

435
621.313
745

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI

ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI TOSHKENT
DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

ELEKTR MASHINALARI

fanidan

transformator va asinxron mashinalari qismlari bo'yicha
laboratoriya ishlarini bajarish uchun

USLUBIY KO'RSATMA

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI

ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI TOSHKENT
DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

ELEKTR MASHINALARI

fanidan

**transformator va asinxron mashinalari qismlari bo'yicha
laboratoriya ishlarini bajarish uchun**

USLUBIY KO'RSATMA

TOSHKENT – 2014

UDK 621. 313

Tuzuvchilar: Mustafakulova G.N., Yarmuxamedova Z.A., Toshev Sh.E
«Elektr mashinalari» fanidan transformatorlar va asinxron mashinalari
qismlari bo'yicha laboratoriya ishlarini bajarish uchun uslubiy ko'rsatma.
– Toshkent, ToshDTU, 2014. 53 b.

Ushbu uslubiy ko'rsatma «Elektr mashinalari» fanidan transformatorlar
va asinxron 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'nalishlari tahsil oladigan talabalar uchun mo'ljallangan bo'lib,
transformatorlar va asinxron motorlarni tajriba yo'li bilan tekshirishni
«Elektr mexanika 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 – TTYM1, «Elektr transporti va yuqori
tezlikdagi elektr harakat tarkibi» kafedrasida
mudiri, dotsent

1- laboratoriya ishi

Uch fazali ikki chulg'amli transformatorning salt ishlash, 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. 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 $I_0, P_0, \cos\varphi_0 = f(U_0)$ ni qurish uchun ma'lumotlar (1.1-jadvalda) yozib olinsin.
3. Tajriba ma'lumotlaridan foydalanib salt ishlash parametrlari r_0, Z_0, X_0 va salt ishlash toki I_0 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 yasashida 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.

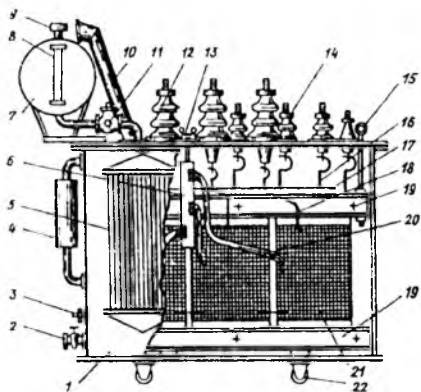
Elektr energiyani uzatish, qabul qilish hamda ishlatishga mo'ljallangan elektr tarmoqlari va uskunalarida elektr energiyani o'zgartirish (kuchlanishni oshirish yoki kamaytirish) vazifasini bajaradigan transformator **kuch transformatori** deyiladi. Bu toifaga: quvvati 6,3 kV·A va undan katta bo'lgan *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 ishonchlilik, 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 tejamli bo'lishi; **b)** ishlatishda ishonchliligi; **c)** isroflar standartda belgilangan me'yordan oshmasligi; **d)** parallel ulash

shartlarini qanoatlantirishi; e) me'yordan ortiqcha qizib ketmasligi; f) kuchlanishni rostdlashga 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 ventily; 3 – zaminlash uchun qistirma; 4 – termosifonli filtri; 5 – radiator; 6 – kuchlanishni rostlovchi qayta ulagichi; 7 – kengaytirgich; 8 – moy ko'rsatkichi; 9 – havo quritgich; 10 – chiqaruvchi (saqllovchi) 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 rostdlash 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'rif*. «Vaqt bo'yicha o'zgarib borayotgan 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 va E_2 , U_2 , W_2 – birlamchi va ikkilamchi chulg’amlarning EYuKlari, kuchlanishlari va o’ramlar soni.

3. Yuksiz ishlash tokining nominal toki

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

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

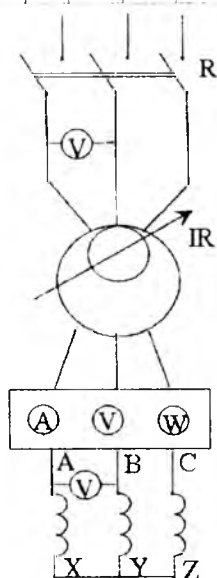
$$Z_0 = \frac{U_0}{\sqrt{3} \cdot I_0}, \quad X_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2}, \quad r_0 = \frac{P_0}{m I_0^2}$$

7. Transformatorning yuksiz ishlash quvvat koeffitsiyenti

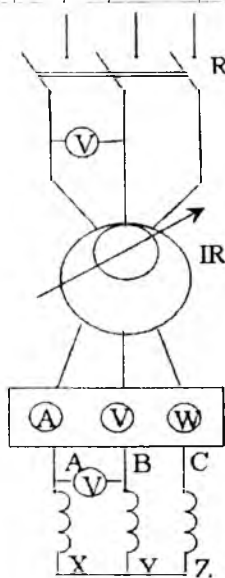
$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{m U_0 I_0}$$

1.1-jadval

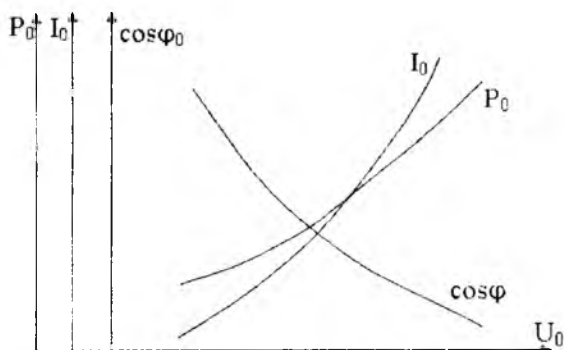
O'lchangan qiymatlar									Hisoblangan qiymatlar						
I_A	I_B	I_C	U_A	U_B	U_C	P_A	P_B	P_C	I_0	U_0	P_0	$\cos \varphi_0$	Z_0	X_0	r_0



1.2- rasm. Transformatorning salt ishlash tajribasi sxemasi



1.3-rasm. Transformator qisqa tutashish tajribasi



1.4-rasm. Transformorning salt ishlash tavsifi

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

8.1. Transformorning qisqa tutashuv tajribasi.

8.2. 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 $Z_{vu}=0$ 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 transformorning 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'ild**andan 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 1.2-jadvalning chap tomoni to'ldiriladi.**

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

1.2-jadval

O'lchangan qiymatlar									Hisoblangan qiymatlar						
I_A	I_B	I_C	U_A	U_B	U_C	P_A	P_B	P_C	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:

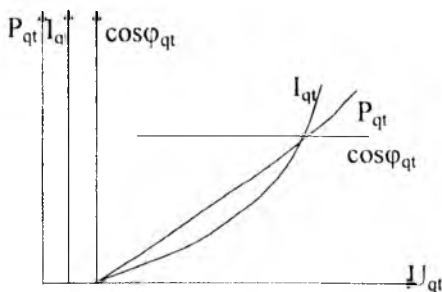
$$I_{qt} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \alpha_I$$

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

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

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

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



1.5-rasm. Transformatorning qisqa tutashuv tavsifi

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

$$Z_{q1} = \frac{U_{q1}}{I_{q1}}, \quad r_{q1} = \frac{P_{q1}}{m I_{q1}^2}, \quad X_{q1} = \sqrt{Z_{q1}^2 - r_{q1}^2}.$$

Sinov savollari

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

2- laboratoriya ishi

Uch fazali, ikki chulg'amli transformatorning 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 , $\cos\phi_1$, U_2 , $\eta=f(k_{yu})$ ni qurish uchun ma'lumotlar 2-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 $I_2 w_2$ 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 $F_{\sigma 2}$ ni ham hosil qiladi. Ikkilamchi chulg'am MYuK $I_2 w_2$ ning asosiy magnit oqimga ko'rsatadigan ta'sirini Lens qoidasi yordamida tushuntirish mumkin.

Lyens qoidasining ta'rif: «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'imiyluklamada 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'amga 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:

$$I_1w_1 + I_2w_2 \approx I_0w_1$$

Bu ifoda **transformatorning MYuK lari muvozanat tenglamasi** deyiladi. Bunda I_1w_1 – yuklama ulangan transformatorning birlamchi chulg'amida vujudga keladigan MYuK; I_2w_2 – ikkilamchi chulg'amda hosil bo'ladigan MYuK; I_0w_1 – salt ishlayotgan transformator birlamchi chulg'amining MYuK.

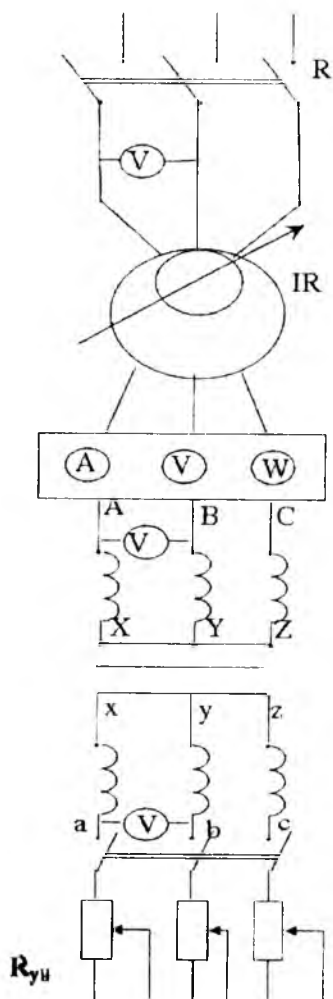
2.1-jadval

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 $I_2(w_2/w_1) = I'_2$ belgilashdan keyin hosil bo'lgan tenglamani quyidagicha yozamiz:

$$I_1 \approx I_0 + (-I'_2).$$

Bu ifoda transformatorning ***toklar muvozanati tenglamasidir***.



2.1- rasm. Transformator yuklama tajribasi sxemasi

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

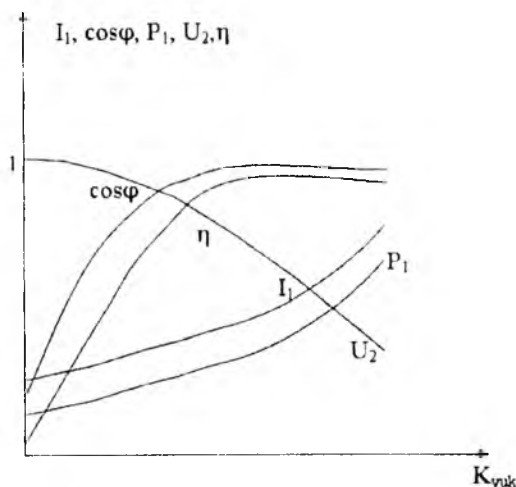
1) I_0 – birlamchi chulg'amda MYuK $I_0 w_1$ ni hosil qilib magnit o'tkazgichda asosiy magnit oqimni vujudga keltiradi;

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.

4. Ishni bajarish va hisobot tayyorlash tartibi

1. Transformatorning yukli ishlash rejimini hosil qilish uchun 2.1-rasmdagi kabi. birlamchi chulg'amga nominal kuchlanish berib. ikkilamchi chulg'amni esa iste'molchiga ulash lozim. Kuchlanish $U_1=U_{1n}$ qiymatni o'zgartirmasdan saqlagan holda, Z_{YK} ning 4-5 ta qiymatlari uchun birlamchi chulg'am toklari, quvvati va ikkilamchi chulg'am toki hamda kuchlanishlarining qiymatlarini o'lchov asboblarning ko'rsatkichlarini 1- jadvalning chap tomoniga yozib olinadi.

2. Birlamchi chulg'am tokining o'rtacha qiymati, quvvati va quvvat koeffitsiyentlari avvalgi tajribalardagidek hisoblanib 2- jadvalning o'ng tomoni to'ldiriladi va yuklama tavsiflari I_1 , P_1 , $\cos\varphi_1$, U_2 , $\eta=f(k_{yu})$ lar quriladi (2.2-rasm).



2.2-rasm. Transformatorning yuklama tavsifi

Sinov savollari

1. Nima uchun transformatorning yuklama holati tekshiriladi?
2. Yuklama holatida ikkinchi chulg'am kuchlanishi nega tushib ketadi?
3. Transformatorning yuklama holatidagi vektor diagrammasini chizib bering.
4. Transformator qisqa tutashuv parametrlariga uning konstruktiv qismlari o'lchamlarining qanday ta'siri bor?

