

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI
ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI**

**ELEKTR MASHINALARI VA
TRANSFORMATORLARNI ISHLAB CHIQRISH
TEXNOLOGIYASI**

fanidan laboratoriya mashg‘ulotlarni bajarish uchun
USLUBIY KO‘RSATMA

**5310700 –Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalar
(elektr mashinasozlik) bakalavriat ta‘lim yo‘nalishi uchun**

Toshkent 2021

Pirmatov N. B., Egamov A. M., Mamarasulov N.A.

“Elektr mashinalari va transformatorlarni ishlab chiqarish texnologiyasi” fanidan laboratoriya mashg‘ulotlarni bajarish uchun uslubiy ko‘rsatma. – Toshkent: ToshDTU, 2023. 37 b.

Ushbu uslubiy ko‘rsatma 5310700 – «Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari (elektr mashinasozlik) yo‘nalishidagi talabalarga “Elektr mashinalari va transformatorlarni ishlab chiqarish texnologiyasi” fanidan amaliy mashg‘ulotlarni bajarishda yordam beradi.

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy– uslubiy kengashi qarori bilan chop etildi.

Taqrizchilar: Sulliyev A. X. – Toshkent temir yo‘llari muhandislik instituti, Temir yo‘llar elektr ta‘minoti kafedrasida dotsenti, t.f.n.
Po‘latov A.O. – Toshkent davlat texnika universiteti “Elektr texnikasi va elektr texnologiyalari” kafedrasida dotsenti, t.f.n.

T1 1-laboratoriya ishi
UCH FAZALI IKKI CHULG‘AMLI TRANSFORMATORNING
CHULG‘AM O‘RAMLAR SONINI O‘ZGARTIRGAN HOLDA SALT
ISHLASH HOLATLARIDAGI TAVSIFLARI VA PARAMETRLARINI
TEKSHIRISH

1. Ishni bajarishdan maqsadi

1. Uch fazali transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish.
2. Transformatorning salt ishlash holati va uning parametrlarini aniqlash.
3. Transformatorning salt ishlash tavsiflarini qurish.
4. Transformatorning qisqa tutashuv holati va uning parametrlarini aniqlash.
5. Transformatorning qisqa tutashuv tavsiflarini qurish.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Transformator tashqi ko‘rikdan o‘tkazilsin va pasportida ko‘rsatilgan ma’lumotlar hamda chulg‘amlar qarshiliklari hisobot daftariga yozilsin.
2. Transformatsiyalash koeffitsiyenti topilsin, salt ishlash tavsiflari $I_o, P_o, \cos\varphi_o = f(U_o)$ ni qurish uchun ma’lumotlar (1.1-jadvalda) yozib olinsin.
3. Tajriba ma’lumotlaridan foydalanib salt ishlash parametrlari r_o, Z_o, X_o va salt ishlash toki I_o aniqlansin.
4. Qisqa tutashuv tavsiflari $I_{st}, P_{st}, \cos\varphi_{st} = f(U_{st})$ ni qurish uchun ma’lumotlar 2-jadvalga yozib olinsin.
5. Tajriba ma’lumotlaridan foydalanib qisqa tutashuv parametrlari $r_{st}, Z_{st}, X_{st}, U_{st}$ aniqlansin.

3. Ishni bajarishga oid qisqacha nazariy tushunchalar

Transformator bu statik elektromagnit uskuna bo‘lib, birlamchi o‘zgaruvchan tok sistemasini ikkilamchi o‘zgaruvchan tok sistemasiga aylantirib beradi. Bunda chastota o‘zgarmaydi. Transformator asosiy va yordamchi qismlardan tuzilgan. Asosiy qismga magnit o‘tkazgich va chulg‘amlar kiradi. Yordamchi qismlarga bak, kengaytirgich, gaz relyesi, idish qopqog‘i, radiatorlar, termosifon filtri, yog‘ sathini ko‘rsatuvchi shisha naycha, ko‘targich halqalar, yuqori va past kuchlanishlar ulanadigan izolatorlar, tozalagich va boshqalar kiradi. Transformatorning ish davrida hosil bo‘ladigan uyurma toklarini keskin kamaytirish maqsadida uning magnit o‘tkazgichi bir-biridan izolatsiyalangan va qalinligi 0,15-0,5 mm bo‘lgan elektrotexnik po‘lat tunikachalardan yig‘iladi. Transformator chulg‘amlari yaslashida izolatsiyalangan mis va aluminiy simlaridan foydalaniladi. Transformatorlarda moy sovutish va izolatsiya vazifasini bajaradi.

Transformatorlarning tasnifi. Bajaradigan vazifasiga ko‘ra transformatorlar quyidagi turlarga bo‘linadi: 1) kuch transformatorlari; 2) maxsus transformatorlar. Kuch transformatorlari o‘z navbatida: umumiy maqsadli va sohaviy turlarga bo‘linadi.

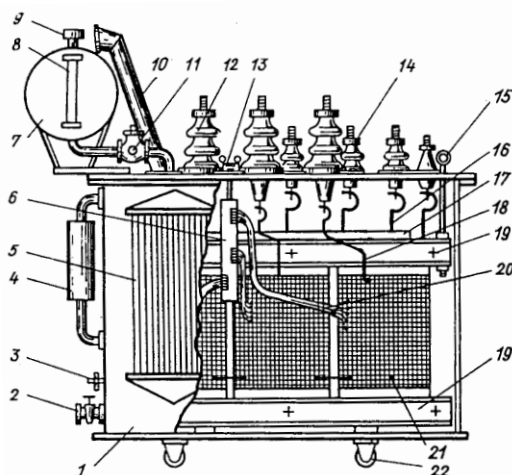
Elektr energiyani uzatish, qabul qilish hamda ishlatishga mo‘ljallangan elektr tarmoqlari va uskunalarida elektr energiyani o‘zgartirish (kuchlanishni oshirish yoki

kamaytirish) vazifasini bajaradigan transformator **kuch transformatori** deyiladi. Bu toifaga: quvvati 6,3 kV·A va undan katta bo‘lgan uch fazali transformatorlar hamda quvvati 5 kV·A va undan katta bo‘lgan bir fazali transformatorlar kiradi.

Normal sharoitda ishlayotgan elektr tarmog‘iga ulash uchun, yohud maxsus ish sharoiti, yuklamaning xarakteri yoki ish rejimi bilan farq qilmaydigan energiya iste‘molchilarini bevosita ta‘minlashga tayyorlangan transformatorlar **umumiy maqsadli kuch transformatorlari** deyiladi. Transformatorlar fazalar soniga ko‘ra: bir, uch va ko‘p fazali (sohaviy); chulg‘amlar soniga ko‘ra – ikki, uch va ko‘p chulg‘amli turlarga bo‘linadi. Agar transformatorning har fazasida uchta yuqori kuchlanishli (YuK), o‘rta kuchlanishli (O‘K) va past kuchlanishli (PK) elektr jihatdan ulanmagan chulg‘amlari bo‘lsa, bunday holda **uch chulg‘amli transformator** deyiladi. Agar transformatorida $U_{1N} < U_{2N}$ bo‘lsa **oshiruvchi**, $U_{1N} > U_{2N}$ bo‘lganida esa – **pasaytiruvchi** transformator deyiladi.

Elektr energiyani transformatorning qaysi chulg‘amiga berilishiga qarab transformatorni oshiruvchi yoki pasaytiruvchi sifatida foydalanish mumkinligi uning qaytarlik xossasidir. Nominal quvvati va kuchlanishlariga bog‘liq ravishda kuch transformatorlari va avtotransformatorlar gabaritlarga ajratiladi.

Kuch transformatorlariga qo‘yiladigan asosiy talablar. Elektrotexnika sanoatida ishlab chiqarilayotgan kuch transformatorlari ishonchlik, tejamlilik, chidamlilik va boshqa muhim jihatlari bilan jahon bozorida yuksak raqobatbardosh bo‘lishi zarur. Shu sababli mazkur transformatorlarga quyidagi asosiy talablar qo‘yiladi: **a)** ishlab chiqarishda va ishlatishda tejimli bo‘lishi; **b)** ishlatishda ishonchligi; **c)** isroflar standartda belgilangan me‘yordan oshmasligi; **d)** parallel ulash shartlarini qanoatlantirishi; **e)** me‘yordan ortiqcha qizib ketmasligi; **f)** kuchlanishni roslashga imkon berishi; **g)** transformatorni ishlatish jarayonida ayrim sabablarga ko‘ra sodir bo‘ladigan qisqa muddatli o‘ta kuchlanishlarga va kam muddatli qisqa tutashuvdagi ancha katta bo‘lgan toklar ta‘siriga bardosh berishi zarur.



1.1-rasm. Kuchlanish klassi 35 kV quvvati 1000÷6300 kV·A konstruksiyasiga mos keladigan pasaytiruvchi kuch transformatori:

1 – bak; 2 – moy uchun ventil; 3 – zaminlash uchun qistirma; 4 – termosifonli filtr; 5 – radiator; 6 – kuchlanishni rostlovchi qayta ulagichi; 7 – kengaytirgich; 8–

moy ko'rsatkich; 9 – havo quritgich; 10 – chiqaruvchi (saqlovchi) truba; 11 – gaz relye; 12 – YuK chulg'am uchun o'tish izolatori; 13 – qayta ulagich dastagi; 14 – PK chulg'amga oid o'tish izolatori; 15 – transformatorni ko'tarish uchun ilgich; 16 – PK chulg'amni o'tish izolatori bilan bog'lovchi o'tkazgich; 17 – magnit o'tkazgich; 18 – YuK chulg'amni o'tish izolatori bilan bog'lovchi o'tkazgich; 19 – yuqorigi va pastki yarmo balkalari; 20 – YuK chulg'am roslash tarmog'ining simlari; 21– YuK chulg'am; 22 – aravacha g'ildiragi

Elektromagnit induksiya hodisasi transformator nazariyasining asosini tashkil qiladi. Elektromagnit induksiya hodisasi ikki shaklda namoyon bo'ladi:

1) Faradey ta'rifi. «Vaqt bo'yicha o'zgarish bo'lgan magnit maydon kuch chiziqlarini biror tezlik bilan kesib o'tayotgan o'tkazgichda hosil bo'lgan EYuK ning qiymati magnit induksiya B ga, o'tkazgich uzunligi l ga va uning harakat tezligi v ga to'g'ri mutanosib bo'ladi, ya'ni $E = Blv$ ».

