

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

S. Majidov

ELEKTRMASHINALARI VA ELEKTR YURUTMA

Oliy o'quv yurtlari uchun *o'quv qo'llanma*

“O'qituvchi” 2002y.

Taqrizchilar: O.O.Xoshimov, t.f.d., prof;
N.M.Usmonxo'jayev, t.f.d., prof;
A.R.Rajabov, t.f.d., prof.

Mazkur kitob oliy o'quv yurtlarining qishloq va suv xo'jaligini elektrlashtirish ixtisosliklarida o'qiydigan talabalar uchun mo'ljallangan „Elektr mashina va elektr yuritmalar“ kursi dasturiga muvofiq yozildi.

Kitobda ayni kursga oid laboratoriya ishlarini o'tkazish metodikasi, ularning mazmuni va bajarilish tartibi, elektr mashina va transformatorlarda sodir bo'ladigan jarayonlarni fizik jihatdan tushuntirishga doir ba'zi nazariy ma'lumotlar va hisoblash formulalari berildi.

Kitobdan qishloq xo'jaligini elektrlashtirish bo'yicha bakalavr ixtisosliklaridan boshqa ixtisosliklarda o'qiydigan talaba va o'quvchilar, texnik-elektriklar ham foydalanishlari mumkin.

621.3

M 23



M 2202070100 - 157
353(04)

Qat'iy buyurtma—: 2002

ISBN 5-645-04312-X

© „O'qituvchi“NMIU, T., 2002

SO'ZBOSHI

Hozirgi kunda xalq xo'jaligining turli sohalari: sanoat, qurilish, transport, qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yetishtirish hamda ularni ishlab chiqarishda, shuningdek, maishiy xizmatda elektr energiyasidan keng foydalanilmoqda. Xususan, qishloq xo'jaligining, ayniqsa, cho'llarga suv chiqarib bog'lar, ekinzorlar yaratishda elektr energiyasidan foydalanib katta natijalarga erishilmoqda.

Jumladan, Qarshi cho'llarini o'zlashtirishda Amudaryo suvi 6 ta nasos stansiya orqali ko'tarib berilmoqda. Cho'lda tortilgan yuqori kuchlanishli elektr energiya liniyasi transformator podstansiyalari orqali nasos stansiyalarida o'rnatilgan agregatlardagi 5 tadan sinxron elektr motorlarni aylantirib sekundiga 200 m³ suvni yerlarni sug'orish uchun chiqarib bermoqda. Bu sinxron motorning har biri 12 ming kilovatt quvvatga ega. Demak, faqat Qarshi nasos stansiyasi kaskadlaridagi motorlarga sarflanadigan elektr energiya-ning umumiy quvvati 400 ming kilovattga yaqindir. Bunda sinxron motorlarning quvvat koeffitsiyenti, ya'ni $\cos\varphi = 1$ qilib olinib, elektr energiyasi to'raligicha foydali mexanik energiyaga aylantirib beriladi. Shu bilan birga, katta quvvatli elektr energiyasi transformatorlar vositasida uzoq masofalarga osongina va tejimli uzatiladi. Kerak joyda bu energiya mexanik energiyaga aylantirib beriladi. Elektr energiyasi barcha elektr stansiyalarida sinxron generatorlarda ishlab chiqariladi. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, hozir respublikamizda ishlab turgan elektr stansiyalarda hosil qilinayotgan elektr energiya-ning umumiy miqdori 11 mln kilovattdan ortiq bo'lib, bundan 9,8 mln kilovatt quvvati 4 IES, qolgani GES larda ishlab chiqarilmoqda. 2000-yilda ishlab chiqarilgan elektr energiya-ning umumiy miqdori 47 mlrd kilovatt soat bo'lib, jon boshiga soatiga 2000 kilovatt dan to'g'ri kelgan. Elektr energiyasining asosiy iste'molchisi bo'lmish elektr motorlarining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini yaxshilash, shovqinsiz ishlaydigan motorlar yaratish borasida ham ilmiy va amaliy ishlar olib borilmoqda.

Mazkur kitobda elektr mashinalarini generator va motor rejimlarida ishlatishga oid nazariy materiallar, ayni kursga oid laboratoriya ishlarini o'tkazish metodikasi, ularning mazmuni va bajarilish tartibi, elektr mashina va transformatorlarda sodir bo'ladigan jarayonlarni fizik jihatdan tushuntirishga haunda xavfsizlik texnikasi qoidalari kabi mavzular o'z aksini topgan.

UMUMIY TUSHUNCHALAR

Xavfsizlik texnikasi

Laboratoriya ishlarini boshlashdan avval talabalar quyidagi xavfsizlik texnikasi qoidalari bilan tanishib chiqishlari va ularga qat'iy rioya qilishlari kerak.

1. O'qituvchining ruxsatisiz bosh shitdan foydalanish man qilinadi.
2. Elektr tarmog'ining tok manbayidan uzilganligiga ishonch hosil qilmasdan turib, sxemani tarmoqqa ulash taqiqlanadi.
3. Sxemani yig'ishda ulanuvchi simlar sonini iloji boricha kamaytirib, ularning chigallanib qolmasligiga ahamiyat beriladi.
4. O'lchov asboblari va apparatlar berilgan kuchlanish va tok qiymatlariga moslab tanlanadi.
5. To'g'ri tuzilgan sxemani o'qituvchining ruxsati bilan elektr tarmog'iga ulash mumkin.
6. Sxemani elektr tarmog'iga ulashda atrofdagi shaxslar ogohlantirilishi zarur.
7. Elektr mashinalarini ishga tushirishdan avval ularni tashqi ko'rikdan o'tkazilib, simlar ulangan kontakt qismlar mahkamlanishi va simlar aylanuvchi qismlarga tegib qolmasligi lozim.
8. Kiyimlari tartibga solinmagan, sochlari yig'ishtirilmagan o'quvchilar katta tezlikda aylanayotgan mashinalarda ishlashga ruxsat etilmaydi.
9. Ish paytida elektr mashina, o'lchov asbobi, reostat yoki boshqa elektr apparatlarida sezilgan nuqsonlarni darhol o'qituvchiga ko'rsatish kerak.
10. Biror baxtsiz hodisa, falokat, shikastlanish ro'y bergudek bo'lsa, hamma rubilniklar elektr tarmog'idan darhol ajratilishi zarur.

Laboratoriya ishlarini bajarish metodikasi

Har bir laboratoriya ishini bajarishda o'quvchidan:

- a) ish dasturi va mazmuni bilan oldindan tanishib chiqish;
- b) laboratoriyada bajariladigan ish o'rni bilan tanishib chiqish;
- d) kerakli o'lchov asboblari va apparatlarni tanlab, sxemani yig'ish;

- e) ish rejasi asosida tajribalar o'tkazish;
- f) bajarilgan laboratoriya ishiga asoslanib, tuzilgan hisobotni o'qituvchiga topshirish talab qilinadi.

Elektr mashina xarakteristikalarini olish sxemalari ancha murakkab. Ish jarayonida kuchlanish, tok, quvvat, aylanish tezligi va shu kabi bir necha kattaliklarni bir paytda o'lchash zarur bo'lganligidan har bir laboratoriya ishini 3—4 kishi birgalikda brigada bo'lib bajaradi.

Ish rejasidagi topshiriqlarni o'quvchilar tegishli adabiyotdan o'qib o'rganadilar. So'ngra laboratoriya qo'llanmasida ko'rsatilgan ishning bajarilish tartibi, tajribada kerakli sxemalar, tajribadan olingan ma'lumotlar, yoziladigan jadvallar va hisoblashlarni bajarishda foydalaniladigan formula va boshqa kerakli ma'lumotlarning hammasi ish daftariga ko'chiriladi.

O'quvchi ish daftarini o'qituvchiga ko'rsatib, laboratoriya ishini boshlashga ruxsat oladi. Tayyorgarlik ko'rmagan o'quvchilarga laboratoriya ishini boshlashga ruxsat etilmaydi. Ruxsat olgan o'quvchilar mashina va apparatlar bilan tanishishlari hamda ularni tekshirib ko'rishlari kerak. Elektr mashina yoki transformatorlarning ulanish qismlari bilan tanishib, ularning shiti (pasporti) dagi zavod belgilagan nominal miqdorlarni ish daftariga ko'chirib oladilar. Tekshiriluvchi elektr mashinasi yoki transformatorning nominal miqdorlarini va ularning tajriba vaqtida o'zgarishlarini hisobga olib, o'lchov asboblari va reostatlar tanlanadi. Tajriba boshlashdan avval elektr o'lchov asbobining strelkalari nolga keltiriladi. Yig'ilgan sxema o'qituvchiga ko'rsatiladi va uning ruxsati bilan elektr tarmog'iga ulanadi. Ulangandan keyin mashinalar normal ishlamasa, o'lchov asboblari strelkalarining og'ishi normaldan keskin farq qilsa, sxemani darhol elektr tarmog'idan ajratib, kamchiliklari tuzatiladi, o'qituvchidan ruxsat olib, sxema elektr tarmog'iga qayta ulanadi. Planda ko'rsatilgan hamma rejimda sxemaning normal ishlashi tekshirilib, tajribani bajarishga ishonch hosil qilinadi.

Tajriba o'tkazishda brigadaning har bir a'zosi belgilangan ishni mustaqil bajaradi. Olingan ma'lumotlarning to'g'riligini o'qituvchi tekshirgandan so'ng, uning ruxsati bilan sxemani elektr tarmog'idan, elementlarini esa sxemadan ajratish mumkin. Tajriba natijalaridan foydalanib, programmada ko'rsatilgan vazifalar asosida hisobot yoziladi. Bunda tajriba sxemasi, o'lchangan va hisoblangan ma'lumotlar jadvali, yasalishi talab etilgan grafiklar hamda hisoblash formulalari beriladi. Hisobot oxirida ish yuzasidan qisqa xulosalar keltiriladi. Grafik ishlar uchun millimetrovkadan foydalanish tavsiya qilinadi.

Laboratoriya ishlari yuzasidan yozilgan har bir hisobot o'qituvchiga taqdim etiladi. O'qituvchi uni tekshirib, navbatdagi ishni boshlashga ruxsat etadi. Hamma laboratoriya ishlarini bajarib, hisobot yozib topshirgan o'quvchi ishi baholanadi.

Elektr o'lchov asboblari va ularning qo'llanilishi

Elektr mashina xarakteristikalarini tajriba yo'li bilan olishda ishlatiladigan elektr o'lchov asboblari ularning aniqlik klassi, sistemasi va o'lchash chegarasi bo'yicha tanlanadi.

Oddiy laboratoriya ishlarida aniqlik klassi $1,5 \div 2,5\%$ dan kam bo'lmagan elektr o'lchov asboblaridan foydalanish mumkin. Muhim ilmiy-tekshiruv ishlarida esa aniqlik klassi $0,2 \div 0,5\%$ dan kam bo'lmagan asboblarda qo'llaniladi. Elektr o'lchov asboblarining normal o'rnatilish holati ulardagi gorizontaal yoki vertikal chiziqlar bilan belgilanadi.

O'zgarmas tok zanjiridagi tok va kuchlanish magnitoelektrik sistemali asboblardan foydalanib o'lchanadi. Quvvat, odatda, ampermetr va voltmeter ko'rsatgan kattaliklarni o'zaro ko'paytirib topiladi.

O'zgaruvchan tok zanjirlarida ham magnitoelektrik sistemali asboblardan foydalanish mumkin. Bunda o'lchov asboblariga o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirib beruvchi to'g'rilagichlar qo'shib ulanadi.

Elektromagnit sistemali asboblarda o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatiladi. Qayta magnitlanishga sarflanuvchi quvvat isrofiga binoan, bunday asboblarda o'zgaruvchan tok zanjirida o'zgarmas tokdagiga nisbatan kichikroq qiymatni ko'rsatadi. Bu asboblarining qayta magnitlanishi va gisteresis isroflari tufayli aniqlik klassi pastroqdir.

Elektromagnit sistemali asboblarda tashqi magnit maydon ta'siridan saqlaydigan konstruksiyali qilib ishlab chiqariladi, ularning aniqlik klassi oddiy asboblarnikidan birmuncha yuqori, ammo bunday asboblarda qimmat va murakkab tuzilishga ega.

Elektrodinamik sistemali asboblarda bilan o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlaridagi tok, kuchlanish va quvvat o'lchanadi.

Induksion sistemali asboblarda o'zgaruvchan tok hisoblagichlari sifatida qo'llaniladi.

Elektr asboblarining o'lchash chegarasi ular strelkasining maksimal og'ishida ko'rsatilgan qiymati bilan aniqlanadi.

Agar mavjud elektr asbobning o'lchash chegarasi yetarli bo'lmasa, uni kengaytirish mumkin.

Ampermetrning o'lchash chegarasini kengaytirish uchun o'zgarmas tok zanjirida shuntlardan foydalaniladi. Shuntlar asboblarga parallel ulanib, ular asbobning o'ziga yoki alohida o'rnatiladi. O'zgaruvchan tok zanjirida ampermetr o'lchash chegarasini kengaytirishda tok transformatorlari qo'llaniladi. Tok transformatorining birlamchi chulg'ami zanjirdan o'tuvchi yuklanish toki bilan aniqlanib, ikkilamchi chulg'ami esa 5 A tokka hisoblanadi.

Voltmetrning o'lchash chegarasini kengaytirish uchun o'zgarmas tok zanjirlarida kalibrangan qo'shimcha qarshiliklar ishlatiladi. Qo'shimcha qarshilik voltmetrga ketma-ket ulanib, u asbobning o'ziga yoki alohida o'rnatiladi. O'zgaruvchan tok zanjirlarida voltmetrning o'lchash chegarasini kengaytirish uchun kuchlanish transformatorlari ishlatiladi. Kuchlanish transformatorining birlamchi chulg'ami, zanjirning kuchlanishi bilan aniqlanib, ikkilamchi chulg'ami 100 V kuchlanishga hisoblangan bo'ladi.

Vattmetrning o'lchash chegarasini kengaytirish uchun vattmetrning tok chulg'ami tok transformatori orqali, kuchlanish chulg'ami kuchlanish transformatori orqali ulanadi.

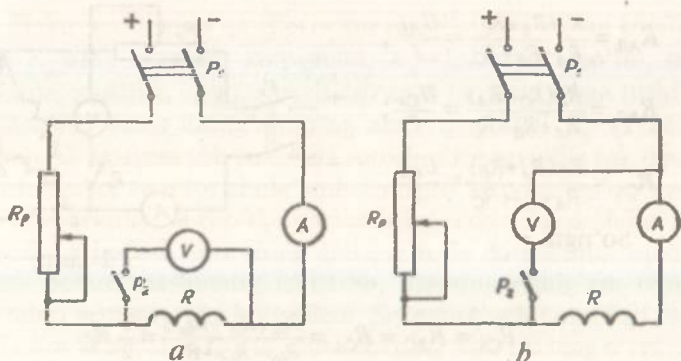
Elektr mashina va transformator chulg'amlarining omik qarshiliklarini o'lchash

Elektr mashina va transformator xarakteristikalarini hisoblashda yoki xarakteristikalarni tajriba yo'li bilan olishda chulg'amlardagi omik qarshiliklari va chulg'am zanjiriga kiritiluvchi reostat qarshiligi ma'lum bo'lishi kerak. Chulg'amning omik qarshiliklari o'zgarmas tokda ampermetr va voltmetr bilan o'lchab aniqlanadi.

Elektr mashinalarining yakor yoki stator chulg'amlarining omik qarshiliklari kichik (1—2 Ω) bo'lganligi sababli ularning qiymatlari 1-rasm, a da ko'rsatilgan sxemaga asosan o'lchanib, voltmetrdan o'tadigan tokni ham hisobga olinadigan bo'lsa, u holda qarshilik qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$R = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}}$$

bunda: U — zanjirdagi kuchlanish (V), I — zanjirdagi tok (A), R_v — voltmetrlarning ichki qarshiligi (Ω).



1- rasm.

Chulg'am qarshiliklari bir necha yuz Ω bo'lganda, masalan, o'zgarmas tok mashinalari qo'zg'atish chulg'amining omik qarshiligini o'lchashda 1-rasm, *b* da ko'rsatilgan sxemadan foydalaniladi. Bunda ampermetr qarshiligi R_A ham hisobga olinib, chulg'am qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R = \frac{U}{I} - R_A.$$

O'zgaruvchan tok chulg'amlarining omik qarshiligini tajribada aniqlash uchun, ularga beriladigan o'zgarmas tokning qiymati nominal qiymatidan 15÷25% ko'p oshmasligi kerak, aks holda chulg'am izolatsiyasi ortiqcha qizib, yaroqsizlanishi mumkin. Shuningdek, induktivligi katta bo'lgan chulg'am omik qarshiligini o'lchashda sxemaga avval tok berib, so'ngra P_2 rubilnik orqali voltmeter ulanadi (1—2-rasmlar). 2-rasmda nol nuqtasi tashqariga chiqarilmagan uch fazali chulg'amning fazaviy qarshiligini o'lchash sxemasi ko'rsatilgan.

Uchala fazadan har birining qarshiliklari bir xil bo'lgani tufayli bitta fazaning omik qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_f = \frac{R_{AB}}{2} = \frac{R_{BC}}{2} = \frac{R_{CA}}{2}.$$

Uchburchak sxemasida ulangan chulg'am fazalari omik qarshiligining o'rtachasi R_{ϕ} ni hisoblash uchun *AB*, *BC* va *CA* qismlarni o'zgarmas tok manbayiga ketma-ket ulab (2-rasm), ularning orasidagi qarshiligi tegishli:

$$R_{AB}, R_{BC} \text{ va } R_{CA}$$

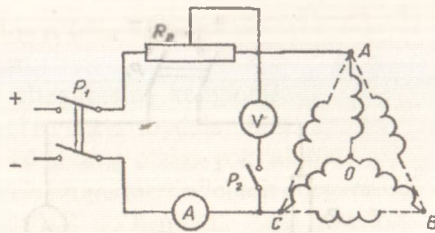
aniqlanadi:

$$R_{AB} = \frac{R_A(R_B + R_C)}{R_A + R_B + R_C} = \frac{U_{AB}}{I};$$

$$R_{BC} = \frac{R_B(R_C + R_A)}{R_A + R_B + R_C} = \frac{U_{CA}}{I};$$

$$R_{CA} = \frac{R_C(R_A + R_B)}{R_A + R_B + R_C} = \frac{U_{CA}}{I}.$$

So'ngra



2-rasm.

$$R_{CA} = R_{BC} = R_{CA} = \frac{R_{\text{to}}(R_{\text{to}} + R_{\text{to}})}{R_{\text{to}} + R_{\text{to}} + R_{\text{to}}} = \frac{2}{3} R_{\text{to}}.$$

ekanligidan foydalanib, quyidagi topiladi:

$$R_{\text{to}} = \frac{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}{2}.$$

Elektr mashina va transformator chulg'amlarining normal ish rejimidagi temperaturasi 75° ga teng deb qabul qilingan. Ularning muhim temperaturasi (t°) da aniqlangan omik qarshiligi R_t ni 75° dagi qarshilik R_{75} ga keltirish quyidagi formulaga asosan qayta hisoblab chiqiladi:

$$R_{75} = R_t [1 + \alpha (75^\circ - t^\circ)].$$

Mis simlar uchun temperatura koeffitsiyenti $\alpha = \frac{1}{235 + t^\circ} \cong 0,004$,

aluminium uchun esa $\alpha = \frac{1}{245 + t^\circ}$.

Demak, mis simlar uchun 75° ga keltirilgan chulg'am qarshiligi

$$R_{75} = R_t \frac{235 + 75^\circ}{235 + t^\circ},$$

aluminium uchun

$$R_{75} = R_t \frac{245 + 75^\circ}{245 + t^\circ}.$$

O'zgaras tokka chulg'amlarning ko'rsatgan omik qarshiligi R , ularning o'zgaruvchan tokka bo'lgan aktiv qarshiligi R_a bilan quyidagicha bog'lanadi:

$$R_a = K_R R.$$

Bunda K_R — o'zgaras koeffitsiyent ($K_R > 1$ bo'ladi).

Elektr mashina va transformator chulgʻamlari uchun koeffitsiyent K_R ning qiymati, koʻpincha, $K_R = 1,01 \div 1,05$ boʻlib, baʼzi hollarda, xususan, chuqur pazli asinxron motorni ishga tushirish momentida rotor chulgʻaming aktiv qarshiligi $R_a = (1,2 \div 3)R$ boʻladi. Oʻzgaras tok yoki faza rotorli oʻzgaruvchan tok mashinalarini yakor va rotor chulgʻamlarining toʻla qarshiligi qiymatiga choʻtka qarshiligi va choʻtka kontaktining oʻtkinchi qarshiligi ham qoʻshilgan boʻladi. Bu chulgʻamning toʻla qarshiligini aniqroq topish uchun mashinalar ishlatilib, ularning chulgʻam temperaturalarini normalgacha koʻtariladi. Soʻngra tinch holatdagi yakor yoki rotor chulgʻamlariga nominal tokning 50% iga teng oʻzgaras tok beriladi va ampermetr-voltmetr usulidan foydalanib, toʻla qarshilik qiymatlari aniqlanadi. Elektr motorlarida qoʻllanuvchi ampermetr va voltmetr tok turiga binoan tanlanib, ularning oʻlchash chegarasi nominal miqdorlarga nisbatan $1,5 \div 2$ marta katta boʻlishi lozim. Motorlarning yakor yoki rotor zanjirlariga kiritiluvchi reostatlar ulardan oʻtuvchi davomli nominal tokning $1,5 \div 2$ baravariga hisoblanib tanlanadi.

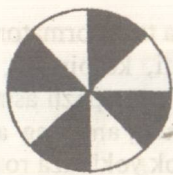
Elektr mashinalarining aylanish tezligini oʻlchash

Elektr mashinalarining aylanish tezligini, odatda, mexanik va elektr taxometrlar yordamida oʻlchanadi.

Mexanik taxometrlarni ishlatish noqulay boʻlib, ular tezda ishdan chiqadi. Elektr taxometr ishonchli va aniq ishlashi bilan mexanik taxometrlardan farq qiladi. Bunday taxometrlar tezligi oʻlchanishi zarur boʻlgan mashina valiga mahkamlangan kichik quvvatli oʻzgaras yoki oʻzgaruvchan tok taxogeneratori va tezlikni koʻrsatuvchi asboblardan iboratdir. Amalda oʻzgaras tok taxogeneratori qoʻllaniladi. Bunday taxogeneratorlar, ayniqsa, avtomatlashtirilgan elektr yuritma sistemalarida keng tarqalgan. Taxogeneratorlar oʻzgaras magnit yoki elektromagnit bilan qoʻzgʻatiladi. Oʻzgaras magnit bilan qoʻzgʻatiluvchi taxogeneratorlar keng tarqalgan. Taxogeneratorda hosil boʻlgan EYK $E = K_E n\Phi$ boʻlib, magnit oqimi $\Phi = \text{const}$ boʻlgani uchun EYK qiymati oʻlchanuvchi tezlik n ga proporsional boʻladi. Bu EYK voltmetr bilan oʻlchanadi. Uning shkalalariga tegishli aylanish tezliklarini yozib, voltmetrdan tezlik oʻlchagich asbob sifatida foydalaniladi. Tezlik oʻlchagich asbob (voltmetr) ikki sim orqali taxogeneratorga ulanganligi tufayli uni har qanday qulay joy, masalan, boshqarish



$$2p=2$$



$$2p=4$$



$$2p=6$$

3-rasm.

pultiga ham o'rnatish mumkin. Taxogeneratordan olinadigan kuchlanishni ossillograf bilan yozib olish yoki uni teskari bog'lanish signali sifatida boshqarish zanjiriga uzatish ham mumkin.