3-laboratoriya ishi

Uch fazali, ikki chulg'amli transformatorlarning ulanish guruhlarini aniqlash

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Transformator chulg'amlarining ulanish guruhlarini aniqlash.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Tekshirilayotgan transformatorlarning hujjatlarida ko'rsatilgan ma'lumotlarni hisobot daftariga yozilsin.
2. Transformatorlar ulanish guruhleri aniqlansin.

3. Ishni bajarishga oid qisqacha nazariy tushunchalar

Transformatorlar parallel ulanganda iste'molchilarni uzluksiz elektr energiya bilan ta'minlash, transformatorlarni ta'mirlashni tashkil etish engillashadi, iste'molchi qabul qilayotgan quvvatning qiymati o'zgarganda parallel ishlayotgan transformatorlar sonini o'zgartirib ularni nominal rejimda ushlab turiladi.

Transformatorlarni parallel ulash uchun, transformatorni parallel ulash shartlari bajarilishi kerak. Shu shartlardan biriga asosan parallel ulanayotgan transformatorlarning ulanish guruhleri bir xil bo'lishi kerak. Agar ushbu shart bajarilmasa ikkilamchi chulg'amlarning kuchlanishlari orasidagi faza burchaklari hisobiga tenglashtiruvchi tok har doim mavjud bo'lishiga olib keladi. Transformatorlar ulanish guruhleri nazariyasiga asosan, agarda transformatorlardan biri 0 guruh, ikkinchisi 11 guruhga taaluqli bo'lsa faza burchaklari $\frac{\pi}{6}$ ga teng. Bu qiymat esa ikki xil ulanish

guruhli transformatorlarda minimaldir. Ko'p hollarda uchraydigan $U_{\Sigma}=5,5\%$ va 6-10 kV kuchlanishli transformatorlar uchun yuksiz

ishlagandagi tenglashtiruvchi tok nominal tokdan $\frac{I_{II,MI}}{I_2} = \frac{100 \sin \frac{\pi}{12}}{U_{qt}} = 4,7$

marta katta bo'ladi. Bu esa har xil ulanish guruhlariga mansub bo'lgan transformatorlarni parallel ishlatish qat'iyan man etilishiga dalildir.

Amaliyot uchun muhim xulosa. Transformatorlarning ulanish guruhi faqatgina PK chulg'amning YuK chulg'amga nisbatan o'ralish yo'nalishiga, PK fazaviy chulg'amlarning uchlari qanday belgilanishiga hamda ularning ulanish sxemalariga bog'liq bo'lib qolmasdan, YuK va PK fazaviy chulg'amlarni qanday ketma-ketlikda ulab «Δ» sxemasini hosil qilishga ham bog'liq bo'ladi. **Ulanish guruhlarini tajriba yo'li bilan aniqlash usullari.**

a) Fazometr usuli. Bu usul YuK va PK chulg'amining mos liniyaviy kuchlanishlari (yoki EYuK lari) orasidagi faza siljish burchagini fazometr (φ) yordamida bevosita o'lchashga asoslangan.

b) Voltmetr usuli. Bu usulda chulg'amlarning liniyaviy kuchlanishlari (yoki EYuK lari) orasidagi siljish burchagi o'lchanmaydi. Demak, u bilvosita usul bo'lib, YK va PK chulg'amlarning bir xil nomli uchlariaro kuchlanish (yoki EYuK) larni o'lchashga asoslangan. Agar Y/Y-0 ulanish guruhi tekshirilsa, YuK va PK chulg'amlarning «A» va «a» uchlarni sim bilan ulab U_{Bb} va U_{Cc} kuchlanishlar o'lchanadi. O'lchangan kuchlanishlar quyidagi:

$$U_{Vb}=U_{\Sigma\Sigma}=U_{ab}(k_f-1) \quad (3.1)$$

tenglamani qanoatlantirsa (bunda $k_f=U_{AB}/U_{ab}$ – liniyaviy kuchlanishlarni transformatsiyalash koeffitsiyenti), ulanish guruhi Y/Y – 0 ga mos keladi.

Boshqa guruhlar uchun esa quyidagi tenglamalar bo'yicha tekshiriladi:

$$Y/Y-6 \text{ guruh uchun} - U_{Bb}=U_{Cc}=U_{ab'}(k_f+1), \quad (3.2)$$

$$Y/\Delta-11 \text{ guruh uchun} - U_{Bb}=U_{Cc}=U_{ab'}\sqrt{1-\sqrt{3}+\kappa_f+\kappa_f^2}, \quad (3.3)$$

$$Y/\Delta-5 \text{ guruh uchun} - U_{Bb}=U_{Cc}=U_{ab'}\sqrt{1+\sqrt{3}+\kappa_f+\kappa_f^2}, \quad (3.4)$$

(2÷4) tenglamalarda U_{ab} va $U_{a'b'}$ – PK chulg'am liniyaviy kuchlanishlari.

Agar o'lchangan kuchlanishlar keltirilgan formulalarni qanoatlantirmasa, demak, transformator chulg'amlarining uchlari noto'g'ri belgilangan bo'ladi.

c) Tajribaviy-grafik usuli. Transformatorning ulanish guruhini bu usulda aniqlash uchun YuK va PK chulg'amlarning bir xil nomli (masalan, «A» va «a») qisqichlarini o'zaro birlashtirib transformatorning YuK chulg'amini simmetrik uch fazali kuchlanish manbaiga qo'shilib, liniyaviy hamda U_{Bb} , U_{Cc} , U_{Cb} va U_{Bc} kuchlanishlari o'lchanadi.

Olingan natijalar bo'yicha tanlangan masshtabda YuK chulg'amning liniyaviy kuchlanishlar teng tomonli uchburchagi quriladi. Bu uchburchakning B va C nuqtalaridan sirkul bilan U_{Bb} va U_{Cb} radiuslarida 2 ta yoy chizilsa, kesishgan nuqtalari ularning PK chulg'am liniyaviy kuchlanishlari uchburchagining «b» uchini hosil qiladi. Agar U_{Cc} va U_{Bc} radiuslarida yoylar chizilsa, izlanayotgan uchburchakning «c» uchini beradi.

Sxemada «A» va «a» uchlar o'zaro ulanganligidan ularning potentsiallari bir xil bo'ladi. Aniqlangan «a», «b», «c» nuqtalarni birlashtirib, PK chulg'am liniyaviy kuchlanishlar uchburchagi "abc" ni hosil qilamiz.

3.1-jadval

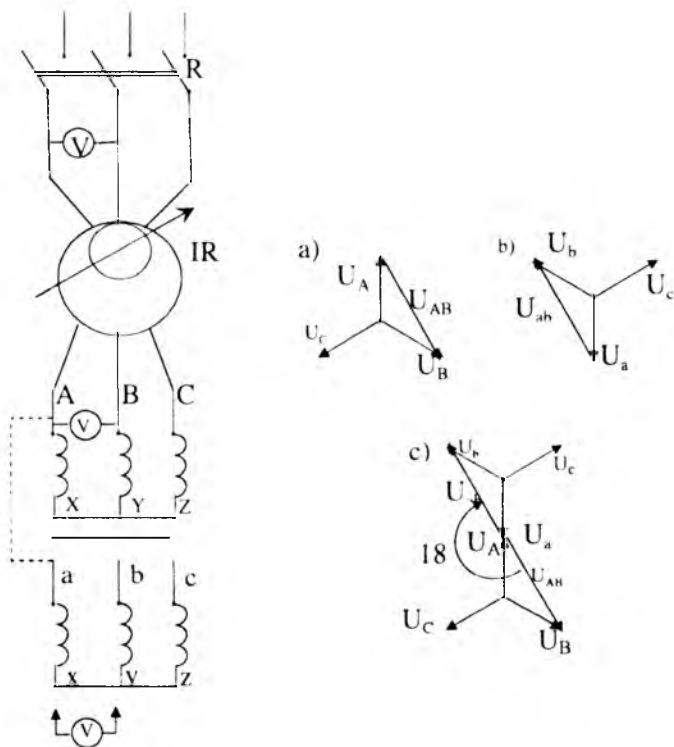
T/r	O'lchangan qiymatlar					
	AB	Ab	Bb	Cb	Bc	cC
	B	B	B	B	B	B
1						
2						
3						

Agar yuqorida belgilangan qoidaga binoan YuK chulg'am liniyaviy kuchlanishlar uchburchagining AB tomoni soatning 12 raqamiga yo'naltirilsa, PK chulg'am liniyaviy kuchlanishlar uchburchagining «ab» tomoni ulanish guruhini aniqlaydi.

4. Ishni bajarish va hisobot tayyorlash tartibi

O'quvchining ko'rsatmasiga ko'ra transformatorning bir necha **ulanish guruhlari** tajriba usuli bilan aniqlanadi. Buning uchun 3.1-rasmdagi **sxema** yig'iladi. Birlamchi chulg'amga uch fazali kuchlanish beriladi va **A-X, B-Y, C-Z, a-x, b-y, c-z, B-B, C-c, A-B, a-b** nuqtalar orasidagi **kuchlanishlar** (potensiallar farqi) voltmetr yordamida o'lchanib, 3.1-jadvalga kiritiladi.

Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar uchun alohida vektor diagrammalar quriladi (3.1-rasm, a, b, c). Chulg'amlar «A» va «a» nuqtalarda elektrik bog'langanligini hisobga olib, ikkala vektor diagrammasi birgalikda chiziladi. U_{AB} va U_{ab} kuchlanishlar vektorlari aniqlanib, ular orasidagi burchak 30^0 ga bo'linadi. Hosil bo'lgan son ulanish guruhini tartibini bildiradi



3.1- rasm. Ikkita voltmetr yordamida transformatorning ulanish guruhlarini topish sxemasi

Sinov savollari

1. Transformatorning ulanish guruhlarida nima bilasiz?
2. Transformatorning ulanish guruhlarini aniqlash usullari.
3. Transformatorlarda nechta guruh mavjud?
4. Chulg'amlari Y/Y yoki Δ/Δ ulansa qanday guruh bo'ladi?
- 5.5. Chulg'amlari Y/ Δ yoki Δ/Y ulansa qanday guruh bo'ladi?

4-Laboratoriya ishi

Uch fazali ikki chulg'amli transformatorlarning parallel ishlashi

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Transformatorlarni parallel ulashni o'rganish.
2. Parallel ishlab turgan transformatorlarning ish rejimini tahlil qilish.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Tekshirilayotgan transformatorlarning hujjatlarida ko'rsatilgan ma'lumotlar hisobot daftariga yozilsin va 1-rasmdagi tajriba o'tkazish sxemasi yig'ilsin.

2. Transformatorlarlar parallel ulansin. Bunda U_{21} , U_{22} , I_{21} , $I_{22} = f(I_{YK})$ xarakteristikalarini qurish (4.1-rasm) uchun tajribadan olingan qiymatlar 1-jadvalga yozib olinsin.

3. Ishni bajarishga oid qisqacha nazariy tushunchalar

Ikki (yoki undan ko'p) transformatorlarning birlamchi chulg'amlari bitta elektr tarmog'idan (manbaidan) energiya bilan ta'minlanib, ikkilamchi chulg'amlari esa umumiy iste'molchiga (yoki tarmoqqa) ulangan holdagi ishini transformatorlarning *parallel ishlashi* deyiladi.

Transformatorlarni parallel ishlatish iste'molchilarni elektr energiya bilan uzluksiz ta'minlashda *katta amaliy ahamiyatga egadir*. Masalan, parallel ishlayotgan transformatorlardan birortasida avariya holati sodir bo'lsa yoki ta'mirlash uchun uni manbadan ajratganda ham energiya ta'minoti uzilmaydi, chunki bu holda iste'molchilar elektr energiyani parallel ishlayotgan boshqa transformator(lar)dan oladi.

[illegible]

19

Transformatorlarni parallel ulash uchun, quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

1. Parallel ulanayotgan transformatorning birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari nominal kuchlanishlari ishlab turgan transformatorlarning birlamchi va ikkilamchi chulg'am kuchlanishlariga o'zaro teng bo'lishi yoki ularning transformatsiyalash koeffitsiyentlari teng bo'lishi kerak.

2. Parallel ulanayotgan transformatorlarning qisqa tutashuv kuchlanishlarining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari o'zaro teng, ya'ni ulanayotgan transformatorlarning qisqa tutashuv kuchlanishlari teng yoki qisqa tutashuv uchburchaklari teng bo'lishi kerak.