2) Maksvell ta'rifi. «Magnit oqimi bilan ilashgan berk o'tkazgichdagi EYuK ning qiymati magnit oqimi o'zgarish tezligining kattaligiga teng, ya'ni

$$e = - d\Phi/dt$$

Bundagi EYuK ning yo'nalishi rus olimi Lyens kashf qilgan prinsip (qoida) bo'yicha aniqlanadi, ya'ni berk o'tkazgich bilan ilashadigan magnit oqim $(d\Phi/dt) > 0$ bo'lganda berk o'tkazgichda vujudga keladigan EYuK ning ishorasi «manfiy» bo'lib, $(d\Phi/dt) < 0$ bo'lganda esa uning ishorasi «musbat» bo'ladi.

4. Ishni bajarish va hisobot tayyorlash tartibi

1. Yuksiz ishlash tajribasi. Tajribaning bajarilishidan maqsad transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyenti, magnit o'zakdagi quvvat isrofini va ekvivalent almashtirish sxemasining ayrim parametrlarini aniqlash hamda yuksiz ishlash xarakteristikasini qurishdir.

1.1. Yuksiz ishlash tajribasini o'tkazish sxemasi 1.2-rasmda ko'rsatilgan. Transformator birlamchi chulg'amidagi kuchlanish noldan $U = 1,2U_n$ gacha oshiriladi. Kuchlanishning bir necha qiymatlari uchun ampermetr, voltmetr va vattmetrlarning ko'rsatkichlari 1.1-jadvalga yozib olinadi.

2. Transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyenti:

$$K_{TR} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2}$$

bu yerda: E_1, U_1, W_1 ba E_2, U_2, W_2 – birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning EYuKlari, kuchlanishlari va o'ramlar soni.

3. Yuksiz ishlash tokining nominal toki

$$I_0 = \frac{I_A + I_B + I_C}{3} \cdot \alpha_f$$

bu yerda (I – ampermetrning bir bo'linmasidagi tok qiymati, (A).

4. Faza kuchlanishlarining o'rtacha qiymati

$$U_0 = \frac{U_A + U_B + U_C}{3} \cdot \alpha_U$$

5. Yuksiz ishlash quvvati

$$P_0 = (P_A + P_B + P_C) \cdot \alpha_P$$

6. Yuksiz ishlash va almashtirish sxemasining ba'zi parametrlari

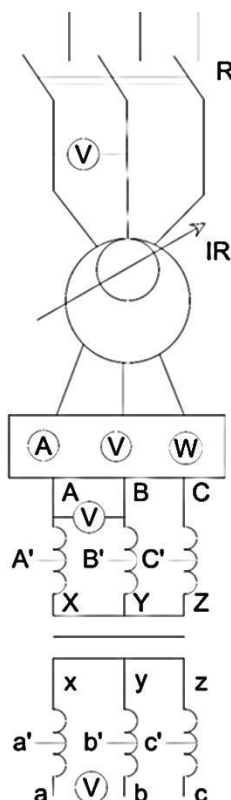
$$Z_0 = \frac{U_0}{\sqrt{3} \cdot I_0}, \quad X_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2}, \quad r_0 = \frac{P_0}{mI_0^2}$$

7. Transformatorning yuksiz ishlash quvvat koeffitsiyenti

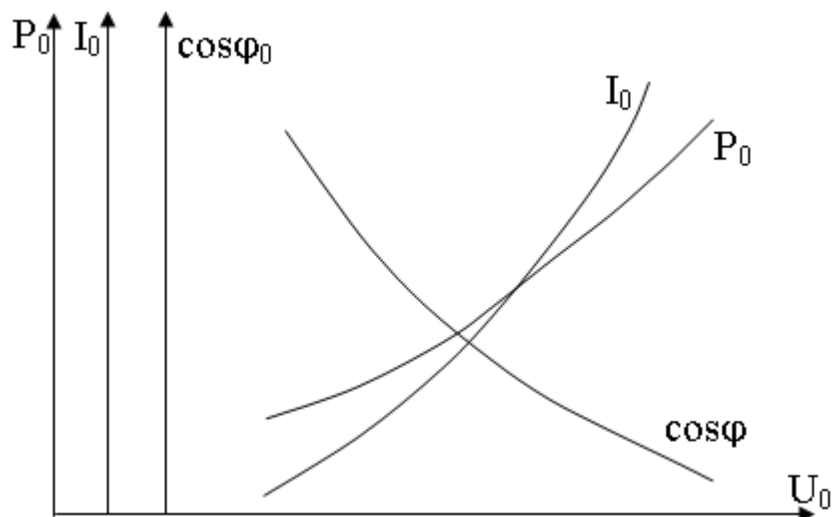
$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{mU_0 I_0}$$

1.1-jadval

O'lchangan qiymatlar									Hisoblangan qiymatlar						
I _A	I _B	I _C	P _A	P _B	P _C	U ₁	U ₂	U ₃	I ₀	U ₀	P ₀	Cosφ ₀	Z ₀	X ₀	r ₀



1.2- rasm. Transformatorning salt ishlash tajribasi sxemasi



1.3-rasm. Transformatorning salt ishlash tavsifi

8. Hisoblangan qiymatlar asosida yuksiz ishlash xarakteristiklari quriladi (1.4-rasm).

T2 2-laboratoriya ishi

UCH FAZALI IKKI CHULG‘AMLI TRANSFORMATORNING CHULG‘AM O‘RAMLAR SONINI O‘ZGARTIRGAN HOLDA QISQA TUTASHUV HOLATLARIDAGI TAVSIFLARI VA PARAMETRLARINI TEKSHIRISH

1. Ishni bajarishdan maqsadi

1. Uch fazali transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish.
2. Transformatorning salt ishlash holati va uning parametrlarini aniqlash.
3. Transformatorning salt ishlash tavsiflarini qurish.
4. Transformatorning qisqa tutashuv holati va uning parametrlarini aniqlash.
5. Transformatorning qisqa tutashuv tavsiflarini qurish.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Transformatorning qisqa tutashuv tajribasi.

2. Transformator qisqa tutashuvi ikkilamchi chulg‘ami boshi va oxiri qarshiligi nolga yaqin bo‘lgan o‘tkazgich bilan ulanib, birlamchi chulg‘amga kuchlanish berilganda sodir bo‘ladi. Bunda ikkilamchi chulg‘am kuchlanishi $U_2=0$ va YuK qarshiligi $Z_{yu}=0$ bo‘ladi.

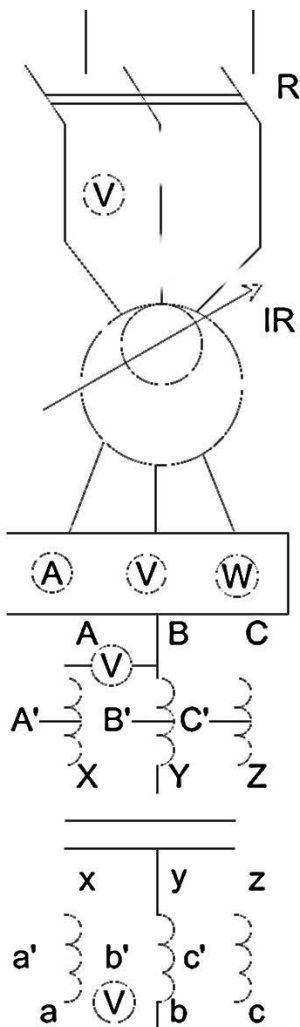
Transformator qisqa tutashuv holatida birlamchi chulg‘amga nominal kuchlanish berilsa uning qarshiliklari nisbatan kichik bo‘lganligi sababli, chulg‘amlarda nominal tokdan 15-20 marta katta bo‘lgan qisqa tutashuv toklari I_{1st} , va I_{2st} o‘ta boshlaydi. Chulg‘amlar o‘ramlarida bu toklarning kvadratiga proporsional bo‘lgan elektrodinamik kuchlar vujudga keladi va issiqlik ajralib chiqadi.

Elektrodinamik kuchlar chulg'am simlarini uzib va eritib yuborishga olib kelishi mumkin. Shu tufayli nominal kuchlanishli transformatorning qisqa tutashuvi «avariya qisqa tutashuvi» deb hisoblanadi. Agar birlamchi chulg'am kuchlanishini shunday U_{st} , qiymatgacha kamaytirilganda $I_{1st}=I_{1n}$ bo'lsa, bunday holatni sinov qisqa tutashuvi deyiladi. Z_{st} ning qiymati kichikligi sababli $U_{st}=(0,05-0,17) U_n$ bo'ladi.

Qisqa tutashuv holatidagi ekvivalent elektr sxemasi parametrlarini va qisqa tutashuv kuchlanishi uchburchagini aniqlash imkonini beradi. Uchburchak yordamida esa transformator ishchi holatida tajriba o'tkazmay turib uning ishchi tavsiflarini qurish mumkin bo'ladi. Qisqa tutashuv tajribasi 1.3-rasmdagi sxema asosida bajariladi.

Sxema yig'ilgandan so'ng IR minimal kuchlanishlik holatga keltiriladi va manbaga ulanadi. Kuchlanish noldan oshirilib, tokning qiymati $1.2I_n$ da o'rnatiladi. O'lchov asboblarning ko'rsatkichlari yozib olinadi. Tok qiymati I_n o'rnatilib, ikkinchi ko'rsatkichlar yozib olinadi. Shu tariqa tok nolgacha 4 marta kamaytirilib 1-jadvalning chap tomoni to'ldiriladi.

Qisqa tutashuv tajribasi ma'lumotlari asosida quyidagilar hisoblanadi va 1.2-jadvalning o'ng tomoniga kiritiladi.



2.1-rasm. Transformator qisqa tutashish tajribasi sxemasi

O'Ichangan qiymatlar									Hisoblangan qiymatlar						
I _A	I _B	I _C	P _A	P _B	P _C	U ₁	U ₂	U ₃	I _{st}	U _{st}	P _{st}	cosφ _{st}	Z _{st}	X _{st}	r _{st}

Qisqa tutashuv toki I_{st} , kuchlanishi U_{st} , quvvati P_{st} va quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_0$ quyidagicha topiladi:

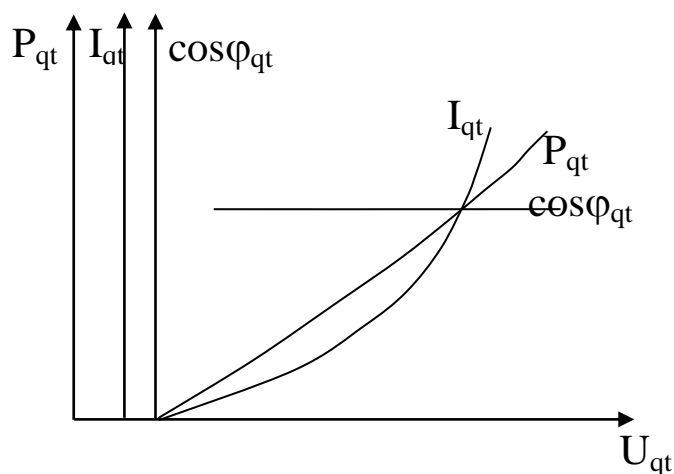
$$I_{qt} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \alpha_I ;$$

$$U_{qt} = \frac{U_a + U_b + U_c}{3} \alpha_U ;$$

$$P_{qt} = (P_a + P_b + P_c) \alpha_W ;$$

$$\cos \varphi_{qt} = \frac{P_{qt}}{3U_{qt} \cdot I_{qt}} .$$

Ular yordamida transformatorning qisqa tutashuv tavsifi – I_{st} , P_{st} , $\cos\varphi_{st} = f(U_{st})$ quriladi (2.2-rasm).