Amalda ET-4, ET-7 tipli, aylanish tezligi $n = 1900 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$, kuchlanishi $U=110\text{V}$, quvvati $P=13\div 23\text{ W}$ bo'lgan taxogeneratorlar keng qo'llanilib, ular orqali bevosita motor tezligi aniqlanadi.

Elektr mashina tezliklarini stroboskopik usulda o'lchash ham mumkin. Bunda tezligi o'lchanadigan val bilan tezlikni o'lchovchi asbob mexanik ravishda bog'lanmaydi. Bu esa mazkur usulning afzalligidir. Bu usulda tezlikni o'lchash uchun motor valiga qora va oq sektorlarga bo'lingan karton qog'ozli disk o'rnatiladi (3-rasm). Qora yoki oq sektorlarning soni stator chulg'amining qutblar soni (p)ga teng qilib olinadi. Disk motor ulangan elektr tarmoqdan ta'minlanuvchi gazorazryad neon lampa bilan yoritiladi. Tokning to'la davri T da neon lampaning yonish chastotasi motorning qutblar soniga tengligi sababli lampaning har bir yonishida disk sektorlarining ma'lum holati yoritiladi (3-rasm). Agar val sinxron tezlikda aylansa, disk stroboskopik effekt tufayli aylanmay turganga o'xshaydi.

Asinxron motorning vali sinxron tezlikdan kichik tezlikda aylanganligi sababli, disk valning aylanishiga nisbatan teskari tomonga sekin aylanayotganday ko'rinadi. Motor validagi diskning ikki sektorga aylanish vaqti yarim davr $\frac{T}{2}$ ga teng bo'lgani uchun, rotor tokining f_2 chastotasini t (sek) vaqt ichida disk qora yoki oq sektorlarining ma'lum bir o'zgarma belgidan o'tishlar soni m orqali aniqlash mumkin:

$$f_2 = \frac{m}{2t}$$

Sektorlar soni m o'rniga diskning t vaqtda bir to'la aylanish soni N qo'yilsa, hisoblash uchun qulay bo'lgan

$$f_2 = \frac{Np}{t}$$

ifodasi olinadi.

Bunda $N = \frac{m}{2p}$ bo'ladi.

Rotor va stator toklari chastotalarining nisbatidan, motorning sirpanishi s aniqlanadi, ya'ni

$$s\% = \frac{f_2}{f_1} 100 = \frac{m}{\lambda f_1} \cdot 100 = \frac{Np}{f_1} \cdot 100.$$

$f_1 = 50$ Hz va $s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$ dan motor tezligi n_2 topiladi. Bunda

$n_1 = \frac{60f_1}{p}$ - sinxron tezlik. Stroboskopik usulni kichik sirpanish $s \leq 4 + 5\%$ larda qo'llash yaxshi natija beradi. Katta sirpanishlarda N yoki m ni aniq hisoblash qiyin. Stroboskopik usulda tezlikni faqat unga qarab kuzatish mumkin, ammo tezlikni ossillograf bilan yozib olish yoki undan teskari bog'lanish signali sifatida foydalanish mumkin emas.

Faza rotorli asinxron motor sirpanishi yoki tezligini uning rotor toki chastotasi orqali aniqlasa ham bo'ladi. Rotor tokining chastotasini aniqlash uchun chulg'am zanjiriga shkalasining o'rtasida noli bo'lgan magnitoelektrik sistemali ampermetr qo'shiladi. Motorning ishlash davrida rotor tokining chastotasi kichik bo'lganligidan ampermetr strelkasi nolga nisbatan tebranib turadi. Strelkaning to'la tebranishlar soni K bilan belgilansa, rotor tokining t vaqtdagi chastotasi $f_2 = \frac{K}{t}$ ga teng bo'ladi. Bundan sirpanishni quyidagicha topamiz:

$$s = \frac{f_2}{f_1} = \frac{K}{t f_1}.$$

O'ramlar soni ko'p bo'lgan temir o'zakli induktiv g'altakdan foydalanib, qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motor rotoridagi tok chastotasini aniqlash mumkin. Tezligi o'lchanuvchi motor valining yaqiniga induktiv g'altak keltirilsa, rotor tokining atrofga tarqatgan magnit oqimidan g'altakda EYK hosil bo'ladi. Induktiv g'altakka ulangan galvanometrdan tok o'tib, galvanometr strelkasi

rotor tokining chastotasiga proporsional ravishda tebrana boshlaydi. Strelkaning t vaqtidagi to'la tebranishlar soni K orqali chastota f_2 ning qiymati aniqlanadi, ya'ni:

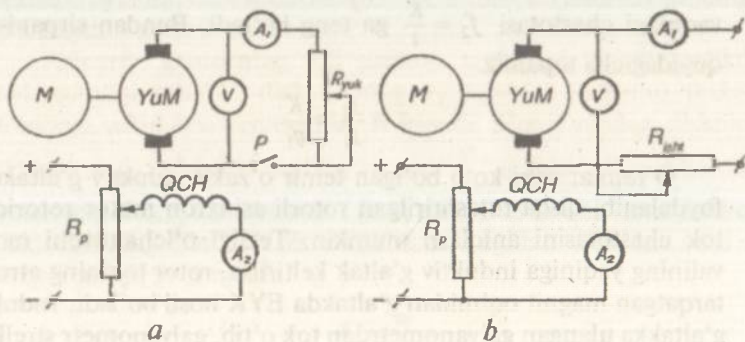
$$f_2 = \frac{K}{t}.$$

Bundan sirpanishni aniqlaymiz:

$$s = \frac{f_2}{f_1} = \frac{K}{\omega_1}.$$

Laboratoriya sharoitida elektr yuritmalarga yuklama berish

Elektr yuritmaning turli rejimlardagi xarakteristikalarini olish uchun uning validagi yuklanishni keng miqdorga o'zgartira olish imkoniga ega bo'lish kerak. Yuklanish sifatida eng oddiy mexanik va elektrodinamik tormozlardan foydalansa ham bo'ladi. Bunday yuklanishlar bilan elektr yuritmaning faqat motor va tormoz rejimlaridagi xarakteristikalarini olishda mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatoridan foydalanish qulay bo'ladi. 4-rasm, a va b da motor M ning tegishli motor va tormoz rejimlaridagi xarakteristikalarini olishda qo'llaniladigan yuklanish mashinasi (Y.M.) ning ulanish sxemalari ko'rsatilgan. Bu sxemalarda yuklanish mashinasining vali motor vali bilan mexanik bog'langan bo'lib, 4-rasm, a da yakor chulg'aminin yuklanish qarshiligiga, 4-rasm, b da esa elektr tarmog'iga qanday ulanishi ko'rsatilgan. Yuklanish mashinasining quvvati va aylanish tezligi motornikiga yaqin tanlanadi.



4-rasm.



TRANSFORMATORLAR

UMUMIY TUSHUNCHALAR

Katta quvvatli elektr energiyasini, ayniqsa, uzoq masofalarga uzatish va so'ngra uni elektr iste'molchilarining talabiga muvofiq taqsimlashda eng qulay va asosiy apparat sifatida transformatorlardan keng foydalaniladi. Bunday transformatorlar bir va uch fazali konstruksiyada ishlab chiqariladi.

Texnikada uch chulg'amli va ko'p chulg'amli transformatorlar, avtotransformator, payvandlash va o'lchash transformatorlari kabi ularning maxsus turlari ham keng tarqalgan. Yuqorida qayd etilgan barcha transformatorlarning ishlash prinsipi elektromagnit induksiya qonuniga asoslanib, ular bir-birlaridan faqat tuzilishi, ishlash rejimi va parametrlari bo'yicha farq qiladi. Jumladan, oddiy bir fazali transformator berk po'lat o'zak va unga o'ralgan birlamchi hamda ikkilamchi chulg'amlardan iborat bo'lib, uch fazali transformator esa uchta bir fazali transformatorlar guruhidan hosil qilinadi. Bunda uchala transformatorlarning birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari o'zaro yulduz yoki uchburchak sxemalarida ulanib, guruh deb ataluvchi transformatorni hosil qiladi. Shu bilan birga, uch fazali transformatorlar uch fazali konstruksiyalarda ham ishlab chiqarilib, bunda berk po'lat o'zakka uchta birlamchi hamda uchta ikkilamchi chulg'am o'rnatiladi va ular ham yulduz yoki uchburchak sxemasida ulanadi.

Uch xil kuchlanishga ega bo'lgan energetika sistemalarini o'zaro ulashda yoki elektr energiyasini iste'molchilarga turli kuchlanishlarda taqsimlashda uch fazali va uch chulg'amli transformatorlar qo'llaniladi.

O'quvchilarga amalda transformatorlarni ishlata olishlarini o'rgatish maqsadida quyida biz uch fazali transformatorlar, uch fazali transformatorning parallel ishlashi, uch fazali va uch chulg'amli transformatorlar hamda guruh transformatori mavzulari bo'yicha laboratoriya ishlarining qanday bajarilishini misollar bilan tushuntirib o'tamiz.

LABORATORIYA ISHLARI

1-ish. Uch fazali transformatorlar

Ishdan maqsad. Transformatorni turli rejimda ishlatib tajriba o'tkazish, uning xarakteristikalarini olish va hisoblab ko'rish.

Ish rejasi. Laboratoriya ishini boshlashdan oldin transformator pasportidagi nominal ma'lumotlar yozib olinadi. Uch fazali transformator konstruksiyasi bilan tanishish, past va yuqori kuchlanishli chulg'amlarning om hamda aktiv qarshiliklarini aniqlash.

Salt ishlash tajribasidan: salt ishlash xarakteristikasini qurish, transformatsiyalash koeffitsiyenti K , nominal kuchlanishlardagi salt ishlash toki I_0 , quvvati P_0 va quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi_0$ ni, I_0 ning aktiv I_{0a} va reaktiv I_{0r} tashkil etuvchilarini hamda salt ishlash parametrlarini aniqlash.

Qisqa tutashish tajribasidan: qisqa tutashish xarakteristikasini qurish, nominal toklardagi qisqa tutashish quvvati P_{qt} , quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi_q$ va kuchlanishi U_q ni, U_q ning aktiv U_{qa} va reaktiv U_{qr} tashkil etuvchilari hamda qisqa tutashish parametrlarini aniqlash.

Quvvat koeffitsiyentlari $\cos \varphi = 1$ va $\cos \varphi = 0,8$ bo'lganda transformator yuklanishining noldan nominalgacha ko'payishida kuchlanishning o'zgarishi ΔU ni hisoblash hamda qisqa tutashish va salt ishlash tajribalaridan olingan ma'lumot asosida transformator FIK η ni uning yuklanish koeffitsiyenti β ga bog'lanish grafiklarini chizish. Yuklanish tajribasidan foydalanib, transformatorning tashqi xarakteristikasi $U=f(I)$ ni qurish.

Ishning bajarilish tartibi. Laboratoriya ishi quyidagi reja asosida bajariladi:

uch fazali transformator uchta sterjeni bo'lgan berk o'zakdan iborat. Oldin bu sterjenlarning har biriga past kuchlanishli fazaviy chulg'am, so'ngra uning ustidan esa yuqori kuchlanishli chulg'am o'raladi.

Transformator chulg'amlarining aktiv qarshiligi ommetr bilan o'lchab aniqlanadi. Transformatorni salt ishlash rejimidagi birlamchi chulg'am kuchlanishi U_1 ning ikkilamchi chulg'am kuchlanishi U_2 ga nisbati transformatorning transformatsiya koeffitsiyenti K deyiladi, demak, $K = \frac{U_1}{U_2}$ bo'ladi. Uch fazali transformatorlarda fazaviy K_f va liniyaviy K_l transformatsiya koeffitsiyentlari tushunchasi ishlatiladi.

Salt ishlash rejimida fazaviy kuchlanishlarning nisbati fazaviy EYK larning nisbatiga tengligidan fazaviy transformatsiya koeffitsiyenti quyidagicha ifodalanadi:

$$K_\Phi = \frac{U_{1\Phi}}{U_{2\Phi}} = \frac{E_{1\Phi}}{E_{2\Phi}} = \frac{4,44 f W_{1\Phi}}{4,44 f W_{2\Phi}} = \frac{W_1}{W_2}.$$

Liniyaviy transformatsiya koeffitsiyentining qiymati yulduz va uchburchak sxemalarda ulanish bilan ham aniqlanadi.

Xususan, transformatorlar

$$Y/Y \text{ sxemada } K_I = \frac{U_{1l}}{U_{2l}} = \frac{\sqrt{3}U_{1\phi}}{\sqrt{3}U_{2\phi}} = \frac{W_1}{W_2} = K_\phi,$$

$$\Delta/\Delta \text{ sxemada } K_I = \frac{U_{1l}}{U_{2l}} = \frac{U_{1\phi}}{U_{2\phi}} = \frac{W_1}{W_2} = K_\phi,$$

$$Y/\Delta \text{ sxemada } K_I = \frac{U_{1l}}{U_{2l}} = \frac{\sqrt{3}U_{1\phi}}{U_{2\phi}} = \sqrt{3} \frac{W_1}{W_2} = \sqrt{3} K_\phi,$$

$$\Delta/Y \text{ sxemada esa } K_I = \frac{U_{1l}}{U_{2l}} = \frac{U_{1\phi}}{\sqrt{3}U_{2\phi}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{W_1}{W_2} = \frac{1}{\sqrt{3}} K_\phi \text{ bo'ladi.}$$

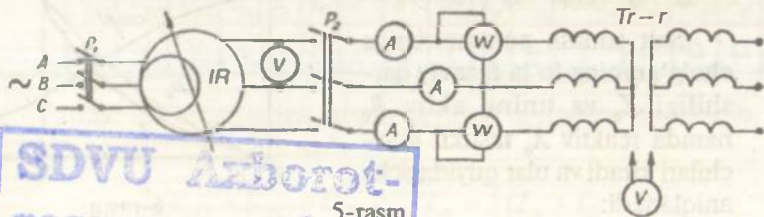
Salt ishlash rejimida birlamchi chulg'amdan o'tuvchi tok I_0 ning qiymati oddiy transformatorlar uchun $I_0 = (2 \div 10)\% I_{1n}$. Bu tokning aktiv I_{0a} tashkil etuvchisi $I_{0a} \leq 10\% I_{1n}$ bo'lgani tufayli $I_{0r} \cong I_0$ bo'ladi. Shu sababli salt ishlash toki asosan reaktiv xarakterli magnetlovchi tokdan iboratdir. Bundan esa asosiy magnet oqimi hosil bo'ladi.

Transformator salt ishlash rejimida vattmetr bilan o'lchangan quvvat P_0 , asosan, transformator po'lat o'zagini qizdirishga sarflanuvchi quvvat isrofi P_n bilan aniqlanadi, ya'ni $P_0 \cong P_n$ deb olinadi.

5-rasmda transformatorning salt ishlash tajribasining sxemasi ko'rsatilgan.

Tajribani o'tkazishda transformatorning birlamchi chulg'amiga induksion rostlagich — IR orqali (0,3 ÷ 1,2) U_{1n} kuchlanish beriladi va 5 ÷ 6 xil kuchlanishlarga tegishli o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yozilib, ulardan biri nominal kuchlanishda olinishi lozim.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | |
|--------------|----------------------|----------|----------|-------|-------|-------|------|-------|------------------------|----------|-------|-------|--------------|
| | U_{ab} | U_{bc} | U_{ac} | I_A | I_B | I_C | P' | P'' | U_{1l} | U_{2l} | I_0 | P_0 | $\cos\phi_0$ |
| | V | V | V | A | A | A | W | W | V | V | A | W | |



5-rasm.

SDVU Axborot-
resurs markazi
16
Inv No 374088

Tajribadan olingan ma'lumotlar asosida quyidagi qiymatlar hisbolanadi va jadvalning davomi to'ldiriladi.

$$U_{II} = \frac{1}{3}(U_{AB} + U_{BC} + U_{AC}); \quad U_{2I} = \frac{1}{3}(U_{ab} + U_{bc} + U_{ac});$$

$$I_0 = \frac{1}{3}(I_A + I_B + I_C);$$

$P_0 = P' \pm P''$ — vattmetr bilan o'lchangan salt ishlash quvvati.

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}U_{II}I_0} \text{ — quvvat koeffitsiyenti.}$$

Salt ishlash tajribasidan olingan ma'lumotlarga asosan salt ishlash xarakteristikalarining grafigi chiziladi. Salt ishlash toki I_0 , quvvati P_0 va quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi_0$ ning birlamchi chulg'amga beriluvchi kuchlanish U_{II} ga bog'liqligini ifodalovchi I_0 , P_0 va $\cos \varphi_0 = f(U_{II})$ egri chiziqlar salt ishlash xarakteristikasi deyiladi.

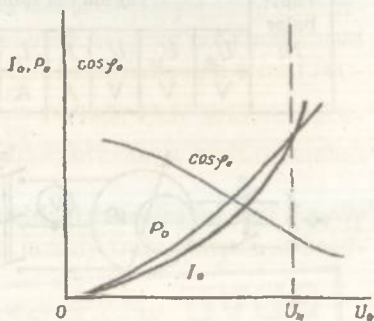
Transformatorga kichik qiymatli kuchlanish berilganda magnit zanjiri to'yinmagan bo'ladi. Zanjirning to'yinishi bilan I_0 ning U_{II} ga nisbatan ortishi tezlashadi, $I_0 = f(U_{II})$ bog'lanish yuqoriga egilgan chiziq bo'yicha o'zgaradi. Po'lat o'zakni qizdirishga sarflanuvchi quvvat $P_n = P_0$ ning o'zgarishi, induksiya B ning kvadratiga proporsional va induksiya kuchlanishga proporsional o'zgargani $B \equiv U$ uchun P_0 ning o'zgarishi U_{II} ning kvadratiga proporsional bo'ladi. Magnit o'zakning to'yinishi bilan $I_0 \equiv I_{0p}$ ning keskin ortishi sababli I_0 bilan U_{II} vektorlari orasidagi burchak φ_0 ning qiymati ortib boradi, $\cos \varphi_0$ qiymat esa kamayadi (6-rasm).

6-rasmدا transformatorning salt ishlash xarakteristikalari ko'rsatilgan.

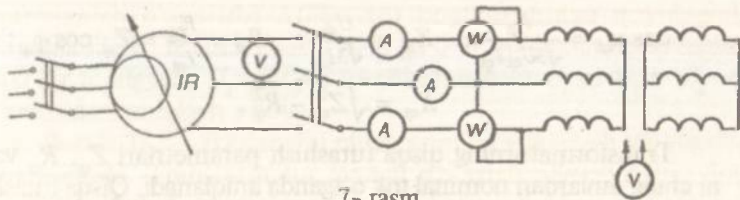
Salt ishlash tokining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{0a} = I_0 \cos \varphi_0; \quad I_{0p} = I_0 \sin \varphi_0.$$

Salt ishlash parametrlariga chulg'amning to'la fazaviy qarshiligi Z_0 va uning aktiv R_0 hamda reaktiv X_0 tashkil etuvchilari kiradi va ular quyidagicha aniqlanadi:



6-rasm.



7- rasm.

$$Z_0 = \frac{U_{1r}}{I_{0r}}; R_0 = Z_0 \cos \varphi_0 \text{ yoki } R_0 = \frac{P_0}{3I_{0r}^2}; X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2}.$$

Bunda U_{1r}, I_{0r} — faza kuchlanishi va toki. Transformatorning salt ishlash parametrlari nominal kuchlanishda aniqlanadi. Transformatorga beriluvchi kuchlanishning o'zgarishi bilan bu parametrlarning qiymati ham o'zgaradi.

Transformatorning ikkilamchi chulg'ami o'z-o'ziga yoki ampermetr orqali qisqa tutashtirib, birlamchi chulg'amiga nominal tok o'tgunga qadar ortib boruvchi kuchlanish berilib transformatorning qisqa tutashish tajribasini o'tkazamiz.

7-rasmda qisqa tutashish tajribasini o'tkazish sxemasi ko'rsatilgan.

IP orqali birlamchi chulg'amga noldan bir tekisda ortib boruvchi kuchlanish berib, chulg'amdan o'tuvchi tokning $(0,3 \div 1,2) I_{1n}$ qiymatlarida $5 \div 6$ xil kuchlanishlarga tegishli o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi. Bunda kuchlanish U_{qt} ning qiymati kichik bo'lganligi tufayli transformator po'lat o'zagini qizdirish uchun isrof bo'lgan quvvat P_n hisobga olinmaydi va vattmetrlar ko'rsatgan $P_{qt} = P' + P''$ quvvat birlamchi va ikkilamchi chulg'am misini qizdirishga isrof bo'ladi, ya'ni $P_{qt} = P_{1m} + P_{2m} = P_m$ deb qabul qilingan.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | | | | |
|-----------------|----------------------|----------|----------|-------|-------|-------|------|------------------------|----------|----------|----------|---------------------|----------|----------|----------|
| | U_{AB} | U_{BC} | U_{AC} | I_A | I_B | I_C | P' | P'' | U_{qt} | I_{qt} | P_{qt} | $\cos \varphi_{qt}$ | Z_{qt} | R_{qt} | X_{qt} |
| | V | V | V | A | A | A | W | W | V | A | W | | Ω | Ω | Ω |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi qiymatlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi.

$$U_{qt} = \frac{1}{3}(U_{AB} + U_{BC} + U_{AC}); \quad I_{qt} = \frac{1}{3}(I_A + I_B + I_C);$$

$$\cos \varphi_{qt} = \frac{P_{qt}}{\sqrt{3}U_{qt}I_{qt}}; \quad Z_{qt} = \frac{U_{qt}}{\sqrt{3}I_{qt}}; \quad R_{qt} = \frac{R_{qt}}{I_{qt}^2} = Z_{qt} \cos \varphi_{qt};$$

$$X_{qt} = \sqrt{Z_{qt}^2 - R_{qt}^2}.$$

Transformatorning qisqa tutashish parametrlari Z_{qt} , R_{qt} va X_{qt} ni chulg'amlardan nominal tok o'tganda aniqlanadi. Qisqa tutashish tajribasidan olingan ma'lumotlarga asosan qisqa tutashish xarakteristikasi yasaladi. Qisqa tutashish toki, quvvatining va quvvat koeffitsiyentining birlamchi chulg'amga berilgan kuchlanish U_{qt} bog'lanishi qisqa tutashish xarakteristikasi deyiladi, ular quyidagicha ifodalanadi: I_{qt} , P_{qt} va $\cos \varphi_{qt} = f(U_{qt})$.

