nominal qiymati ($I_{qo'z.N}$) qilib, O'TM ning validagi yuki nominal ($M_2=M_{2N}$) va aylanish chastotasi $n = n_N$ bo'lgan ish rejimdagi kattaligi qabul qilinadi.

Aylanish chastotasi n ning foydali quvvat R_2 ga bog'lanishi – $n = f(P_2)$, tezlik xarakteristikasi – $n = f(I_a)$ egri chizig'iga yaqin bo'ladi.

(31.12) tenglama parallel qo'zg'atishli motor uchun ham to'g'ri kelib, aylanish chastotaning pasayishi natijasida, yakorning teskari EYK E_a kamayadi, bu esa yakor toki I_a ning va yakor reaksiyasining oshishiga olib keladi. Magnit zanjiri to'yingan mashinalarda ko'ndalang yakor reaksiyasi nisbatan magnitsizlovchi ta'sir ko'rsatadi. Bu ta'sir esa, asosiy qutblarning magnit oqimini nisbatan kamaytiradi va shu sababli, O'TM lari aylanish chastotasining nisbatan oshishiga olib keladi.

Mexanizmlarning odatdagi mexanik xarakteristikalarida ish turg'unligi uchun O'TM ning tezlik xarakteristikasi kamayuvchi bo'lishi zarur.

Shu maqsadda, parallel qo'zg'atishli O'TM larini loyihalaganda uning validagi yuk oshganda yakor zanjiridagi kuchlanish pasayishi ($I_a R_a$) ning ortishi tufayli aylanish chastotaning kamayishi, asosiy qutblar magnit oqimi $\Phi_{qo'z}$ ning kamayishi sababli aylanish chastotaning o'sishiga nisbatan kattaroq bo'lishi ta'minlanadi. Bunda yuklama noldan nominalgacha oshganda n ning pasayishi $\Delta n = (3 \div 8)$ foizni tashkil qiladi.

Valdagi yuk 0 dan nominal qiymatgacha o'zgarganda, parallel qo'zg'atishli motorning tezlik xarakteristikasi – $n = f(P_2)$ deyarli to'g'ri chiziq ko'rinishida o'zgarib, lar o'qiga nisbatan kam og'gan bo'ladi va shu sababli, uni *bikir (ya'ni kam o'zgaruvchi) xarakteristika* deyiladi. Parallel qo'zg'atishli motor aylanish chastotasining valdagi yukka nisbatan kuchsiz bog'liqligi *muhim ahamiyatga ega bo'lgan hossalardan biri hisoblanadi*.

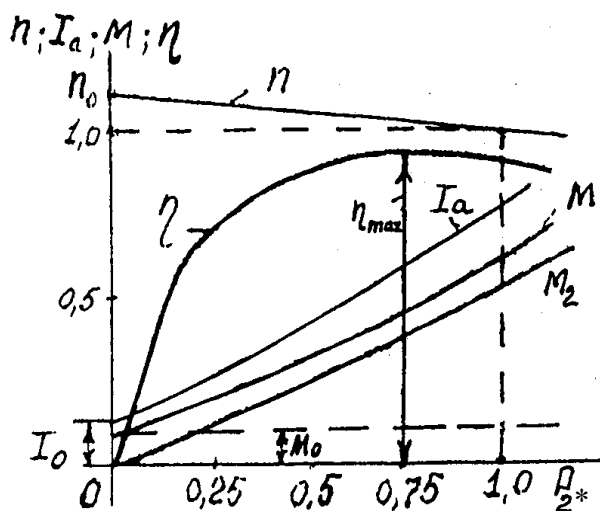
Moment xarakteristikasi – $M_2 = f(P_2)$ ko‘rinishdagi bog‘lanishdir. O‘TM foydali momenti M_2 ning kattaligi uning validagi foydali quvvatga to‘g‘ri mutanosib bo‘lib, quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$M_2 = P_2 / \omega = P_2 / (2\pi \cdot n / 60) = 60 / (2\pi) \cdot P_2 / n = 9,55 P_2 / n, \quad (8.1)$$

bunda P_2 [W]; M_2 [N·m]; n [ayl / min].