2.2-rasm. Transformatorning qisqa tutashuv tavsifi

Qisqa tutashuv holatidagi aktiv, induktiv va to‘la qarshiliklar quyidagicha topiladi:

$$Z_{qt} = \frac{U_{qt}}{I_{qt}}, \quad r_{qt} = \frac{P_{qt}}{mI_{qt}^2}, \quad X_{qt} = \sqrt{Z_{qt}^2 - r_{qt}^2}.$$

Sinov savollari

1. Nima uchun transformatorning qisqa tutashuv holati tekshiriladi?
2. Qisqa tutashuv holatidagi aktiv, induktiv va to‘la qarshiliklari qanday topiladi?

T3 3-laboratoriya ishi

UCH FAZALI, IKKI CHULG‘AMLI TRANSFORMATORNING CHULG‘AM O‘RAMLAR SONINI O‘ZGARTIRGAN HOLDA YUKLAMA HOLATIDAGI TAVSIFLARI VA PARAMETRLARINI TEKSHIRISH

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish.
2. Transformatorning yuklama holati va uning parametrlarini aniqlash.
3. Transformatorning yuklama tavsiflarini qurish.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Transformator tashqi ko‘rikdan o‘tkazilsin va pasportida ko‘rsatilgan ma’lumotlar hisobot daftariga yozilsin.
2. Yuklama tavsiflari I_1 , P_1 , $\cos\varphi_1$, U_2 , $\eta=f(k_{yu})$ ni qurish uchun ma’lumotlar
- 3.1-jadvalga yozib olinsin.

3. Ishni bajarishga oid qisqacha nazariy tushunchalar

Agar transformatorning ikkilamchi chulg‘amiga yuklama (Z_{yu}) ulansa, EYuK E_2 ta’sirida shu chulg‘amdan I_2 tok o‘tib, MYuK I_2w_2 ni vujudga keltiradi. Bu MYuK asosiy magnit oqimiga aks ta’sir qilishdan tashqari kuch chiziqlari nomagnit yo‘llar orqali faqat shu chulg‘am o‘ramlari bilan ilashadigan tarqoq magnit oqim $F_{\sigma 2}$ ni ham hosil qiladi. Ikkilamchi chulg‘am MYuK I_2w_2 ning asosiy magnit oqimiga ko‘rsatadigan ta’sirini Lens qoidasi yordamida tushuntirish mumkin.

Lyens qoidasining ta’rifi: «O‘zgarayotgan magnit oqim ilashgan berk o‘tkazuvchi kontur (zanjir)da shunday yo‘nalishdagi EYuK hosil bo‘ladiki, uning vujudga keltirgan toki va u bilan bog‘liq bo‘lgan mexanik kuchlar magnit oqimning o‘zgarishiga aks ta’sir qiladi».

Demak, agar ikkilamchi chulg'amga aktiv-induktiv yuklama ulansa, undan o'tayotgan tokning reaktiv tashkil etuvchisi I_{2r} vujudga keltirgan MYuK $I_{2r}w_2$ transformatorning birlamchi chulg'am MYuK I_0w_1 ga teskari yo'nalgan bo'lib, asosiy magnit oqim F ni kamaytirishga, aktiv-sig'imiyluk yuklamada esa I_0w_1 ga mos yo'nalgan bo'lib, asosiy magnit oqimni oshirishga intiladi.

Aktiv-induktiv yuklamada natijaviy oqimning kamayishi birlamchi chulg'amda EYuK E_1 ning kamayishiga olib keladi. Natijada, elektr tarmog'ining kuchlanishi $U_1=U_{1N}=\text{const}$ bo'lganligidan $U_1-E_1=\Delta E$ tufayli hosil bo'lgan birlamchi chulg'amdagi tokning qiymati I_0 dan I_1 gacha, ya'ni yuklama tokining magnitsizlovchi ta'siri to'la kompensatsiya bo'lgunga qadar oshishiga sababchi bo'ladi va natijada transformatoridagi magnit oqim o'zining dastlabki qiymatiga taxminan tenglashadi.

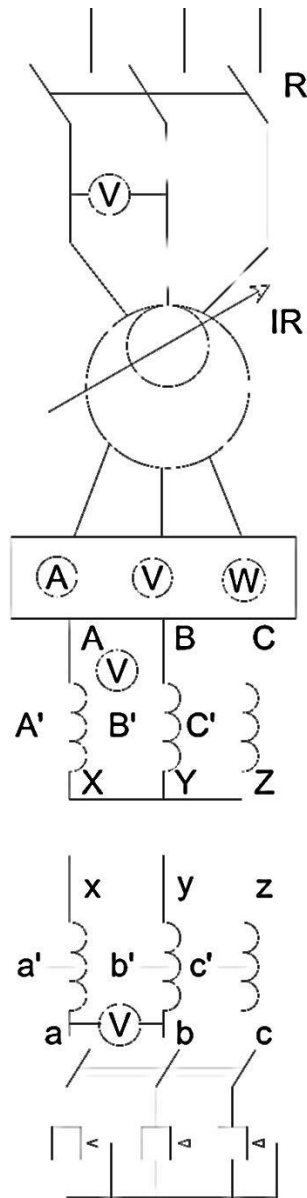
Shunday qilib, ikkilamchi chulg'amiga yuklama ulangan transformatorida magnit oqim Φ to'la tok qonuniga binoan birlamchi va ikkilamchi chulg'am MYuK larining birgalikdagi ta'siri tufayli yaratilib, ularning ta'sir etuvchi qiymatlarining geometrik yig'indisi salt ishlashdagi birlamchi chulg'am MYuK I_0w_1 ga taxminan teng bo'ladi:

$$\underline{I}_1w_1 + \underline{I}_2w_2 \approx \underline{I}_0w_1$$

Bu ifoda **transformatorning MYuK lari muvozanat tenglamasi** deyiladi. Bunda \underline{I}_1w_1 – yuklama ulangan transformatorning birlamchi chulg'amida vujudga keladigan MYuK; \underline{I}_2w_2 – ikkilamchi chulg'amda hosil bo'ladigan MYuK; \underline{I}_0w_1 – salt ishlayotgan transformator birlamchi chulg'amining MYuK.

3.1-jadval

O'lchangan qiymatlar								Hisoblangan qiymatlar					
I_A	I_B	I_C	P_A	P_B	P_C	U_2	I_2	U_1	P_1	I_1	P_2	$\cos\varphi_1$	η



3.1- rasm. Transformatorning yuklama tajribasi sxemasi

Yuqoridagi tenglamaning ikkala tomonini w_1 ga bo‘lamiz va $I_2(w_2/w_1)=I'_2$ belgilashdan keyin hosil bo‘lgan tenglamani quyidagicha yozamiz:

$$\underline{I}_1 \approx \underline{I}_0 + (-\underline{I}'_2).$$

Bu ifoda transformatorning **toklar muvozanati tenglamasidir**.

Bu tenglamadan quyidagi xulosa kelib chiqadi: transformator birlamchi chulg‘amining toki I_1 2 ta tokning geometrik yig‘indisidan iborat ekan:

1) I_0 – birlamchi chulg‘amda MYuK $I_0 w_1$ ni hosil qilib magnit o‘tkazgichda asosiy magnit oqimni vujudga keltiradi;

2) $(-I'_2)$ – Yuklama tokining ta’siri tufayli birlamchi chulg‘amdagi tok shu kattalikka oshadi va uning birlamchi chulg‘amda hosil qilgan $(-I'_2 w_1)$ MYuK si Lens qoidasiga binoan ikkilamchi chulg‘am MYuK $I_2 w_2$ ning ta’sirini kompensatsiya qiladi.

T4 4-laboratoriya ishi
UCH FAZALI IKKI CHULG‘AMLI TRANSFORMATORNING
CHULG‘AM KO‘NDALANG KESIM YUZASINI O‘ZGARTIRGAN HOLDA
SALT ISHLASH HOLATLARIDAGI TAVSIFLARI VA PARAMETRLARINI
TEKSHIRISH

1. Ishni bajarishdan maqsadi

1. Uch fazali transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish.
2. Transformatorning salt ishlash holati va uning parametrlarini aniqlash.
3. Transformatorning salt ishlash tavsiflarini qurish.
4. Transformatorning qisqa tutashuv holati va uning parametrlarini aniqlash.
5. Transformatorning qisqa tutashuv tavsiflarini qurish.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Transformator tashqi ko‘rikdan o‘tkazilsin va pasportida ko‘rsatilgan ma’lumotlar hamda chulg‘amlar qarshiliklari hisobot daftariga yozilsin.
2. Transformatsiyalash koeffitsiyenti topilsin, salt ishlash tavsiflari $I_o, P_o, \cos\varphi_o = f(U_o)$ ni qurish uchun ma’lumotlar (4.1-jadvalda) yozib olinsin.
3. Tajriba ma’lumotlaridan foydalanib salt ishlash parametrlari r_o, Z_o, X_o va salt ishlash toki I_o aniqlansin.
4. Qisqa tutashuv tavsiflari $I_{st}, P_{st}, \cos\varphi_{st} = f(U_{st})$ ni qurish uchun ma’lumotlar 4.1-jadvalga yozib olinsin.
5. Tajriba ma’lumotlaridan foydalanib qisqa tutashuv parametrlari $r_{st}, Z_{st}, X_{st}, U_{st}$ aniqlansin.