3. Parallel ulanayotgan transformatorlarning ulanish guruhleri bir xil bo'lishi kerak.

1- shart bajarilmasa qolgan shartlar bajarilsa, kuchlanishlar vektorlari farqining qiymati transformatsiyalash koeffitsiyentlari farqiga proporsional bo'ladi;

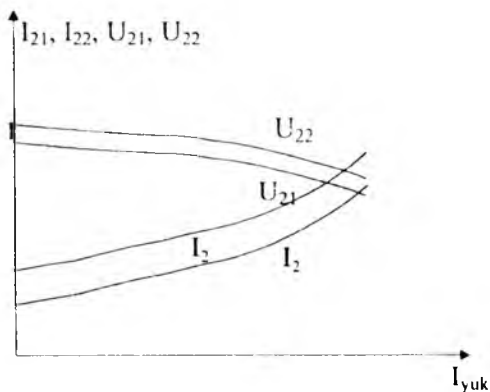
2- shart bajarilmasa transformatorlar yuklanish darajasi har xil bo'ladi, ya'ni qisqa tutashuv kuchlanishi kichik bo'lgan transformator nominal yklanishdan ortiqroq, qisqa tutashuv kuchlanishi katta bo'lgan transformator nominal yklanishdan kamroq yklanadi.

3- shart bajarilmasa, transformatorlarga yuklama ulanmagan holatda ham chulg'amlardan qisqa tutashuv tokiga teng tok o'ta boshlaydi. Bu esa transformatorlar uchun xavfli holat bo'lganligidan bu shart bajarilmaganda transformatorlarni parallel ishlashga ulash qat'iy taqiqlanadi. Agar ushbu shart bajarilmasa ikkilamchi chulg'amlarning kuchlanishlari orasidagi faza burchaklari hisobiga tenglashtiruvchi tok har doim mavjud bo'lishiga olib keladi. Transformatorlar ulanish guruhleri nazariyasiga asosan, agar transformatorlardan biri 0 guruh, ikkinchisi 11 guruhga taaluqli bo'lsa, faza burchaklari $\frac{\pi}{6}$ ga teng. Bu qiymat esa ikki xil ulanish guruhli transformatorlarda minimaldir. Ko'p hollarda uchraydigan $U_{st}=5,5\%$ va 6-10 kV kuchlanishli transformatorlar uchun, yuksiz ishlagandagi

tenglashtiruvchi tok nominal tokdan
$$\frac{I_{TENG}}{I_2} = \frac{100 \sin \frac{\pi}{12}}{U_{qt}} = 4,7$$
 marta katta

bo'ladi. Bu esa har xil ulanish guruhlariga mansub bo'lgan transformatorlarni parallel ishlatish qat'iy man etilishiga dalildir

T/t	O'lchangan qiymatlar					
	I_{21}	I_{22}	I_{YK}	U_{21}	U_{22}	U_1
1						
2						
3						
4						



4.2- rasm. Transformatorlarning parallel ishlash holatidagi tok va kuchlanish tavsiflari

Sinov savollari

1. Transformatorning ishlashi deb nimaga aytiladi?
2. Transformatorni parallel ulash shartlari haqida nimalarni bilasiz?
3. Agar transformatorni ulash shartlaridan birortasi bajarilmasa, nima bo'ladi?

5- laboratoriya ishi

Uch fazali, uch chug'amli transformatorning qisqa tutashuv holat va parametrlarini tekshirish.

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Uch fazali uch chulg'amli transformatorlarning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish.

2. Ularning qisqa tutashuv holatidagi tavsiflari va parametrlarini aniqlash.

2. Ishni bajarish yuzasidan topshiriqlar

1. Transformator tashqi ko'rikdan o'tkazilsin va pasportida ko'rsatilgan ma'lumotlar hisobot daftarchasiga yozilsin.

2. Transformatorning qisqa tutashuv tavsiflari I_{st} , P_{st} , $\cos\varphi_{st}=f(U_{st})$ quyidagi holatlarda qurilsin:

a) o'rta kuchlanishli (O'K) chulg'am qisqa tutashtirilib, past kuchlanishli (PK) chulg'am yuklamasiz va yuqori kuchlanishli (YK) chulg'am tarmoqqa ulanganda;

b) PK chulg'am qisqa tutashtirilib, O'K chulg'am yuklamasiz va YK chulg'am tarmoqqa ulanganda;

c) PK chulg'am qisqa tutashtirilib, YK chulg'am yuklamasiz va O'K chulg'am tarmoqqa ulanganda.

3. Ishni bajarishga oid qisqacha nazariy tushunchalar

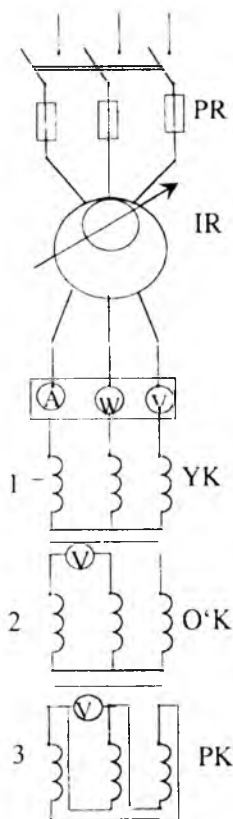
Transformator bu statik elektromagnit uskuna bo'lib, birlamchi o'zgaruvchan tok sistemasini ikkilamchi o'zgaruvchan tok sistemasiga aylantirib beradi. Bunda chastota o'zgarmaydi. Transformator asosiy va yordamchi qismlardan tuzilgan. Asosiy qismga magnit o'tkazgich va chulg'amlar kiradi. Yordamchi qismlarga bak, kengaytirgich, gaz relesi, 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 yasallashida izolatsiyalangan mis va aluminiy simlaridan foydalaniladi. Transformatorlarda moy sovutish va izolatsiya vazifasini bajaradi.

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.

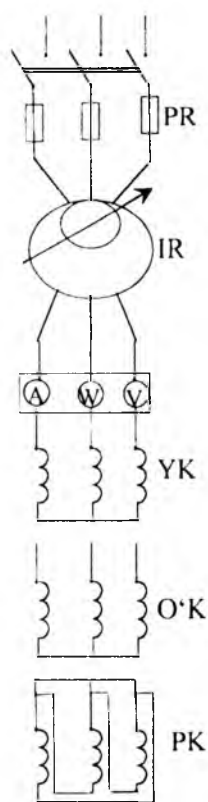


5.1- rasm. Transformatorning salt ishlash tajribasi sxemasi

1.1. Yuksiz ishlash tajribasini o'tkazish sxemasi 5.1-rasmda ko'rsatilgan. Transformator birlamchi chulg'amidagi kuchlanish noldan $U=1,2U_H$ gacha oshiriladi. Kuchlanishning bir necha qiymatlari uchun ampermetr, voltmetr va vattmetrlarning ko'rsatkichlari 5.1-jadvalga yozib olinadi.

2. Transformatorning transformatsiyalash koeffitsiyenti:

$$K_{ir} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{W_1}{W_3} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{E_1}{E_3} \approx \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{U_1}{U_3}$$



5.2- rasm. Transformatorning qisqa tutashish tajribasi sxemasi

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.

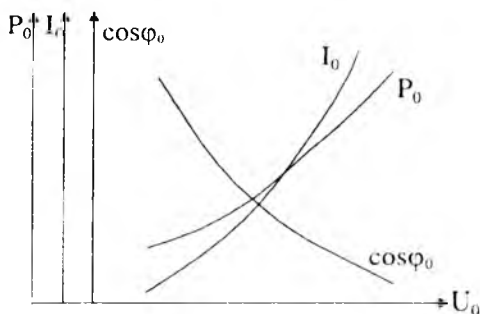
3. Yuksiz ishlash tokining nominal toki

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

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

4. Faza kuchlanishlarining o‘rtacha qiymati

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



5.3-rasm. Transformorning salt ishlash tavsifi

5. Yuksiz ishlash quvvati

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

6. Yuksiz ishlash va almashtirish sxemasining ba'zi parametrlari

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

7. Transformorning yuksiz ishlash quvvat ko'effitsiyenti

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

5.1-jadval

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

8. Hisoblangan qiymatlar asosida yuksiz ishlash xarakteristikalarini quriladi (5.1-rasm).

9. Transformatorning qisqa tutashuv tajribasi.

10. Transformator qisqa tutashuvi ikkilamchi chulg'am 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_{1qt} va I_{2qt} 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_{qt} qiymatgacha kamaytirilganda $I_{1qt}=I_n$ bo'lsa, bunday holatni sinov qisqa tutashuvi deyiladi. Z_{qt} ning qiymati kichikligi sababli $U_{st}=(0,05-0,17) U_n$ bo'ladi.

Qisqa tutashuv holatidagi ekvivalent elektr sxemasi parametrlari 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 5.2-rasmdagi sxema asosida bajariladi. Sxema yig'ilgandan so'ng IR minimal kuchlanishlik holatiga 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 5.2-jadvalning chap tomoni to'ldiriladi.

5.2-jadval

O'lchangan qiymatlar									Hisoblangan qiymatlar						
I_A	I_B	I_C	U_A	U_B	U_C	P_A	P_B	P_C	I_{qt}	U_{qt}	P_{qt}	$\cos \varphi_{qt}$	Z_{qt}	X_{qt}	r_{qt}

Qisqa tutashuv tajribasi ma'lumotlari asosida quyidagilar hisoblanadi va 5.2-jadvalning o'ng tomoniga kiritiladi.

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

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

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

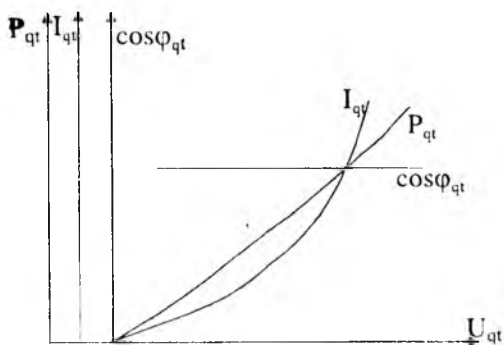
$$P_{qt} = (P_a + P_b + P_c) \alpha_P;$$

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

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

$$Z_{qt} = \frac{U_{qt}}{I_{qt}}, \quad r_{qt} = \frac{P_{qt}}{3I_{qt}^2}, \quad X_{qt} = \sqrt{Z_{qt}^2 - r_{qt}^2}.$$

Bu formulalar yordamida topilgan qiymatlar 5.2 – jadvalning o'ng tomoniga yozib qo'yiladi va ular yordamida transformatorning qisqa tutashuv tavsifi – I_{st} , P_{st} , $\cos \varphi_{st} = f(U_{st})$ quriladi (5.4 -rasm).



5.4-rasm. Transformatorning qisqa tutashuv tavsifi

Sinov savollari

1. Uch fazali, uch chulg'amli transformatorning salt ishlashi haqida nimalarni bilasiz?
2. Uch fazali, uch chulg'amli transformatorning qisqa tutashuvi haqida nimalarni bilasiz?
3. Uch fazali, uch chulg'amli transformator haqida gapirib bering.
4. Uch fazali, uch chulg'amli transformatorlar qayerlarda ishlatiladi?
5. Y va Δ ulangan chulg'amlar qarshiliklarini tushuntiring.

6-laboratoriya ishi

Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning salt ishlash va qisqa tutashuv tavsiflarini tekshirish

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning tuzilishi va ishlash prinsipini o'rganish.
2. Motorning salt ishlash va qisqa tutashuv tavsiflarini tajribada tekshirish va ularni grafik tarzda tasvirlash.

2. Ishning dasturi

1. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning stator chulg'amlarini yulduz sxemasidan uchburchak sxemasiga o'tkazish orqali ishga tushirish.

2. Qisqa tutashirilgan rotorli asinxron motorning salt ishlash tavsifi I_0 , $P_0 \cdot \cos \varphi_0 = (U_0)$ ni ifodalovchi bog'liqlikni $f_1 = f_n = \text{const}$ va $P_2 = 0$ bo'lganda olish.

3. Qisqa tutashuv tavsifi I_q , P_q , $\cos \varphi_q = f(U_q)$ ni ifodalovchi bog'liqlikni $f_1 = f_n = \text{const}$ va $n = 0$ bo'lganda olish.

3. Ishni bajarish yuzasidan qisqacha nazariy tushunchalar

Kollektorsiz asinxron motorlar *zamonaviy elektr yuritmaning asosini* tashkil etib, sanoat turlarining barcha sohalaridagi avtomatik boshqarish jarayonlarida, qishloq xo'jaligida, kon ishlaridagi yirik elektr jihozlari yuritmalarida va boshqa sohalarda keng qo'llaniladi.