Aylanish chastotasi $n = \text{const}$ bo‘lganda (8.1) tenglamaga binoan M_2 koordinatalar boshidan chiqadigan to‘g‘ri chiziqli ko‘rinishida bo‘lar edi. Ammo valdagi yukning oshishi bilan O‘TM ning aylanish chastotasi bir oz kamayadi, shuning uchun ham moment M_2 quvvat P_2 ga nisbatan tezroq o‘radi (2-rasm).

Aylanish chastotasi deyarli o‘zgarmas bo‘lgani uchun magnit va mexanik isroflari o‘zgarmas deyilsa bo‘ladi, natijada O‘TM ning salt ishlashdagi mo-menti $M_0 = \text{const}$ bo‘ladi. Shu sababdan barqaror ish rejimdagi O‘TM ning momentlari muvozanat tenglamasi (2) ga binoan $M = f(P_2)$ egri chizig‘i, foydali momentining o‘zgarishi $M_2 = f(P_2)$ dan kattaligi M_0 ga teng bo‘lgan oraliqda yuqorida joylashadi va M_2 ning o‘zgarishiga o‘xshash bo‘ladi.



8.2-rasm. Parallel qo‘zg‘tishli motorning ish xarakteristikalar

O‘TM foydali quvvati P_2 ning oshishi bilan uning aylanish chastotasi bir oz pasayadi; yakor reaksiyasi ta‘sirida esa magnit oqimi bir oz kamayadi, shu sababli $I_a = f(P_2)$ bog‘liqlik $M = f(P_2)$ egri chizig‘iga nisbatan ordinatalar o‘qi tomonga ko‘proq og‘adi.

$P_2 = 0$ da salt ishlash toki $I_0 = I_{0(a)} + I_{qo'z}$ nominal tokning (5÷10) foizni tashkil qiladi. Bunda $I_{0(a)}$ – salt ishlash tokining yakor chulg‘amidan o‘tadigan qismi bo‘lib, nominal tokning (3÷7) foiz ni tashkil qiladi. Kichik raqamlar – katta quvvatli elektr motorlariga, kattasi esa – kam

quvvatlilarga to'g'ri keladi. Shu sababli $I_a = f(P_2)$ bog'lanishning o'zgarish egri chizig'i koordinatalar boshi 0 ga nisbatan kattaligi I_0 ga teng bo'lgan masofada joylashgan ordinata nuqtasidan boshlanadi.

8.2-rasmda FIK ning maksimal qiymati $\eta_{\max}$ ga yuklamaning $P_2 = (3/4) P_N$ qiymati to'g'ri keladi. FIK $\eta_{\max}$ bo'lgan nuqtaning chap tomonida o'zgarish isroflari ko'p bo'lsa, undan o'ng tomonida esa elektr isroflari (o'zgaruvchan isroflar) ko'p bo'ladi.

b) Ketma-ket qo'zg'atishli motorning ish xarakteristikalarini $U = U_N = \text{const}$ bo'lganda foydali quvvat P_2 ga bog'liq ravishda emas, balki yakor toki I_a ga nisbatan bog'liqlikda tasvirlash qulay hisoblanadi: $n, M, P_2, \eta = f(I_a)$. Bu ikkala bog'liqlik o'rtasida farq kam, chunki $U_a = \text{const}$ bo'lganda P_2 taxminan tok I_a ga mutanosibdir.

Ketma-ket qo'zg'atishli motorda qo'zg'atish toki yakor tokiga teng ($I_{qo'z} = I_a$) va u bilan bir vaqtda o'zgaradi. Qo'zg'atish tokining valdagi yukka nisbatan bunday mutanosib ravishda o'zgarishi O'TM ish xarakteristikalarining parallel qo'zg'atishli motor ish xarakteristikalaridan *keskin farq qilishiga sababchi bo'ladi*.