8-rasmda transformatorning qisqa tutashish xarakteristikalari ko'rsatilgan.

Transformator nominal tokiga tegishli qisqa tutashish kuchlanishining aktiv U_{qta} va reaktiv U_{qtr} tashkil etuvchilari quyidagicha aniqlanadi:

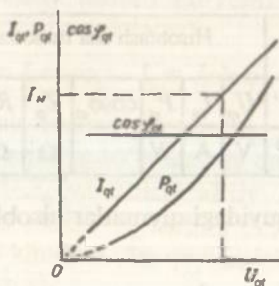
$$U_{qta} = U_{qt} \cos \varphi_{qt}; \quad U_{qtr} = U_{qt} \sin \varphi_{qt}.$$

Turlicha quvvat koeffitsiyentiga ega bo'lgan transformator yuklanishi noldan to nominalgacha ko'paytirilganda uning kuchlanishining o'zgarishi ΔU quyidagicha topiladi:

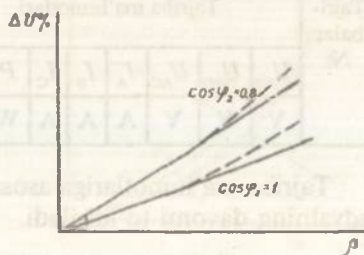
$$\Delta U\% = \beta(U_{qta} \cos \varphi_2 + U_{qtr} \sin \varphi_2),$$

bunda: $\beta = \frac{I_2}{I_{2n}}$ - transformatorning yuklanish koeffitsiyenti. 9-rasmda $\cos \varphi_2 = 1$ va $\cos \varphi_2 = 0,8$ larga tegishli $\Delta U\% = f(\beta)$ grafiklari ko'rsatilgan.

Katta quvvatli transformatorlarda transformatorning tashqi xarakteristikasi $U_2 = f(I_2)$ ni tajriba yo'li bilan olish, ayniqsa, tejamisiz va noqulaydir. Shu sababli $U_2 = f(I_2)$ xarakteristikasini olishda



8- rasm.



9- rasm.

kuchlanish o'zgarishi $\Delta U\% = f(\beta)$ bog'lanishidan quyidagicha foydalaniladi. Turlicha $\cos\varphi_2$ da β ga $0 \div 1$ qiymatlar berib tegishli ΔU lar topilgach, $U_2 = f(I_2)$ ni hisoblash uchun U_2 ni $U_2 = U_2 - \Delta U$ ifodasidan aniqlash kifoya.

Bunda U_{20} — ikkilamchi chulg'amning yuklanish yo'qligidagi kuchlanishi. Transformator foydali ish koeffitsiyenti η ni tajriba usulida aniqlash tejamisiz va noaniq bo'lganligidan, uni salt ishlash va qisqa tutashish tajribalaridan olingan quvvat isroflari $P_o = P_p$ va $P_{qt} = P_m$ dan foydalanib quyidagicha topiladi:

$$\eta = \frac{\beta S_n \cos \varphi_2}{\beta S_n \cos \varphi_2 + P_o + \beta^2 P_{qt}}$$

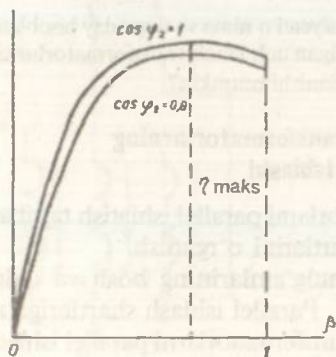
Bunda S_n (VA) — transformatorning nominal to'la quvvati.

Bu ifodaga asosan $\cos\varphi_2 = 1$ va $\cos\varphi_2 = 0,8$ bo'lganida $\eta = f(\beta)$ ning grafiklari quriladi (10-rasm).

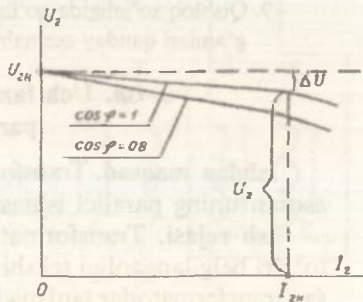
Transformator FIK ning maksimum η_{maks} qiymatini topishda uning salt ishlash quvvati $P_o = \beta^2 P_{qt}$ bo'lganligidan transformator yuklanish koeffitsiyenti β ning optimal qiymati aniqlanadi, ya'ni

$\beta_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{P_o}{P_{qt}}} = 0,5 + 0,7$. Demak, transformator $50 \div 70\%$ yuklanganda uning FIK maksimum bo'ladi.

Birlamchi kuchlanish $U_1 = \text{const}$ va $\cos\varphi_2 = \text{const}$ bo'lganida ikkilamchi kuchlanish U_2 ning yuklanish toki I_2 ga bog'lanish ifodasi $U_2 = f(I_2)$ transformatorning tashqi xarakteristikasi deyiladi. Kichik quvvatli transformatorlarning tashqi xarakteristikasi tajriba usulida



10- rasm.



11- rasm.

olinadi. Bunda ikkilamchi chulg'amga ulangan yuklanishni noldan nominalgacha o'zgartirib, U_2 bilan I_2 qiymatlari jadvalga yoziladi. 11-rasmda $\cos\varphi_2=1$ va $\cos\varphi_2=0,8$ larga tegishli $U_2=f(I_2)$ grafiklarning chizmasi ko'rsatilgan.

Grafikdan kuchlanishning o'zgarish qiymati ΔU quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta U\% = \frac{U_{2n} - U_2}{U_{2n}} 100.$$

Nominalgacha yuklangan transformatorlarda $\Delta U = 2 \div 5\%$ bo'ladi.

Qishloq xo'jaligida ko'pincha kichik va o'rta ($4 \div 6300$ kW) quvvatli, ($0,38 \div 110$) kV kuchlanishli transformatorlardan foydalanib, ularning yuqori kuchlanishli chulg'ami yulduz, past kuchlanishli chulg'ami esa noli tashqi qismaga chiqarilgan yulduz sxemasida ulanadi.



Nazorat savollari

1. Transformator chulg'amining omik hamda aktiv qarshiliklari qanday aniqlanadi?
2. Transformatsiya koeffitsiyenti nima va u qanday hisoblanadi?
3. Salt ishlash tajribasi qanday bajariladi va bu tajribada qanday miqdorlar topiladi?
4. Salt ishlash va qisqa tutashish xarakteristikalari qanday olinadi? Salt ishlash va qisqa tutashish parametrlari qanday aniqlanadi?
5. Qisqa titashish tajribasi qanday qilib o'tkaziladi va unda qanday qiymatlar aniqlanadi?
6. Qisqa tutashish kuchlanishi nima va uning qanday ahamiyati bor?
7. Kuchlanishning o'zgarishi ΔU ni transformator yuklanganda hisoblab topish mumkinmi?
8. Transformator foydali ish koeffitsiyenti η nima va u qanday hisoblanadi?
9. Qishloq xo'jaligida qo'llaniladigan uch fazali transformatorlar chulg'amlari qanday sxemalarda ulanishi mumkin?

2-ish. Uch fazali transformatorlarning parallel ishlashi

Ishdan maqsad. Transformatorlarni parallel ishlatish tajribasiga asosan uning parallel ishlash shartlarini o'rganish.

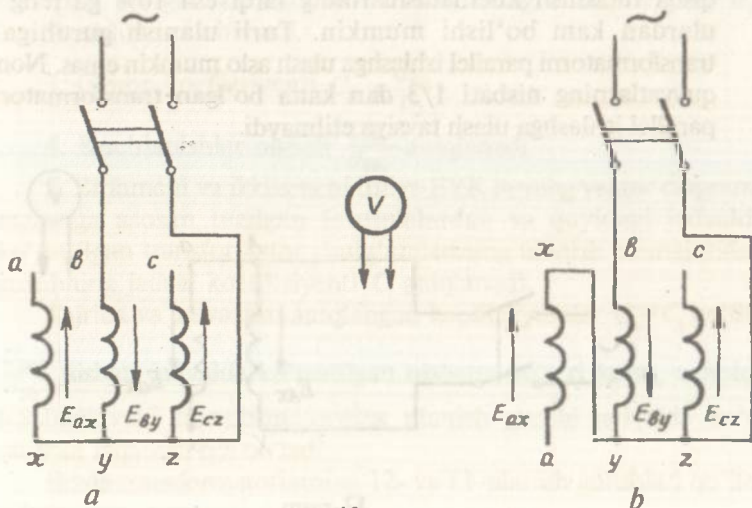
Ish rejasi. Transformator chulg'amlarining bosh va oxirlari to'g'ri belgilanganligi tekshiriladi. Parallel ishlash shartlariga asosan transformatorlar tanlanadi. Transformatorlarni parallel ishlashga ulanganda undagi yuklanishning taqsimlanishi aniqlanadi.

Ishning bajarilish tartibi. Uch fazali transformator chulg'amlari yulduz yoki uchburchak sxemalarida ulanadi. Transformatorlar sxemasini to'g'ri tuzish uchun chulg'am boshi va oxirlarini aniq bilish kerak. GOST ga binoan yuqori kuchlanishli chulg'amning boshlari A, B, C va oxirlari X, Y, Z lar bilan; past kuchlanishlisiniki a, b, c va x, y, z lar bilan shartli belgilanadi. Chulg'am boshi va oxirlarining bunday shartli belgilanishiga asoslanib transformatorning ulanish guruhi aniqlanadi.

12-rasmda past kuchlanishli chulg'amning boshi va oxirlariga qo'yilgan shartli belgilar to'g'riligini tekshirish sxemasi ko'rsatilgan.

Bunda uning by fazasiga o'zgaruvchan tok ulanadi, unga U_{ax} , U_{by} va U_{cz} kuchlanishlari o'lchanadi. Tuzilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirgandan so'ng uni tarmoqqa ulaniladi. Voltmetr elektr tarmog'idagi kuchlanishdan 1,5 marta ortiq kuchlanishga mo'ljallangan bo'lishi kerak. Agar chulg'am boshlari va oxirlari to'g'ri belgilansa $U_{ab} = U_{bc} = 1,5U_{by}$ bo'lib, (12-rasm, a), chulg'am uchlari noto'g'ri belgilansa (12-rasm, b), $U_{ab} = 0,5U_{by}$; $U_{bc} = 1,5U_{by}$ bo'ladi. O'zakning chetki sterjenlarida, o'rtadagining yarmiga teng bo'lgan magnit oqimi hosil bo'lishidan kuchlanishlar o'zgarishi aniqlanadi.

13-rasmda yuqori kuchlanishli chulg'am boshi va oxirlariga qo'yilgan shartli belgilarning to'g'riligini tekshirish sxemasi ko'rsatilgan.



12-rasm.

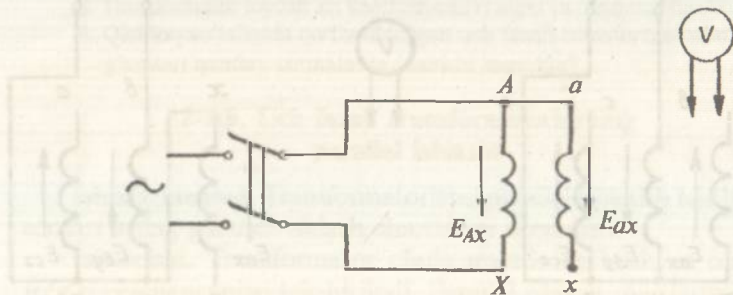
Bunda uning yuqori kuchlanishli chulg'aming AX fazasi, past kuchlanishli chulg'amning ax fazasiga ulanadi va ularga o'zgaruvchan tok beriladi. Agar AX chulg'aming boshi va oxirlari to'g'ri belgilangan bo'lsa $U_{xx} = U_{AX} - E_{ax}$, noto'g'ri belgilansa $U_{xx} = U_{AX} + E_{ax}$ bo'ladi.

Shu singari, qolgan fazalarning bosh va oxirlari ham tekshiriladi. Yuqori kuchlanishli chulg'am boshi va oxirlarini tekshirishda tajribani $U < 250$ V li past kuchlanishda xavfsizlik texnikasi qoidalariga amal qilib olib boriladi. Tuzilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirgandan so'ng, u tarmoqqa ulanadi. Ikki yoki undan ortiq transformatorlarning parallel ishlashida quyidagilarga amal qilinadi:

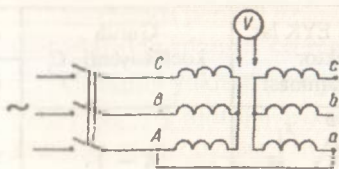
1. Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar nominal kuchlanishlarining tengligi. Bu shartda transformatsiya koeffitsiyentlarining ham tengligini ko'zda tutish kerak.

2. Ularning qisqa tutashish kuchlanishlari teng bo'lishi zarur.

3. Transformatorlar bir xil ulanish guruhida bo'lishi lozim. Agar bu shartlarga amal qilinsa, salt ishlash rejimida parallel ishlashga ulangan transformatorlar zanjirida tenglashtiruvchi tok bo'lmaydi, yuklanish rejimida esa har bir transformatoridan o'tuvchi tok uning nominal quvvatiga proporsional bo'ladi. GOST ga asosan parallel ishlashga ulanadigan transformatorlarning transformatsiya koeffitsiyentlari ularning o'rtacha qiymatidan farqi 1% ga, qisqa tutashish kuchlanishlarining farqi esa 10% ga teng yoki ulardan kam bo'lishi mumkin. Turli ulanish guruhiga ega transformatorni parallel ishlashga ulash aslo mumkin emas. Nominal quvvatlarning nisbati 1/3 dan katta bo'lgan transformatorlarni parallel ishlashga ulash tavsiya etilmaydi.



13-rasm.



14-rasm.

Transformatsiya koeffitsiyentlari va qisqa tutashish kuchlanishlari 1-laboratoriya ishida ko'rsatilgan metodika asosida aniqlanadi. Transformatorning ulanish guruhi esa birlamchi va ikkilamchi liniyaviy EYK vektorlari orasidagi 30° ga teng bo'lgan burchakning

farqi bilan aniqlanadi. Bu burchaklarning miqdori birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning ulanish sxemasi (yulduz — Y yoki uchburchak — Δ), ularning o'zaklariga simlarining o'ralishiga yoki chulg'am boshi va oxirlarining shartli belgilariga bog'liq bo'ladi.

Uch fazali transformatorlar 12 ta ulanish guruhiga ega bo'lishi mumkin. Ikki voltmetr metodidan foydalanib, transformatorning ulanish guruhini laboratoriya sharoitida tez va aniq topiladi. Bunda 14-rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalanib quyidagi ishlar qilinadi:

1. Liniya transformatsiyalash koeffitsiyenti topiladi.

$$K = \frac{U_1}{U_2}$$

2. Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning bir xil shartli *A* va *a* belgiga ega qismlarini qisqa tutashtirib, birlamchi chulg'amga 250 V dan past bo'lgan kuchlanish beriladi, so'ngra U_{Eb} , U_{Cc} va U_{Ba} kuchlanishlar o'lchanadi.

3. Grupp koeffitsiyenti $C_0 = \frac{U_{Bb}}{U_2}$.

4. Kuchlanishlar nisbati $\frac{U_{Bc}}{U_{Bb}}$ aniqlanadi.

5. Birlamchi va ikkilamchi liniya EYK larning vektor diagrammalariga asosan tuzilgan formulalardan va quyidagi jadvalda ko'rsatilgan transformator chulg'amlarining ulanish sxemalaridan guruhning jadval koeffitsiyenti C_j aniqlanadi.

Tajriba va jadvaldan aniqlangan koeffitsiyentlar $C_0 = C_j$ bo'lib,

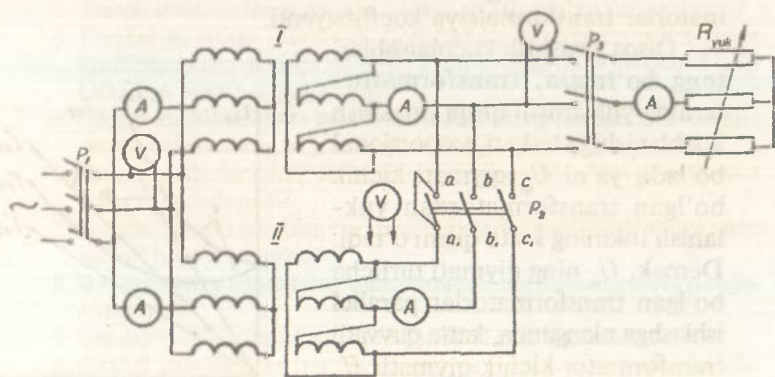
$\frac{U_{Bc}}{U_{Bb}}$ nisbati jadvalda ko'rsatilgan nisbatga to'g'ri kelsa, u holda tekshiriluvchi transformatorning ulanish guruhi jadvalda ko'rsatilgan raqamga ega bo'ladi.

Bizda transformatorlarning 12- va 11-ulanish guruhlari qo'llaniladi.

| Gruplar | EYK lar burchak farqi | Chulg'am ulanishlari | Liniya EYK lar vektor diagrammasi | Guruh koeffitsiyenti, C_g | U_{Bc} |
|---------|-----------------------|----------------------|-----------------------------------|------------------------------|----------|
| | | | | | U_{Bb} |
| 12 | 0° | $Y/Y; \Delta/\Delta$ | | $K - 1$ | > 1 |
| 1 | 30° | $Y/\Delta; \Delta/Y$ | | $\sqrt{1 - \sqrt{3}K + K^2}$ | > 1 |
| 2 | 60° | $Y/Y; \Delta/\Delta$ | | $\sqrt{1 - K + K^2}$ | > 1 |
| 3 | 90° | $Y/\Delta; \Delta/Y$ | | $\sqrt{1 + K^2}$ | > 1 |
| 4 | 120° | $Y/Y; \Delta/\Delta$ | | $\sqrt{1 + K + K^2}$ | > 1 |
| 5 | 150° | $Y/\Delta; \Delta/Y$ | | $\sqrt{1 + \sqrt{3}K + K^2}$ | $= 1$ |
| 6 | 180° | $Y/Y; \Delta/\Delta$ | | $1 + K$ | < 1 |
| 7 | 210° | $Y/\Delta; \Delta/Y$ | | $\sqrt{1 + \sqrt{3}K + K^2}$ | < 1 |
| 8 | 240° | $Y/Y; \Delta/\Delta$ | | $\sqrt{1 + K + K^2}$ | < 1 |
| 9 | 270° | $Y/\Delta; \Delta/Y$ | | $\sqrt{1 + K^2}$ | < 1 |
| 10 | 300° | $Y/Y; \Delta/\Delta$ | | $\sqrt{1 - K + K^2}$ | < 1 |
| 11 | 330° | $Y/\Delta; \Delta/Y$ | | $\sqrt{1 - \sqrt{3}K + K^2}$ | $= 1$ |

15-rasmda parallel ishlash shartlariga asosan tanlangan transformatorlarning ulanish sxemasi ko'rsatilgan.

Umumiy yuklama zanjiridagi ampermetr ikkilamchi nominal toklarning yig'indisiga asosan tanlanadi. Transformatorni parallel ishlashga ulash quyidagi tartibda amalga oshiriladi. P_2 va P_3 rubilniklar ochiq holatda transformatorlarning birlamchi chulg'amlari elektr tarmog'iga ulanadi. Tuzilgan sxema o'qituvchiga ko'rsatiladi, so'ngra tarmoqqa ulanadi. P_2 rubilnikni ulashdan avval uning bir xil potentsiallarga ega qismlari a va a_1 , b va b_1 , c va c_1 aniqlanadi. Buning uchun biror, masalan, a va a_1 qismlarini tutashtirib, b va b_1 , c va c_1 qismlari orasidagi kuchlanish o'lchanadi. Transformatorlarning birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari, P_1 va P_3 rubilniklariga to'g'ri ulangan bo'lsa, U_{bb_1} va U_{cc_1} kuchlanishlar nolga teng bo'lib, a va a_1 , b va b_1 hamda c va c_1 qismlar bir xil potentsialga ega bo'ladi. Agar U_{bb_1} yoki U_{cc_1} kuchlanishlaridan biri nolga teng bo'lmasa, biror transformatoridan P_2 rubilnigiga kelgan ikki simning ulanish qismlari almashtiriladi va qayta bir xil potentsialli P_2 qismlari tekshiriladi. Potentsiallarning tengligi aniqlangandan so'ng P_2 rubilnigi bilan transformatorlar parallel ishlashga ulanib, P_3 rubilnigi orqali ularga yuklanish beriladi. Har bir transformatoridan nominal quvvat olingunga qadar yuklanish miqdori oshirib boriladi va U_1 , $\cos\varphi_2$ hamda chastota f larni o'zgartirmasdan 5÷6 xil yuklanishlarga tegishli o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi.



15-rasm.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | |
|--------------|----------------------|-------|----------|-----------|----------|-----------|-------|------------------------|-----------|-------|
| | U_1 | U_2 | I_{1I} | I_{1II} | I_{2I} | I_{2II} | I_u | P_{2I} | P_{2II} | P_u |
| | V | V | A | A | A | A | A | | | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi qiymatlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi.

Bunda $I'_{2I} = \frac{I_{2I}}{I_{2nI}}$; $I'_{2II} = \frac{I_{2II}}{I_{2nII}}$ – birinchi va ikkinchi transformator ikkilamchi yuklanish tokining nisbiy qiymati.

$I'_y = \frac{I_y}{I_{2nI} + I_{2nII}}$ – umumiy yuklanish tokining nisbiy qiymati.

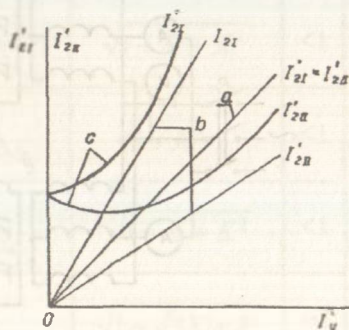
Tajriba ma'lumotlaridan foydalanib, $I'_{2I} = f(I'_y)$ va $I'_{2II} = f(I'_y)$ ifodalarning grafiklari yasaladi.

16-rasmda har bir transformatorning parallel ishlash shartlariga amal qilgan va amal qilinmagandagi nisbiy yuklanish diagrammalari ko'rsatilgan.

Bu diagrammalardagi a chizig'i parallel ishlash shartlariga to'liq amal qilingandagiga tegishli bo'lsa, b chizig'i – transformatsiya koeffitsiyentlari o'zaro teng, ammo qisqa tutashish kuchlanishlari $U_{qtI} < U_{qtII}$ bo'lgandagiga va c chiziqlari o'zaro $U_{qtI} = U_{qtII}$ bo'lib, ammo $R_I < R_{II}$ bo'lgandagiga tegishlidir.

Bunda R_I va R_{II} lar tegishli birinchi va ikkinchi transformatorlar transformatsiya koeffitsiyenti.