Asinxron motorning rotor stator ichiga o'rnatiladi. Rotor – val, po'lat o'zak va uning pazlariga joylashtirilgan qisqa tutashgan chulg'am yoki uchta fazaviy chulg'amdan iborat. Stator – tana, po'lat o'zak va uning pazlarida joylashgan bir, ikki yoki uch fazali chulg'amdan iborat. Stator va rotorlarning po'lat o'zaklari maxsus elektrotexnik po'latdan tayyorlangan yupqa tunukalardan yig'iladi.

Asinxron motorlar rotorining tuzilishiga qarab ikki xil bo'ladi:

1) qisqa tutashgan rotorli asinxron motor (rotor chulg'ami qisqa tutashgan) (6.1-rasm);

2) faza rotorli asinxron motor (rotor chulg'ami uch fazali)

Qisqa tutashgan rotorli asinxron motor rotorining po'lat o'zagi pazlariga eritilgan alumin quyilib, chulg'am o'tkazgichlari (sterjenlar) hosil qilinadi va ularning pazlardan tashqari uchlari ikki tomondan quyma aluminiy halqalar orqali qisqa tutashgan bo'ladi. Natijada, yaxlit «olmaxon katagi» ko'rinishidagi qisqa tutashgan chulg'am hosil qilinadi.

Faza rotorli asinxron motoriga val, valga o'rnatilgan po'lat o'zak, uning pazlariga bir-biriga nisbatan 120° ga silligan uch fazali chulg'am joylashtiriladi. Rotorning fazaviy chulg'amlari yulduz usulida ulangan bo'ladi va ularning uchlari esa valning bir tomonida o'rnatilgan uchta mis yoki jez (mis va rux aralashmasi) halqalarga ulanadi.

Ishlash prinsipi. Uch fazali asinxron motorning stator chulg'amiga uch fazali tok berilganda vujudga kelgan magnit yurituvchi kuch (MYuK) statorda aylanish chastotasi $n_1 = 60 \text{ f/p}$ bo'lgan aylanma magnit maydonni hosil qiladi. Bu maydon kuch chiziqlari stator chulg'ami o'ramlarini va rotorning qisqa tutashgan chulg'am sterjenlarini yoki uch fazali chulg'ami o'ramlarini kesib o'tib, ularda EYuK lar hosil qiladi. Agar rotor chulg'ami qisqa tutashgan bo'lsa, undagi EYuK ta'sirida qisqa tutashgan

rotor chulgʻamlari oʻtkazgichlaridan tok oʻtib, bu tokning stator hosil qilgan aylanma magnit maydoni bilan oʻzaro taʼsiri natijasida rotor chulgʻami oʻramlariga elektromagnit kuch taʼsir qiladi. Bu kuch hosil qilgan aylantiruvchi (elektromagnit) moment tormozlovchi momentdan katta boʻlsa, rotorni aylanma magnit maydon yoʻnalishida aylantiradi.

Aylanma magnit maydonning aylanish chastotasi n_1 bilan rotorning aylanish chastotasi n orasidagi nisbiy farqqa sirpanish (s) deyiladi va u quyidagicha aniqlanadi ($n.b.$ – *nisbiy birlik*):

$$a) s_{(n.b.)} = (n_1 - n) / n_1;$$

$$b) s_{(s)} = (n_1 - n) / n_1 \cdot 100 \quad (1)$$

Ish rejimlari. Stator magnit maydonining aylanish chastotasi n_1 va rotorining aylanish chastotasi n larning qiymatlariga bogʻliq holda asinxron mashina motor, generator va elektromagnit tormoz rejimlarida ishlashi mumkin. Bulardan tashqari qisqa tutashuv va salt ishlash rejimlari ham mavjuddir.

Asinxron mashina *motor rejimida* ishlaganida rotorning aylanish chastotasi stator aylanma magnit maydoni chastotasidan kichik ($n_1 > n$) boʻlib, sirpanish esa $0 < s < 1$ oraliqda boʻladi. Bu holda stator chulgʻami tarmoqdan elektr energiya bilan taʼminlanadi va rotorning vali qandaydir mexanizmga mexanik momentni beradi. *Mashinada elektr energiya mexanik energiyaga aylantiriladi.*

Asinxron mashinaning rotori tormozlanib ($n=0$), stator chulgʻami tarmoqqa ulangan holatni *qisqa tutashuv rejimi* deyiladi (bunda sirpanish $s=1$ boʻladi). Agar rotorning aylanish chastotasini stator chulgʻami aylanma magnit maydoni chastotasi (sinxron chastotasi) bilan teng ($n=n_1$) qilinsa (huning uchun birlamchi motor yordamida rotorning aylanish chastotasini bir oz oshirish zarur), sirpanish $s=0$ boʻladi. Bunda aylantiruvchi moment hosil boʻlmaydi, chunki aylanma maydon rotor chulgʻamini kesib oʻtmaydi. Bunday rejimni asinxron mashinaning *ideal salt ishlash rejimi* deyiladi.

Agar asinxron mashinaning rotorini birorta mexanizm yordamida stator magnit maydoni aylanish chastotasidan katta ($n > n_1$) boʻlgan chastotada aylantirilsa rotor chulgʻami oʻtkazgichlaridagi EYuK, tokning aktiv tashkil etuvchisi va sirpanishlar oʻz yoʻnalishini oʻzgartiradi. Bunda elektromagnit moment M ham oʻz yoʻnalishini oʻzgartirib *tormozlovchi*

bo'ladi, ya'ni asinxron mashina *generator rejimiga* o'tadi. Asinxron mashina generator rejimi birlamchi motordan mexanik energiya olib, uni elektr energiyaga aylantirib tarmoqqa beradi. Bunda sirpanish $0 < s < \infty$ oraliqda o'zgaradi (« $-\infty$ » – nazariy nuqtaiy nazardan: amalda esa olib bo'lmaydi).

Agar asinxron mashinaning rotorini boshqa motor bilan stator magnit maydoni aylanishiga teskari yo'nalishda aylantirilsa, rotor chulg'ami o'tkazgichlaridagi EYuK va tokning aktiv tashkil etuvchisi motor rejimidagi singari yo'nalgan bo'ladi, ya'ni mashina tarmoqdan energiya oladi. Lekin bu rejimda elektromagnit moment rotor aylanishiga teskari yo'nalib, tormozlovchi bo'ladi. Bu rejim – asinxron mashinaning *elektromagnit tormoz rejimi* deyiladi. Bu rejimda rotorning aylanish yo'nalishi aylanma maydonnikiga nisbatan teskari bo'lgani uchun rotor aylanish chastotasi $n < 0$, sirpanishi esa $1 < s < +\infty$ oraliqda o'zgaradi. Bu rejimda asinxron mashina rotor tomonidan mexanik energiya, stator tomonidan esa elektr energiya oladi.

Asinxron mashinaning elektromagnit tormoz rejimi amaliyotda kranlarda va ko'targich mexanizmlarda YKni tushirish jarayonida uning tezligini kamaytirish yoki zarur bo'lganda ularni tezda to'xtatish uchun qo'llaniladi. Bu maqsadda stator chulg'amiga tarmoqdan ulangan xohlagan ikkita simning o'rnini almashtirib ulash kerak bo'ladi. Bu holda statorning aylanma magnit maydoni o'z yo'nalishini o'zgartiradi va tormoz momentini hosil qiladi. Bu rejimda sirpanish katta ($s=1$) bo'lganligidan, rotor chulg'amidagi EYuK, demak, tok ham katta bo'ladi. Bu tokni kamaytirish uchun faza rotorli motorda rotor chulg'amini aktiv qarshilikka – tormozlovchi reostatga ulaydilar.

Umumiy maqsadli asinxron motorlar nominal yuklama bilan ishlayotgandagi sirpanish $s_N = 3 \div 5 \%$ ni, maxsus asinxron motorlarning ayrimlarida esa $s_N = 12 \div 15\%$ ni tashkil qiladi.

4. Ishni bajarish tartibi va hisobot tayyorlash bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

1. Motor pasportidagi uning normal ish holatini ko'rsatuvchi nominal kattaliklar hisobot daftarchasiga ko'chirilib yoziladi.

2. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motori yurgiziladi. Motorning stator chulg'amini yulduz (Y) usulidan uchburchak (Δ) usuliga ulab yurgiziladi (6.1 - rasm). Asinxron motorning stator chulg'ami ko'pincha Δ

usulida ulanadi. Chulg'amlar Δ usulida ulanganda yurgizish toki ancha katta bo'ladi. Agar chulg'amlar Y usulida ulansa, ayrim faza chulg'amlariga beriladigan kuchlanish $\sqrt{3}$ marta kamayadi, demak, faza toklari ham $\sqrt{3}$ marta kamayadi. Motorni 1-rasmdagi sxema asosida yurgizish uchun qayta ulagich PY holatiga o'tkazilib, motor rubilnik P_1 yordamida elektr tarmog'iga ulanadi. Motorning aylanish tezligi barqarorlashgan qiymatga yetganda qayta ulagich P Δ holatiga chaqqonlik bilan o'tkaziladi. Bunda stator chulg'amlari Δ usulida ulanib qoladi va motor normal sharoitda ishaydi. Motorning yurgizish momenti tarmoq kuchlanishi kvadratiga to'g'ri mutanosib ($M \propto U_1^2$) bo'lgani uchun, yurgizish vaqtida aylantiruvchi moment M_{yur} ham uch marta kamayadi. Shu sababli nominal yuklama bilan yurgiziladigan motorlarni bu usul bilan yurgizib bo'lmaydi. Yurgizish vaqtida M_{yur} ning kichik bo'lishi bu usulning kamchiligi hisoblanadi.

3. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning salt ishlash tavsifini olish uchun 6.1– rasm sxemadagidek yig'iladi. Stator chulg'ami induksion rostlagich (IR) orqali P_1 rubilnik yordamida elektr tarmog'iga ulanadi. IR yordamida stator chulg'amiga berilayotgan kuchlanishning qiymati o'zgartirib turiladi. Kuchlanish, tok va aktiv quvvatlarning qiymatlari o'lchov asbobi K-50 yoki K-505 yordamida aniqlanadi.

Motorni yurgizib bo'lgandan so'ng stator chulg'amiga berilayotgan kuchlanishning qiymati IR yordamida 1,2 U_N ga yetkaziladi va birinchi o'lchash amalga oshiriladi. So'ngra kuchlanishning qiymati kamaytirilib 5-6 ta nuqta olinadi. O'lchash natijalari 6.1 – jadvalga yoziladi.

Salt ishlash toki I_0 quyidagicha topiladi:

$$I_0 = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \alpha_l$$

6.1-jadval

O'lchangan qiymatlar									Hisoblangan qiymatlar						
I_A	I_B	I_C	U_A	U_B	U_C	P_A	P_B	P_C	I_0	U_0	P_0	$\cos\varphi_0$	Z_0	X_0	r_0

Salt ishlash kuchlanishi:

$$U_0 = \frac{U_a + U_b + U_c}{3} \alpha_{\varphi}$$

Salt ishlash quvvati:

$$P_0 = (P_a + P_b + P_c) \alpha_w$$

Salt ishlash quvvat koeffitsiyenti:

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{3U_0 \cdot I_0}$$

Salt ishlash holatidagi aktiv r_0 , induktiv X_0 va to'la qarshiliklar Z_0 quyidagicha topiladi:

$$Z_0 = \frac{U_0}{I_0}, \quad r_0 = Z_0 \cos \varphi_0, \quad X_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2}.$$

Bu formulalar yordamida topilgan qiymatlar 1 – jadvalning o'ng tomoniga yozib qo'yiladi va ular yordamida motorning salt ishlash tavsifi – I_0 , P_0 , $\cos \varphi_0 = f(U_0)$ quriladi (6.2 - rasm).

4. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning Qisqa tutashuv tavsifini olish uchun ham 6.1- rasmdagi sxemadan foydalanamiz. Lekin bu tajribani o'tkazish jarayonida motorning rotor tormozlovchi qurilma yordamida qo'zg'almas holatda ushlab turiladi. IR ning holati nol (0) holatiga o'rnatilib, P_1 rubilnik yordamida motor tarmoqqa ulanadi va tezda IR yordamida kuchlanish qiymati oshirilib borilib, tokning $1,2I_n$ qiymati qo'yiladi va birinchi o'lchash amalga oshiriladi. So'ngra IR yordamida kuchlanish pasaytirib boriladi va I, P, U ning 5-6 nuqtasi o'lchab olinadi va 2 – jadvalning chap tomoniga yozib qo'yiladi.