4. Ishni bajarish va hisobot tayyorlash tartibi

1. Yuksiz ishlash tajribasi. Tajribaning bajarilishidan maqsad transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyenti, magnit o‘zakdagi quvvat isrofini va ekvivalent almashtirish sxemasining ayrim parametrlarini aniqlash hamda yuksiz ishlash xarakteristikasini qurishdir.
2. Yuksiz ishlash tajribasini o‘tkazish sxemasi 4.2-rasmda ko‘rsatilgan. Transformator birlamchi chulg‘amidagi kuchlanish noldan $U=1,2U_n$ gacha oshiriladi. Kuchlanishning bir necha qiymatlari uchun ampermetr, voltmeter va vattmetrlarning ko‘rsatkichlari 4.1-jadvalga yozib olinadi.
3. Transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyenti:

$$K_{TR} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2}$$

bu yerda: E_1, U_1, W_1 va E_2, U_2, W_2 – birlamchi va ikkilamchi chulg‘amlarning EYuKlari, kuchlanishlari va o‘ramlar soni.

4. Yuksiz ishlash tokining nominal toki

$$I_0 = \frac{I_A + I_B + I_C}{3} \cdot \alpha_I$$

bu yerda (I – ampermetrning bir bo‘linmasidagi tok qiymati, (A).

5. Faza kuchlanishlarining o‘rtacha qiymati

$$U_0 = \frac{U_A + U_B + U_C}{3} \cdot \alpha_U$$

6. Yuksiz ishlash quvvati

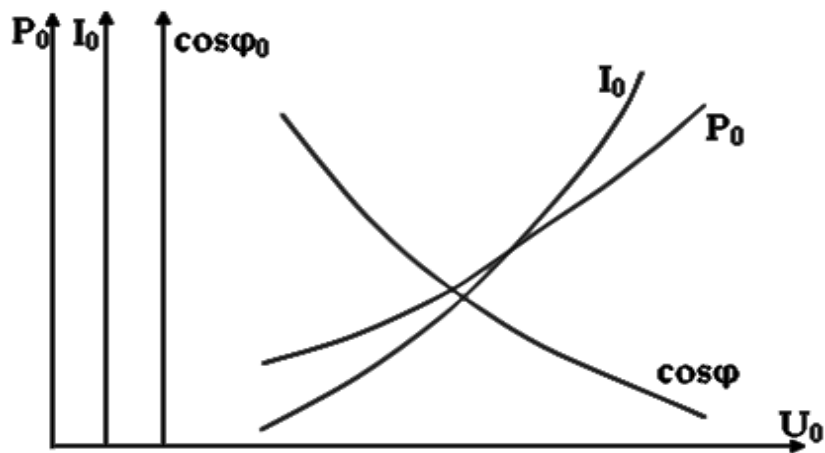
$$P_0 = (P_A + P_B + P_C) \cdot \alpha_P$$

7. Yuksiz ishlash va almashtirish sxemasining ba’zi parametrlari

$$Z_0 = \frac{U_0}{\sqrt{3} \cdot I_0}, \quad X_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2}, \quad r_0 = \frac{P_0}{m I_0^2}$$

8. Transformatorning yuksiz ishlash quvvat koeffitsiyenti

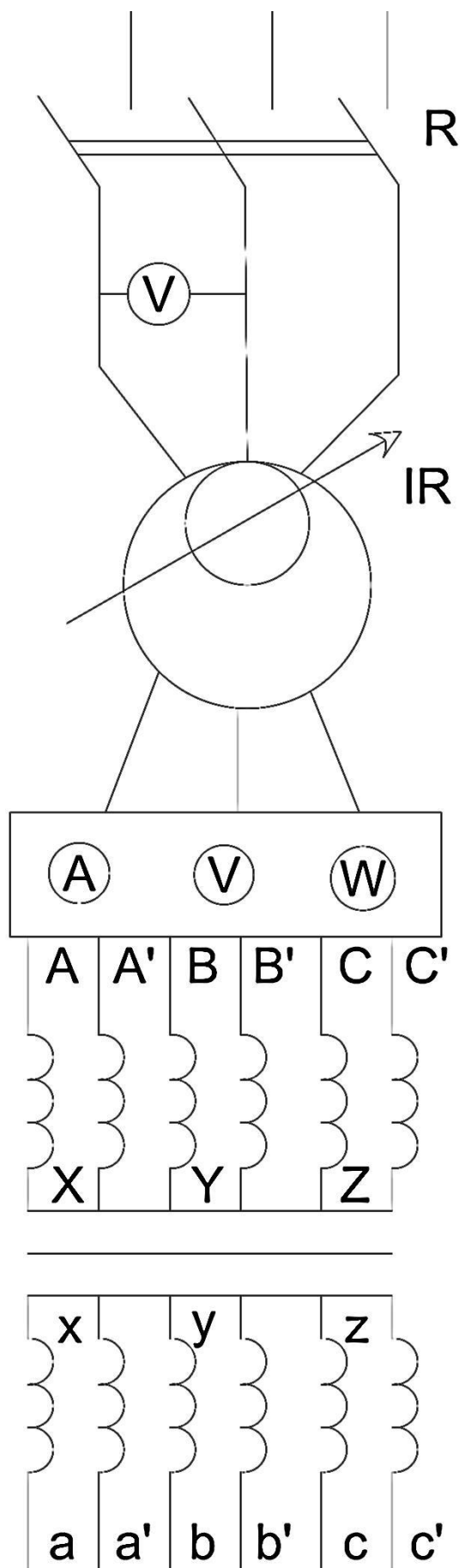
$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{m U_0 I_0}$$



4.1-rasm. salt ishlash tavsiflari

4.1-jadval

O‘lchangan qiymatlar									Hisoblangan qiymatlar						
I_A	I_B	I_C	P_A	P_B	P_C	U_1	U_2	U_3	I_0	U_0	P_0	$\cos \varphi_0$	Z_0	X_0	r_0



4.2- rasm. Transformatorning salt ishlash tajribasi sxemas

T5 5-laboratoriya ishi
UCH FAZALI IKKI CHULG‘AMLI TRANSFORMATORNING
CHULG‘AM KO‘NDALANG KESIM YUZASINI O‘ZGARTIRGAN HOLDA
QISQA TUTASHUV HOLATLARIDAGI TAVSIFLARI VA
PARAMETRLARINI TEKSHIRISH

1. Ishni bajarishdan maqsadi

1. Uch fazali transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish.
2. Transformatorning salt ishlash holati va uning parametrlarini aniqlash.
3. Transformatorning salt ishlash tavsiflarini qurish.
4. Transformatorning qisqa tutashuv holati va uning parametrlarini aniqlash.
5. Transformatorning qisqa tutashuv tavsiflarini qurish.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Transformatorning qisqa tutashuv tajribasi.

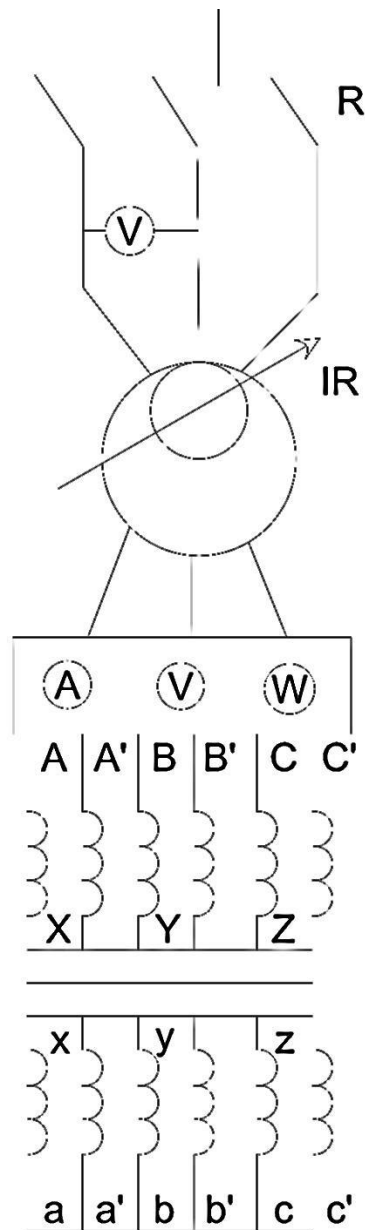
2. Transformator qisqa tutashuvi ikkilamchi chulg‘ami boshi va oxiri qarshiligi nolga yaqin bo‘lgan o‘tkazgich bilan ulanib, birlamchi chulg‘amga kuchlanish berilganda sodir bo‘ladi. Bunda ikkilamchi chulg‘am kuchlanishi $U_2=0$ va YuK qarshiligi $Z_{yu}=0$ bo‘ladi.

Transformator qisqa tutashuv holatida birlamchi chulg‘amga nominal kuchlanish berilsa uning qarshiliklari nisbatan kichik bo‘lganligi sababli, chulg‘amlarda nominal tokdan 15-20 marta katta bo‘lgan qisqa tutashuv toklari I_{1st} , va I_{2st} o‘ta boshlaydi. Chulg‘amlar o‘ramlarida bu toklarning kvadratiga proporsional bo‘lgan elektrodinamik kuchlar vujudga keladi va issiqlik ajralib chiqadi. Elektrodinamik kuchlar chulg‘am simlarini uzib va eritib yuborishga olib kelishi mumkin. Shu tufayli nominal kuchlanishli transformatorning qisqa tutashuvi «avariya qisqa tutashuvi» deb hisoblanadi. Agar birlamchi chulg‘am kuchlanishini shunday U_{st} , qiymatgacha kamaytirilganda $I_{1st}=I_{1n}$ bo‘lsa, bunday holatni sinov qisqa tutashuvi deyiladi. Z_{st} ning qiymati kichikligi sababli $U_{st}=(0,05-0,17) U_n$ bo‘ladi.

Qisqa tutashuv holatidagi ekvivalent elektr sxemasi parametrlarini va qisqa tutashuv kuchlanishi uchburchagini aniqlash imkonini beradi. Uchburchak yordamida esa transformator ishchi holatida tajriba o‘tkazmay turib uning ishchi tavsiflarini qurish mumkin bo‘ladi. Qisqa tutashuv tajribasi 5.1-rasmdagi sxema asosida bajariladi.

Sxema yig‘ilgandan so‘ng IR minimal kuchlanishlik holatga keltiriladi va manbaga ulanadi. Kuchlanish noldan oshirilib, tokning qiymati $1.2I_n$ da o‘rnatiladi. O‘lchov asboblarning ko‘rsatkichlari yozib olinadi. Tok qiymati I_n o‘rnatilib, ikkinchi ko‘rsatkichlar yozib olinadi. Shu tariqa tok nolgacha 4 marta kamaytirilib 5.1-jadvalning chap tomoni to‘ldiriladi.

Qisqa tutashuv tajribasi ma’lumotlari asosida quyidagilar hisoblanadi va 5.1-jadvalning o‘ng tomoniga kiritiladi.