Qisqa tutashish kuchlanishlari teng bo'lmasa, transformatorlarning yuklanishi qisqa tutashish kuchlanishiga teskari proporsional bo'ladi, ya'ni U_{qt} qiymati kichik bo'lgan transformator dan yuklanish tokining katta qismi o'tadi. Demak, U_{qt} ning qiymati turlicha bo'lgan transformatorlar parallel ishlashga ulanganda, katta quvvatli transformator kichik qiymatli U_{qt} ga ega bo'lishi kerak. Bu shartga amal qilinmasa kichik quvvatli



16-rasm.

transformator nisbatan katta yuklamaga ega bo'ladi. Bunda transformatorlarni o'ta yuklantirmay normal ishlatish uchun umumiy tashqi yuklanish qiymatini kamaytirish zarur bo'ladi. Parallel ishlashga ulangan transformatorlarning transformatsiya koeffitsiyentlari teng bo'lmasa, bu zanjirdan salt ishlash rejimida ikkilamchi chulg'amlarda hosil bo'lgan EYK lar farqi ΔE ta'sirida

tenglashtiruvchi $I_1 = \frac{\Delta E}{Z_{qtI} + Z_{qtII}}$ toki o'tadi (16-rasm). Bu

tenglashtiruvchi tok transformatorlar yuklanish toki bilan qo'shib, katta transformatsiyalash koeffitsiyenti K ga ega transformatorning umumiy yuklanish tokini kamaytiradi, kichik K ga ega transformator umumiy yuklanish tokini ko'paytiradi. Demak, bunday holda parallel ishlashga ulangan transformatorlar quvvatidan to'la foydalanib bo'lmaydi. Shunga asosan $K_I \neq K_{II}$ bo'lganda, katta quvvatli transformatorning transformatsiya koeffitsiyenti nisbatan kichik qiymatga ega bo'lishi kerak ekan. Aks holda, kichik quvvatli transformator nisbatan katta yuklamada ishlaydi.

Bunday transformatorni o'ta yuklantirmay parallel ishlatish uchun umumiy tashqi yuklama qiymatini kamaytirishga to'g'ri keladi.



Nazorat savollari

1. Transformatorlarning parallel ishlashi nima?
2. Transformatorlar parallel ishlashining afzalliklari nimalardan iborat?
3. Transformatorlarning parallel ishlash shartlari nimalardan iborat?
4. Parallel ishlashga ulanuvchi transformatorlarning transformatsiya koeffitsiyentlari va qisqa tutashish kuchlanishlarining maksimal farqi GOST ga binoan nimaga teng?
5. Yuqori kuchlanishli va past kuchlanishli chulg'am boshi va oxirlari shartli belgilarining to'g'ri belgilanganligi qanday tekshiriladi?
6. Transformatorlar chulg'amlarining ulanish guruhi nima va u nimalar bilan xarakterlanadi?
7. Turlicha ulanish guruhiga ega transformatorlar parallel ishlashiga nima xalaqit berishi mumkin?
8. Ikki voltmetr metodi bilan transformatorning ulanish guruhi qanday aniqlanadi?
9. Qanday tartibda transformatorlar parallel ishlashga ulanadi?
10. Parallel ishlatiladigan transformatorlarda yuklamaning taqsimlanishi:
 - a) parallel ishlash shartlariga rioya qilinganda qanday?
 - b) parallel ishlash shartlariga amal qilinmaganda-chi?

3-ish. Uch fazali va uch chulg'amli transformator

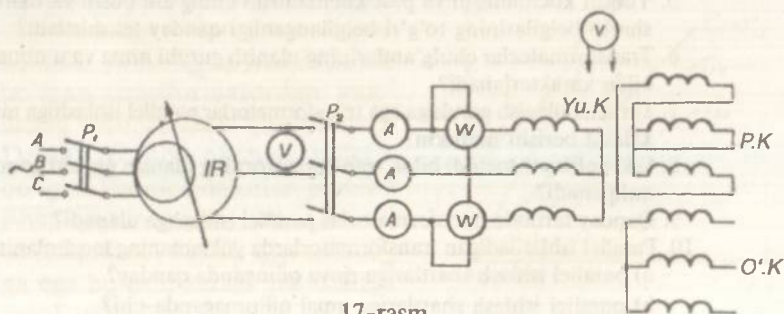
Ishdan maqsad. Uch chulg'amli transformatorning qo'llanishi, salt ishlashi va qisqa tutashish tajribalarini o'rganish hamda uni tekshirish metodlari bilan tanishish. Uch chulg'amli transformator ekvivalent sxemasining parametrlarini topishni o'rganish.

Ish rejasi. Uch chulg'amli transformatorning salt ishlash tajribasini o'tkazish va undan salt ishlash toki I_0 , quvvati P_0 , transformatsiya koeffitsiyentlari K_{12} , K_{13} va K_{23} ni topish.

Bitta chulg'amni ochiq qoldirib, qolgan ikki chulg'amida navbatma-navbat qisqa tutashish tajribasi o'tkazilib, ulardan qisqa tutashish quvvati P_{qt} , kuchlanishlari U_{qt} hamda chulg'am parametrlari aniqlanadi. Qisqa tutashish kuchlanishlariga asosan, transformator chulg'amlarining po'lat o'zakka o'ralish eskizini chizish. Qisqa tutashish tajribasidan foydalanib, transformatorning ekvivalent sxemasi parametrlarini hisoblash va sxemani chizish. Ikkilamchi chulg'amlarning $S_2 = 0,75 S_{2n}$ va $S_3 = 0,5 S_{3n}$ hamda $\cos\varphi_2 = 0,8$ va $\cos\varphi_3 = 1$ yuklanishlariga tegishli kuchlanish o'zgarishlari ΔU_{12} va ΔU_{13} ni, shuningdek, transformatorning foydali ish koeffitsiyenti (FIK) ni aniqlash.

Ishning bajarilish tartibi. 17-rasmda uch chulg'amli transformator salt ishlash tajribasini o'tkazish sxemasi ko'rsatilgan.

Tajribada kerak bo'lgan o'lchov asboblari tanlash va tajribani bajarish metodikasi ikki chulg'amli transformatornikidan farq qilmaydi. Xususan, uch chulg'amli transformatorlarda ham salt ishlash toklarining qiymati turli fazalarda turlicha bo'lib, chulg'am nominal tokining (2÷5) foizini tashkil etadi. Tajriba o'tkazishda birlamchi chulg'am sifatida uchala chulg'amdan bittasi olinib, unga nominal kuchlanish beriladi. Bunda qolgan ikkala chulg'am ochiq holda qoldiriladi.



17-rasm.

O'ltov asboblari ko'rsatgan ma'lumotlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | | |
|--------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------------------------|-------|-----------------|----------|----------|----------|
| | U_1 | U_2 | U_3 | I_A | I_B | I_C | P' | P'' | I_0 | P_0 | $\cos\varphi_0$ | K_{12} | K_{13} | K_{23} |
| | V | V | V | A | A | A | W | W | A | W | | | | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi.

U_1, U_2, U_3 — yuqori (YUK), o'rta (O'K) va past (PK) kuchlanish chulg'ami uchta liniyaviy kuchlanishlarining o'rtacha arifmetik qiymatlari;

I_0 — salt ishlash tokining o'rtacha arifmetik qiymati quyidagicha:

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

$P_0 = P' + P''$ — salt ishlash quvvati;

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} I_0 U_1} \text{ — salt ishlash quvvat koeffitsiyenti.}$$

$K_{12} = \frac{U_1}{U_2}$; $K_{13} = \frac{U_1}{U_3}$; $K_{23} = \frac{U_2}{U_3}$ liniya transformatsiya koeffitsiyentlari.

Quvvati nominaldan kichik bo'lgan chulg'amda qisqa tutashish tajribasi o'tkazilsa, salt ishlash tokining qiymati nominal quvvatli chulg'am toki I_0 qiymatiga quyidagicha keltiriladi.

$$I'_0 = I_0 \frac{S_n}{S_{ni}} (A).$$

Bunda: I'_0 — nominal quvvatli chulg'amga keltirilgan salt ishlash toki, S_n — transformatorning nominal quvvati,

$I_0 S_{ni}$ — i sonli chulg'amdagi salt ishlash toki va nominal quvvat.

Uch chulg'amli transformatorning P_0 quvvati ham ikki chulg'amli singari o'zakni qizdirishga sarflanadi. Magnit oqimi uchala chulg'amga bir xil ta'sir qilganligi sababli kuchlanish qaysi chulg'amga berilishidan qat'iy nazar, salt ishlash quvvati P_0 ning qiymati bir xil bo'ladi.

18-rasmda qisqa tutashish tajribasini o'tkazish sxemasi ko'rsatilgan. Qisqa tutashish tajribasi har bir juft chulg'am bilan uch marta o'tkaziladi. Bunda uchinchi chulg'am ochiq qoldiriladi.

Tajribada chulg'amga kuchlanish noldan boshlab, to nominal tok o'tgunga qadar oshiriladigan qilib beriladi. Birinchi tajribada induksion rostlagich IP orqali kuchlanish yuqori kuchlanish YK li chulg'amga beriladi va o'rta kuchlanish O'K chulg'ami qisqa tutashiriladi, bunda past kuchlanish PK chulg'ami ochiq qoldiriladi. Ikkinchi tajribada kichik kuchlanish YK li chulg'amga berilib, PK chulg'ami qisqa tutashiriladi, bunda O'K chulg'ami ochiq qoldiriladi. Uchinchi tajribada kichik kuchlanish O'K chulg'amiga berilib, PK chulg'ami qisqa tutashiriladi va YK chulg'ami ochiq qoldiriladi. Tajriba ma'lumotlari quyidagi jadvalga yoziladi. Bu ishlar o'qituvchi sxemaning to'g'ri tuzilganligini tekshirgandan so'ng amalga oshiriladi.

| Ishtirok etuvchi chulg'amlar | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|----------|----------|-------|-------|-------|-----|------|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------------|--|
| | U_{AB} | U_{BC} | U_{AC} | I_A | I_B | I_C | P | P' | U_{qt} | I_{qt} | P_{qt} | Z_{qt} | R_{qt} | X_{qt} | $\cos\varphi_{qt}$ | |
| | V | V | V | A | A | A | W | W | V | A | W | Ω | Ω | Ω | | |
| YK; O'K | | | | | | | | | | | | | | | | |
| YK; PK | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O'K; PK | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi qiymatlar hisoblanadi va jadvalning davomi to'ldiriladi.

U_{qt}, I_{qt} — o'lgangan uchta liniya kuchlanishi va toklarning o'rtacha arifmetik qiymatlari,

$P_{qt} = P' + P''$ — qisqa tutashish to'la quvvati,

Z_{qt}, R_{qt}, X_{qt} lar qisqa tutashish qarshiliklari bo'lib, ular quyidagicha aniqlanadi:

$$Z_{qt} = Z_{qt12} = \frac{U_{qt12}}{\sqrt{3}I_{qt12}}; \quad R_{qt} = R_{qt12} = \frac{R_{qt12}}{3I_{qt12}^2};$$

$$X_{qt} = X_{qt12} = \sqrt{Z_{qt12}^2 - R_{qt12}^2}$$

Bu miqdorlar boshqa juft chulg'amlarda o'tkazilgan tajribalarda ham yuqoridagi usul bilan aniqlanadi. Qisqa tutashish kuchlanishlari

U_{qt12} ; U_{qt13} ; U_{qt23} ning nominalga nisbatan protsent qiymatlari va ularning aktiv hamda reaktiv tashkil etuvchilari odatdagi ikki chulg'amli transformatorniki singari quyidagicha aniqlanadi:

$$U_{qt12} = \frac{I_{1n} Z_{qt12}}{U_{1nf}} 100\%; \quad U_{qta12} = \frac{I_{1n} R_{qt12}}{U_{1nf}} 100\%;$$

$$U_{qtr12} = \frac{I_{1n} X_{qt12}}{U_{1nf}} 100\%.$$

Kuchlanish berilgan chulg'am quvvati nominaldan kichik bo'lsa, qisqa tutashish kuchlanishi U'_{qt} nominal quvvatli chulg'amga quyidagicha keltiriladi. Masalan, o'rta (2) va past (3) kuchlanishli chulg'amlarda

$$U'_{qt23} = \frac{I_{2n} Z_{qt23}}{U_{2nf}} 100 \frac{S_{n1}}{S_{n2}} \%; \quad U'_{qta23} = \frac{I_{2n} R_{qt23}}{U_{2nf}} 100 \frac{S_{n1}}{S_{n2}} \%;$$

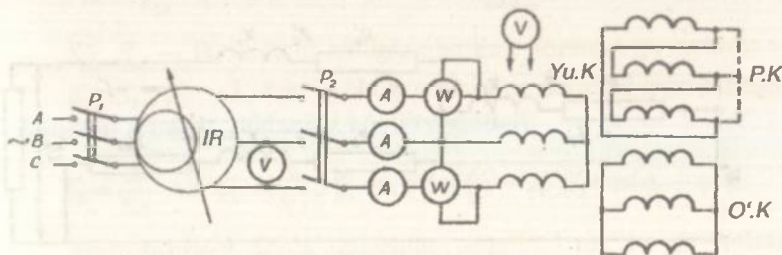
$$U'_{qtr23} = \frac{I_{2n} X_{qt23}}{U_{2nf}} 100 \frac{S_{n1}}{S_{n2}} \%.$$

Bir vaqtda ishlaydigan chulg'amlardagi tarqaladigan magnit maydonining o'zaro ta'sirini hisobga olinsa, birlamchi chulg'amning qisqa tutashish kuchlanishlari quyidagicha aniqlanadi:

$$U_{qt1} = \frac{U_{qt12} + U_{qt23} - U_{qt13}}{2}; \quad U_{qt1} = \frac{U_{qta12} + U_{qta13} - U_{qta23}}{2};$$

$$U_{qtr1} = \frac{U_{qtr12} + U_{qtr13} - U_{qtr23}}{2}.$$

Qisqa tutashish kuchlanishlari U_{qt12} , U_{qt13} va U_{qt23} ni aniqlab bo'lgach, transformatorlar chulg'amlarini po'lat sterjenga o'rnatilish eskizi chiziladi. Izolatsiya shartiga binoan, past kuchlanishli chulg'amning sterjenga yaqin o'rnatilishiga hamda bir-biridan yiroq joylashgan chulg'amlarda qisqa tutashish kuchlanishlarining



18-rasm.

qiymatlari kattaroq bo'lishiga e'tibor berilishi zarur. Qisqa tutashish tajribasi ma'lumotlariga asosan uch chulg'amli transformator ekvivalent sxemasining parametrlari quyidagicha aniqlanadi:

$$R_1 = \frac{R_{qt12} + R_{qt13} - R_{qt23}}{2}; \quad R'_2 = \frac{R_{qt12} + R_{qt23} - R_{qt13}}{2};$$

$$R'_2 = \frac{R_{qt13} + R_{qt23} - R_{qt12}}{2}; \quad X_1 = \frac{X_{qt12} + X_{qt13} - X'_{qt23}}{2};$$

$$X'_2 = \frac{X_{qt12} + X'_{qt23} - X_{qt13}}{2}; \quad X'_3 = \frac{X_{qt23} + X'_{qt23} - X_{qt12}}{2}.$$

Bunda R'_{qt23} va X'_{qt23} — nominal quvvatli chulg'amga keltirilgan qisqa tutashish qarshiliklari bo'lib, u yulduz sxemada ulangan chulg'am uchun quyidagicha bo'ladi:

$$R'_{qt23} = R_{qt23} \left(\frac{W_1}{W_2} \right)^2 = R'_{qt23} K_{1,2}^2;$$

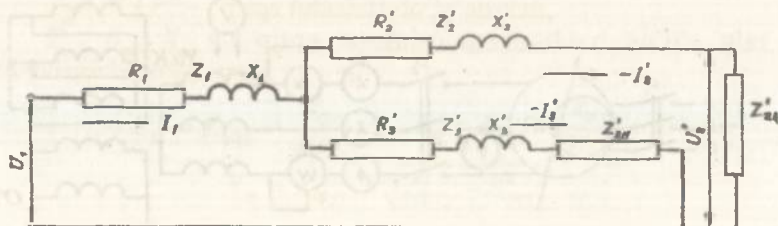
$$X'_{qt23} = X_{qt23} \left(\frac{W_1}{W_2} \right)^2 = X_{qt23} K_{1,2}^2.$$

19-rasmda uch chulg'amli transformatorlarning ekvivalent sxemasi ko'rsatilgan.

Ikkilamchi chulg'am kuchlanishining nominal kuchlanishi deb ikkala chulg'amning salt ish rejimidagi kuchlanish U_{2n} va U_{3n} lariga aytiladi, ularning qiymatlari birlamchi chulg'amga nominal kuchlanish berilganda aniqlanadi. Uch chulg'amli transformatorning 2- va 3- chulg'amlaridagi kuchlanishning o'zgarishlari tegishli ΔU_{12} , ΔU_{13} quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta U_{12} = \frac{U_{2n} - U_2}{U_{3n}} 100\%;$$

$$\Delta U_{13} = \frac{U_{3n} - U_3}{U_{3n}} 100\%.$$



19-rasm.

Turlicha yuklanishlarda kuchlanishning o'zgarish qiymatlari qisqa tutashtirish tajribasi ma'lumotlariga asosan quyidagi taqribiy formulalar bilan aniqlanadi:

$$\Delta U_{12} = \beta_2 (U_{qta12} \cos \varphi_2 + U_{qtr12} \sin \varphi_2) + \beta_3 (U_{qta1} \cos \varphi_3 + U_{qtr1} \sin \varphi_3);$$

$$\Delta U_{13} = \beta_3 (U_{qta13} \cos \varphi_3 + U_{qtr13} \sin \varphi_3) + \beta_2 (U_{qta1} \cos \varphi_2 + U_{qtr1} \sin \varphi_2).$$

Bunda: $\cos \varphi_2$, $\cos \varphi_3$ — ikkilamchi chulg'am yuklanishlarining quvvat koeffitsiyentlari;

$\beta_2 = \frac{S_2}{S_n}$; $\beta_3 = \frac{S_3}{S_n}$ — ikkilamchi chulg'amlarning nominal quvvatga nisbatan yuklanish koeffitsiyentlari.

Uch chulg'amli transformator ikkala chulg'ami yuklanishidagi foydali ish koeffitsiyentining qiymati salt ishlash va qisqa tutashish tajribalaridan aniqlanadi.

$$\eta = \left(1 - \frac{P_0 + P_{qt}}{\beta_2^2 S_{n2} \cos \varphi_2 + \beta_3^2 S_{n3} \cos \varphi_3 + P_0 + P_{qt}} \right) \cdot 100\% =$$

$$= \left[1 - \frac{P_0 + 3(\beta_1' I_{1n})^2 R_1 + 3(\beta_2' I_{2n})^2 R_2 + 3(\beta_3' I_{3n})^2 R_3}{\beta_2^2 S_{n2} \cos \varphi_2 + \beta_3^2 S_{n3} \cos \varphi_3 + P_0 + 3(\beta_1' I_{1n})^2 R_1 + 3(\beta_2' I_{2n})^2 R_2 + 3(\beta_3' I_{3n})^2 R_3} \right] \cdot 100\%.$$

Bunda: P_0 — salt ishlash quvvati;

I_{1n} , R_1 — birlamchi chulg'amning nominal toki va aktiv qarshiligi;

I'_{2n} , I'_{3n} , R_2 , R_3 — birlamchi chulg'amga keltirilgan ikkilamchi chulg'amlarning nominal toklari va aktiv qarshiliklari;

$$I'_{2n} = \frac{I_{2n}}{K_{13}} \text{ (Y/Y ulanishida); } I'_{3n} = \frac{I_{3n}}{\sqrt{3}K_{13}} \text{ (Y/\Delta ulanishida);}$$

S_{n2} , S_{n3} — ikkilamchi chulg'amlarning nominal quvvatlari;

β_1' ; β_2' ; β_3' — 1, 2 va 3- chulg'amlarning nominal quvvatlariga nisbatan olingan yuklanish koeffitsiyentlari:

$$\beta_2' = \frac{S_2}{S_{n2}} \text{ va } \beta_3' = \frac{S_3}{S_{n3}}; \beta_1' = \sqrt{\beta_2'^2 + \beta_3'^2 + 2\beta_2'\beta_3' \cos(\varphi_3 - \varphi_2)}.$$

Transformator chulg'amlarining nominal tok va quvvatlari transformatorning pasportida beriladi.



Nazorat savollari

1. Uch chulg'a'amli transformator nima uchun qo'llaniladi?
2. Salt ishlash tajribasi qanday o'tkaziladi va bu tajribadan nimalar aniqlanadi?
3. Qisqa tutashish tajribasi qanday tartibda bajariladi va undan nimalar topiladi?
4. Qisqa tutashish kuchlanishi qiymatlariga qarab, chulg'amlarning po'lat sterjenga o'rnatilishi qanday aniqlanadi?
5. Uch chulg'a'amli transformatorning nominal quvvatini tushuntiring.
6. Kuchlanishning o'zgarishiga boshqa chulg'amdagi yuklamaning o'zgarishi ta'sir qiladimi?
7. Qisqa tutashish tajriba ma'lumotlariga asosan kuchlanishning o'zgarishi qanday topiladi?
8. Uch chulg'a'amli transformator ekvivalent sxemasining parametrlari qanday aniqlanadi?
9. Transformatorning foydali ish koeffitsiyenti qanday topiladi?

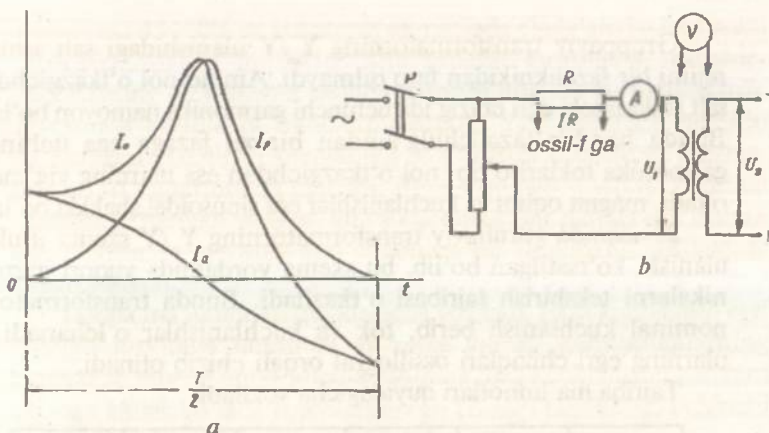
4-ish. Gruppaviy transformator

Ishdan maqsad. Gruppaviy transformator tok va kuchlanish egri chiziqlariga uning chulg'amlari ulanish sxemalari ta'sir qilishini o'rganish.

Ish rejasi. Gruppaviy transformator to'g'risida berilgan ma'lumotlarni bilib olgach, bir fazali transformator salt ishlash toki va kichlanishi egri chiziqlarining shakllariga transformator po'lat o'zagi to'yinishining ta'sirini aniqlash.