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

$$I_{qt} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \alpha_{\varphi}$$

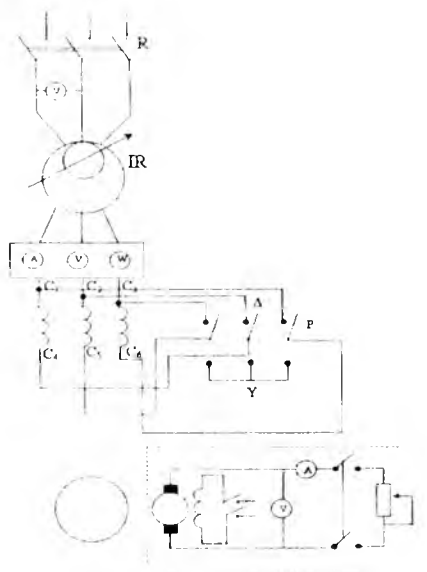
$$U_{qt} = \frac{U_a + U_b + U_c}{3} \alpha_{\varphi}$$

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

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

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

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

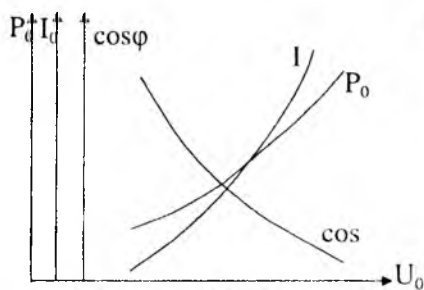


6.1- rasm. Motorni yurgizish va tajriba o'tkazish sxemasi

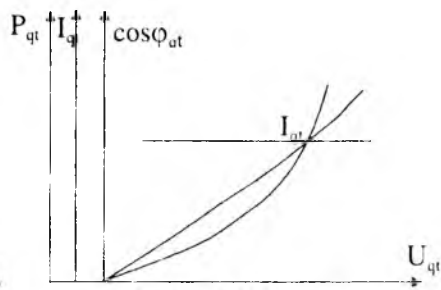
Bu formulalar yordamida topilgan qiymatlar 6.1 – jadvalning o'ng tomoniga yozib qo'yiladi va ular yordamida motorning qisqa tutashuv tavsifi – I_{qt} , P_{qt} , $\cos \varphi_{qt} = f(U_{qt})$ quriladi (6.3 - rasm).

6.2-jadval

O'lchangan qiymatlar									Hisoblangan qiymatlar						
I_A	I_B	I_C	U_A	U_B	U_C	P_A	P_B	P_C	I_{qt}	U_{qt}	P_{qt}	$\cos\varphi_{qt}$	Z_{qt}	X_{qt}	r_{qt}



6.2-rasm. Motorning salt ishlash tavsifi



6.3-rasm. Motorning qisqa tutashuv tavsifi

Sinov savollari

1. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning tuzilishi va ishlash printsipini tushuntirib bering.
2. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlarning qanday yurgizish usullarini bilasiz.
3. Motorning salt ishlash tavsiflari tajribada qanday olinadi va ularning o'zgarish xarakterini tushuntirib bering.
4. Motorning qisqa tutashuv tavsiflari tajribada qanday olinadi va ularning o'zgarish xarakterini tushuntirib bering.

7-laboratoriya ishi

Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning ish tavsiflarini tekshirish

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning ish tavsiflarini tajriba yo'li bilan olish va uni qurishni o'rganish.

2. Ishning dasturi

1. Motorning ish tavsiflarini ifodalovchi bog'liqlik $P_1, I_1, \cos \phi_1, \eta, S, n=f$ (P_2) larni $U_1=U_n=\text{const}$ va $f_1=f_n=\text{const}$ bo'lganda
 - a) stator chulg'amlari yulduz
 - b) stator chulg'amlari uchburchak ulangan holatlar uchun olish.

3. Ishni bajarish yuzasidan qisqacha nazariy tushunchalar

$U_1=\text{const}$ va $f_1=\text{const}$ shartlar ta'minlangan holda rotorning aylanish chastotasi n , sirpanishi s , stator toki I_1 , foydali momenti M_2 , quvvat ko'effitsiyenti $\cos\varphi$ va FIK η larni valdagi YK (foydali quvvat) P_2 ni o'zgartirib olingan n , s , I_1 , M_2 , $\cos\varphi$, $\eta = f(P_2)$ bog'liqlikka asinxron motorning *ish xarakteristikalari* deyiladi.

Motorning validagi YK oshishi bilan sirpanish s o'sib boradi. Nominal yuklamada sirpanish $s_N=1,5\div 5\%$ ni tashkil qiladi. Rotorning aylanish chastotasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$n = n_1 \cdot (1 - s) = 60 f_1 \cdot (1 - s) / p. \quad (1)$$

Yuklama oshishi bilan sirpanish s ortadi, natijada rotorning aylanish chastotasi n bir oz kamayadi.

Asinxron motorning nominal YK bilan ishlagandagi foydali momenti:

$$M_{2N} = 9,55 \cdot P_{2N} / n_N, \quad [\text{N}\cdot\text{m}]. \quad (2)$$

Agar $n=\text{const}$ bo'lganda, $M_2 = f(P_2)$ bog'lanishning grafigi deyarli to'g'ri chiziq bo'lardi. Lekin yuklama ortishi bilan n bir oz kamayadi, shu sababli yuklamaning ortishi bilan moment M_2 foydali quvvat P_2 ga qaraganda tezroq o'sadi va uning o'zgarishi yuqoriga og'gan egri chiziqdan iborat bo'ladi.

Motorning validagi YuK oshishi bilan stator toki I_1 ning aktiv tashkil etuvchisi oshib boradi. Kuchlanish $U_1=\text{const}$ bo'lganligidan tok I_1 ning reaktiv tashkil etuvchisi I_{1r} esa bir xilda qoladi. Shuning uchun ham turli yuklamalarda motorning magnit oqimi deyarli o'zgarmaydi. Shu sababli $I_1=f(P_2)$ bog'lanish deyarli bir xilda qoladi.

Motor kichik YuK bilan ishlaganda stator toki tarkibidagi reaktiv tok, aktiv tashkil etuvchisiga nisbatan katta bo'ladi. Shu sababli motorning quvvat ko'effitsiyenti kichik ($0,1\div 0,2$) bo'ladi. yuklamaning ortishi bilan tokning aktiv tashkil etuvchisi orta boradi. Bunda kuchlanish U_1 va motor toki I_1 vektorlari orasidagi burchak kichiklashib, $\cos\varphi$ esa o'sib boradi. Motorning validagi YK nominal qiymatga yaqinlashganda $\cos\varphi_1$ katta qiymatga erishadi ($\cos\varphi_1=0,8\div 0,85$). yuklamaning yanada ortishi natijasida rotorning aylanish chastotasi n kamayadi, sirpanish s va rotorning induktiv qarshiligi x_2 lar ortishi tufayli $\cos\varphi_1$ bir oz kamayadi.

FIK ning o'zgarishi xuddi boshqa elektr mashinalariniki yoki transformatorniki singari bo'ladi. Salt ishlashda FIK $\eta=0$. Yuklamaning ortishi bilan η oshib boradi va *o'zgarmas isroflar* (yuklamaga bog'liq bo'lmagan mexanik va salt ishlash isroflari) *o'zgaruvchan isroflarga*

(yuklamaga bog'liq ravishda o'zgaradigan chulg'amlardagi *elektr* va qo'shimcha isroflar) teng bo'lganda o'zining katta qiymatiga erishadi va yuklamaning yanada ortishi natijasida o'zgaruvchan isroflarning oshishi tufayli FIK η bir oz kamayadi.

Asinxron motorlarning ish xarakteristikalarini analitik hisoblash usuli

Asinxron motorlarning ish xarakteristikalarini ularning o'zgarmas elektr parametrlari uchun qurilgan toklarning doiraviy diagrammasini qo'llab hisoblash usuli katta kamchilikka ega, masalan, o'rta va katta quvvatli asinxron motorlarning ish rejimlari o'zgarganda paz va differensial tarqoq magnit oqimlari tomonidan po'lat o'zakning chulg'am joylashgan qismidagi tishlarning to'yinishi tufayli mashina stator va rotor chulg'amlarining induktiv qarshiliklari o'zgaradi.

Chulg'amlardagi tokning oshishi bilan tarqoq oqimlar ham osha boradi va natijada magnit o'zakning tish qismi to'yina boshlaydi. Bunday holda tarqoq oqim uchun magnit o'tkazuvchanlik kamayib, x_1 va x_2 induktiv qarshiliklar ham kamayadi. Motorning ish rejimi nominaldan uning rotori to'xtagunga ($s=1$) qadar o'zgarganda uning induktiv qarshiliklari pazlarning shakliga bog'liq holda $1,1 \div 1,4$ marta kamayadi. Sirpanishning oshishi rotor chulg'ami o'tkazgichlarida tokning siqib chiqarish effektining ta'siri tufayli r'_2 aktiv qarshiligining ham oshishiga olib keladi.

Demak, toklarning doiraviy diagrammasi bo'yicha aniqlangan ish xarakteristikalarining yetarli darajada aniqligi sirpanishning juda ham kam qiymatlariga to'g'ri kelar ekan.

Asinxron motorning katta sirpanishlarga to'g'ri keladigan ishini xarakterlovchi kattaliklar, shu jumladan, ishga tushirish toki va ishga tushirish momentini aniqlashda *katta xatoliklarga* olib keladi. Doiraviy diagrammada qo'shimcha grafik qurishlar va ulardan foydalanib kesmalarni o'lchashlarda ham *xatoliklar* kelib chiqadi.

Asinxron motorning ish xarakteristikalarini *analitik usulda* hisoblaganda yuqorida ko'rsatilgan kamchiliklar bo'lmay, zamonaviy hisoblash texnikasida amalga oshirilishi tufayli aniqlik yuqori darajada bo'ladi.

Analitik hisoblash usul asinxron motorning almashtirish sxemasiga asoslangan. Bunda asinxron motorning pasportida ko'rsatilgan ma'lumotlar (P_N , U_{1N} , n_N) hamda salt ishlash va qisqa tutashuv tajribalaridan olingan natijalar hisoblashda dastlabki ma'lumot uchun yetarli bo'ladi.

Hisob quyidagi tartibda amalga oshiriladi.

Rotor chulgʻamining keltirilgan aktiv qarshiligi r'_2 , kritik sirpanish s_{kr} va **nominal sirpanish** s_N lar quyidagicha aniqlanadi:

$$r'_2 = r_{qt} - r_1, \quad (3)$$

$$s_{kr} \approx r'_2 / x_{qt} \quad (4)$$

$$s_N = (n_1 - n_N) / n_1 \quad (5)$$

Sirpanishga 7÷8 qiymatlar (bunga sirpanishning nominal s_N va kritik s_{kr} qiymatlari ham kiradi) berib ish xarakteristikalarini qurish uchun zaruriy boʻlgan kattaliklar aniqlanadi.

Ekvivalent aktiv qarshilik, (Ω)

$$r_{ek} = r_1 + r'_2 / s. \quad (6)$$

Almashtirish sxemasi ishchi zanjiri (konturi)ning ekvivalent toʻla qarshiligi (Ω)

$$Z_{ek} = \sqrt{r_{ek}^2 + x_{qt}^2}. \quad (7)$$

Asinxron motor almashtirish sxemasi ish konturining quvvat koeffitsiyenti

$$\cos \varphi_2 = r_{ek} / Z_{ek} \quad (8)$$

Rotor chulgʻamining keltirilgan toki, (A)

$$I'_2 = U_1 / Z_{ek} \quad (9)$$

va uning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari, (A)

$$I'_{2a} = I'_2 \cos \varphi_2; \quad (10)$$

$$I'_{2r} = I'_2 \sin \varphi_2 \quad (11)$$

Stator chulgʻamining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari, (A)

$$I_{1a} = I_{0a} + I'_{2a}; \quad (12)$$

$$I_{1r}=I_{0r}+I'_{2r}, \quad (13)$$

bunda: $I_{0a} = I_0 \cos \varphi_0$ – salt ishlash tokining aktiv tashkil etuvchisi;

$I_{0r} = I_0 \sin \varphi_0$ – salt ishlash tokining reaktiv tashkil etuvchisi.