5.1-rasm. Transformator qisqa tutashish tajribasi sxemasi

5.1-jadval

O'lchangan qiymatlar									Hisoblangan qiymatlar						
I_A	I_B	I_C	P_A	P_B	P_C	U_1	U_2	U_3	I_{st}	U_{st}	P_{st}	$\cos\varphi_{st}$	Z_{st}	X_{st}	r_{st}

Qisqa tutashuv toki I_{st} , kuchlanishi U_{st} , quvvati P_{st} va quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_0$ quyidagicha topiladi:

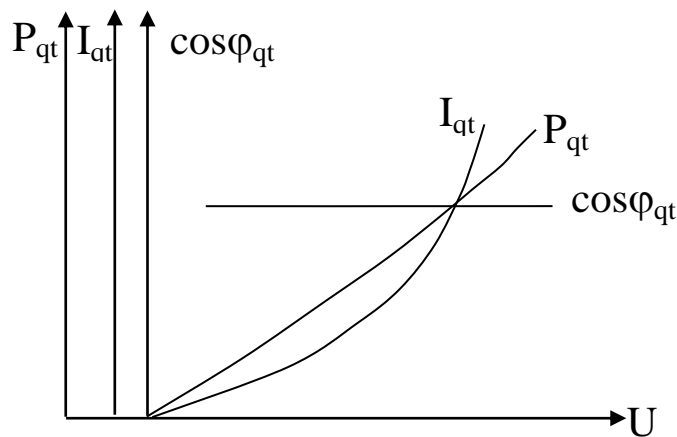
$$I_{qt} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \alpha_I ;$$

$$U_{qt} = \frac{U_a + U_b + U_c}{3} \alpha_U ;$$

$$P_{qt} = (P_a + P_b + P_c) \alpha_W ;$$

$$\cos \varphi_{qt} = \frac{P_{qt}}{3U_{qt} \cdot I_{qt}} .$$

Ular yordamida transformatorning qisqa tutashuv tavsifi – I_{st} , P_{st} , $\cos \varphi_{st} = f(U_{st})$ quriladi (1.5-rasm).



5.2-rasm. Transformator qisqa tutashish tajribasi sxemasi

Qisqa tutashuv holatidagi aktiv, induktiv va to‘la qarshiliklar quyidagicha topiladi:

$$Z_{qt} = \frac{U_{qt}}{I_{qt}}, \quad r_{qt} = \frac{P_{qt}}{mI_{qt}^2}, \quad X_{qt} = \sqrt{Z_{qt}^2 - r_{qt}^2} .$$

Sinov savollari

1. Nima uchun transformatorning qisqa tutashuv holati tekshiriladi?
2. Qisqa tutashuv holatidagi aktiv, induktiv va to‘la qarshiliklari qanday topiladi?

T6 6-laboratoriya ishi

UCH FAZALI, IKKI CHULG‘AMLI TRANSFORMATORNING CHULG‘AM KO‘NDALANG KESIM YUZASINI O‘ZGARTIRGAN HOLDA YUKLAMA HOLATIDAGI TAVSIFLARI VA PARAMETRLARINI TEKSHIRISH

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish.
2. Transformatorning yuklama holati va uning parametrlarini aniqlash.
3. Transformatorning yuklama tavsiflarini qurish.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Transformator tashqi ko‘rikdan o‘tkazilsin va pasportida ko‘rsatilgan ma‘lumotlar hisobot daftariga yozilsin.
2. Yuklama tavsiflari I_1 , P_1 , $\cos\varphi_1$, U_2 , $\eta=f(k_{yu})$ ni qurish uchun ma‘lumotlar 6.1-jadvalga yozib olinsin.

3. Ishni bajarishga oid qisqacha nazariy tushunchalar

Agar transformatorning ikkilamchi chulg‘amiga yuklama (Z_{yu}) ulansa, EYuK E_2 ta‘sirida shu chulg‘amdan I_2 tok o‘tib, MYuK I_2w_2 ni vujudga keltiradi. Bu MYuK asosiy magnit oqimga aks ta‘sir qilishdan tashqari kuch chiziqlari nomagnit yo‘llar orqali faqat shu chulg‘am o‘ramlari bilan ilashadigan tarqoq magnit oqim F_{σ_2} ni ham hosil qiladi. Ikkilamchi chulg‘am MYuK I_2w_2 ning asosiy magnit oqimga ko‘rsatadigan ta‘sirini Lens qoidasi yordamida tushuntirish mumkin.

Lyens qoidasining ta‘rifi: «O‘zgarayotgan magnit oqim ilashgan berk o‘tkazuvchi kontur (zanjir)da shunday yo‘nalishdagi EYuK hosil bo‘ladiki, uning vujudga keltirgan toki va u bilan bog‘liq bo‘lgan mexanik kuchlar magnit oqimning o‘zgarishiga aks ta‘sir qiladi».

Demak, agar ikkilamchi chulg‘amga aktiv-induktiv yuklama ulansa, undan o‘tayotgan tokning reaktiv tashkil etuvchisi I_{2r} vujudga keltirgan MYuK $I_{2r}w_2$ transformatorning birlamchi chulg‘am MYuK I_0w_1 ga teskari yo‘nalgan bo‘lib, asosiy magnit oqim F ni kamaytirishga, aktiv-sig‘imiy Yuklamada esa I_0w_1 ga mos yo‘nalgan bo‘lib, asosiy magnit oqimni oshirishga intiladi.

Aktiv-induktiv yuklamada natijaviy oqimning kamayishi birlamchi chulg‘amda EYuK E_1 ning kamayishiga olib keladi. Natijada, elektr tarmog‘ining kuchlanishi $U_1=U_{1N}=\text{const}$ bo‘lganligidan $U_1-E_1=\Delta E$ tufayli hosil bo‘lgan birlamchi chulg‘amdagi tokning qiymati I_0 dan I_1 gacha, ya‘ni yuklama tokining magnitsizlovchi ta‘siri to‘la kompensatsiya bo‘lgunga qadar oshishiga sababchi bo‘ladi va natijada transformatoridagi magnit oqim o‘zining dastlabki qiymatiga taxminan tenglashadi.

Shunday qilib, ikkilamchi chulg'amiga yuklama ulangan transformatorlarda magnit oqim Φ to'la tok qonuniga binoan birlamchi va ikkilamchi chulg'am MYuK larining birgalikdagi ta'siri tufayli yaratilib, ularning ta'sir etuvchi qiymatlarining geometrik yig'indisi salt ishlashdagi birlamchi chulg'am MYuK I_0w_1 ga taxminan teng bo'ladi:

$$\underline{I}_1w_1 + \underline{I}_2w_2 \approx \underline{I}_0w_1$$

Bu ifoda **transformatorning MYuK lari muvozanat tenglamasi** deyiladi. Bunda \underline{I}_1w_1 – yuklama ulangan transformatorning birlamchi chulg'amida vujudga keladigan MYuK; \underline{I}_2w_2 – ikkilamchi chulg'amda hosil bo'ladigan MYuK; \underline{I}_0w_1 – salt ishlayotgan transformator birlamchi chulg'amining MYuK.

6.1-jadval

O'lchangan qiymatlar								Hisoblangan qiymatlar					
I_A	I_B	I_C	P_A	P_B	P_C	U_2	I_2	U_1	P_1	I_1	P_2	$\cos\varphi_1$	η

Yuqoridagi tenglamaning ikkala tomonini w_1 ga bo'lamiz va $\underline{I}_2(w_2/w_1) = \underline{I}'_2$ belgilashdan keyin hosil bo'lgan tenglamani quyidagicha yozamiz:

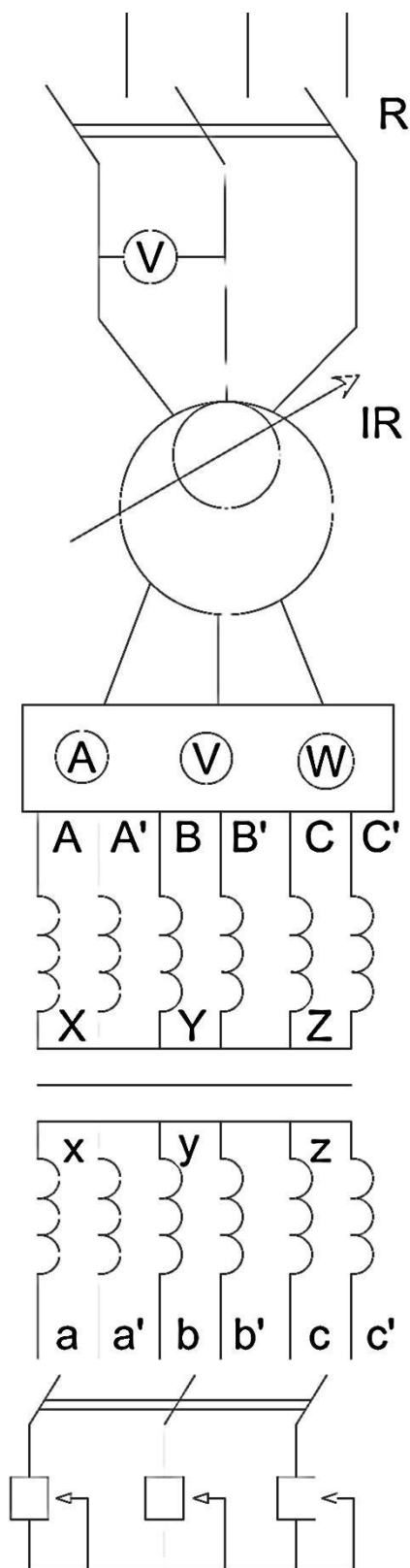
$$\underline{I}_1 \approx \underline{I}_0 + (-\underline{I}'_2).$$

Bu ifoda transformatorning **toklar muvozanati tenglamasidir**.

Bu tenglamadan quyidagi xulosa kelib chiqadi: transformator birlamchi chulg'amining toki I_1 2 ta tokning geometrik yig'indisidan iborat ekan:

1) I_0 – birlamchi chulg'amda MYuK I_0w_1 ni hosil qilib magnit o'tkazgichda asosiy magnit oqimni vujudga keltiradi;

2) $(-\underline{I}'_2)$ – Yuklama tokining ta'siri tufayli birlamchi chulg'amdagi tok shu kattalikka oshadi va uning birlamchi chulg'amda hosil qilgan $(-\underline{I}'_2w_1)$ MYuK si Lens qoidasiga binoan ikkilamchi chulg'am MYuK I_2w_2 ning ta'sirini kompensatsiya qiladi.



6.1- rasm. Transformatorning yuklama tajribasi sxemasi

P1 7-laboratoriya ishi
MUSTAQIL QO‘ZG‘ATISHLI O‘ZGARMAS TOK GENERATORINI
CHULG‘AM O‘RAMLAR SONINI O‘ZGARTIRGAN HOLDA SALT

ISHLASH HOLATLARIDAGI TAVSIFLARI VA PARAMETRLARINI 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.