Ketma-ket qo'zg'atishli motor validagi yukning oshishi bilan qo'zg'atish toki ham oshadi, demak, O'TM ning asosiy magnit oqimi Φ ham mashina magnitlanish egri chizig'i bo'yicha ko'paya boradi. Demak, ketma-ket qo'zg'atishli motorning aylanish chastotasi yuk oshishi bilan tezda pasayadi.

$U = U_N = \text{const}$ bo'lgandagi $n = f(I_a)$ bog'liqlik – *tezlik xarakteristikacini* ifodalaydi. (12) tenglamaga binoan ketma-ket qo'zg'atishli motor aylanish chastotasining o'zgarishi quyidagilarga, ya'ni: 1) asosiy magnit oqimining o'zgarishiga, 2) yakor zanjirida kuchlanish pasayishi (I_{ar})ga va 3) yakor reaksiyasiga bog'liq bo'ladi. *So'nggi ikkita sabab birinchiga qaraganda ikkinchi darajali omillar hisoblanadi va ular o'zaro teskari yo'nalishda ta'sir qilishgani sababli ketma-ket qo'zg'atishli motorning aylanish chastotasi n amalda faqat asosiy magnit oqimining o'zgarishiga bog'liq bo'ladi.*

Agar ketma-ket qo'zg'atishli motorning magnit zanjiri to'yinmagan (tokning $I_a < 0,8 I_N$ qiymatlarida) bo'lsa, magnit oqimi Φ tokka mutanosib ($\Phi \propto I_a$) ravishda o'zgaradi va buni quyidagicha yozish mumkin bo'ladi:

$$\Phi = K_f I_a. \quad (8.2)$$

Bunda O'TM larining aylanish chastotasi yuklama toki $I = I_a$ ga teskari mutanosibda bo'lib, *tok (demak, Φ ham) kamaygan sari tobora oshadi* va o'zgarish xarakteri giperbola ko'rinishiga yaqin bo'ladi (8.3-rasm).

Teskari EYK lar muvozanati tenglamasi (8.6)ga binoan, kuchlanishni $U=U_N=\text{const}$ qilish uchun, magnit oqimi Φ ning kamayishida O'TM aylanish chastotasining oshishi lozim bo'ladi.

O'TM aylanish chastotasining haddan tashqari ko'payishiga, mexanik sabablarga ko'ra yo'l qo'yib bo'lmaydi. Xuddi shu sababdan, umumiy maqsadli ketma-ket qo'zg'atishli motorlarni salt ishlash rejimda, ya'ni yuksiz ishga tushirish yoki normal ishlayotganida yukini nominalga nisbatan 25 % dan pastga tushirish mumkin emas.

Ketma-ket qo'zg'atishli motorning yuksiz ishlab qolishi ro'y bermasligi uchun uning aylanma harakatini tasma vositasida uzatishga yo'l qo'yilmasdan, balki yuk mexanizmi bilan qattiq birlashtirilib qo'yiladi. Ketma-ket qo'zg'atishli motorning aylanish chastotasi qancha ohsa ham, u generator rejimiga o'tmaydi, ya'ni tezlik xarakteristikasi – $n=f(I_a)$ ordinatalar o'qini kesib o'tmaydi.

Aylantiruvchi momentning o'zgarishi. Agar tahlilni soddalashtirish maqsadida M_0 ni e'tiborga olmasak, unda (4) va (2) ifodalarga asosan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$M = M_0 + M_2 \approx M_2 = S_M I_a F. \quad (8.3)$$

Magnit zanjiri to'yinmagan O'TM da magnit oqimi F qo'zg'atish toki $I_{qo'z}$ ga to'g'ri mutanosibda bo'lganligidan, (2) tenglamani hisobga olgan holda momentning ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$M = C_M K_f I_a^2 = C'_M I_a^2. \quad (8.4)$$

Momentning bunday ifodalanishida $M = f(I_a)$ egri chizig'ining parabola ko'rinishiga o'xshashligidan dalolat beradi. Odatda, valdagi yukning oshishi bilan magnit zanjiri to'yinib, magnit oqimi $\Phi \approx \text{const}$ bo'ladi. Bu holda *ketma-ket qo'zg'atishli motor uchun* momentni quyidagicha yozamiz:

$$M = C_M \Phi I_a = C_3 I_a, \quad (8.5)$$

bu yerda $C_3 = C_M \Phi$ – o'zgarmas kattalik.