Stator chulgʻaming tiki, (A)

$$I_1 = \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1r}^2}. \quad (14)$$

Asinxron motorning quvvat koeffitsiyenti

$$\cos \varphi_1 = I_{1a} / I_1. \quad (15)$$

Motorning iste'mol qiladigan aktiv quvvati, (W)

$$P_1 = m_1 U_1 I_{1a} \quad (16)$$

Salt ishlash rejimdagi aktiv quvvati, (W)

$$P_0 = m_1 I_0^2 r_1 + P'_m + P'_{mex}, \quad (17)$$

bunda r_1 - stator fazaviy chulgʻaming aktiv qarshiligi (Ω); bu qarshilik mazkur tajribani oʻtkazib boʻlgandan keyin tezda oʻlchab olinadi.

Stator chulgʻamidagi elektr isroflar, (W)

$$P'_{e1} = m_1 I_1^2 r_1 \quad (18)$$

Asinxron motorning elektromagnit quvvati, (W)

$$P_{em} = P_1 - (P'_m + P'_{e1}). \quad (19)$$

Rotor chulgʻamidagi elektr isroflar, (W)

$$P'_{e2} = m_2 I_2^2 r_2 = m_1 (I_2')^2 r_2'. \quad (20)$$

Elektromagnit moment, (N·m)

$$M = \frac{P_{em}}{\omega_1} \quad (21)$$

bunda $\omega_1 = 2\pi n_1 / 60 = 2\pi f_1 / r$ – maydonning burchak tezligi.

Qoʻshimcha isroflar (nominal rejim uchun), (W)

$$P'_{qo'sh(N)} = 0,005 P_1 \quad (22)$$

Motorning nominal boʻlmagan rejimi uchun qoʻshimcha isroflarini hisoblashda quyidagi ifodadan foydalanish zarur:

$$P'_{qo'sh} = P'_{qo'sh(N)} \cdot k_{yu}^2. \quad (23)$$

bu yerda $k_{yu} = I_1 / I_{1N}$ – yuklama koeffitsiyenti.

Asinxron motorda barcha isroflarning yig'indisi:

$$\Sigma P' = P'_m + P'_{e1} + P'_{e2} + P'_{mex} + P'_{qo'sh}. \quad (24)$$

Asinxron motorning foydali quvvati, (W)

$$P_2 = P_1 - \Sigma P' \text{ yoki } P_2 = P_{em} - P'_{e2} - P'_{mex} - P'_{qo'sh} \quad (25)$$

bunda P'_{mex} – mexanik isroflar (ular salt ishlash tajribasidan aniqlanadi).

Motorning FIK

$$\eta = P_2/P_1 = 1 - \Sigma P'/P_1 \quad (26)$$

Rotorning aylanish chastotasi (3) formula bo'yicha hisoblanadi.

Motorning foydali momenti (N·m)

$$M_2 = 9,55 \cdot P_2/n. \quad (27)$$

Sirpanishning bir necha me'yoriy qiymatlari uchun hisoblangan natijalar 7.1-jadvalga yig'iladi va motorning ish xarakteristikalarini – n, M_2 , I_1 , $\cos\phi_1$, $\eta = f(P_2)$ kuchlanish $U_1 = U_N = \text{const}$ va chastota $f_1 = \text{const}$ uchun quriladi.

4. Ishni bajarish tartibi va hisobot tayyorlash bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

1. Motorning pasportidagi uning normal ish holatini ko'rsatuvchi nominal kattaliklar hisobot daftarchasiga ko'chirib yoziladi.

2. Motorning ish tavsiflarini olish uchun 1- rasmdan foydalaniladi. Asinxron motori uchun yuklama vazifasini o'zgarmas tok generatori bajaradi. Motorni yurgizib bo'lgandan keyin o'zgarmas tok generatori nominal kuchlanishgacha qo'zg'atiladi va reostat P ulanib, asinxron motori tokning $I = 1,2I_n$ qiymatigacha yuklatiladi. Ana shu nuqta birinchi o'lchash natijasi bo'lib hisoblanadi. Motorning toki, quvvati K-505 yoki K-50 o'lchov asbobi yordamida o'lchab olinadi; so'ngra reostat R yordamida yukni kamaytirib 5-6 ta nuqta olinadi va 2- jadvalga kiritiladi.

7.1-jadval

O'lchangan qiymatlar								Hisoblangan qiymatlar							
I_A	I_B	I_C	P_A	P_B	P_C	U_2	I_2	n	P_1	I_1	P_2	S	M_2	$\cos\phi_1$	η

Asinxron motorning foydali quvvati P_2 , momenti M_2 , FIK. η , sirpanish S, uvvat koeffitsiyenti $\cos\phi$, quyidagicha topiladi:

$$P_2 = U_1 I_r, \quad (\text{Bm})$$

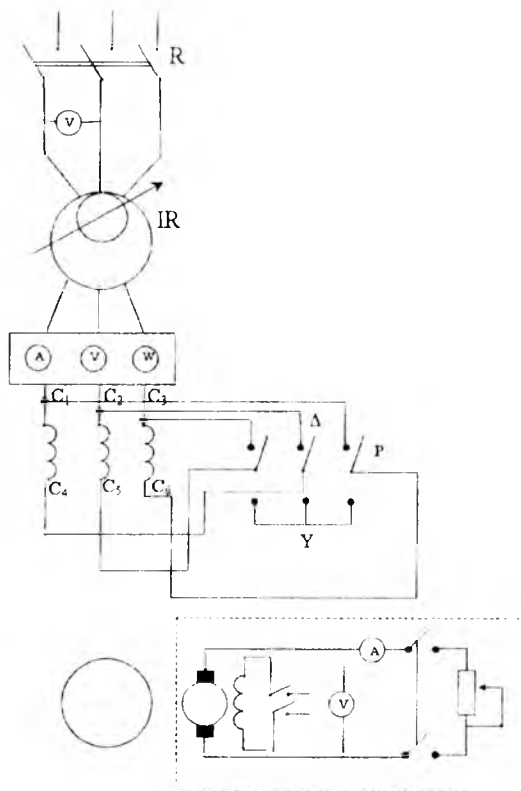
$$M_2 = \frac{P_2}{0,105 \cdot n}, \quad (\text{H m})$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100, \quad (\%)$$

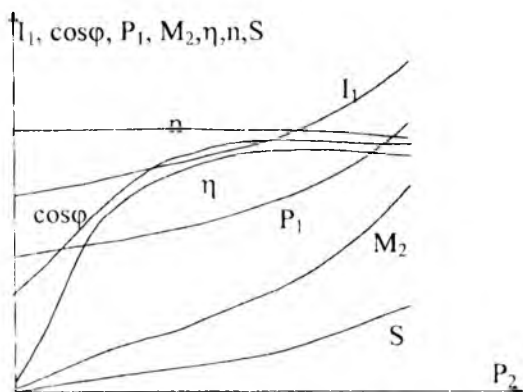
$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \cdot 100 \quad (\%)$$

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

Ushbu formulalardan topilgan kattaliklar 1-jadvalning o'ng tomoniga kiritiladi va motorning ish tavsifi P_1 , I_1 , $\cos \varphi$, M_2 , η , S , $n=f(P_2)$ bog'lanishlar quriladi (7.2 - rasm).



7.1- rasm. Motorni yurgizish va tajriba



7.2-rasm. Asinxron motorning ish tavsifi

Sinov savollari

1. Asinxron motorning ish tavsifi deb qanday bog'lanishga aytiladi?
2. Motorning ish tavsifi qanday olinadi?
3. $\eta = f(P_2)$ bog'lanishning o'zgarish xarakterini tushuntirib bering.
4. $I_1 = f(P_2)$ bog'lanishning o'zgarish xarakterini tushuntirib bering.
5. $M_2 = f(P_2)$ bog'lanishning o'zgarish xarakterini tushuntirib bering.
6. $S = f(P_2)$ bog'lanishning o'zgarish xarakterini tushuntirib bering.

8-laboratoriya ishi

Faza rotorli asinxron motorning salt ishlash va qisqa tutashuv tavsiflarini tekshirish

1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Faza rotorli asinxron motorning tuzilishi va ishlash prinsipini o'rganish.
2. Motorning salt ishlash va qisqa tutashuv tavsiflarini tajribada tekshirish va ularni grafik tarzida tasvirlash.

2. Ishning dasturi

1. Faza rotorli asinxron motorning salt ishlash tavsifi $I_0 P_0 \cos \varphi_0 = f(U_0)$ ni ifodalovchi bog'liqlikni $f_1 = f_n = \text{const}$ va $P_2 = 0$ bo'lganda olish.

2. Qisqa tutashuv tavsifi $I_q P_q \cos \varphi_q = f(U_q)$ ni ifodalovchi bog'liqlikni $f_1 = f_n = \text{const}$ va $n = 0$ bo'lganda olish.

3. Ishni bajarish yuzasidan qisqacha nazariy tushunchalar

Salt ishlash tajribasi. Asinxron motorning salt ishlash tajribasi 1-rasmdagi sxema bo'yicha o'tkaziladi. Motor valiga YK ulanmagan holda ishlashida (salt ishlashda) isroflarni qoplash uchun zarur bo'lgan aktiv quvvat P_0 , stator toki I_0 va quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi_0$ larning stator chulg'amiga berilgan kuchlanishga nisbatan o'zgarishiga, ya'ni P_0 , I_0 , $\cos \varphi_0 = f(U_0)$ bog'lanishga *salt ishlash xarakteristikalari* deyiladi

Bunda $n = \text{const}$ bo'lgani tufayli mexanik isroflari R'_{mex} o'zgarmas bo'ladi. Asinxron motorning *salt ishlash tajribasidan* uning nominal kuchlanishga to'g'ri kelgan quvvat isroflari $P_0 = m \cdot U_0 \cdot I_0 \cdot \cos \varphi_0$ va elektr parametrlari aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} Z_0 &= U_0 / I_0; \quad r_0 = P_0 / (m I_0^2); \quad x_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2} \\ \text{yoki } r_0 &= Z_0 \cos \varphi_0; \quad x_0 = Z_0 \sin \varphi_0, \quad Z_0 = \sqrt{r_0^2 + x_0^2} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Asinxron motor stator chulg'amiga berilgan kuchlanish kam bo'lganda mashinaning magnit zanjiri to'yinmaganligi sababli salt ishlash tokining reaktiv tashkil etuvchisi I_{0r} , uning aktiv tashkil etuvchisi I_{0a} ga nisbatan kam bo'ladi. Bunda salt ishlash rejimidagi $\cos \varphi_0$, shu rejim uchun o'zining katta qiymatiga to'g'ri keladi.

Kuchlanishning $U_0 \approx 0,5 U_{1N}$ qiymatlaridan boshlab magnit zanjir to'yina boshlaydi va salt ishlash tokining reaktiv tashkil etuvchisi I_{0r} osha boradi, demak, salt ishlash toki I_0 berilayotgan kuchlanish U_0 ga nisbatan tez o'suvchan bo'ladi. Kuchlanish va tok vektorlari orasidagi faza siljishi (φ_0) oshishi tufayli quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi_0$ kamaya boradi. Aktiv quvvat P_0 salt ishlash tokining kvadrati (I_0^2)ga mutanosib ravishda o'zgarganligidan, uning o'zgarish shakli taxminan parabola shaklida o'suvchan bo'ladi.

Doiraviy diagramma qurish uchun salt ishlash rejimidan olinadigan nominal kuchlanish (U_{1N})ga to'g'ri kelgan salt ishlash toki I_0 va quvvati P_0

lar o'lanadi. Bu qiymatlar yordamida quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_0$ aniqlanadi va burchak φ_0 hisoblab topiladi.