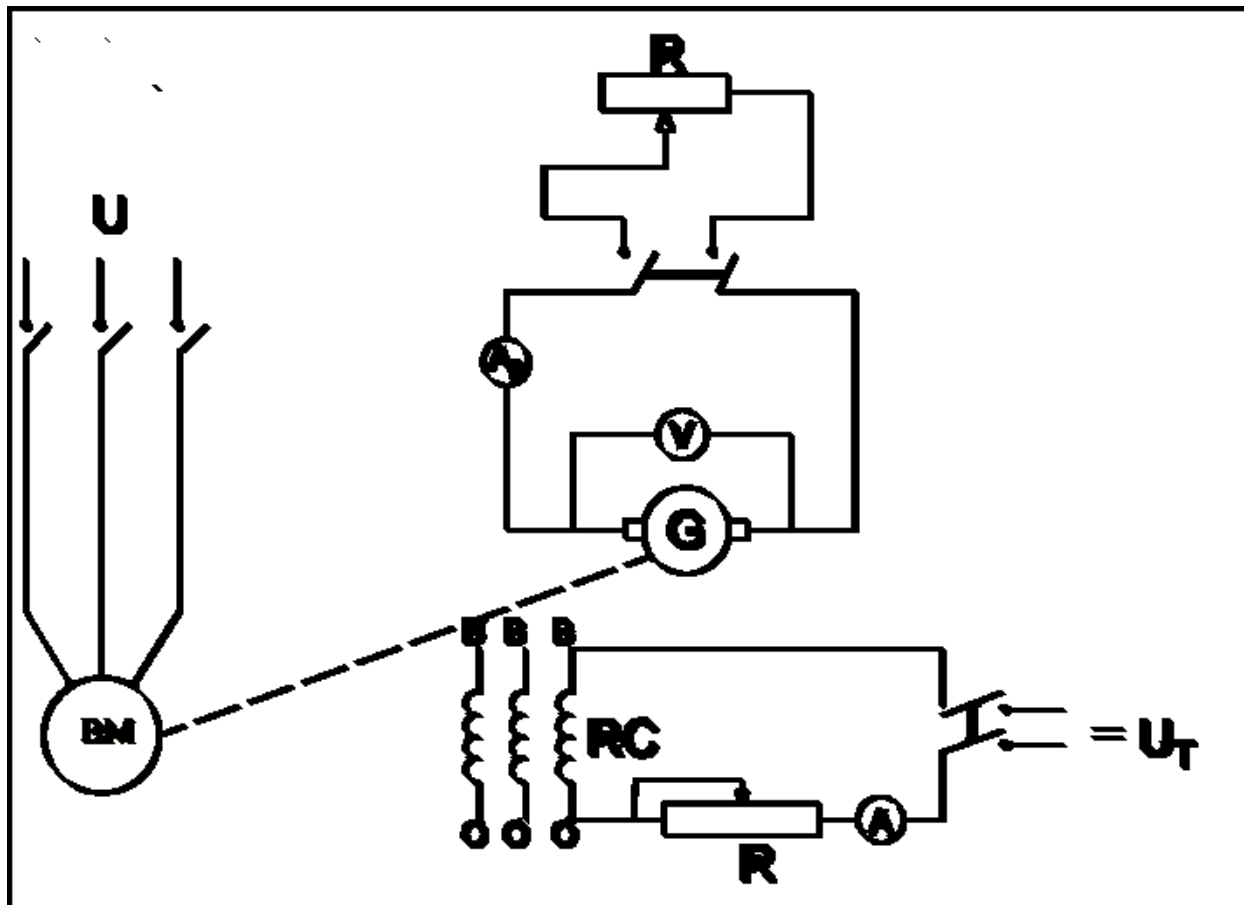
3. Ish bajarish tartibi va hisobot tayyorlash bo'yicha ko'rsatmalar

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 $n=n_n=const$ 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 1-jadvalga yoziladi.
Olingan ma'lumotlarni ularning nominal kattaliklariga bo'lib hisoblangan nisbiy birliklardagi qiymatlari asosida salt ishlash tavsifi quriladi 7.1-rasm.

7.1-jadval

U_0	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.



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

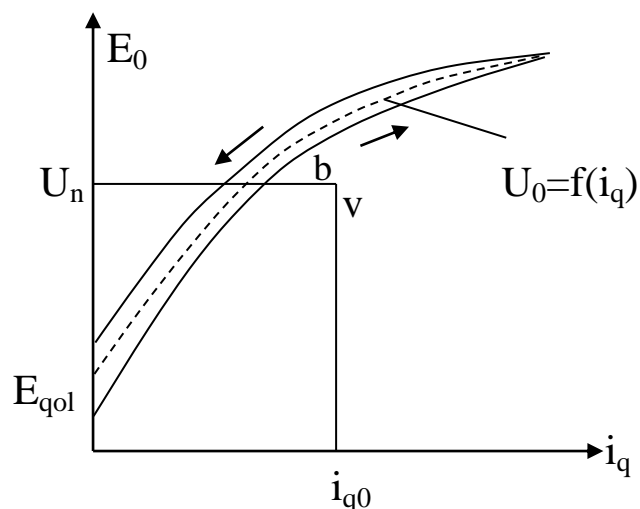
7.2-jadval

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

4. Ishni bajarish yuzasidan qisqacha nazariy tushunchalar

O'zgarmas tok motor (O'TM)lari elektr transportida, avtomatik rostdash 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



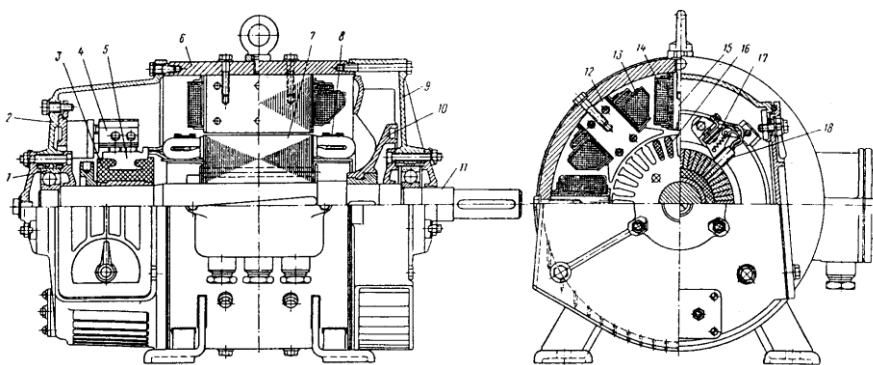
7.2-rasm. Salt ishlash tavsifi

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÷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.

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 (4-rasm).



7.3-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

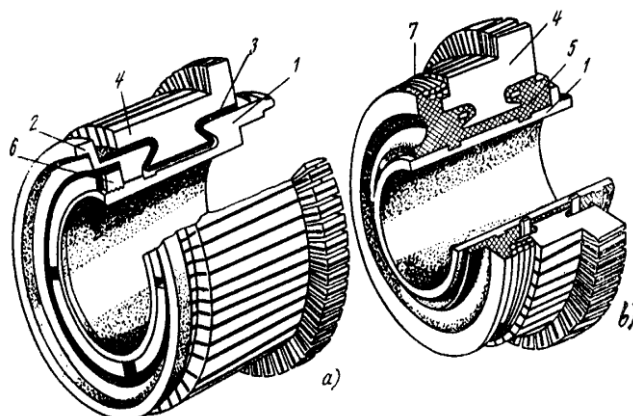
Qo'zg'atish chulg'aming g'altaklari qutb o'zaklariga kiydiriladi va staninaga siqib mahkamlanadi. O'rta va katta quvvatli O'T mashinalarida sovitish yuzani oshirish uchun qo'zg'atish g'altaklarini ikki qismga bo'ladilar. Asosiy qutb g'altaklarini shimoliy va janubiy qutblar navbatma-navbat keladigan 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 (7.4-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 (7.5-rasm).

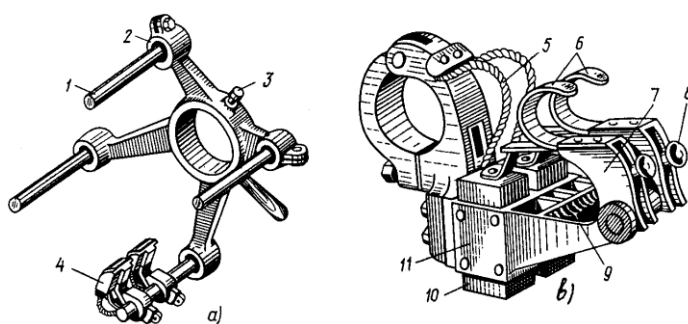
Yakorning po'lat o'zagi qalinligi 0,35 yoki 0,5 mm bo'lgan elektrotexnik po'lat lislardan yig'ilgan bo'ladi. Bu holda magnit maydonda yakor aylanishida o'zakda hosil bo'ladigan uyurma toklar ta'siri keskin kamayadi. Yakor pazlaridagi chulg'am seksiyalarini maxsus ponalar bilan, pazdan tashqari qismlarini 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 (7.5,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‘tkalar tutqichlar yordamida qo‘zg‘almas holatda tutib turiladi. Traversa – zarurat tug‘ilganda cho‘tkalar sistemasini mashina qutblariga nisbatan siljitish imkonini beruvchi qurilmadir (7.6-rasm). Cho‘tkalar va qo‘zg‘atish chulg‘amidan chiqqan simlar maxsus klemma (qisqich)lar taxtachasiga chiqarilgan bo‘ladi



7.5-rasm. O‘zgaras 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



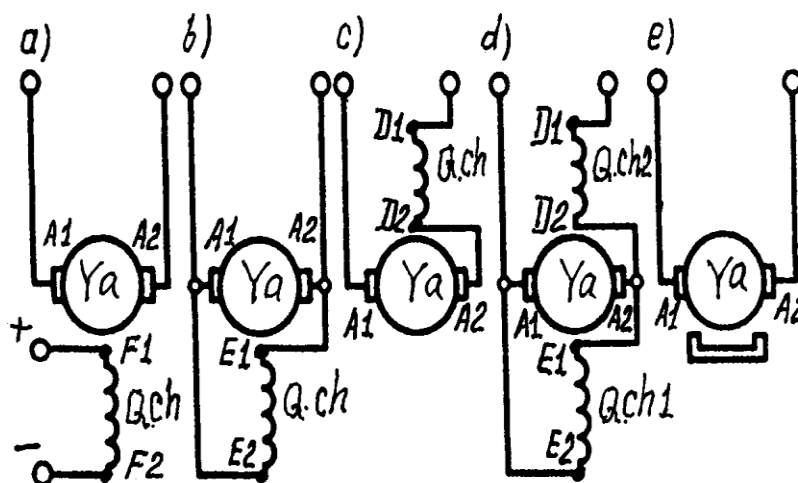
7.6-rasm. O‘zgaras tok mashinasining yakori:

1 – yakor o‘zagi; 2 – bandajlar; 3 – kollektor; 4 – yakor chulg‘aming pazzlardan tashqari qismi; 5 – val

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 (-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 (7.7a-rasm); parallel qo‘zg‘atishlida (7.7b-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 (7.7c-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 (7.7d-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 (7.7e-rasm). Bu holda mashinaning qo‘zg‘atish chulg‘ami vazifasini doimiy magnit bajaradi.