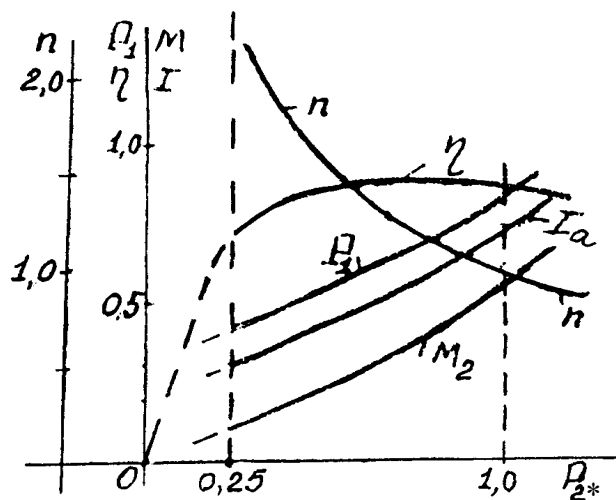
Ketma-ket qo'zg'atishli motor momentining kuchayishi yuklama tokining kvadratiga to'g'ri mutanosibli ($M \propto I^2$) juda muhim amaliy ahamiyatga ega.

Bu ayniqsa, katta qiymatli ishga tushirish momenti talab qilinadigan mexanizmlarda, ya'ni kranlar, metro, tramvay, trolleybus, avtomobillardagi starter va elektrovozlar, shuningdek O'TM o'ta yuklanish qobiliyatiga ega bo'lishi kerak bo'lgan hollarda muhim ahamiyatga ega bo'ladi.

Foydali ish koeffitsientining o'zgarishi – $\eta = f(P_2)$ (8.4-rasm). Ma'lumki, foydali quvvat quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$P_2 = U \cdot I_a \cdot \eta \quad (8.6)$$

Ketma-ket qo'zg'atishli motorning validagi yuki $P_2 \approx 0,5P_N$ dan $P_2 = 1,25P_N$ gacha bo'lgan oraliqda o'zgarganida FIK η ning o'zgarishi kam bo'ladi.



8.3-rasm. Ketma-ket qo'zg'atishli motorning foydali quvvat P_2 ga nisbatan olingan ish xarakteristikalar

Ketma-ket qo'zg'atishli motorda mexanik va magnit isroflar yig'indisi valdagi yukka deyarli bog'liq bo'lmaydi. *Bu quyidagicha tushuntiriladi.* Tok I_a ning oshishi bilan magnit oqimi oshadi, bu esa aylanish chastotasi kamayishiga olib keladi, ya'ni *bir tomondan* magnit isroflar oshsa, *ikkinchidan*, aylanish chastotasining kamayishidan mexanik isroflar kamayadi; natijada ularning yig'indisi kam o'zgaradi. Shu sababdan ketma-ket qo'zg'atishli motorda FIK o'zining maksimal qiymatiga, xuddi parallel qo'zg'atishli motorlardagi singari, o'zgarmas isroflari (salt ishlash isroflari) o'zgaruvchan isroflarga (elektr isroflariga) teng ($P_0 = I_a^2 P_a$) bo'lganda erishadi.