Qisqa tutashuv tajribasi. Asinxron motorning qisqa tutashuv tajribasi ham 1-rasm bo'yicha o'tkaziladi, lekin bundagi o'lchash asboblari tanlashda bu rejimdagi tok, kuchlanish va quvvatning o'zgarish qiymatini hisobga olish zarur bo'ladi va rotor qo'zg'almas holatda bo'lishi shart. Bu tajribani o'quv maqsadlarida o'tkazishda (chulg'am qizib ketmasligi uchun) pasaytirilgan kuchlanishda dastlabki nuqtani tokning qiymati $I_{qt} = 1,2I_{1N}$ da, 2-nuqtani nominal tok ($I_{qt} = I_{1N}$) da va keyingilarini esa undan kamaytirib qisqa tutashuv toki I_{qt} , qisqa tutashuv kuchlanishi U_{qt} , qisqa tutashuvdagi isroflarni qoplaydigan aktiv quvvat P_{qt} o'lchab olinadi. Ular yordamida $I_{qtN} = I_{qt}(U_{1N} / U_{qt})$, $\cos\varphi_{qt}$, $r_{qt} = r_1 + r'_2$ va $x_{qt} = x_1 + x'_2$ qarshiliklar hisoblab topiladi.

Doiraviy diagramma qurish uchun qisqa tutashuv rejimidan olinadigan nominal tok (I_{1N})ga to'g'ri kelgan qisqa tutashuv kuchlanishi U_{qt} , toki I_{qt} va quvvati P_{qt} o'lchanadi. Bu qiymatlar yordamida quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_{qt} = P_{qt} / (m_1 U_{qt} I_{qt})$ aniqlanadi va u orqali burchak φ_{qt} hisoblab topiladi. Bu tajribaga oid elektr parametrlar quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi:

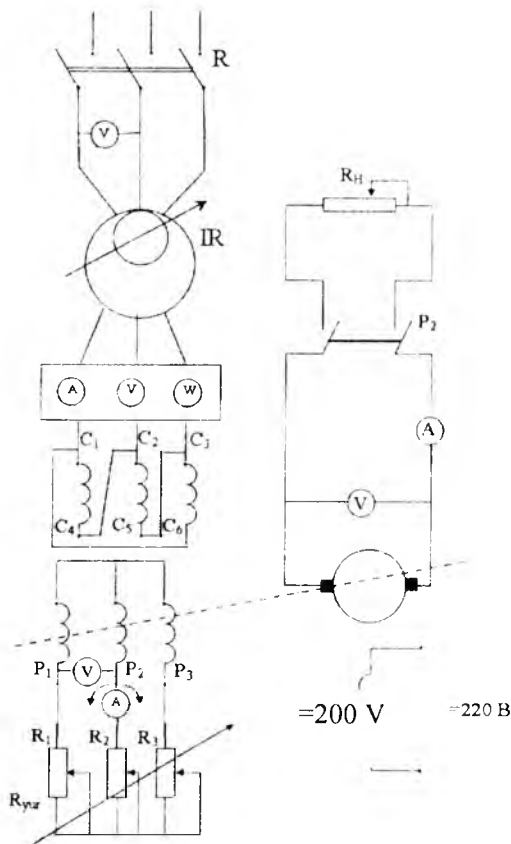
$$\left. \begin{aligned} Z_{qt} &= U_{qt} / I_{qt}; \quad r_{qt} = P_{qt} / (m_1 I_{qt}^2); \quad x_{qt} = \sqrt{Z_{qt}^2 - r_{qt}^2} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

yoki $r_{qt} = Z_{qt} \cos\varphi_{qt}; \quad x_{qt} = Z_{qt} \sin\varphi_{qt}, \quad Z_{qt} = \sqrt{r_{qt}^2 + x_{qt}^2}$

4. Ishni bajarish tartibi va hisobot tayyorlash bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

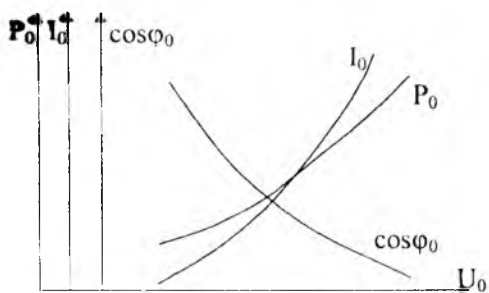
1. Motor pasportidagi uning ish holatini ko'rsatuvchi nominal kattaliklar hisobot daftarchasiga ko'chirib yoziladi.

2. Faza rotorli asinxron motori yurgiziladi. Motorni yurgizish quyidagi tartibda amalga oshiriladi (8.1-rasm). Yurgizish reostati YuR yurgizish holatiga qo'yiladi (bunda YuR qarshiligi eng katta qiymatda bo'ladi). So'ngra P_1 ulagich yordamida motor elektr tarmog'iga induksion rostlagich (IR) orqali ulanadi va stator chulg'amiga berilayotgan kuchlanishning qiymati nominal qiymatga yetkaziladi. So'ngra YuR ning qiymati bir tekisda kamaytirilib nolgacha, ya'ni YR ning qarshiligi butunlay zanjirdan uziladi va motor nominal aylanish tezligi bilan aylanadi. Shu tariqa motorni yurgizish jarayoni tugaydi.



8.1- rasm. Motorni yurgazish va tajriba sxemasi

3. Faza rotorli asinxron motorining salt ishlash tavsifini olish uchun 8.1-rasmdagi sxemadan foydalanamiz. Faza rotorli asinxron motorning salt ishlash tavsifini olish ham xuddi A-1 ishidagi kabi amalgam asboblarning ko'rsatkichlari 8.1-jadvalga kiritiladi oshiriladi, bunda stator chulg'amlari uchburchak (Δ) ulanadi. O'lchov 8.1-jadvaldagi hisoblash kerak bo'lgan kattaliklar ham A-1 ishidagi formulalardan foydalanib topiladi. So'ngra, motorning salt ishlash tavsifi I_0 , P_0 , $\cos\varphi_0=(U_0)$ quriladi (8.2-rasm).

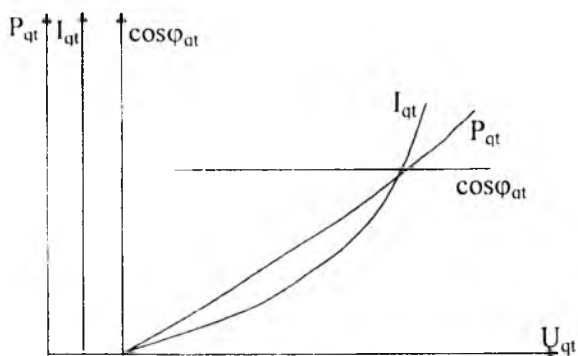


8.2-rasm. Motorning salt ishlash tavsifi

8.1-jadval

O'lgan qiymatlar									Hisoblangan qiymatlar							
I_A	I_B	I_C	U_A	U_B	U_C	P_A	P_B	P_C	I_0	U_0	P_0	$\cos\varphi_0$	Z_0	X_0	r_0	

3.1. Faza rotorli asinxron motorining qisqa tutashuv tavsifini olish uchun 1-rasmdagi sxemadan foydalanamiz. Faza rotorli asinxron motorning qisqa tutashuv tavsifini olish ham xuddi A-1 ishidagi kabi amalga oshiriladi, bunda stator chulg'amlari uchburchak (Δ) ulanadi. o'lchov asboblarning ko'rsatkichlari 8.2-jadvalga kiritiladi. 8.2-jadvaldagi hisoblash kerak bo'lgan kattaliklar ham A-1 ishidagi formulalardan foydalanib topiladi.



1.3-rasm. Motorning qisqa tutashuv tavsifi

O'lchangan qiymatlar									Hisoblangan qiymatlar							
I_A	I_B	I_C	U_A	U_B	U_C	P_A	P_B	P_C	I_{qt}	U_{qt}	P_{qt}	$\cos\phi_{qt}$	Z_{qt}	X_{qt}	r_{qt}	

So'ngra motorning qisqa tutashuv tavsifi $I_q P_q \cos\phi_q = f(U_q)$ quriladi (8.3-rasm).

Sinov savollari

1. Faza rotorli asinxron motorning tuzilishi va ishlash printsipini tushuntirib bering.
2. Faza rotorli asinxron motorni yurgizish qanday amalga oshiriladi?
3. Motorning salt ishlash tavsifi tajribada qanday olinadi va ularning o'zgarish xarakterini tushuntirib bering.
4. Motorning qisqa tutashuv tavsifi tajribada qanday olinadi va ularning o'zgarish xarakterini tushuntirib bering.

9-laboratoriya ishi

Faza rotorli asinxron motorning ishlash tavsiflarini tekshirish

1. Ishni bajarishdan maqsad

1 Faza rotorli asinhron motorning ishlash tavsiflarini tajriba yo'li bilan olish va uni qurishni o'rganish.

2. Ishning dasturi

2.1 Motorning ishlash tavsiflarini ifodalovchi bog'liqlik $P_1, I_1, \cos\phi_1, M_2, \eta, S, n = f(P_2)$ larni $U_1 = U_n = \text{const}$ va $f_1 = f_n = \text{const}$ bo'lganda olish.

3. Ishni bajarish yuzasidan nazariy tushunchalar

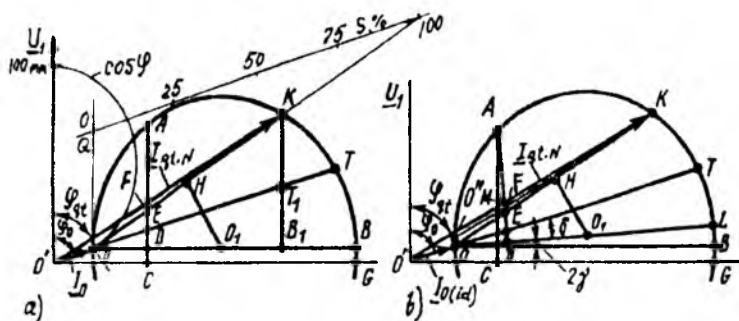
Asinxron mashina toklarining doiraviy diagrammasi sirpanishning har qanday qiymatida mashinaning ish rejimini xarakterlaydigan barcha elektromagnit kattaliklarni *bilvosita* aniqlashga imkon beradi.

Asinxron motorning aktiv va induktiv qarshiliklari nisbatan o'zgarib turishi mumkin. Bunday motorlar toklarining o'zgarish diagrammasi ancha murakkab xarakterga ega bo'ladi. Lekin asinxron motorning xarakteristikalarini to'g'risida dastlabki ma'lumotlarga ega bo'lish uchun toklarning soddalashtirilgan doiraviy diagrammasidan foydalanish amaliy ahamiyatga ega.

Bunday motorlar stator va rotor toklarining o'zgarish diagrammasi aylana shaklida bo'lgani uchun uni **toklarning doiraviy diagrammasi** deyiladi. Agar diagrammani qurish motorni hisoblashda amalga oshirilsa, unda zaruriy parametrlar hisoblash jarayonida aniqlanadi. Agarda doiraviy diagrammani tayyor motor uchun qurish kerak bo'lsa, unda diagrammaning dastlabki parametrlarini aniqlash uchun **salt ishlash va qisqa tutashuv tajribalari** natijalaridan foydalanish zarur bo'ladi.

Bu diagrammani salt ishlash va qisqa tutashuv tajribalaridan olingan qiymatlar yordamida qurish eng soddagina usul hisoblanadi.

Doiraviy diagrammani salt ishlash va qisqa tutashuv tajribalaridan olingan ma'lumotlar bo'yicha qurish.



9.1-rasm. Asinxron motorning soddalashtirilgan (a) va aniqlashtirilgan (b) doiraviy diagrammalarini salt ishlash va qisqa tutashuv tajribalari ma'lumotlari bo'yicha qurish; $I_{0(id)}$ – ideal salt ishlash toki

Soddalashgan doiraviy diagrammani qurish quyidagicha amalga oshiriladi (9.1-rasm). Koordinata o'qlari o'tkaziladi va ordinatalar o'qiga kuchlanish vektori $\underline{U}_1$ qo'yiladi. Toklar uchun masshtab m_1 (A/mm) tanlanadi va $\underline{U}_1$ ga φ_0 burchak ostida tok vektori $\underline{I}_0$ ni qo'yib «0» nuqtani, φ_{qt} burchak ostida esa tok $\underline{I}_{qt,N}$ vektorini yo'naltirib «K» nuqta topiladi (bunda salt ishlash tajribasidagi tok $\underline{I}_0$ va burchak φ_0 ideal salt ishlashga mos deb qabul qilinadi). «0» nuqtadan abssissalar o'qiga parallel bo'lgan OB chiziqni o'tkazamiz. So'ngra bu nuqtalarni birlashtirib, uning o'rtasidan OB chiziq tomon $H0_1$ perpendikulyar o'tkazamiz va toklar aylanasi markazi O_1 ni topamiz, ya'ni OO_1 yoki O_1B chiziqlar doiraviy diagrammaning radiusini beradi. K nuqtadan OB chiziqqa perpendikulyar bo'lgan $\overline{KB}_1$ chiziqni tushiramiz va bu kesmani $\overline{KT}_1/\overline{T}_1B_1 = r'_2/r_1$ nisbatdan. T_1 nuqtani topamiz. Bunda stator chulg'ami qarshiligi r_1 tajriba vaqtida o'lchanadi, r'_2 esa $r'_2 = r_{qt} - r_1$ ayirmadan aniqlanadi. So'ngra 0 nuqtadan T_1 nuqta orqali o'tadigan chiziqni davom ettirib aylanada T nuqtani topamiz. OT chiziq *elektromagnit quvvat (yoki momentlar) chizig'i* hisoblanadi.