7.7-rasm. Har xil qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok mashinalarining elektr sxemalari:
a) mustaqil; b) parallel; c) ketma-ket; d) aralash; e) doimiy magnitli

O‘zgarmas 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:

$$e = B l v, \quad (1)$$

bunda V – magnit maydon induksiyasi; l – o‘tkazgichning uzunligi; v – tezlik. EYK ning yo‘nalishi «o‘ng qo‘l» qoidasi bilan aniqlanadi.

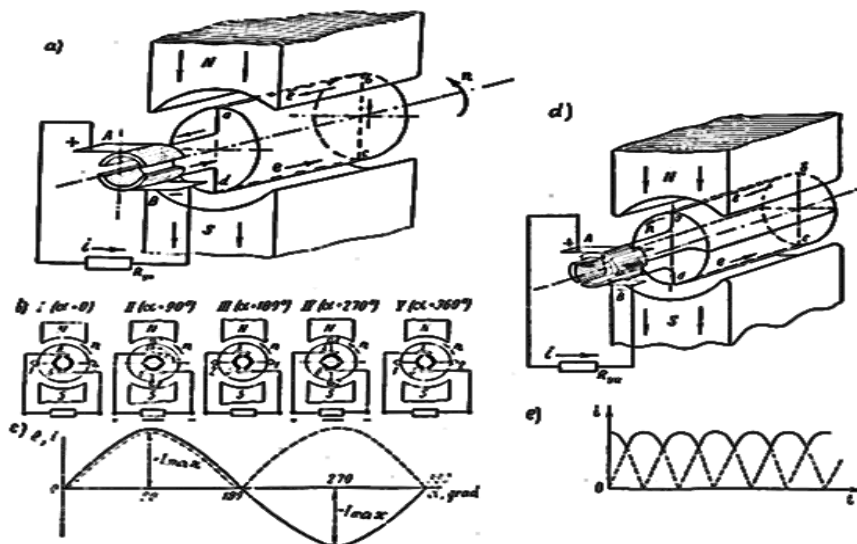
Yakorning burchak tezligi v (yoki aylanish chastotasi n) o‘zgarmas bo‘lsa yakor chulg‘ami EYK ning kattaligi va yo‘nalishi mashina havo oralig‘i magnit induksiyasining kattaligi va yo‘nalishi bilan aniqlanar ekan.

O‘T generatorining ishlash prinsipini eng oddiy O‘T generatori misolida ko‘rib chiqamiz (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‘amining eng oddiy bir qismidir. Yakor o‘ramining uchlarini 2 ta yarim halqaga ulangan. Yarim halqalarga 2 ta qo‘zg‘almas cho‘tkaga 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 kattaligi har xil bo‘lgan holatlarni egallaydi (9b-rasm). Bunda o‘tkazgichlar har xil magnit qutblar tagidan o‘tgan 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.



7.8-rasm. Yakor chulg‘ami bitta o‘ram (2 ta o‘tkazgich)dan iborat bo‘lgan eng oddiy o‘zgarmas tok generatorining modeli (a); yakor bitta aylantirilganda o‘tkazgichlarning magnit maydondagi holatlari (b) va o‘zgarmas 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‘tkaga tagida hamma vaqt shimoliy qutb ta’siridagi, «V» cho‘tkaga 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 (7.8a-rasm). Agar yakor chulg‘ami fazoda bir-biriga nisbatan 90° da

joylashgan ikkita o‘ramdan iborat bo‘lsa (7.8b-rasm), tashqi zanjirda tokning pulsatsiyalanishi keskin kamayadi (7.8c-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‘zgarmas deyish 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:

$$F_{em} = B_{o'rt} \ell I_a . \quad (2)$$

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

$$M = F_{em} \cdot D / 2 = C_m F I_a , \quad (3)$$

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

Sinov savollari

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

P2 8-laboratoriya ishi

MUSTAQIL QO‘ZG‘ATISHLI O‘ZGARMAS TOK GENERATORINI CHULG‘AM O‘RAMLAR SONINI O‘ZGARTIRGAN HOLDA QISQA TUTASHUV HOLATLARIDAGI TAVSIFLARI VA PARAMETRLARINI 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 $n=n_n=const$ tezlikda aylantirib tajriba o‘tkaziladi.

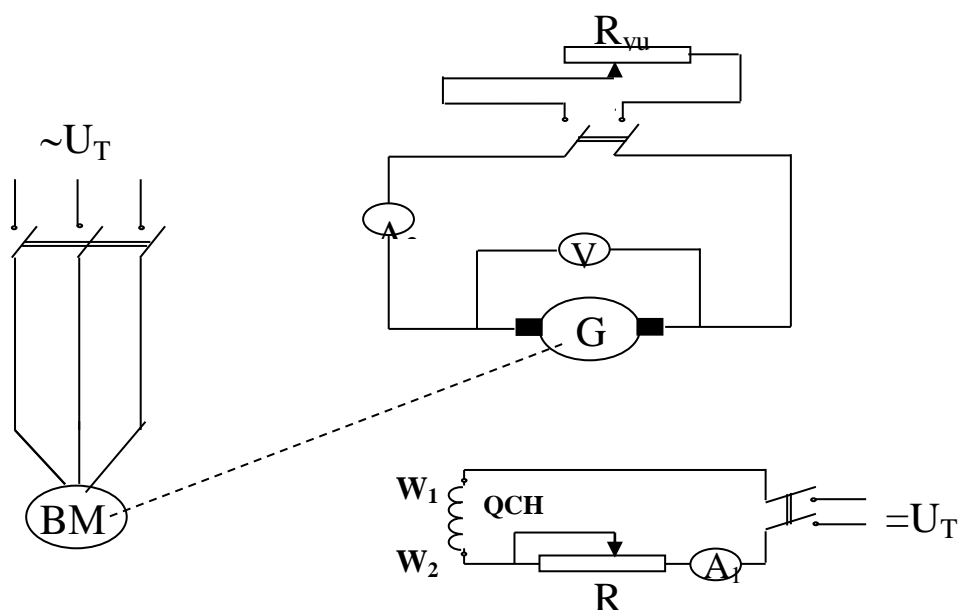
3. Salt ishlash tavsifi. $U_0=f(i_q)$ quyidagicha olinadi. Tajriba o‘tkazish vaqtida yakor chulg‘ami istemolchiga ulanmagan. Generatorning qo‘zg‘atish tokini $i_q=0$ dan boshlab kuchlanish $U_0=1,15 U_n$ ga yetguncha bir tekisda oshirib boriladi. Qo‘zg‘atish tokining bir necha (kamida 8 ta) oraliq qiymatlariga to‘g‘ri kelgan kuchlanish o‘lchanadi va 1-jadvalga yoziladi.

Olingan ma'lumotlarni ularning nominal kattaliklariga bo‘lib hisoblangan nisbiy birliklardagi qiymatlari asosida salt ishlash tavsifi quriladi 8.1-rasm.

8.1-jadval

U_0	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 2-jadvalga yoziladi. Qisqa tutashuv tavsifining taxminiy ko‘rinishi 3- rasmda ko‘rsatilgan.



8.1-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-katta qiymatli tokni o'lchaydigan ampermetr, A₂-katta qiymatli tokni o'lchaydigan ampermetr)

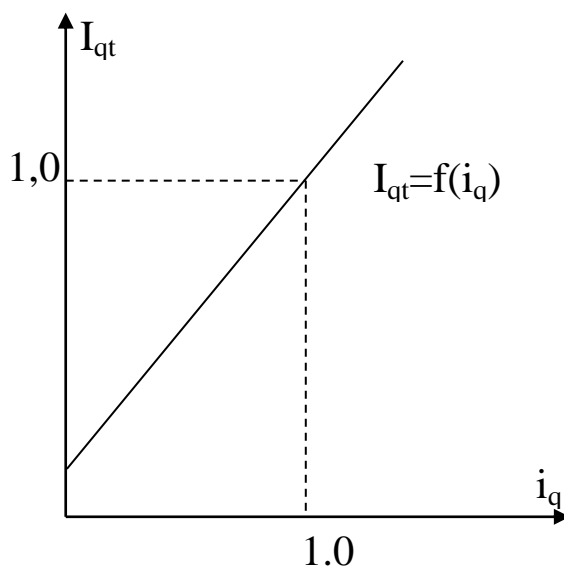
8.2-jadval

I _{qt}	B												
	n.b.												
i _q	A												
	n.b.												

4. Ishni bajarish yuzasidan qisqacha nazariy tushunchalar

O'zgarmas tok motor (O'TM)lari elektr transportida, avtomatik rostdash 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



8.1-rasm. Qisqa tutashuv tavsifi

P3 9-LABORATOROYA ISHI

PARALLEL QO'ZG'ATISHLI O'ZGARMAS TOK MOTORINI CHULG'AM O'RAMLAR SONINI O'ZGARTIRGAN HOLDA TEKSHIRISH

1. ISHNI BAJARISHDAN MAQSAD

1. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas 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 rostdashni o'rganish.

2. ISHNING DASTURI

1. Parallel qo'zg'atishli O'TM ning tezlikni rostdash usullari:
 - a) Qo'zg'atish tokini o'zgartirib $I_a, n = f(i_q)$ bunda $U_a = U_n = \text{const}, I_{\text{gen}} = \text{const}, i_{\text{qgen}} = \text{const}$ bo'lganda olish.
 - b) Yakor chulg'amidagi kuchlanishni o'zgartirib: $I_a, n = f(U_a)$ bunda $i_q = i_{qn} = \text{const}, I_{\text{gen}} = \text{const}, i_{\text{qgen}} = \text{const}$ 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 9.1- sxema 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 siymatini ?situvchi studentlarga aytadi.