Ma'lumki, ish xarakteristikalarini kuchlanishning $U = U_N = \text{const}$ qiymatida olinadi, shuning uchun O'TM ga berilayotgan elektr quvvati $P_1 = UI_a$ yuklama toki I_a ga mutanosib ravishda o'zgaradi. Demak, $P_1 = f(P_2)$ bog'liqlik boshqa masshtabda tokning o'zgarishi $I_a = f(P_2)$ ni ko'rsatadi.

v) Aralash qo'zg'atishli motorning ish xarakteristikalar. Bunday motorda magnit oqimi $\Phi_{qo'z}$ parallel va ketma-ket qo'zg'atish chulg'amlari MYK larining birgalikdagi ta'siridan vujudga keltiriladi. Qo'zg'atish chulg'amlari MYK larining o'zaro nisbati shunday tanlanadiki, bunda bu chulg'amlardan bittasi mashina qo'zg'atish MYK ning 70 foizini vujudga keltirib, bu chulg'am *asosiy* hisoblanadi, ikkinchisi esa, *qo'shimcha* qo'zg'atish chulg'ami deyiladi. Qo'zg'atish

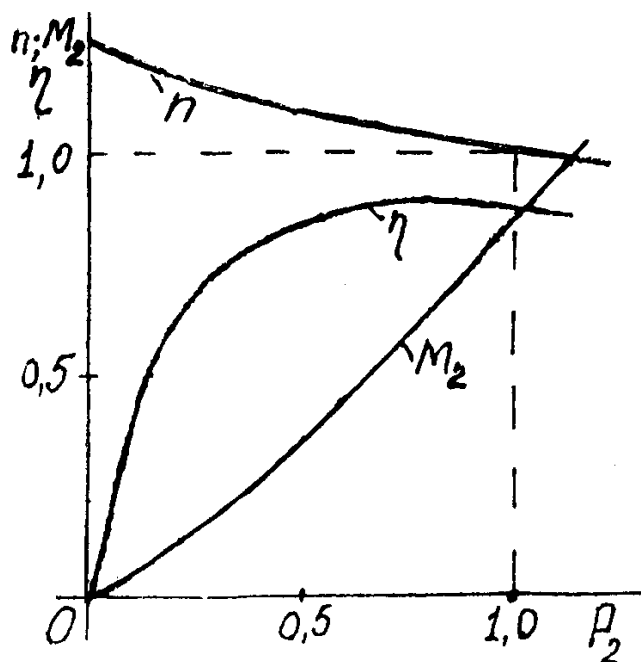
chulgʻamlarining oʻzaro ulanishiga qarab ularni quyidagi turlarga ajratadilar:

1) *mos ulangan aralash qoʻzgʻatishli*, bunda parallel va ketma-ket qoʻzgʻatish chulgʻamlari hosil qilgan MYK larining yoʻnalishi bir xil boʻlib, ular qoʻshiladi ($F = F_{Sh} + F_C$).

2) *teskari ulangan aralash qoʻzgʻatishli*, bunda ketma-ket va parallel qoʻzgʻatish chulgʻamlari MYK lari teskari yoʻnalgan boʻlib, natijaviy oqim Φ yuklama toki oshishi bilan kamayadi ($\Phi = \Phi_{Sh} - \Phi_C$).

Mos ulangan aralash qoʻzgʻatishli motorlarning ish xarakteristikalarini (8.4-rasm) parallel qoʻzgʻatishli motorning ish xarakteristikalariga yaqinlashadi.

Demak, aralash qoʻzgʻatishli motorning xarakteristikalarini parallel va ketma-ket qoʻzgʻatishli motorlar xarakteristikalarini oraligʻida joylashgan egri chiziqlardan iborat boʻlar ekan.



8.4-rasm. Mos ulangan aralash qoʻzgʻatishli motorning ish xarakteristikalarini (asosiy chulgʻam – parallel qoʻzgʻatishli, qoʻshimcha chulgʻam – ketma-ket qoʻzgʻatishli)

Aralash qoʻzgʻatishli motorda natijaviy magnit oqim $\Phi = \Phi_{Sh} \pm \Phi_S$ boʻlganligidan, uning momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$M = C_M (\Phi_{Sh} \pm \Phi_C) \cdot I_a, \quad (8.7)$$

aylanish chastotasi esa:

$$n = (U - I_a \Sigma R_a) / [C_A (\Phi_{Sh} \pm \Phi_C)]. \quad (8.8)$$

Qo'zg'atish chulg'amlari mos ulanganda yuklamaning oshishi bilan natijaviy oqim Φ oshadi, shuning uchun uning tezlik xarakteristikasi parallel qo'zg'atishli motorlarnikiga nisbatan pasayuvchan bo'ladi.