Doiraviy diagrammada sirpanish chizig'i (shkalasi)ni qurish uchun toklar aylanasi (0 nuqtada) ordinatalar o'qiga parallel qilib urinma o'tkaziladi. So'ngra ixtiyoriy balandlikdan elektromagnit quvvat chizig'i OT ga parallel qilib foydali quvvat chizig'ining davomi bilan kesishguncha QS to'g'ri chiziq o'tkaziladi. Motorning A nuqtadagi rejimidagi sirpanish s_A ni topish uchun 0 ni A nuqta bilan birlashtirib uni sirpanish shkalasi bilan kesishguncha davom ettiriladi (diagrammada bu chiziq ko'rsatilmagan).

Doiraviy diagrammada quvvat koeffitsienti shkalasini qurish uchun koordinatalar o'qida ixtiyoriy diametrdagi (100 mm bo'lgani o'lchash uchun qulay) yarim aylana chiziladi. U holda toklar aylanasi A nuqtadagi rejim uchun $\cos\varphi_A$ quyidagicha topiladi, ya'ni O' ni A nuqta bilan birlashtirilgan to'g'ri chiziqning $\cos\varphi$ shkalasi bilan kesishgan nuqtasini birorta harf («h») bilan belgilansa (diagrammada bular ko'rsatilmagan), unda $\cos\varphi_A = O'h / 100$ bo'ladi.

Doiraviy diagrammada foydali quvvat koeffitsienti shkalasini qurib undan FIK ni aniqlashda motordagi qo'shimcha isroflar hisobga olinmagani tufayli katta xatolik kelib chiqadi. Odatda motorning FIK isroflar yig'indisi $\Sigma P'$ ni hisoblash orqali aniqlanadi.

Asinxron mashinaning soddalashgan doiraviy diagrammasidan aniqlangan rejim parametrlarining aniqlik darajasi nominal tokkacha qoniqarli bo'ladi, chunki bu oraliqda mashinaning aktiv va induktiv

qarshiliklari kam o'zgaradi. Demak, soddalashtirilgan doiraviy diagrammani **katta va o'rta** quvvatli asinxron mashinalarga qo'llash maqsadga muvofiq **ekan**.

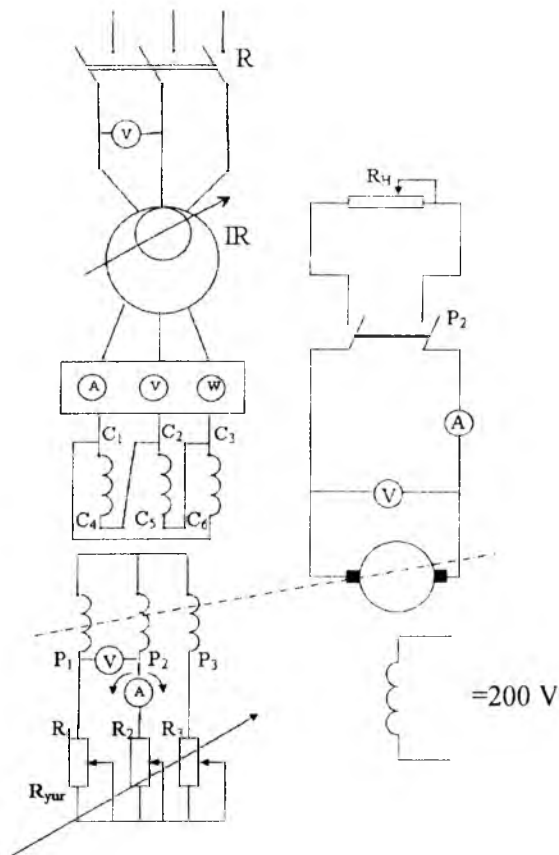
Agar aniq natijalar olish zarur bo'lsa (kam quvvatli va ayniqsa, asinxron mikromashinalar uchun) *aniqlashtirilgan doiraviy diagrammani* (9.1,b-rasm) ideal salt ishlash ma'lumotlari bo'yicha hamda almashtirish sxemadagi kompleks son s_1 ni ham hisobga olgan holda qurishni *standart tavsifiya* qiladi. Buning uchun 9.1,a-rasmda qurilgan soddalashtirilgan doiraviy diagramma bir oz o'zgartiriladi, chunki tajribada o'lchab olingan salt ishlash toki I_0 va hisoblangan burchak φ_0 real holatdagi salt ishlash rejimiga mos keladi (9.1,a-rasmda, $0''$). Bundan ideal salt ishlash toki $I_{0(id)}$ ni topish uchun salt ishlash isroflari (P'_0) dan stator chulg'amidagi elektr isroflari ($P'_{el(0)} = m_1 I_{0r1}^2$)ni va motordagi mexanik isroflarni ayirgandan [$ya'ni P'_0 - (P'_{el(0)} + P'_{mex})$] quvvat masshtabi m_p da hosil bo'lgan natijani $0''$ nuqtadan abssissalar o'qiga perpendikulyar yo'nalishda qo'yib 0 nuqta topiladi. Bu nuqtani $0'$ nuqta bilan birlashtirib $I_{0(id)}$ vektori aniqlanadi. I_{qt} vektori 1,a-rasmdagidek quriladi. Toklar aylanasi markazini topishda, endi $H0_1$ perpendikulyarning 9.1,a-rasmdagidek OB chizig'i bilan kesishgan nuqtasi emas, balki toklar aylanasi diametri OL chizig'i bilan kesishgan nuqtasi bo'ladi. OL chizig'i OB gorizontaal chizig'ining 0 nuqtasidan soat milining harakatiga teskari yo'nalishda 2γ burchak ostida o'tkaziladi (bunda $\sin 2\gamma \approx 2I_{0(id)}r_1/U_1$). Burchak γ kompleks son s_1 ning argumentidir, ya'ni $s_1 = s_1 e^{j\gamma}$ va fizik jihatdan kuchlanish $\underline{U}_1$ va EYK $\underline{E}_1$ vektorlari orasidagi siljish burchagini ifodalaydi.

Toklar aylanasi sirpanish $s = \pm \infty$ ga to'g'ri kelgan T nuqta 0 nuqtadan OL chizig'iga δ burchak ostida soat milining harakatiga teskari yo'nalishda o'tkazilgan OT chizig'ining toklar aylanasi bilan kesishishidan hosil bo'ladi ($tg \delta = D \cdot r_1 / U_1$, bunda $D = m_p \cdot OL$ – toklar aylanasi amperlarda qo'yilgan diametri).

Doiraviy diagrammadan biror rejim (masalan, A nuqtasi) ning *energetik muvozanati uchun ma'lumotlar quyidagicha aniqlanadi*. Diagrammada asinxron motorga berilgan *aktiv quvvat* $P_1 - \overline{AC}$ kesma (berilgan quvvat liniyasi $O'G$ ga tushirilgan perpendikulyar); *elektromagnit quvvat* P_{em} (momentlar masshtabi m_m da – *elektromagnit moment*) – aylana diametri OL ga o'tkazilgan perpendikulyarning elektromagnit quvvat chizig'i OT (elektromagnit momenti chizig'i) bilan kesishgan nuqtasigacha bo'lgan $\overline{AE}$ kesma; *mexanik quvvat* P_{mex} – OL chizig'iga perpendikulyar yo'nalishda o'tkazilgan mexanik quvvati chizig'i OK gacha bo'lgan $\overline{AF}$ kesma; *foydali*

quvvat $P_2 - 0L$ chizig'iga perpendikulyar yo'nalishda o'tkazilgan foydali quvvati chizig'i O''K gacha bo'lgan $\overline{AM}$ kesma.

Avtomatika sistemalarida ishlatiladigan asinxron ijrochi motorlar uchun odatda doiraviy diagrammalardan foydalanilmaydi.



9.2- rasm. Motorni yurgazish va tajriba sxemasi

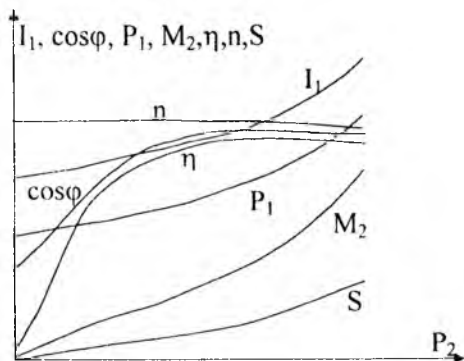
3. Ishni bajarish tartibi va hisobot tayyorlash bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

1. Motorning pasportidagi uning normal ish holatini ko'rsatuvchi nominal kattaliklar hisobot daftarchasiga ko'chirib yoziladi

2. Motorning tavsiflarini olish uchun 9.2-rasmdagi sxemadan foydalanamiz o'zgaras tok generatori faza rotorli asinxron motori uchun Yuklama bo'lib hisoblanadi. Ish tavsifini olish tartibi A-2 ishdagi kabi va o'lchash natijalari 9.3-jadvalga yoziladi. 9.3-jadvalda hisoblanishi kerak bo'lgan kattaliklar A-2 ishdagi formulalar yordamida hisoblanadi va ular yordamida ish tavsiflari $P_1, I_1, \cos\varphi_1, M_2, \eta, S, n=f(P_2)$ quriladi (9.3-rasm).

9.3-jadval

O'lchangan qiymatlar								Hisoblangan qiymatlar							
I_A	I_B	I_C	P_A	P_B	P_C	U_2	I_2	N	P_1	I_1	P_2	S	M_2	$\cos\varphi_1$	η



9.3-rasm. Asinxron motorning ish tavsifi

Sinov savollari

1. Faza rotorli asinxron motorning ish tavsifi deb qanday bog'lanishga aytiladi?
2. Motorning ish tavsiflari tajribada qanday olinadi?
3. $\eta=f(P_2)$ bog'lanishning o'zgarish xarakterini tushuntirib bering.
4. $S=f(P_2)$ bog'lanishning o'zgarish xarakterini tushuntirib bering.
5. Faza rotorli asinxron motorning aylanish tezligi qanday rostlanadi?
6. Aylanma diagrammani tajriba yo'li bilan qanday qilib qurish mumkin

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.: 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. Uch fazali ikki chulg'amli transformatorningsalt ishlash, qisqa tutashuv holatlaridagi tavsiflari va parametrlarini tekshirish	3
2. 2-laboratoriya ishi. Uch fazali ikki chulg'amli transformatorning Yuklama holatidagi tavsiflari va parametrlarini tekshirish	10
3. 3-laboratoriya ishi. Uch fazali ikki chulg'amli transformatorlarning ulanish guruhlarini aniqlash	14
4. 4-laboratoriya ishi. Uch fazali ikki chulg'amli transformatorlarning parallel ishlashi	18
5. 5-laboratoriya ishi. Uch fazali uch chug'amli transformatorning qisqa tutashuv holatini va parametrlarini tekshirish	21
6. 6-laboratoriya ishi. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning salt ishlash va qisqa tutashuv tavsiflarini tekshirish ...	27
7. 7-laboratoriya ishi. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning ish tavsiflarini tekshirish.....	34
8. 8-laboratoriya ishi. Faza rotorli asinxron motorning salt ishlash va qisqa tutashuv tavsiflarini tekshirish	41
9. 9-laboratoriya ishi. Faza rotorli asinxron motorning ish tavsiflarini tekshirish	46
10. Foydalanilgan adabiyotlar	52

Muharrir: K. Sidikova

Musahhih: T. Bahromova

Bosishga ruhsat etildi 26.12.2014 y. Bichimi 60x84 1/16.
Shartli bosma tabog'i 3,3. Nusxasi 50 dona. Buyurtma № 114.

TDU bosmaxonasida chop etildi. Toshkent sh, Talabalar ko'chasi 54.