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

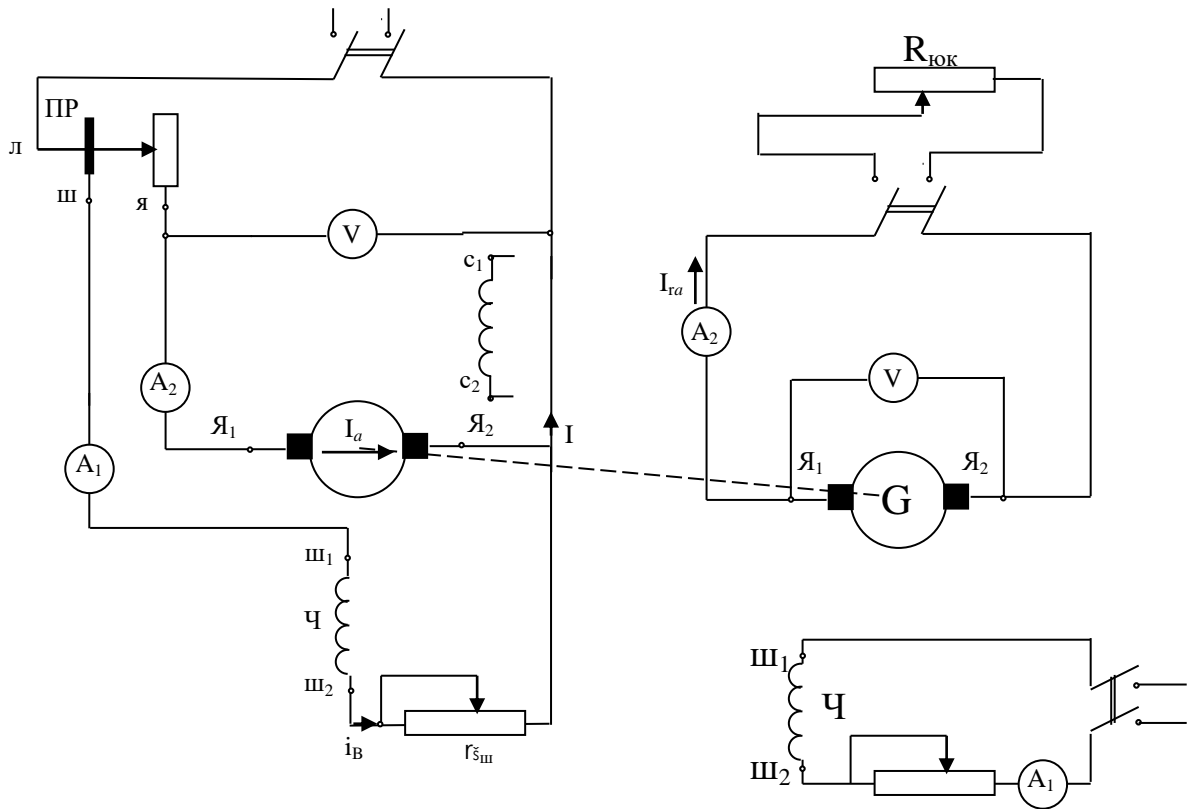
8. Aylanish chastotasini bu tajribada nominaldan oshirib rostlanadi. Buning uchun motorning qo'zg'atish tokini kamaytiramiz shuning isobtiga motorning aylanish chastotasi kuchlanishi, yuklantiruvchi generatorning yakor toki o'zgaradi. Ularni o'zgaras qilib ushlash uchun avval generatorning qo'zg'atish 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 etkazamiz va 5-6 ta qiymat olamiz.

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

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

Bu erda 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_s magnitlovchi kuchi bilan o'zaro ta'siridan aniqlanadi. Yuklantiruvchi generatorning yakor va qo'zg'atish toki o'zgaras bo'lganda foydali magnit oqim hamda motorning elektromagnit momenti o'zgaras bo'ladi.

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 erda $i_q=const$, $I_{gen}=const$, $i_{q,gen}=const$.



9.1-rasm. Tezlikni rostdash tavsifi.

9.1-rasm. Parallel qozg'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]

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

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

SINOV SAVOLLARI

1. O'zgarmas tok motorini tuzilishi va ishlash printsipi.
2. Motorning EYUK 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?

P4 10-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. ISHNING DASTURI

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.

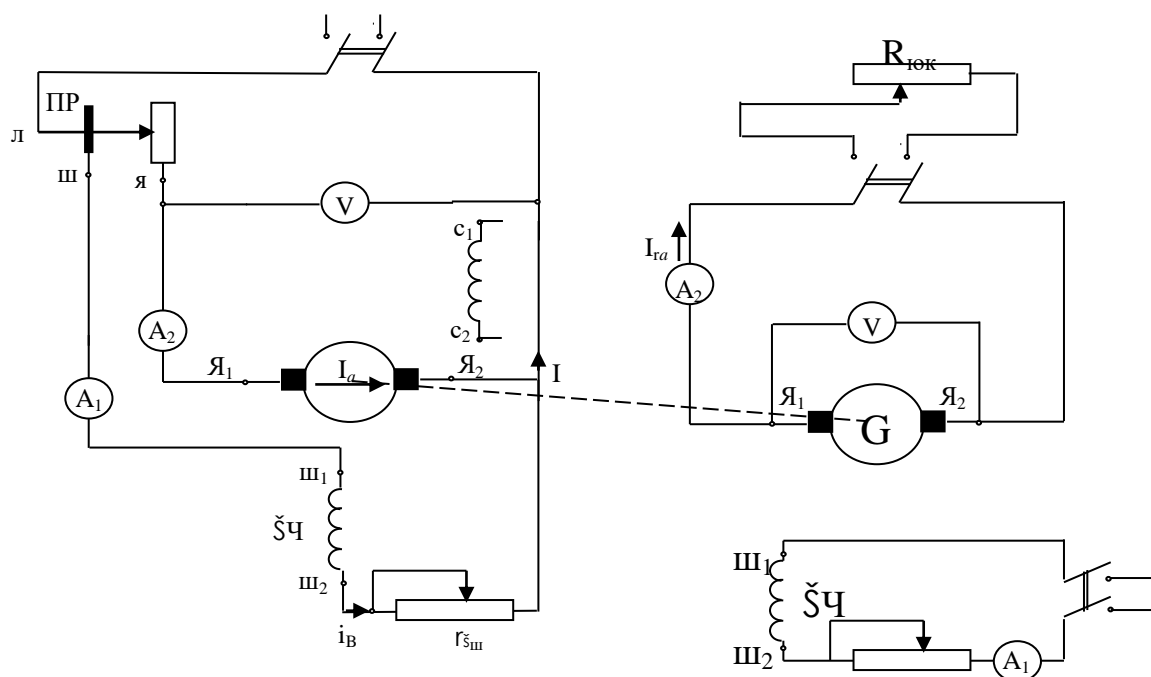
3. ISHNI BAJARISH TARTIBI VA HISOBOT TAYYORLASH TARTIBI

1. 10.1-sxemani yig'ib ishga tushirish.

Motoring ish tavsiflarini olish uchun mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatoridagi P4 qarshilikni o'zgartirib generator yuklantiriladi.

Tajribada qo'zatish tokining nominal qiymati shunday o'rnatiladiki, yakor zanjiridagi kuchlanish nominal va nominal yukda motoring 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 10.2-jadvalga yoziladi.



1-rasm. Parallel qozg'atishli o'zgarmas tok motori tavsiflarini tajribada tekshirishga oid elektr sxema. [BM-birlamchi motor, G-generator yakor chulg'ami, QCh-qozg'atish chulg'ami, A₁-kam qiymatli tokni o'lchaydigan ampermetr, A₂- katta qiymatli tokni o'lchaydigan ampermetr]

So'ng aralash qozg'atishli motorning ish tavsifi olinadi. Qozg'atish chulg'amini parallel qozg'atish chulg'ami bilan mos ulanadi. Parallel va aralash qozg'atishli motorning ish tavsiflari bitta grafikga chiziladi.

SINOV SAVOLLARI

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

MUNDARIJA

1.Labaratoriya ishi. Uch fazali ikki chulg'amli transformatorning chulg'am o'ramlar sonini o'zgartirgan holda salt ishlash holatlaridagi tavsiflari va parametrlarini tekshirish	3
2.Labaratoriya ishi. Uch fazali ikki chulg'amli transformatorning chulg'am o'ramlar sonini o'zgartirgan holda qisqa tutashuv holatlaridagi tavsiflari va parametrlarini tekshirish	8
3.Labaratoriya ishi. Uch fazali, ikki chulg'amli transformatorning chulg'am o'ramlar sonini o'zgartirgan holda yuklama holatidagi tavsiflari va parametrlarini tekshirish	11
4.Labaratoriya ishi. Uch fazali ikki chulg'amli transformatorning chulg'am ko'ndalang kesim yuzasini o'zgartirgan holda salt ishlash holatlaridagi tavsiflari va parametrlarini tekshirish	14
5.Labaratoriya ishi. Uch fazali ikki chulg'amli transformatorning chulg'am ko'ndalang kesim yuzasini o'zgartirgan holda qisqa tutashuv holatlaridagi tavsiflari va parametrlarini tekshirish	17
6.Labaratoriya ishi. Uch fazali, ikki chulg'amli transformatorning chulg'am ko'ndalang kesim yuzasini o'zgartirgan holda yuklama holatidagi tavsiflari va parametrlarini tekshirish	20
7.Labaratoriya ishi. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorini chulg'am o'ramlar sonini o'zgartirgan holda salt ishlash holatlaridagi tavsiflari va parametrlarini tekshirish	23
8.Labaratoriya ishi. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorini chulg'am o'ramlar sonini o'zgartirgan holda qisqa tutashuv holatlaridagi tavsiflari va parametrlarini tekshirish	30
9.Labaratoriya ishi. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorini chulg'am o'ramlar sonini o'zgartirgan holda tekshirish	32
10.Labaratoriya ishi. Parallel va aralash qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorini tekshirish	33

ADABIYOTLAR

1.Елифанов А.Г.Электро механические преобразователь энергии. СПб.: издательство Лань, 2004-208 с.

2.Гольдберг О.Д., Хелемская С.П. Электро механика.–М.: издательство Academia, 2007-512 с.

3.J.S.Salimov, N.B.Pirmatov. Elektr mashinalari. O'zbekiston Faylasuflari Milliy jamiyati nashiryoti.-Toshkent.: 2011-408 b.

4.Копылова И.П. Проектирование электрических машин:-М.: издательство Юрайт, 2011-767 с.

5.Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. В 2-х т. Учебник для вузов.- М.: издательство МЭИ, 2004. Том 1-652 с, Том 2 532 с.

6.Кацман М.М.Справочник по электрические машины. -М.: Энергия 2005-479 с.