Agar qo'zg'atish chulg'amlari teskari ulansa, valdagi yukning oshishi bilan tok I_a oshadi va, demak, natijaviy oqim $\Phi = \Phi_{sh} - \Phi_C$ kamayadi. Yuklamaning katta qiymatlarida oqim Φ ancha kamayib ketib, aylanish chastotasi n oshadi, natijada, agar $M_{yu} = \text{const}$ va $U = U_N = \text{const}$ bo'lsa, tok I_a ning oshishiga olib keladi. Bu esa, o'z navbatida, motorning magnit oqimini yana ham kamaytirib, uning aylanish chastotasi yanada ko'proq oshishiga olib keladi va h.k. Amalda motorning yuklamasi 0 dan nominalgacha o'zgarib turadigan hollarda, uning aylanish chastotasini taxminan bir hil tutib turish lozim bo'lsa, ketma-ket qo'zg'atish chulg'ami asosiy (parallel) chulg'amga teskari qilib ulanadi.

Sinov savollari

1. Aylanish chastotasini har xil o'zgarishini tushuntiring.
2. O'zgaruvchan va o'zgarmas isroflarga qanday isroflar kiradi?
3. FIKi qachon maksimum bo'ladi?
4. Qo'zg'atish chulg'amlari qarama-qarshi ulanib yuk oshirilsa aylanish chastotasi qanday o'zgaradi?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. **Salimov J.S, Pirmatov N.B.** Elektr mashinalari– T.: O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2011. – 408 b.
2. **Salimov J.S., Pirmatov N.B., Bekchanov B.E.** Transformatorlar va avotransformator, – T,: «VEKTOR–PRESS» nashriyoti, 2009–224 b,
3. **Ibrohimov U.** Elektr mashinalari: T.:O‘qituvchi, 2001. – 408 b.
4. **Majidov S.** Elektr mashinalari va elektr yuritma.–T.: O‘qituvchi, “Ziyo-Noshir” KShK, 2002. – 360 b.
5. **Кацман М.М.** Справочник по электрическим машинам. Учеб. пособие для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с..
6. **Кацман М.М.** Электрические машины. – М.: Высшая шк., 2000. – 463 с.
7. Методические руководство к выполнению лабораторных работ по курсу «Асинхронное машина» Т: ТашПИ, 1983 – 48 с.
8. **Алиев И.И.** Электрические машины: Учебно–справочное пособие. –М.: ИП РадиоСофт, 2011. –448 с.

MUNDARIJA

1. 1-laboratoriya ishi. Sinxron generatorning salt ishlash va yuklanish tavsiflarini tekshirish	3
2. 2-laboratoriya ishi. Sinxron generatorning tashqi va rostlash tavsiflarini tekshirish	15
3. 3-laboratoriya ishi. Sinxron motorni elektr tarmog'iga parallel ulash va U-simon tavsiflarini tekshirish	21
4. 4-laboratoriya ishi. Uch fazali sinxron motorning ish tavsiflarini tekshirish	27
5. 5-laboratoriya ishi. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorini yakor aylanish tezligi $n=n_n=\text{const}$ bo'lgan sharoit uchun tekshirish	31
6. 6-laboratoriya ishi. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorini, rostlash, tashqi va qisqa tutashish tavsiflarini tekshirish	41
7. 7-laboratoriya ishi. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorini tekshirish	57
8. 8-Laboratoriya ishi. Parallel va aralash qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorini tekshirish	68
10. Adabiyotlar	77

Muharrir: Sidikova K.A

Musahhih: Adilhodjaeva Sh.M