Gruppaviy transformator chulg'amlarining Y_0/Y , Y/Y , Y/Δ va Δ/Y sxemalarda ulashdagi tokini, kuchlanishlarini o'lchash va ularning shakllarini belgilab, tegishli xulosalar chiqarish.

Ishning bajarilish tartibi. Gruppaviy transformator uch fazali transformatorga nisbatan qimmat, og'ir va foydali ish koeffitsiyenti kichik bo'ladi. Gruppaviy transformatorlarda rezerv quvvat arzonroq tushadi. Bunday transformator fazalarining magnit zanjirlari o'zaro bog'lanmagani sababli tok va kuchlanishlar tarkibidagi yuqori garmonikalar oson tekshiriladi. Ma'lumki, magnit zanjirining to'yinishi sababli transformatorning magnitlovchi toki nosinusoidaldir. Shunga binoan, sinusoidal ko'rinishdagi magnitlovchi tokda magnit oqimi nosinusoidal va aksincha bo'ladi. Nosinusoidal ko'rinishli magnitlovchi tok yoki magnit oqimida uchinchi garmomika ($f_3=3f_1$) kuchliroq namoyon bo'ladi. Bir fazali transformator chulg'amlarini uch fazali guruhga ulash natijasida magnitlovchi



20-rasm.

tok, magnit oqimi va kuchlanish egri chiziqlari o'zgarishi mumkin ekan. Tok va kuchlanish egri chiziqlarini elektron (katod) ossillografi yordamida kalkaga chizib olinadi va bunda ossillografiyning kirish qismiga kuchlanish bevosita signal sifatida uzatiladi. Bordi-yu signal katta qiymatli bo'lsa, uni kuchlanish bo'lgichi orqali beriladi. Ossillografda tok egri chizig'ini hosil qilish uchun tok zanjiriga aktiv qarshilik ulanadi va undagi kuchlanish pasayishidan signal sifatida foydalaniladi.

Bir fazali transformatorga sinusoidal kuchlanish berilsa, hosil bo'lgan magnit oqimi ham sinusoidal bo'ladi. Transformator o'zagingining to'yinish darajasi ortishi bilan tok egri chizig'ining uchqurligi ham ortib boradi. Salt ishlash tokida aktiv tashkil etuvchining mavjudligi tufayli bu tok egri chizig'i ordinata o'qiga nisbatan nosimmetrikdir. 20-rasm, a va b larda tegishlicha bir fazali transformatorning salt ishlash toki egri chizig'ining yarim davrdagi taxminiy ko'rinishi va bu egri chiziqning tajribaga asosan olish sxemasi ko'rsatilgan.

Tajriba o'tkazish uchun kuchlanish bo'lgich orqali birlamchi chulg'amga 0,5; 1,0 va 1,25 U_n kuchlanishlar beriladi va turli kuchlanishlarda o'lchov asboblari ko'rsatgan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi, salt ishlash toki va birlamchi hamda ikkilamchi kuchlanish egri chiziqlari esa elektron ossillograf orqali kalkaga chizib olinadi.

| Tajribalar № | U_1 | U_2 | I_0 |
|--------------|-------|-------|-------|
| | V | V | A |

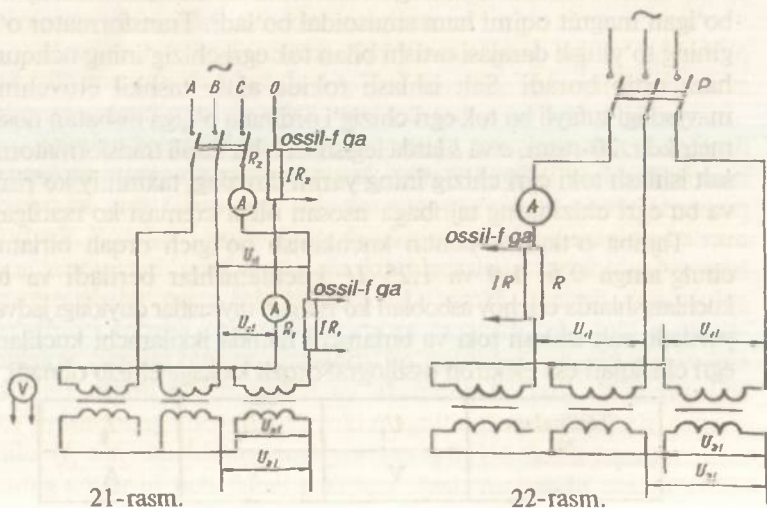
Gruppaviy transformatorning Y/Y ulanishidagi salt ishlash rejimi bir fazaliknikidan farq qilmaydi. Ammo nol o'tkazgichdagi salt ishlash toki egri chizig'ida uchinchi garmonika namoyon bo'ladi. Bunda har bir faza chulg'amdan bir xil fazaga ega uchinchi garmonika toklari o'tib, nol o'tkazgichdan esa ularning yig'indisi o'tadi, magnit oqimi va kuchlanishlar esa sinusoidal shaklda bo'ladi.

21-rasmda gurnhaviy transformatorning Y/Y sxema usulida ulanishi ko'rsatilgan bo'lib, bu sxema yordamida yuqori garmomikalarni tekshirish tajribasi o'tkaziladi. Bunda transformatorga nominal kuchlanish berib, tok va kuchlanishlar o'lchanadi va ularning egri chiziqlari ossillograf orqali chizib olinadi.

Tajriba ma'lumotlari quyidagicha yoziladi.

| U_{II} | U_{VF} | I_0 | I_3 | U_{2I} | U_{2f} |
|----------|----------|-------|-------|----------|----------|
| V | V | A | A | V | V |

Gruppaviy transformatorni Y/Y sxemasi usulida ulanishda magnitlovchi tok tarkibida 5, 7- va shu kabi garmonikalar mavjud bo'lib, uchinchi garmonika esa bo'lmaydi. Agar bunday transformatorga sinusoidal kuchlanish berilsa, magnit oqimi va fazaviy kuchlanish egri chiziqlarida 3- va unga karrali garmonikalar namoyon bo'ladi. Bunda fazaviy kuchlanishning effektiv qiymati nominalga nisbatan $10 \div 17\%$ kattalashib, amplituda (maksimal)



21-rasm.

22-rasm.

qiymati esa $45 \div 60\%$ ga ko'payadi va natijada chulg'am izolatsiyasini yaroqsizlantirishi mumkin. Shu sababli guruhaviy transformatorlarning Y/Y sxema usulida ulanishi amalda qo'llanilmaydi. 22-rasmda guruhaviy transformatorning Y/Y sxemada ulanishi ko'rsatilgan. Tuzilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirgandan so'ng tarmoqqa ulanadi. Bunda transformatorga nominal kuchlanish beriladi va faza, liniya kuchlanishlar hamda salt ishlash toki o'lchanib, ularning egri chiziqlari esa ossillograf yordamida chizib olinadi.

Tajriba ma'lumotlari quyidagicha yoziladi. Faza kuchlanish egri chizig'i tarkibida uchinchi va unga karrali garmonikalarning mavjudligi sababli liniya kuchlanishining faza kuchlanishiga nisbati $\sqrt{3}$ dan kichik bo'ladi. Kuchlanish egri chizig'i tarkibidagi uchinchi garmonika qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$U_{\phi} = \sqrt{U_1^2 + U_3^2 + U_5^2 + U_7^2 + \dots}$$

Bunda: U_1 , U_3 , U_5 va U_7 — kuchlanishlarning 1, 3, 5 va 7-garmonikalari bo'lib, 5 va undan yuqori garmonikalar miqdor jihatdan birinchi va uchinchi garmonikadan kichik bo'lganligi sababli ular e'tiborga olinmasa, uchinchi garmonika qiymati

$$U_3 = \sqrt{U_{\phi}^2 - U_1^2} \text{ bo'ladi.}$$

Tajribadan olingan liniya kuchlanishi egri chizig'i tarkibida uchinchi garmonika bo'lmagani sababli yuqoridagi formulada ishtirok etuvchi birinchi garmonika U_1 qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$U_i = \frac{U_1}{\sqrt{3}}.$$

Gruppaviy transformatorning Y/ Δ ulanishida salt ishlash toki (tok egri chizig'i) tarkibida uchinchi va unga karra bo'lgan garmonikalar bo'lmay, bu tokdan hosil bo'lgan magnit oqimida uchinchi garmonika bo'ladi, demak, ikkilamchi chulg'am fazalarida ham uchinchi garmonika EYK lari paydo bo'ladi. Bu EYK lar ta'sirida uchburchak usuli sxemasida ulangan ikkilamchi chulg'am fazalaridan uchinchi garmonika toklari o'tadi va bu toklardan hosil bo'lgan magnit oqimi birlamchi chulg'amdagi toklardan hosil bo'lgan uchinchi garmonika magnit oqimiga teskari yo'nalib, uni to'la kompensatsiyalaydi (yo'qotadi). Shunga binoan Y/ Δ sxemasida ulangan transformatorning umumiy oqimi amalda sinusoidal bo'lib, uning birlamchi fazaviy kuchlanishlari ham uchinchi garmonika-

faza kuchlanishi egri chiziqlari amalda uchinchi va unga karrali bo'lgan garmonikalarga ega bo'lmaydi. Haqiqiy uchburchak sxemaga ulangan birlamchi chulg'am faza kuchlanishi tarkibidagi uchinchi garmonikalar kontur bo'yicha bir tomonga yo'nalgani uchun ular ta'sirida tokning uchinchi garmonikasi hosil bo'ladi va bu esa magnit oqimining sinusoidal bo'lishiga olib keladi.

24-rasmda guruhaviy transformatorning Δ/Y sxema usulida ulanishi ko'rsatilgan. Sxemaning to'g'ri tuzilganini o'qituvchi tekshirgandan keyin tarmoqqa ulanadi.

Tajriba o'tkazishda transformatorga nominal kuchlanish berilib, kuchlanish va toklar o'lchanadi, shu bilan birga, ularning egri chiziqlari kalkaga ko'chirib olinadi. Birlamchi chulg'am faza tokining uchinchi garmonikasining qiymati yuqorida ko'rsatilgan kuchlanishni aniqlashdagi singari $I_3 = \sqrt{I_1^2 - I_1^2}$ bilan hisoblanadi.

Tajriba va hisoblash ma'lumotlari quyidagicha yoziladi.

| | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| U_{11} | U_{01} | I_{01} | U_{21} | U_{21} | I_3 |
| V | A | A | V | V | A |



Nazorat savollari

1. Gruppaviy transformatorlarni ta'riflang.
2. Gruppaviy transformatorning uch fazali transformatoridan qanday farqi bor?
3. Bir fazali transformator salt ishlash toki egri chizig'i qanday ko'rinishga ega. U transformator o'zaginging to'yinish darajasiga qanday bog'liq?
4. Gruppaviy transformatorni Y/Y sxema usulida ulashda chulg'am toki, kuchlanishi va nol o'tkazgichdagi tokning egri chiziqlari qanday ko'rinishga ega bo'ladi.
5. Y/Y usulida ulangan guruhaviy transformator nima uchun sinusoidal magnit oqimi va kuchlanishga ega?
6. Y/Y sxema usulidagi ulangan gruppaviy transformatorlar amalda nima uchun qo'llanilmaydi?
7. Transformatorning Y/Y sxema ulanishida faza kuchlanish tarkibidagi uchinchi garmonika qiymati qanday aniqlanadi?
8. Chulg'amlari Y/Δ sxema usulida ulangan guruhaviy transformator birlamchi chulg'amining faza kuchlanishi nima uchun uchinchi garmonikaga ega emas?
9. Chulg'amlari Δ/Y sxema usulida ulangan transformatorning kuchlanish va salt ishlash toki egri chiziqlari qanday shaklga ega?



ELEKTR MASHINALARI

UMUMIY TUSHUNCHALAR

Mexanik energiyani o'zgarmas yoki o'zgaruvchan tok energiyasiga aylantiruvchi elektr mashinalari generatorlar, o'zgarmas yoki o'zgaruvchan tok energiyasini mexanik energiyaga aylantiruvchi mashinalar esa elektr motorlar deyiladi. Elektr energiya, asosan, uch fazali sinxron generatorlar yordamida ishlab chiqariladi. O'zgarmas tokni esa elektr mashina yoki statik to'g'rilagich agregatlar vositasida o'zgaruvchan tokdan olinadi. O'zgarmas tok generatorlari magnit maydonini hosil qilish prinsipiga binoan, mustaqil qo'zg'atishli va o'z-o'zidan qo'zg'atishli generatorlarga bo'linadi.

O'z-o'zidan qo'zg'atishli generatorlar esa qo'zg'atish chulg'amining yakor chulg'amiga ulanishiga binoan ketma-ket, parallel va aralash qo'zg'atishli bo'ladi.

Elektr motorlar tok turiga binoan o'zgarmas va o'zgaruvchan tok motorlariga bo'linadi. O'zgarmas tok motorlari qo'zg'atish chulg'amining yakor chulg'amiga nisbatan ulanishiga binoan mustaqil, parallel, ketma-ket va aralash qo'zg'atishlilarga ajratiladi.

O'zgaruvchan tok mashinalari sinxron generatorlar va asinxron hamda sinxron motorlar sifatida keng qo'llaniladi.

Asinxron motorlar rotorining tuzilishiga ko'ra qisqa tutashirilgan rotorli va faza rotorli konstruksiyalarda ishlab chiqariladi. Qisqa tutashirilgan rotorli asinxron motorlar uch fazali va bir fazali bo'ladi.

Uch fazali qisqa tutashirilgan rotorli asinxron motorlar boshqa elektr motorlarga nisbatan ishonchliroq, oddiy va arzonroq bo'lganligi sababli ular texnikada ko'proq ishlatiladi.

Asinxron mashinalardan IR, faza rostlagich FR va reaktiv g'altak sifatida ham foydalaniladi. Texnikada o'zgaruvchan va o'zgarmas tok bilan ishlaydigan kollektorli universal motorlar ham qo'llaniladi.

Yuqorida nomlari qayd qilingan elektr mashinalarni o'quvchilar mukammal tushunishlari uchun quyida bir nechta laboratoriya ishlarining bajarilishini bayon etamiz.

LABORATORIYA ISHLARI

5-ish. Mustaqil qo'zg'atishli generatorlar

Ishdan maqsad. Generator konstruksiyasi bilan tanishib, uning xarakteristikalarini tajriba yo'li bilan aniqlash.

Ish rejasi. Qo'zg'atish chulg'ami va yakor chulg'ami qarshiliklarini o'lchash. Tajriba yo'li bilan geometrik neytralni aniqlash va bu neytral bo'yicha cho'tkalarini o'rnatish.

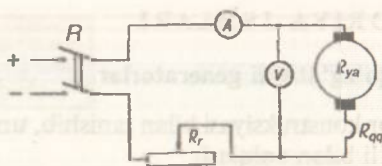
Generatorning salt ishlash, yuklanish, tashqi, rostlash va qisqa tutashish xarakteristikalarini olish tajribasini o'tkazish va ularning grafigini yasash. Salt ishlash xarakteristikasidan magnit zanjirining to'yinish darajasini, tashqi xarakteristikadan kuchlanishning o'zgarish qiymati ΔU ni aniqlash. Salt ishlash va qisqa tutashish xarakteristikalari yordamida xarakteristik uchburchak yasash. Salt ishlash xarakteristikasi va xarakteristik uchburchakdan foydalanib tashqi, yuklanish va rostlash xarakteristikalari grafigini yasash va ularni tajriba ma'lumotlariga asosan yasalgan grafklar bilan taqqoslash.

Ishning bajarilish tartibi. O'zgaras tok mashinasi yakori chulg'aminguz qarshiligi taxminan 1Ω , qo'zg'atish chulg'aminiki esa bir necha yuz Ω bo'ladi.

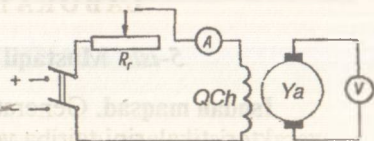
Bu qarshiliklarni voltmetr va ampermetrlardan foydalanib, 1-rasm, a va b dagi sxemalarga asosan o'lchab aniqlanadi. Yakor zanjirining to'la qarshiligi R_{yaz} , yakor chulg'ami R_{ya} , qo'shimcha qutb chulg'ami R_{qt} va cho'tkaning o'tkinchi kontakt qarshiliklar R_{ch} ning yig'indisiga teng $R_{yaz} = R_{ya} + R_{qt} + R_{ch}$ bu qarshiliklar alohida yoki birgalikda o'lchanadi. R_{yaz} ni aniqlash uchun mashina yakorini nominal tezlik bilan aylantirib, yakor chulg'amiga reostat orqali nominal qiymatli o'zgaras tok beriladi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kattaliklar U_1 , I_n ning qiymatlari yozib olinadi (25-rasm). Bunda qo'zg'atish chulg'aminguz zanjiri ochiq bo'lishi kerak. Ikkinchi tajribada yakor zanjiriga beriladigan nominal tok yo'nalishi o'zgartirilib, o'lchov asboblari ko'rsatgan U_2 , I_n larning qiymati yozib olinadi. So'ngra $U_1 = I_n R_{yaz} + E_{qol}$ va $U_2 = I_n R_{yaz} - E_{qol}$ yakor zanjiri tenglamalarini birgalikda yechib, R_{yaz} ning quyidagi qiymati $R_{yaz} = \frac{U_1 + U_2}{2I_n}$ aniqlanadi.

Bunda E_{qol} — qoldiq magnetizmdan hosil bo'lgan qoldiq EYK.

Qo'shimcha qutblarga ega bo'lgan o'zgaras tok mashinalarida cho'tkalarini geometrik neytralga aniq o'rnatish talab qilinadi. 26-rasmda mustaqil qo'zg'atishli generatorning geometrik neytralini maksimal kuchlanish metodidan foydalanib topish sxemasi ko'rsatilgan.



25-rasm.



26-rasm.

Bu metodga binoan magnit maydoni qo'zg'atilgan generator yakori o'zgarmas nominal tezlik bilan aylantirilib, uning cho'tkalarini kollektor bo'yicha surib, yakor ulangan voltmetr strelkasining maksimal og'ishidagi cho'tkalar holati belgilanadi. Sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirgandan keyin uni tarmoqqa ulanadi.

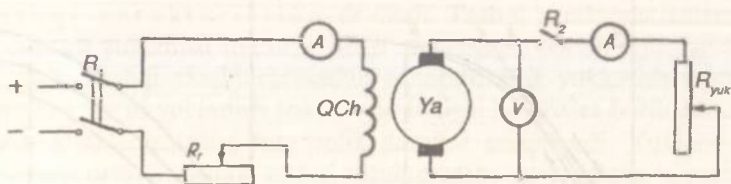
Qarama-qarshi qutbli cho'tkalarining bu holatiga tegishli va ularning o'rtalaridan fikran o'tkazilgan chiziq bilan geometrik neytral ifodalanadi.

Geometrik neytralni aniq topishda ko'pincha induktiv metod-dan foydalaniladi. Bunda tinch holatdagi yakorga sezgir voltmetr ulanadi. So'ngra qo'zg'atish chulg'amining zanjiri elektr tarmog'iga ulanib yoki undan uzilib cho'tka holatlari o'zgartirib boriladi. Yakor zanjirida EYK hosil bo'lmagandagi cho'tkaning holati uning geometrik neytral bo'yicha o'rnatilganligini ko'rsatadi. Bu tajribani bajarishda qo'zg'atish zanjiriga nominalga nisbatan ancha kichik bo'lgan tok beriladi (26-rasm).

Yuklanish berilmagan generatorning o'zgarmas $n=n_n = \text{const}$ tezlik bilan aylantirilayotgan yakorida hosil bo'lgan EYK $E_o = U_o$ ning qo'zg'atish toki I_{qt} ga bog'liqligini tasvirlovchi $E_o = U_o = f(I_{qt})$ egri chizig'i generatorning salt ishlash xarakteristikasi deyiladi. 27-rasmda mustaqil qo'zg'atishli generatorni tekshirish sxemasi ko'rsatilgan.

Salt ishlash tajribasini o'tkazishda P_1 va P_2 rubilniklar ajratilgan generatorning yakori o'zgarmas tezlik bilan aylantirilib, yakorda hosil bo'lgan qoldiq EYK ning qiymati quyidagi jadvalga yoziladi:

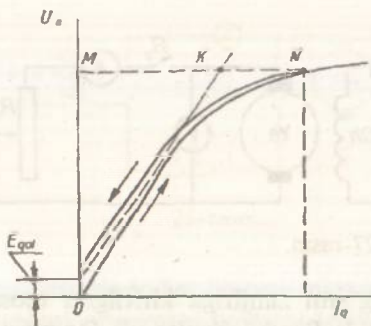
| Tajribalar № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------|---|---|---|---|---|---|
| E_o (V) | | | | | | |
| I_{qt} (A) | | | | | | |



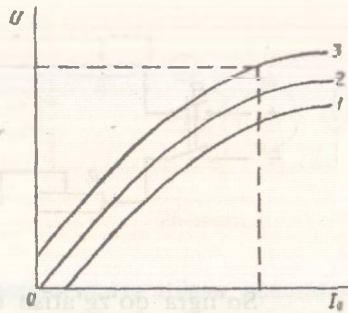
27-rasm.

So'ngra qo'zg'atish chulg'ami zanjiriga kiritilgan reostat qarshiligining maksimal qiymatida P_1 rubilnik ulanadi. Qo'zg'atish toki asta-sekin o'zgartirilib, generator kuchlanishi $1,2 U_n$ gacha ko'tarilganda hamda minimumgacha pasaytirilganda $5 \div 6$ tadan o'lchab olingan miqdorlar bilan jadval to'ldiriladi. Salt ishlash tajribasini o'tkazishda qo'zg'atish toki muttasil oshirib yoki kamaytirib borilishi lozim, aks holda, gisterezis hodisasi ta'sirida, xarakteristika natijalari notog'ri olinadi. 28-rasmda tajriba ma'lumotlariga asosan chizilgan salt ishlash xarakteristikasi ko'rsatilgan. Rasmda xarakteristika ikki shoxobchadan iborat. Amaliy hisoblashlarda salt ishlash xarakteristikasi sifatida rasmdagi punktir chiziqdan foydalaniladi.

Qoldiq EYK qiymati $E_{qol} = (2 \div 5) \% U_n$ bo'lganligidan salt ishlash xarakteristikasi koordinata sistemasining boshidan o'tmaydi. Xarakteristikaning boshlang'ich — kichik qiymatli qo'zg'atish tokiga, ya'ni magnit zanjirining to'yinmagan holatiga tegishli qismi, to'g'ri chiziqdan iborat bo'lib, zanjirning to'yinish darajasining ortishi bilan xarakteristika egri chiziq bo'yicha o'zgaradi. Generatorning salt ishlash xarakteristikasidan foydalanib, magnit zanjirida ishlatiladigan materialning xususiyati, uning to'yinish darajasi va qisqa tutashish xarakteristikasi bilan birgalikda mashinaning boshqa xarakteristikalarini ham aniqlash mumkin. Salt ishlash xarakteristikasidagi nominal kuchlanishga tegishli N nuqtaga binoan (28-rasm), magnit zanjirining to'yinish darajasini aniqlashda, dastavval N nuqtadan absissa o'qiga parallel va salt ishlash xarakteristikasining boshlanish nuqtasiga urinma chiziqlar o'tkaziladi. Natijada MN chiziq MQ va KN kesmalarga bo'linadi. Bunda MK kesma bilan nominal kuchlanishga erishish uchun yakor bilan qutblar o'rtasidagi havo oralig'idan magnit oqimini o'tkazishga sarflanadigan va qo'zg'atish toki masshtabida olingan magnit yurituvchi kuchi tasvirlangan. KN kesma bilan shu magnit oqimini zanjirning qolgan qismidan o'tkazishga sarflanadigan MYK



28-rasm.



29-rasm.

ifodalanadi. Magnit zanjirining to'yinish darajasi $\frac{KN}{MN}$ 100% nisbati bilan aniqlanib, agar bu nisbat 20% gacha bo'lsa, to'yinish darajasi kuchsiz, 20÷40% gacha — o'rtacha va 40% dan ortiq bo'lsa, kuchli deb shartli qabul qilinadi. Generator yuklanish toki va aylanish tezligi o'zgarmaganda uning kuchlanishini qo'zg'atish tokiga bog'langanligini ifodalovchi egri chiziq yuklanish xarakteristikasi $U=f(I_q)$ deyiladi. Yuklanish xarakteristikasi tajribasini o'tkazish uchun generatorni nominal tezlik bilan aylantirib, uni $1,2 U_n$ kuchlanishiga qo'zg'atiladi va rubilnik R_2 ni ulab generatorga yuklanish beriladi (27-rasm). Yuklanish tokini berilgan qiymatiga keltirib xarakteristikaning birinchi nuqtasining qiymati o'lchab yoziladi. So'ngra qo'zg'atish tokini asta-sekin nolgacha kamaytirib 5÷6 xil toklarga tegishli qiymatlar o'lchab olinadi. Bunda yuklanish tokining berilgan, nominal qiymatini o'zgartirmay saqlash kerak. 29-rasmda, tajriba ma'lumotlariga asosan qurilgan yuklanish xarakteristikalari ko'rsatilgan. Bunda 1- egri chiziq yuklanish toki $I_{ya}=I_n$ ni, 2-chiziq $I_{ya}<I_n$ ekanligini va 3-chiziq $I_{ya}=0$ qiymatlarini ifodalaydi. Yuklanish tokining $I_{ya}=0$ qiymatida olingan xarakteristika salt ishlash xarakteristikasini ifodalaydi.

| Tajribalar № | 1 | U | I_{qt} |
|--------------|---|---|----------|
| | A | V | A |

O'zgarmas qiymatli qo'zg'atish toki va nominal aylanish tezligida ishlayotgan generator kuchlanishining generator yuklanish tokiga bog'lanishini ifodalovchi $U=f(I_{ya})$ egri chizig'i

tashqi xarakteristika deyiladi. Tashqi xarakteristikalarni generator yuklanish tokining ortib va kamayib borish rejimlarida olinadi. Tashqi xarakteristikadan generatorning yuklanish xususiyatlari, ya'ni yuklanish tokini nominalgacha orttira borib generator kuchlanishining turg'unlik darajasi aniqlanadi. Yuklanish tokining ortib borishida tashqi xarakteristika quyidagicha olinadi. Nominal tezlik bilan aylantirilayotgan generator salt ishlash rejimida nominal kuchlanishga qo'zg'atiladi. So'ngra R_2 rubilnik orqali yuklama berilib, yakor tokining qiymati nominalgacha oshiriladi va 5÷6 xil tokka tegishli o'lchab olingan miqdorlari quyidagicha yoziladi.

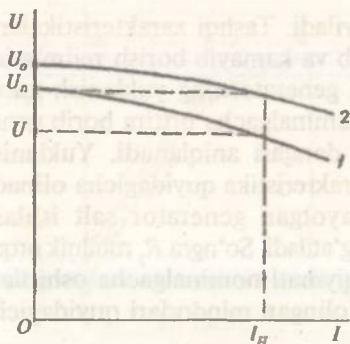
| Tajribalar № | I | I_{qt} | U |
|--------------|---|----------|---|
| | A | A | V |

30-rasmda tajribadan olingan ma'lumotlarga asosan qurilgan tashqi xarakteristika ko'rsatilgan (1-egri chiziq). Generatorga nominal yuklama berilganda generator kuchlanishining o'zgarishi ΔU quyidagicha aniqlanadi:

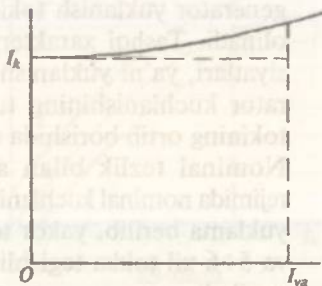
$$\Delta U = \frac{U_n - U}{U_n} 100\%.$$

Yuklanish tokining asta-sekin kamayishida tashqi xarakteristikani olish tajribasi quyidagicha o'tkaziladi. Nominal tezlik bilan aylantirilayotgan generator yuklamasi nominalgacha ko'tariladi. Bunda qo'zg'atish tokini o'zgartirish bilan generator kuchlanishi ham nominalga keltiriladi. So'ngra qo'zg'atish tokini o'zgartirmay yuklanish toki nolgacha kamaytirilib, 5÷6 xil toklarga tegishli qiymatlar o'lchab olinadi. Tajriba ma'lumotlariga asoslanib tashqi xarakteristika quriladi (30-rasm, 2-egri chiziq).

O'zgarmas qiymatli nominal kuchlanish U_n bilan aylanish tezligi n_n da generator qo'zg'atish tokining yuklanish tokiga bog'lanishini ifodalovchi $I_a = f(I_n)$ egri chizig'i uning rostlash xarakteristikasi deyiladi. Bu xarakteristikadan generator yuklanish tokini nominal qiymatgacha o'zgarganda, uning kuchlanishini o'zgartirmaslik uchun, qo'zg'atish toki qanday o'zgarishi aniqlanadi. Rostlash xarakteristikasini olish ham 27-rasmda ko'rsatilgan sxema asosida o'tkaziladi. Generator nominal o'zgarmas tezlik bilan aylantirilib, salt ishlash rejimida u nominal kuchlanishgacha qo'zg'atiladi. So'ngra R_2 rubilnigi orqali yuklama



30-rasm.



31-rasm.

ulanadi, yakor tokining qiymati nominalgacha orttirilib, qo'zg'atish tokini oshirilsa, kuchlanishning nominal qiymatini o'zgartirmay saqlanadi va 5÷6 xil yuklanishlarga tegishli o'lchab olingan uning qiymatlari quyidagicha yoziladi.

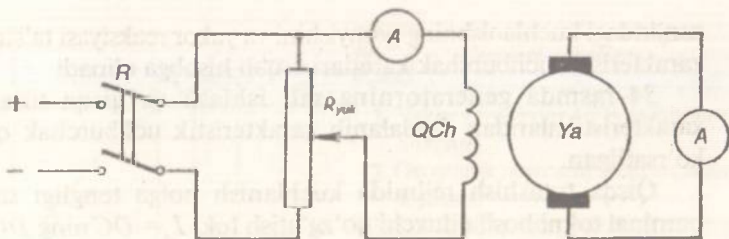
31-rasmda tajribadan olingan ma'lumotlarga asosan qurilgan rostlash xarakteristikasi ko'rsatilgan.

| Tajribalar № | U_n -const | I_{ya} | I_{qt} |
|--------------|--------------|----------|----------|
| | V | A | A |

Yakori qisqa tutashtirilib nominal tezlik bilan aylantirilayotgan generator yuklanish tokining qo'zg'atish tokiga bog'lanishini ifodalovchi $I_{yaqt} = f(I_{qt})$ egri chizig'i qisqa tutashish xarakteristikasi deyiladi. Qisqa tutashish tajribasi 32-rasmdagi sxemaga asosan o'tkaziladi. Tuzilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirganidan keyin uni tarmoqqa ulanadi.

| Tajribalar № | I_{qt} | I_{yaqt} |
|--------------|----------|------------|
| | A | A |

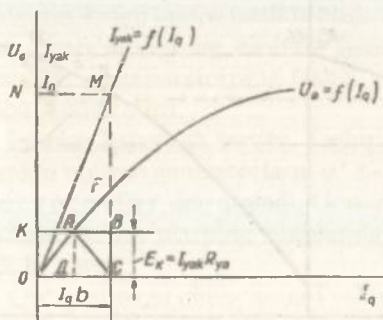
P rubilnikning ochiq holatida generator nominal tezlikkacha aylantirilib, qo'zg'atish tokining nol qiymatiga tegishli qiymatlar o'lchab yoziladi. So'ngra P elektr tarmog'iga ulanib, qo'zg'atish chulg'amiga minimal tok beriladi. Qo'zg'atish tokini asta-sekin oshirilib, qisqa tutashtirilgan yakor zanjiridagi tok nominalga nisbatan 20% ko'paytiriladi. Bunda qo'zg'atish tokining qiymati



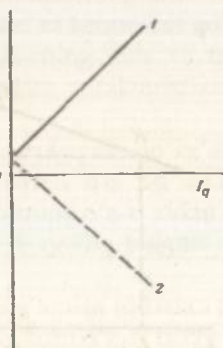
32-rasm.

o'z nominal qiymatining $5 \div 10\%$ ni tashkil etadi. Qisqa tutashish tajribasi magnit zanjirining to'yinmagan holatida olingani sababli u to'g'ri chiziq bo'yicha o'zgaradi. Demak, uni qurish uchun $2 \div 3$ xil tokning qiymatini olish kifoya. 33-rasmda I_q va I_{yak} larning qiymatlariga asosan qurilgan qisqa tutashish xarakteristikasi ko'rsatilgan (1-chiziq).

Qisqa tutashish xarakteristikasi qoldiq magnetizm ta'sirida koordinata boshidan o'tmaydigan to'g'ri chiziqdir. Agar tajribani o'tkazishda qo'zg'atish tokidan hosil bo'lgan magnit oqimi qoldiq magnetizmga teskari yo'nalgan bo'lsa, qisqa tutashish xarakteristikasi 33-rasmda ko'rsatilgan punktir chiziqdan iborat bo'ladi. Bu xarakteristikani, odatda, qo'zg'atish tokidan hosil bo'lgan asosiy magnit oqimi qoldiq magnetizm tomon yo'nalganida olinadi. Katta quvvatli generatorlarning yuklanish, tashqi va rostlash xarakteristikalarini tajriba yo'li bilan olib bo'lmaydi. Bu xarakteristikalarni grafik usulda topish uchun salt ishlash xarakteristikasi va xarakteristik uchburchakdan foydalaniladi. Yakordan nominal tok o'tganda uning



33-rasm.

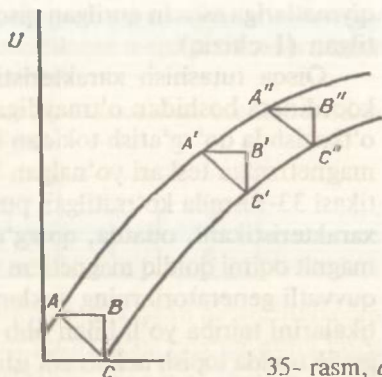


34-rasm.

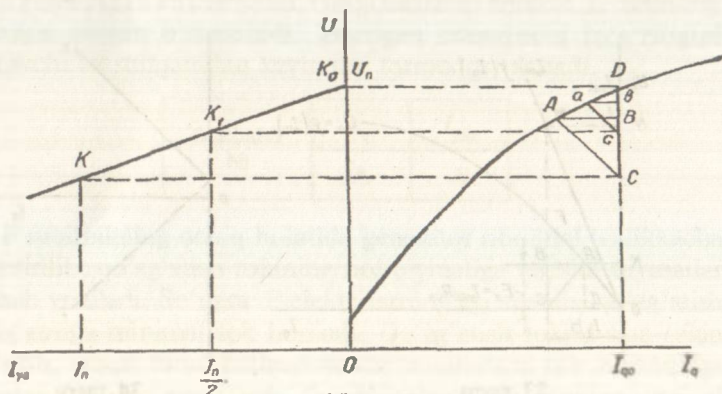
zanjiridagi kuchlanishning pasayishini va yakor reaksiyasi ta'sirlarini xarakteristik uchburchak katetlari orqali hisobga olinadi

34-rasmda generatorning salt ishlash va qisqa tutashish xarakteristikalaridan foydalanib xarakteristik uchburchak qurish ko'rsatilgan.

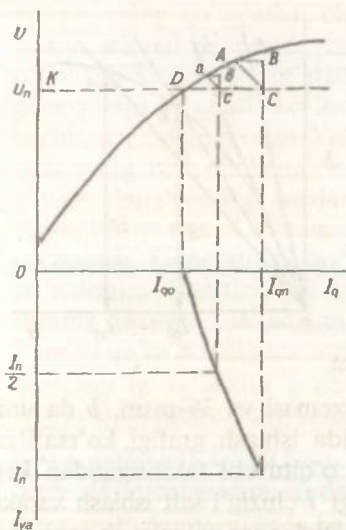
Qisqa tutashish rejimida kuchlanish nolga tengligi sababli nominal tokni hosil qiluvchi qo'zg'atish toki $I_{qt} = OC$ ning $DC=AB$ bo'lagi bo'ylama yakor reaksiyasini kompensatsiyalovchi MYK hosil qilib, $OD=AK$ bo'lagi esa yakor zanjiridagi kuchlanishning pasayishini $\Delta U = E_{qt} = I_n R_{yn} = I_{yaqt} R_{yn}$ kompensatsiyalovchi magnit oqimi hosil qiladi. A va C nuqtalarini birlashtirib xarakteristik uchburchak yasaladi. Xarakteristik uchburchak katetlari ko'ndalang yakor reaksiyasi ta'sirini hisobga olmaydi. Shu sababli yakor tokining qiymati nominaldan farq qilganda xarakteristik uchburchak katetlarining toka proporsional ravishda o'zgarishini e'tiborga olmasa ham bo'ladi. 35-rasm, a , b , d larda xarakteristik uchburchakdan va salt ishlash xarakteristikasidan foydalanib, generatorning yuklanish, tashqi va roslash xarakteristikalarini grafik usulda qurish ko'rsatilgan.



35- rasm, a .



35- rasm, b.



35- rasm, d.



Nazorat savollari

1. Yakor zanjirining to'la qarshiligi aniqlang.
2. Geometrik neytral nima va u qanday topiladi?
3. Salt ishlash, tashqi, roslash va qisqa tutashish xarakteristikalarini olish tajribasi qanday o'tkaziladi?
4. Salt ishlash xarakteristikasi egriligining sababi nimada?
5. Nominal kuchlanish qiymati, salt ishlash xarakteristikasining qaysi qismidagi nuqta bilan aniqlanishi lozim.
6. Magnit zanjirining to'yinish darajasi qanday aniqlanadi?
7. Yuklanish xarakteristikasi qanday olinadi?
8. Xarakteristik uchburchak qanday quriladi?
9. Salt ishlash xarakteristikasi va xarakteristik uchburchakdan foydalanib, yuklama, tashqi va roslash xarakteristikalari qanday quriladi va ular tajriba usulida olinganlardan nima uchun ozgina farq qiladi?

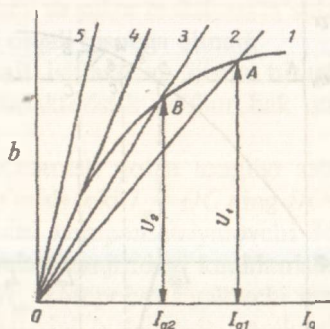
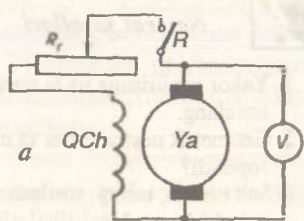
6-ish. O'z-o'zidan qo'zg'atishli generatorlar

Ishdan maqsad. Tajribada o'z-o'zidan qo'zg'atishli generatorlarning turli xarakteristikalari olinib, ular bilan yaqindan tanishib chiqiladi.

Ish rejasi. Parallel qo'zg'atishli generatorning salt ishlash xarakteristikasini tajriba usulida olish. Parallel va ketma-ket qo'zg'atishli chulg'amlarning alohida hamda ularning mos va teskari ulanishlarida generatorning tashqi va roslash xarakteristikalarini tajriba usulida olish.

Ishning bajarilish tartibi. Tashqi tok manbaysiz qo'zg'atilishi mumkin bo'lgan generatorlarni o'z-o'zidan qo'zg'atishli generatorlar deb ataladi. Generatorlarning o'z-o'zidan qo'zg'atilishi uchun ularning qutblarida 4÷5% qoldiq magnit oqimi bo'lishi zarur.

Qo'zg'atuvchi chulg'amlari yakor chulg'amiga nisbatan parallel, aralash va ketma-ket ulangan generatorlarni o'z-o'zidan qo'zg'atish prinsipida ishlatish mumkin. 36-rasm, a da parallel qo'z-



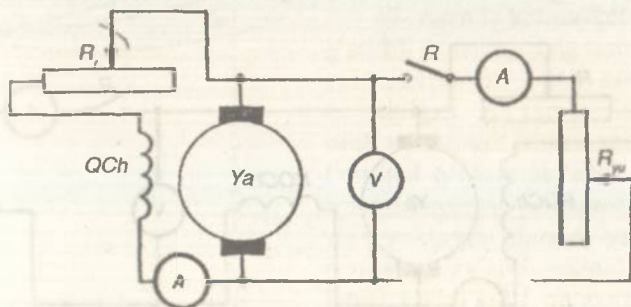
36-rasm.

g'atishli generatorning ulanish sxemasi va 36-rasm, b da uning o'z-o'zidan qo'zg'atish prinsipida ishlash grafigi ko'rsatilgan. Sxemaning to'g'ri tuzilganligini o'qituvchi tekshirgandan keyin uni tarmoqqa ulanadi. Grafikdagi 1 chizig'i salt ishlash xarakteristikasini ifodalab, 2, 3, 4 va 5 chiziqlar esa qo'zg'atish zanjirining har xil qiymatli qarshiliklari R_{qt} da olingan volt-amper xarakteristikalar $I_{qt} R_{qt} = F(I_{qt})$ ni ko'rsatadi.

O'z-o'zidan qo'zg'atish jarayoni qo'zg'atish zanjirining R_{qt1} qarshiligida A nuqtada hosil bo'lib, boshqa kattaroq qarshilik R_{qt2} da esa B nuqtada vujudga keladi. Bunda generator kuchlanishi tegishli U_1 va U_2 , qo'zg'atish toki esa I_{qt1} va I_{qt2} turg'un qiymatlariga ega bo'ladi. Agar qo'zg'atish zanjirining qarshiligi yana oshirilsa, 4 va 5 chiziqlar olinadi, ammo bularda salt ishlash xarakteristikasi bilan kesishmaganligi sababli, o'z-o'zidan qo'zg'atish jarayoni hosil bo'lmaydi. Shuning uchun qo'zg'atish zanjiridagi kuchlanishning kamayishi 4 chiziq bo'yicha o'zgargandagi zanjir qarshiligi $k r i t i k$ qarshilik R_{qt} deyiladi. Demak, generatorni o'z-o'zidan qo'zg'atish uchun uning qo'zg'atish zanjiridagi umumiy qarshiligi kritik qarshilik R_{qt} dan kichik bo'lishi kerak. O'z-o'zidan qo'zg'atish prinsipini tekshirish uchun qo'zg'atish chulg'ami ochiq qoldirilgan generatorni nominal o'zgarma tezlik bilan aylantirilib, uning yakorida qoldiq magnetizmdan hosil bo'lgan EYK $E_{qot} = 2 \div 4\% U_n$ olinadi. Qo'zg'atish zanjiriga kiritilgan reostat qarshiligining maksimal qiymatida rubilnik R_1 ulanadi (36-rasm). So'ngra reostat qarshiligi asta-sekin kamaytirilib, qo'zg'atish toki va generator kuchlanishining oshib borishini kuzatish mumkin. Yakor zanjiriga ulangan voltmetr qoldiq magnetizmi yo'qligidan darak bersa, generator o'z-o'zidan qo'zg'atilmaydi. Generatorni magnitlantirish

uchun uning qo'zg'atish chulg'amini tashqi manbaga ulab bir necha sekund davomida zanjirdan nominal qo'zg'atish tokini o'tkazish lozim. Qo'zg'atish zanjirida uzilgan joy bo'lsa ham generatorni qo'zg'atib bo'lmaydi. Uzilish, odatda, tashqi zanjirda bo'lib, uni aniqlash oson. Yakor chulg'amiga yuklanish berilganda yoki qo'zg'atish chulg'ami noto'g'ri ulanganda, binobarin, qo'zg'atish chulg'amidagi tokdan hosil bo'lgan magnit oqimi qoldiq magnetizmga teskari yo'nalganda generatorni o'z-o'zidan qo'zg'atib bo'lmaydi. Generatorni qo'zg'atish uchun qo'zg'atish tokining yo'nalishini o'zgartirish kifoya. Buning uchun qo'zg'atish chulg'amining yakorga ulanadigan uchlarini almashtirib ulash kerak. Parallel qo'zg'atishli generatorning salt ishlash xarakteristikasi ham mustaqil qo'zg'atishli generatorki singari $U_0 = E_0 = f(I_{qt})$ egri chiziq bilan ifodalanadi. Ammo xarakteristikani olishda yuklanish toki I_{ya} nolga teng bo'lsa ham, yakordan qo'zg'atish toki $I_{qt} = 2 \div 5\% I_{ya}$ o'tib, U_0 kuchlanishni E_0 dan $E_0 - U_0 = I_{qt} R_{ya}$ gacha kamaytiradi. U_0 ning E_0 dan farqi juda ham kichik bo'lgani sababli u e'tiborga olinmaydi va $U_0 = E_0$ deb qabul qilinadi. Parallel qo'zg'atishli generator salt ishlash xarakteristikasining ko'rinishi mustaqil qo'zg'atishli generatorning xarakteristikasidan farq qilmaydi. Parallel qo'zg'atishli generatorning tashqi xarakteristikasi $U = f(I_{ya})$ ni olish uchun ham, uni salt ishlash rejimidan nominal kuchlanishgacha qo'zg'atiladi (37-rasm). So'ngra yuklanish tokining qiymati $I_{ya} = 1,2 I_n$ gacha oshiriladi va 5÷6 xil yuklanishlarga tegishli qiymatlari o'lchab olinadi. Bunda qo'zg'atish zanjirining qarshiligi o'zgartirilmaydi.

Tajribadan olingan ma'lumotlarga asosan generatorning tashqi xarakteristikasi quriladi (38-rasm, 1- chiziq). Yuklanish tokining ortishi bilan yakordagi kuchlanish kamayishi $I_{ya} R_{ya}$ va yakor



37-rasm.

reaksiyasining ko'payishi generator kuchlanishini pasaytiradi. Kuchlanishning pasayishi

bilan qo'zg'atish toki $I_{qt} = \frac{U}{R_{qt}}$

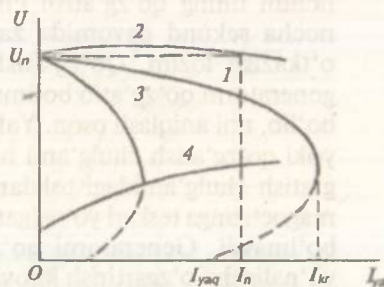
kamayib, qutblardagi magnit oqimi ham kamayadi, natijada yakorda hosil bo'luvchi EYK hamda generator kuchlanishi yana pasayadi. Shu sababli yuklanish tokining ma'lum bir qiymatidan boshlab yuklama qarshiligini kamaytirishda yuklanish toki

ko'payishi o'rniga kamayadi, generator kuchlanishi ham keskin kamaya boshlaydi. Haqiqatan, qo'zg'atish toki hisobga olinmasa,

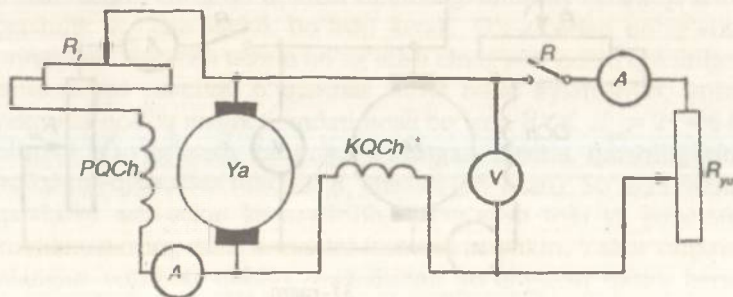
$I_{ya} = \frac{E}{R_{ya} + R_{yuk}}$ bo'ladi. Demak, yuklanish tokining kritik qiymatidan boshlab generatorda o'z-o'zidan magnitsizlanish hodisasi ro'y beradi, ya'ni generator o'zidan yuklamani tashlab, qisqa tutashirish rejimiga o'tib ishlaydi.

Tashqi xarakteristika tajribasini o'tkazishda qisqa tutashish toki I_{yaqt} ning qiymati qoidiq EYK bilan aniqlanishi sababli u nominaldan kichik, $I_{yaqt} < I_n$ bo'ladi. Ammo bunda yuklanish tokini — nominaldan katta bo'lgan kritik qiymat I_{kr} gacha ko'tarish xavfli hisoblanadi.

Aralash qo'zg'atishli generatorning tashqi xarakteristikasini olish tajribasi 39-rasmda ko'rsatilgan sxemaga asosan o'tkaziladi. Qo'zg'atish chulg'amlarining mos yoki teskari ulanganligi tajribadan aniqlanadi. Salt ishlash rejimida nominal kuchlanishgacha

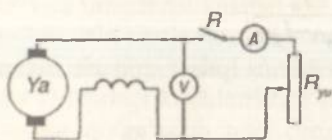


38-rasm.

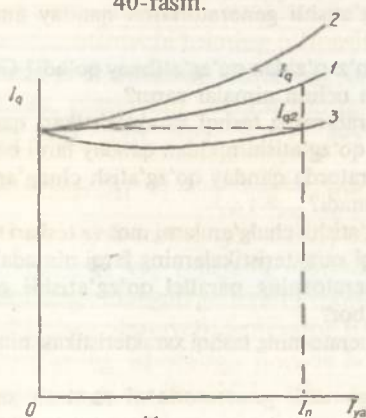


39- rasm.

qo'zg'atilgan generatorga 30÷40% yuklanish toki berilganda, uning kuchlanishi kam o'zgarsa, qo'zg'atish chulg'amlari mos, agar kuchlanishi keskin kamayib ketsa, teskari ulanishli bo'ladi. 38-rasmda (2-chiziq) generatorning qo'zg'atish chulg'amlarini mos va (3-chiziq) teskari ulab qurilgan tashqi xarakteristikalari ko'rsatilgan. Sxemaning to'g'ri tuzilganligini o'qituvchi tekshirgandan so'ng u tarmoqqa ulanadi. Mos ulanib ishlatiladigan generatorning nominal yuklanishidagi kuchlanish kamayishi va yakor reaksiyasi odatda, ketma-ket qo'zg'atishli chulg'am tokidan hosil bo'lgan MYK bilan kompensatsiyalanadi. Qo'zg'atish chulg'amlari teskari ulangan generatorlarga faqat 30÷40% ga teng yuklanish toki berishi mumkin, tokning bundan ortiq qiymatlarida o'z-o'zidan magnit-sizlanish hodisasi ro'y beradi. Qo'zg'atish chulg'amlari teskari ulanganda, yuklanish tokining kritik qiymati parallel ulab qo'zg'atilgandagidan ancha kichik bo'ladi. Aralash qo'zg'atishli generatorlardan foydalanishda ketma-ket qo'zg'atishli chulg'amni yakorga parallel, parallel chulg'amni esa ketma-ket ulab katta xatolikka yo'l qo'yilsa, u holda yakorning kichik qarshilikli qo'zg'atish chulg'ami parallel ulangani sababli generator qisqa tutashish



40-rasm.



41-rasm.

rejimida o'z-o'zidan qo'zg'atila boshlaydi va, natijada, uni aylantiruvchi motor ham o'ta yuklanish rejimida ishlay boshlaydi. Motoring o'ta yuklanishda ishlayotganligini o'lchov asboblari-ning ko'rsatishidan va uning ovo-zining buzilishidan oson seziladi va uni tezda elektr tarmog'idan ajratiladi.

40- rasmda ketma-ket qo'zg'atishli generatorning tashqi xarakteristikasini olish sxemasi ko'rsatilgan. Bu xarakteristikani olish uchun salt ishlash rejimida nominal o'zgarma tezlik bilan aylantirilayotgan generator yakoriga yuklama ulanadi va o'z-o'zidan qo'zg'atish rejimida yuklanish tokini $1,2 I_n$ qiymatigacha oshiriladi va 5÷6 xildagi yuk-

lanishlarga tegishli qiymatlar o'lchab olinadi. 38-rasmda (4-chiziq) ketma-ket qo'zg'atishli generatorning tajriba ma'lumotlariga asosan qurilgan tashqi xarakteristikasi ko'rsatilgan. Yuklama o'zgarishi bilan kuchlanishning keskin o'zgarishi sababli ketma-ket qo'zg'atishli generatordan kam foydalaniladi.

41-rasmdagi 1, 2 va 3-chiziqdagi orqali tegishli: a) parallel qo'zg'atishli chulg'amning alohida; b) parallel va ketma-ket qo'zg'atishli chulg'amlarning mos hamda d) teskari ulanishlaridagi generatorni rostdash xarakteristikalari ko'rsatilgan. Tuzilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirib ko'rgandan so'ng, uni tarmoqqa ulanadi.

Rasmdagi 1 va 2 chiziqdagi foydalanib parallel va ketma-ket qo'zg'atish chulg'amlari o'ramlari sonining nisbatini aniqlash mumkin. Buning uchun rostdash xarakteristikalaridan nominal yuklanish tokiga tegishli I_{qt1} va I_{qt2} qo'zg'atish toklari topiladi. I_{qt1} va I_{qt2} toklarining ayirmasidan parallel chulg'am W_p da hosil qilingan MYK qiymati bilan ketma-ket chulg'am W_k dan nominal yuklanish toki o'tganda hosil qilingan MYK ning qiymatlarining o'zaro tengligi $W_n(I_{qt1} - I_{qt2}) = W_k I_n$ dan quyidagi nisbat aniqlanadi:

$$\frac{W_p}{W_k} = \frac{I_n}{I_{qt1} - I_{qt2}}$$



Nazorat savollari

1. Qanday holda o'z-o'zidan qo'zg'atish jarayoni sodir bo'ladi va u parallel, ketma-ket qo'zg'atishli generatorlarda qanday amalga oshiriladi?
2. Nima sababdan generator o'z-o'zidan qo'zg'atilmay qoladi? Generatorni normal qo'zg'atish uchun nimalar zarur?
3. Parallel qo'zg'atishli generatorning tashqi xarakteristikasi qanday olinadi va uning mustaqil qo'zg'atishlikidan qanday farqi bor?
4. Aralash qo'zg'atishli generatorda qanday qo'zg'atish chulg'amlari bo'ladi va ular qanday ulanadi?
5. Parallel va ketma-ket qo'zg'atishli chulg'amlarni mos va teskari ulash va bundan olinuvchi tashqi xarakteristikalarining farqi nimada?
6. Aralash qo'zg'atishli generatorning parallel qo'zg'atishli generatordan qanday afzalligi bor?
7. Ketma-ket qo'zg'atishli generatorning tashqi xarakteristikasi nima va u qanday olinadi?
8. Aralash va parallel qo'zg'atishli generatorlarni rostdash xarakteristikalari qanday olinadi va ulardan qanday foydalaniladi?

7-ish. Parallel qo'zg'atishli generatorlarning parallel ishlashi

Ishdan maqsad. Parallel ishlash qoidalariga rioya qilib generatorlarni amalda parallel ishlashga ulashni o'rganish.

Ish rejasi. Berilgan sxemaga asosan generatorlarni parallel ishlashga ulash. Parallel qo'zg'atishli generatorlarning parallel ishlashini tashqi xarakteristika rejimida bajarish va tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi bog'lanishlar: $U_1=f(I_1)$; $U_2=f(I_2)$ va $U_1=f(I_1+I_2)$ ni qurish.

Parallel ishlashni rostdash xarakteristika rejimida o'tkazish va tajribadan olingan ma'lumotlarga asosan quyidagi bog'lanish $I_{q1}=f(I)$ va $I_{q2}=f(I)$ larni qurish. Yuklamani bir generatordan ikkinchi generatorga o'tkazish va bu tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi bog'lanish $I_1=f(I_2)$; $I_{q1}=f(I_2)$ va $I_{q2}=f(I_2)$ larni qurish. Parallel ishlayotgan generatorlardan birini motor rejimiga o'tkazib ishlatish.

Ishning bajarilish tartibi. Ko'pincha yuklamasi o'zgarib turuvchi stansiyalarda ikki yoki bir necha generatorlarni parallel ishlashga ulaniladi.

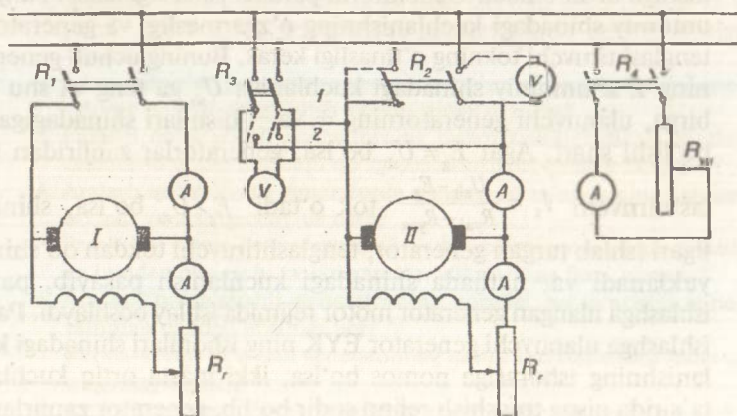
Parallel ishlashga ulanadigan generatorlar turli nominal quvvatlarga va xarakteristikalariga ega bo'ladi. Aylanish tezligi o'zgarmas va kuchlanishi rostlanmaydigan generatorlarda yuklamaning taqsimlanishi ularning tashqi xarakteristikasiga bog'liq bo'ladi. Agar umumiy shinadagi kuchlanishni rostdash zarur bo'lsa, har bir generatorning qo'zg'atish toki orqali umumiy yuklamaning taqsimlanishiga ta'sir etiladi. Generatorni parallel ishlashga ulash natijasida umumiy shinadagi kuchlanishning o'zgarmasligi va generatordan tenglashtiruvchi tokning o'tmasligi kerak. Buning uchun generatorning E_s umumiy shinadagi kuchlanish U_{sh} ga teng va shu bilan birga, ulanuvchi generatorning + va - qismlari shinadagiga mos bo'lishi shart. Agar $E_g \neq U_{sh}$ bo'lsa, generatorlar zanjiridan teng-

lashtiruvchi $I_1 = \frac{U_{sh} - E_g}{R_{yat} + R_{yag}}$ tok o'tadi. $E_g > U_{sh}$ bo'lsa, shinadagi ilgari ishlab turgan generator, tenglashtiruvchi tokdan qo'shimcha yuklanadi va, natijada shinadagi kuchlanish pasayib, parallel ishlashga ulangan generator motor rejimida ishlay boshlaydi. Parallel ishlashga ulanuvchi generator EYK ning ishoralari shinadagi kuchlanishning ishorasiga nomos bo'lsa, ikki marta ortiq kuchlanish ta'sirida qisqa tutashish rejimi sodir bo'lib, generator zanjirlaridan katta tenglashtiruvchi tok o'tadi.

42-rasmda parallel qo'zg'atishli generatorlarning parallel ishlashga ulanish sxemasi ko'rsatilgan. Tuzilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirgandan so'ng uni tarmoqqa ulanadi.

Parallel ishlashga ulash tajribasini o'tkazishda I generatorni nominal tezlikda aylantirib, uning kuchlanishi shinadagi kuchlanishga tenglashtiriladi va R_1 rubilnigi ulanadi, so'ngra II generatorni nominal tezlikda aylantirib, uning kuchlanishi I generator kuchlanishiga tenglashtiriladi. I va II generatorlarning kuchlanish qiymatlari va ularning mos qutblanishi almashlab-ulagich R_3 orqali ulanuvchi magnitoelektr sistemali voltmetr yoki ikki marta ortiq kuchlanishga hisoblangan voltmetr bilan aniqlanadi. Agar R_3 ni birinchi (I) holatdan ikkinchi (2) holatga o'tkazganda voltmetr strelkasi teskari og'sa, u holda generatorlar nomos qutblangan bo'ladi. Bunda II generator to'xtatilib, uning rubilnik R_2 ga ulangan o'tkazgichlarining o'rni almashtiriladi. So'ngra parallel ishlash shartlariga rioya qilib, ikkinchi generator, rubilnik R_3 orqali shinaga ulanadi. Natijada II generator salt ishlash rejimida ishlay boshlaydi, tenglashtiruvchi tok esa hosil bo'lmaydi.

Parallel ishlashga ulangan generatorlarning tashqi xarakteristika rejimida ishlash tajribasini o'tkazish uchun ikkala generator nominal tezlik bilan aylantirilib, nominal (shinadagi) kuchlanishgacha qo'zg'atiladi. So'ngra generatorlarning qutblanishlari moslanadi. Bunda parallel ishlashga ulangan generatorlar zanjiridan tenglashtiruvchi tok o'tmay, ular salt ishlash rejimida ishlay boshlaydi. Tajribaga tegishli ma'lumotlarni quyidagi jadvalga yozib olib, R_4



42-rasm.

rubilnigi bilan generatorlarga yuklama beriladi. Generatorning nominal tokini olgunga qadar umumiy yuklama qiymatini oshirib boriladi va 4÷5 xil yuklanishlarga tegishli o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | Tarmoq | | | | I generator | | | II generator | | |
|--------------|----------|----------|------------|------------|-------------|----------|---------|--------------|----------|---------|
| | U_{sh} | I_{sh} | U_{sh}^1 | I_{sh}^1 | I_1 | I_{q1} | I_1^1 | I_2 | I_{q2} | I_2^1 |
| | V | A | | | A | A | | A | A | |

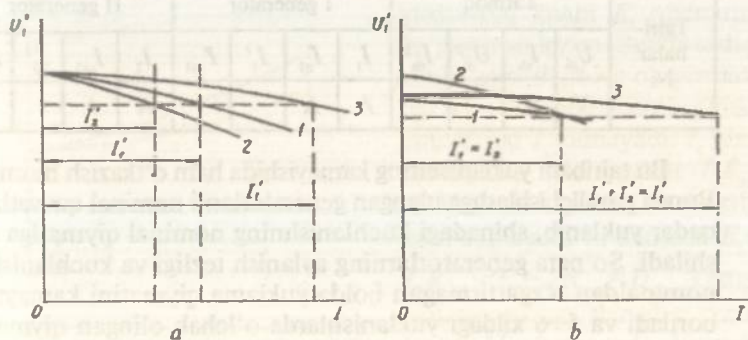
Bunda $U_{sh}^1 = \frac{U_{sh}}{U_n}$; $I_{sh} = \frac{I_{sh}}{I_{1n} + I_{2n}}$; $I_1^1 = \frac{I_1}{I_{1n}}$; $I_2^1 = \frac{I_2}{I_{2n}}$ nisbiy kuchlanish va toklar.

Tashqi xarakteristika rejimida ishlash tajribasini yuklamani asta-sekin kamaytirib borish usuli bilan ham o'tkaziladi. Buning uchun parallel ishlashga ulangan generatorlarni, dastavval, nominal kuchlanishda nominal tokkacha yuklab, so'ngra generatorning salt ishlash rejimigacha umumiy yuklama qiymati kamaytirib boriladi va 4÷5 ta yuklanishlarga tegishli qiymatlar o'lchab olinadi.

43-rasm, *a* va *b* larda parallel ishlashga ulangan generatorlar yuklamasining oshirib borilishida va kamaytirilishida tashqi xarakteristikalar ko'rsatilgan.

$$U_{sh}^1 = f(I_1^1); U_{sh}^1 = f(I_2^1) \text{ va } U_{sh}^1 = f(I_1^1 + I_2^1).$$

U xarakteristikalarini olishda quyidagilarning: n_{1n} , n_{2n} , R_{qt1} , R_{qt2} qiymati o'zgarmas bo'lishi kerak.



43-rasm.

43-rasm, a va b larda ko'rsatilgan xarakteristikalariga binoan, tashqi xarakteristikasi yumshoq bo'lgan II generator I ga nisbatan kam yuklanayotganini va yuklanmayotganini ko'rish mumkin.

Shunga asosan, tashqi xarakteristika rejimida parallel ishlovchi generatorlar bir xil nisbiy tashqi xarakteristikaga yoki katta quvvatli generator qattiq, kichik quvvatli generator esa yumshoq tashqi xarakteristikaga ega bo'lishi darkor, degan xulosa chiqariladi.

Parallel ishlashga ulangan generatorlar yuklamaning o'zgarishiga qaramay turib shinadagi kuchlanishni o'zgartirmaslik hamda generatorlar yuklanish tokini ularning nominal quvvatlariga proporsional ravishda o'zgartirish uchun har bir generatorning qo'zg'atish tokini rostlash kerak. Shu sababli parallel qo'zg'atishli generatorlarning parallel ulab ishlatishdagi asosiy rejimi ularning rostlash xarakteristika rejimida ishlashi hisoblanadi. 42-rasmda generatorlarni rostlash xarakteristika rejimida ishlash tajribasini o'tkazish sxemasi ko'rsatilgan. Buning uchun nominal tezlik va nominal kuchlanish bilan salt ishlash rejimida ishlayotgan generatorlarni parallel ishlashga ulanadi va ularga biroz yuklama beriladi. Natijada shinadagi kuchlanish pasayadi va bu kuchlanishni nominalga ko'tarish uchun ikkala generatorning qo'zg'atish toklari oshiriladi. Yuklanish toklarini generatorlarning nominal toklariga proporsional taqsimlash uchun o'ta yuklangan generatorning qo'zg'atish toki kamaytirilib, kam yuklanganiniki ko'paytiriladi. Bunda shinadagi kuchlanish nominaldan o'zgarmasligi lozim. Shu tarzda umumiy yuklama qiymati har bir generatorning nominal quvvatgacha yuklanguniga qadar oshiriladi va 5÷6 xildagi yuklanishda olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | Tarmoq | | | | I generator | | | | II generator | | | |
|--------------|----------|----------|------------|------------|-------------|----------|--------|----------|--------------|----------|--------|-----------|
| | U_{sh} | I_{sh} | U_{sh}^I | I_{sh}^I | I_1 | I_{q1} | I_1' | I_{q1} | I_2 | I_{q2} | I_2' | I_{q2}' |
| | V | A | | | A | A | | | A | A | | |

Bu tajribani yuklanishning kamayishida ham o'tkazish mumkin. Bunda parallel ishlashga ulangan generatorlarni nominal quvvatlarga qadar yuklanib, shinadagi kuchlanishning nominal qiymatiga erishiladi. So'ngra generatorlarning aylanish tezligi va kuchlanishini nominaldan o'zgartirmagan holda yuklama qiymatini kamaytirib boriladi va 5÷6 xildagi yuklanishlarda o'lchab olingan qiymatlar jadvalga yoziladi.

Tajribadan olingan ma'lumotlar va quyidagi formulalardan foydalanib, hisoblangan kerakli miqdorlar bilan jadvalning davomi to'ldiriladi: $I_{qt}^1 = \frac{I_{qt1}}{I_{qt1n}}$; $I_{qt2}^1 = \frac{I_{qt2}}{I_{qt2n}}$ nisbiy qo'zg'atish toklari.

44-rasmda parallel ishlashga ulangan parallel qo'zg'atishli generatorlarni rostdash xarakteristikalari $I_{qt1}^1 = f(I_{sh}^1)$ va $I_{qt2}^1 = f(I_{sh}^1)$ ko'rsatilgan. Bunda quyidagi qiymatlar

$$U_{sh} = U_n \text{ const}; n_{1n} = \text{const}$$

va

$$n_{2n} = \text{const}$$

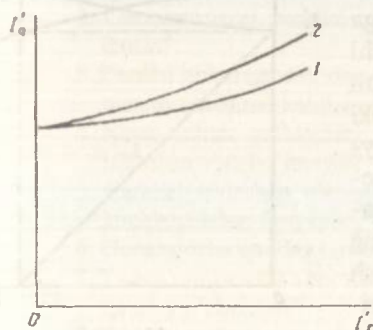
bo'lishi kerak.

Rasmdagi 1 va 2 egri chiziqlardan ikkala generatorning turli rostdash xarakteristikalariga egaligi ko'rinib turibdi. Ma'lumki, rostdash xarakteristikalari generatorlarning to'yinish darajasi, yakor reaksiyasi va yakor zanjiridagi kuchlanishning tushuviga bog'liqdir. Ikkala generator bir xil to'yinish darajasiga ega bo'lsa, u holda grafikka asosan, II generatorda I ga nisbatan yakor reaksiyasining ta'siri katta va kuchlanishning tushuvi ko'p bo'ladi.

Ishlayotgan generatorni o'ta yuklanishdan xalos qilish uchun yoki uni ta'mirlash maqsadida yuklamani bir generatordan ikkinchisiga qisman yoki batamom o'tkaziladi. Ma'lumki, parallel ishlashga ulanuvchi generatorlarning EYK uchun tuzilgan tengla-

madan $E_2 = U_{sh} + I_2 R_{yag}$ generatorning toki $I_2 = \frac{E_2 - U_{sh}}{R_{yag}}$ topiladi.

Demak, II generatorning yuklanish tokini oshirish uchun elektr yurituvchi kuchi E_2 qiymatini ko'paytirish lozim. Bunda tashqi zanjir qarshiligining o'zgarmasligi tufayli I generatorning yuklanish toki I_1 kamayadi. I_1 ning kamayishi bilan yakor $I_1 R_{ya1}$ reaksiyasining magnitsizlashi ham kamayadi va natijada $E_1 - I_1 R_{ya1} = E_2 - I_2 R_{ya2} = U_{sh}$ tenglamasiga asosan, shinadagi kuchlanish U_{sh} ko'payadi. Demak, yuklamani bir generatordan



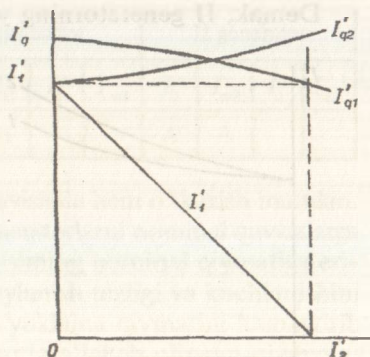
44-rasm.

ikkinchisiga o'tkazishda shinadagi kuchlanishni talab qilinganicha o'zgartirmay saqlash uchun II generatorning EYK E_2 ni ko'paytirish bilan I niki kamaytirish zarur ekan. Yuklamani bir generator dan ikkinchisiga o'tkazish tajribasida qo'zg'atish toklarini ehtiyotlik bilan asta-sekin o'zgartirish kerak, aks holda tenglashtiruvchi toklar xavfli darajagacha ko'payib ketadi. Bu tajribani o'tkazishda avval I generator nominal tezlikda aylantirilib, nominal kuchlanishda u shinaga ulaniladi va unga $0,8 I_{1n}$ yuklanish toki beriladi. So'ngra parallel ishlash qoidalariga amal qilinib, II generator ham salt ishlash rejimida shinaga ulanadi. Yuklamani o'tkazish uchun o'zgarman aylanish tezligi va nominal kuchlanishda bir vaqtning o'zida II generatorning qo'zg'atish toki ko'paytiriladi, I esa kamaytiriladi va $5 \div 6$ xil qo'zg'atish tokida o'lchab olingan ma'lumotlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tarmoq | | I generator | | | | II generator | | | |
|----------|----------|-------------|-----------|--------|------------|--------------|-----------|--------|------------|
| U_{sh} | I_{sh} | I_1 | I_{qt1} | I'_1 | I'_{qt1} | I_2 | I_{qt2} | I'_2 | I'_{qt2} |
| V | A | A | A | | | A | A | | |

45-rasmda tajriba ma'lumotlariga asosan yuklanishni I generator dan II siga o'tkazish xarakteristikallari ko'rsatilgan $I'_{qt1} = f(I'_2)$; $I'_{qt2} = f(I'_1)$ va $I'_1 = f(I'_2)$. Bunda quyidagi qiymatlar const bo'lishi kerak: $U_{sh} = \text{const}$, $n_{1n} = \text{const}$ va $n_{2n} = \text{const}$.

Parallel ishlashga ulangan kichik quvvatli generator, ya'ni birinчисini motor rejimiga o'tkazish uchun yuqoridagi tartibga asosan, I generator yuklanishi II ga o'tkaziladi. Buning uchun II generatorning qo'zg'atish toki ko'paytirilib, I niki esa kamaytirib boriladi va nihoyat I generator salt ishlash rejimiga o'tkazilgandan so'ng generatorlarning qo'zg'atish toklarini o'zgartirish yuqoridagi singari davom ettiriladi. Bunda I generator zanjiriga



45-rasm.

ulangan magnitoelektr sistemali ampermetr strelkasi teskari tomonga og'a boshlaydi, chunki I generatorning EYK E_1 tarmoqdagi kuchlanish V_{sh} dan kamayib, tok $I_1 = \frac{E_1 - U_{sh}}{R_{yat}}$ o'z yo'nalishini o'zgartiradi va bu generator motor rejimiga o'tib II generatordan tok olib ishlay boshlaydi. Ishlay boshlagandan keyin I generatorni aylantirayotgan birlamchi motorni to'xtatib qo'ysa bo'ladi. Bu tajribani o'tkazishda ham U_{sh} ning qiymati o'zgarmas saqlanib, tajribadan olingan ma'lumotlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------|-----------|-----------|--------------|-------|
| $U_{sh}(V)$ | | | | |
| $I_{otl}(A)$ | | | | |
| $I_1(A)$ | | | | |
| Ish rejimi | Generator | Generator | Salt ishlash | Motor |

Motor rejimiga o'tkazilgan generator qo'zg'atish tokining yo'nalishi o'zgarmaganligi sababli uning elektromagnit $M = K_m I_{ya} \Phi$ momenti tormozlovchidan aylantiruvchiga aylanadi va, demak, mashinaning aylanish yo'nalishi o'zgarmaydi.



Nazorat savollari

1. Parallel ishlaydigan generatorlar qanday afzallik va kamchiliklarga ega?
2. Generatorlarni parallel ishlashga ulashning shartlari nimalardan iborat?
3. Parallel ishlashga ulashdan oldin generatorlarning mos qutblanishlari qanday usullarda aniqlanadi?
4. Nima uchun qutblanishi mos bo'lmagan generatorlarni parallel ishlashga ulab bo'lmaydi?
5. Parallel ishlashga ulangan generatorning kuchlanishi shinadagi kuchlanishdan farq qilsa, qanday hodisa yuz beradi?
6. Generatorlar qanday tartibda parallel ishlashga ulanadi?
7. Tashqi xarakteristika rejimida generatorlarning parallel ishlash tajribasi qanday o'tkaziladi?
8. Tashqi xarakteristika rejimida parallel ishlovchi generatorlarga yuklanish qanday taqsimlanadi?

9. Generatorlardan birini parallel ishlashdan chiqarish uchun uni nima uchun avval yuklamadan xalos etish tavsiya etiladi va aks holda qanday hodisa sodir bo'ladi?
10. Rostlash xarakteristikasi rejimida generatorlarning parallel ishlash tajribasi qanday o'tkaziladi?
11. Parallel ishlashga ulangan generatorlarning rostlash xarakteristikasi rejimida ishlashi, nima uchun asosiy rejim hisoblanadi?
12. Yuklanishni bir generatordan ikkinchisiga o'tkazish qanday hollarda qo'llaniladi va qanday tartibda amalga oshiriladi?
13. Bitta generatorming qo'zg'atish tokini o'zgartirib, yuklamani ikkinchi generatorga o'tkazish mumkinmi?
14. Parallel ishlovchi generatorlardan birini motor rejimiga qanday o'tkaziladi?
15. Nima uchun motor rejimiga o'tkazilgan generator aylanishining yo'nalishi o'zgaraydi?

8-ish. Elektr mashina kuchaytirgichi (EMK)

Ishdan maqsad. Ko'ndalang magnit maydonli elektr mashina kuchaytirgichining tuzilishi va ish prinsipini o'rganish hamda uning asosiy xarakteristikalarini olish va parametrlarini aniqlash.

Ish rejasi. Elektr mashina kuchaytirgichining tuzilishi va ishlash prinsipi. EMK ning salt ishlash tajribasidan salt ishlash xarakteristikasini olish. EMK ning turli kompensatsiyalanish darajalarida uning tashqi xarakteristika tajribasini o'tkazish.

Rostlash xarakteristika rejimida ishlovchi EMK ning $K_k = f(P)$ xarakteristikasini olish va qurish.

EMK dan foydalanib o'zgarmas tok motorini ishga tushirish, reverslash va uning tezligini rostlash.

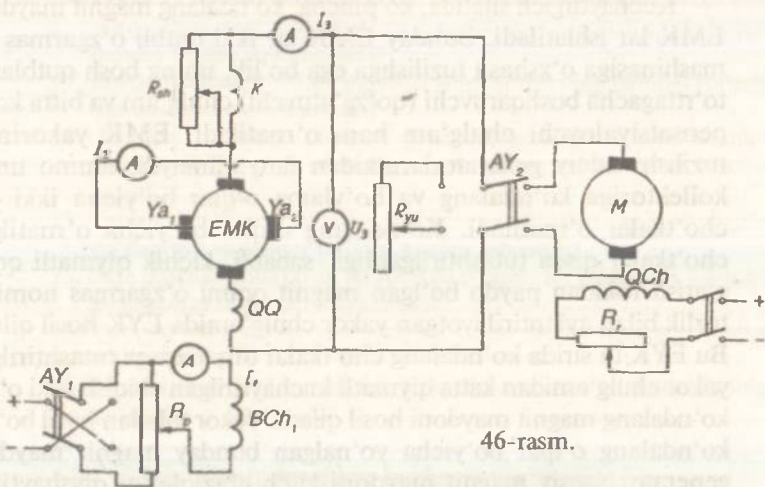
Ishning bajarilish tartibi. Ko'ndalang magnit maydonli elektr mashina kuchaytirgichlar avtomatikada keng tarqalgan bo'lib, ular ham boshqa tipdagi kuchaytirgichlar singari juda kichik signallar vositasida katta quvvatlarni boshqarishga mo'ljallanadi. Oddiy o'zgarmas tok mashinalari (generatorlar)ning kuchaytirish koeffitsiyentlari 20÷30 ga teng bo'lib, EMK lardan olinuvchi foydali quvvat ularga beriluvchi signal quvvatga nisbatan juda katta bo'ladi. Kuchlanish koeffitsiyenti K_k qiymatini oshirish maqsadida ikki va uch bosqichli EMK lardan foydalaniladi. EMK larga yuqori kuchaytirish koeffitsiyentlaridan tashqari tezkorlik, xarakteristikalarining stabilligi va katta yuklanish xususiyatini oshirish talablari ham qo'yiladi.

Kuchaytirgich sifatida, ko'pincha, ko'ndalang magnit maydonli EMK lar ishlatiladi. Bunday EMK lar ikki qutbli o'zgarmas tok mashinasiga o'xshash tuzilishga ega bo'lib, uning bosh qutblariga to'rttagacha boshqaruvchi (qo'zg'atuvchi) chulg'am va bitta kompensatsiyalovchi chulg'am ham o'rnatiladi. EMK yakorining tuzilishi oddiy generatorlarnikidan farq qilmaydi, ammo uning kollektoriga ko'ndalang va bo'ylama o'qlar bo'yicha ikki juft cho'tkalar o'rnatiladi. Ko'ndalang o'qlar bo'yicha o'rnatilgan cho'tkalar qisqa tutashtirilganligi sababli, kichik qiymatli qo'zg'atish tokidan paydo bo'lgan magnit oqimi o'zgarmas nominal tezlik bilan aylantirilayotgan yakor chulg'amida EYK hosil qiladi. Bu EYK ta'sirida ko'ndalang cho'tkalar orqali qisqa tutashtirilgan yakor chulg'amidan katta qiymatli kuchaytirilgan chiqish toki o'tib, ko'ndalang magnit maydoni hosil qiladi. Yakor tokidan hosil bo'lib, ko'ndalang o'qlar bo'yicha yo'nalgan bunday magnit maydoni generator asosiy magnit maydoni kuch chiziqlarini qiyshaytirib, kommutatsiya jarayonini yomonlashtiradi. EMK da esa ko'ndalang o'q bo'yicha yo'nalgan yakor tokining magnit maydonidan, mashinaning ikkinchi kuchaytirish bosqichiga beriladigan signal sifatida foydalaniladi. Haqiqatan, ko'ndalang o'qlar bo'yicha yo'nalgan yakor tokining magnit maydoni ta'sirida aylanayotgan yakor chulg'amining bo'ylama o'qlar bo'yicha yo'nalgan qismida katta EYK hosil qiladi. Demak, EMK ning chiqish qismiga yuklama ulansa, bu EYK ta'sirida zanjirdan katta qiymatli yuklanish toki o'tadi. EMK yakorining bu yuklanish tokidan bo'ylama o'q bo'yicha yo'nalgan kuchli magnit oqimi hosil bo'ladi va bu oqim EMK qutblaridagi bo'ylama o'q bo'yicha yo'nalgan asosiy magnit oqimiga teskariligi sababli mashinaning qo'zg'atish va ishlash jarayoni o'z-o'zidan yo'qoladi. Demak, bunday sxemada mashina ishlay olmaydi. Bu hodisa yakor reaksiyasi deyilib, uning ta'sirini yo'qotadi, EMK ni normal ishlatish uchun mashina qutbiga kompensatsiyalovchi chulg'am o'rnatiladi va bu chulg'amdan yakor toki o'tkaziladi.

46-rasmda EMK ni tekshirish sxemasi ko'rsatilgan.

EMK ning kirish qismiga turlicha teskari bog'lanish signallari yig'indisini berish hamda uning ishini stabillashirish uchun mashina qutbiga to'rttagacha boshqaruvchi chulg'am BCH o'rnatiladi.

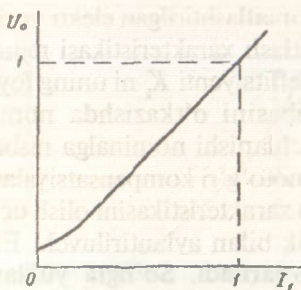
Kuchaytirgichni ishlatishda EMK ning yakori o'zgarmas nominal tezlik bilan aylantirilib, uning biror boshqaruvchi chulg'amlari BCH₁ ga mustaqil manbadan qo'zg'atish toki I_1 beriladi.



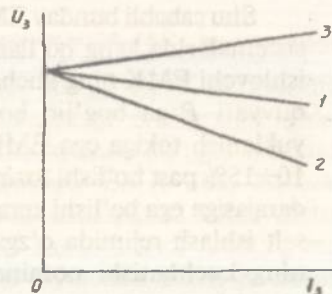
46-rasm.

Bunda zanjirga ulanadigan o'lovchov asboblari va reostatlarni mashina pasportidagi ma'lumotlarga asosan tanlanadi. Salt ishlash xarakteristikasini olish uchun EMK yakori o'zgarmas tezlik bilan aylantirilib, uning kirish qismi BCh_1 ga beriluvchi qo'zg'atish tokini noldan asta-sekin orttiriluvchi qiymati chiqish qismidan olinuvchi kuchlanishini $(1,2 \div 1,3) U_n$ nominal kuchlanishga yetgunga qadar ko'paytirilib boriladi. Bunda yakor chulg'ami ochiq bo'ladi. Tajribadan olingan ma'lumotlarga asosan salt ishlash xarakteristikasi quriladi (47-rasm). Chiqish signalining kirishga proporsionalligini ta'minlash va yuqori kuchaytirish koeffitsiyentiga erishish uchun EMK ning magnit zanjiri to'yinmagan holatda ishlatiladi. Shu sababli salt ishlash xarakteristikasi nominal kuchlanishga qadar to'g'ri chiziq bo'yicha o'zgaradi.

EMK ni ishlatishda uning yuklanish tokidan hosil bo'luvchi yakor reaksiyasining ta'siri to'la yoki qisman kompensatsiyalanadi. Buning uchun kompensatsiyalash chulg'amiga parallel qilib shunt qarshiligi R_{sh} ulanadi va R_{sh} qiymatini rostdash bilan EMK ning kompensatsiyalanish darajasi o'zgartiriladi. EMK ning tashqi xarakteristikasi $U_2 = f(I_2)$ ni olishda $I_1 = \text{const}$, $n_n = \text{const}$ va uning kompensatsiyalanish darajasini o'zgartirmay salt ishlash rejimida EMK kuchlanishi nominalgacha ko'tariladi. Bunda R_{sh} ning qiymati kichik bo'lishi kerak. So'ngra yakor zanjiriga yuklamani ulab turli kompensatsiyalash darajalariga tegishli tashqi xarakteristikalar olinadi.



47-rasm.



48-rasm.

48-rasmda 1-chiziq — normal kompensatsiyalangan, 2-chiziq noto'liq kompensatsiyalangan va 3-chiziq — o'ta kompensatsiyalangan EMK ning tashqi xarakteristikalari ko'rsatilgan. Normal kompensatsiyalangan EMK da yuklanish tokini nominalgacha oshirib borishda uning ko'ndalang cho'tkalar zanjiridagi toki I_2 ning qiymati o'zgarماسligi lozim. Bunga R_{sh} ning qiymatini o'zgartirish bilan va shunt qarshiligining biror o'zgarماس qiymatida erishiladi. Nominal tok yakor chulg'amida hosil qilingan kuchlanishning tushuvi ta'sirida normal kompensatsiyalangan EMK ning tashqi xarakteristikasi absissa o'qiga biroz egilgan, noto'liq kompensatsiyalanishda esa keskin egilgan chiziqlardan iborat bo'ladi. O'ta kompensatsiyalangan EMK ning tashqi xarakteristikasi uning absissa o'qiga parallel chiziqdan iborat bo'lishi lozim.

Agar R_{sh} ning qiymati haddan tashqari katta olinsa, u holda EMK o'z-o'zidan qo'zg'atish rejimida xavfli darajada o'ta yuklanib ishlaydi. Bunda tashqi xarakteristika yuqoriga egilgan chiziqdan iborat bo'ladi. Amalda EMK ning normal kompensatsiyalangan rejimidan foydalaniladi. EMK dan olinuvchi quvvat, uni aylantiruvchi motor quvvati orqali aniqlanadi. EMK dan olingan nominal quvvatning qo'zg'atish chulg'amiga berilgan quvvatga nisbati kuchaytirish ko'effitsiyenti K_k deyilib, uning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$K_k = \frac{P_{chiq}}{R_{kir}} = \frac{U_3 I_3}{U_1 I_1} = \frac{U_{3n} I_{3n}}{U_1 I_1}.$$

Ko'ndalang magnit maydonli EMK lar katta ko'effitsiyentga egadirlar, ya'ni $K_k = 3000 \div 15000$.

Shu sababli bunday EMK lar avtomatlashtirilgan elektr yuritma sistemalarida keng qo'llaniladi. Rostlash xarakteristikasi rejimida ishlovchi EMK ning kuchaytirish koeffitsiyenti K_k ni uning foydali quvvati P ga bog'liq bo'lgan tajribasini o'tkazishda nominal yuklanish tokiga ega EMK ning kuchlanishi nominalga nisbatan $10 \div 15\%$ past bo'lishi lozim, ya'ni u noto'g'ri kompensatsiyalanish darajasiga ega bo'lishi kerak. $K_k = f(P)$ xarakteristikasini olish uchun salt ishlash rejimida o'zgarmas tezlik bilan aylantiriluvchi EMK ning kuchlanishi nominalgacha ko'tariladi. So'ngra yuklanish tokining qiymati $I_3 = 0$ dan $I_3 = 1,2 I_n$ gacha oshirib boriladi va 5÷6 xil yuklanish toklarida o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi. Bunda EMK ning boshqarish chulg'amiga berilgan I_1 tokni oshirib borilsa, $U = U_n = \text{const}$ bo'lishiga erishiladi.

| Tajri- balar | Tajriba ma'lumotlari | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | |
|-----------------|----------------------|-------|-------|-------|------------------------|-------|-------|
| | U_1 | U_3 | I_1 | I_3 | P_1 | P_3 | K_k |
| № | V | V | A | A | W | W | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan jadvaldagi noma'lumlar hisoblanadi:

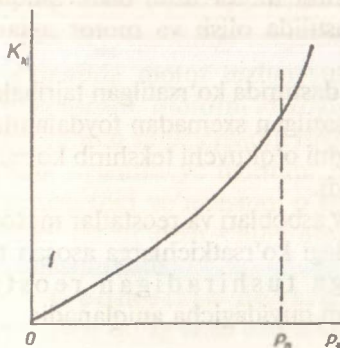
$P_1 = U_1 I_1$ — EMK ning boshqarish chulg'amiga berilgan quvvat;

$P_3 = U_3 I_3$ — EMK ning foydali quvvati;

$K_k = \frac{P_3}{P_1}$ — EMK ning kuchaytirish koeffitsiyenti.

Tajribadan olingan ma'lumotlardan foydalanib, kuchaytirish koeffitsiyenti $K_k = f(P_3)$ xarakteristikasi quriladi (49-rasm).

Bu xarakteristikadan foydali quvvatni oshirish bilan kuchaytirish koeffitsiyenti K_k ning ham ortishini ko'ramiz. EMK dan foydalanib o'zgarmas tok motorini ishga tushirish, reverslash va uning tezligini rostlash uchun 46-rasmda ko'rsatilgan sxema ishlatiladi. Bu tajribani o'tkazish uchun avval EMK ni nominal tezlik bilan aylantirib, o'zgarmas tok motoriga nominal qo'zg'atish toki beriladi va motor M ning yakori EMK ning yakoriga ulanadi. So'ngra EMK ning qo'zg'atish chulg'ami BCH_1 ga beriladigan tokning minimal qiymatiga tegishli potensiometr surilgichi holatini aniqlab, BCH_1 chulg'ami elektr tarmog'iga ulanadi. Qo'zg'atish toki I_1 oshirilganda, EMK kuchlanishi U_3 ortib, natijada motor



49-rasm.

tezligi $n = \frac{U_3 - I_E R}{K_e \Phi}$ ham ortadi.

Motor tezligi EMK ni nominal kuchlanishga erishgunga qadar rostlab boriladi. So'ngra I_1 tokini, va demak, EMK ning kuchlanishini kamaytirish bilan motor tezligi kamaytiriladi va uning minimal qiymatida BCH_1 ga teskari qutbli kuchlanish beriladi. Bunda motor tezligini yuqoridagi singari ilgarigiga nisbatan teskari tomonga rostlash mumkin.



Nazorat savollari

1. EMK ning oddiy o'zgarmas tok generatoridan farqi va afzalliklari nimalardan iborat?
2. EMK qanday tuzilgan?
3. EMK qanday prinsipda ishlaydi?
4. Kompensatsiyalovchi chulg'amning vazifasi nima va u qanday ulanadi?
5. EMK da nima uchun bir necha boshqarish chulg'amlari ishlatiladi?
6. EMK ning salt ishlash xarakteristikasi qanday ko'rinishga ega va nima uchun EMK ni ishlatishda uning magnit zanjiri to'yinmagan holatda bo'lishi kerak?
7. Boshqarish chulg'amlaridagi signallarga nisbatan EMK ning sezgirlik darajasi qanday aniqlanadi?
8. EMK ning tashqi xarakteristikalari qanday quriladi va ularning ko'rinishlariga kompensatsiyalanish darajasi qanday ta'sir ko'rsatadi?
9. Kuchaytirish koeffitsiyenti K_k nima? $K_k = f(P_3)$ xarakteristikasi qanday ko'rinishga ega?
10. EMK orqali o'zgarmas tok motori qanday ishga tushiriladi va uning tezligi qanday rostlanadi?
11. EMK qanday vazifalarni bajaradi?

9-ish. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori

Ishdan maqsad. Motorni ishga tushirish, aylanish yo'nalishini o'zgartirish, tezligini rostlash va ishlash tajribalarini o'tkazish. Motorning ish xarakteristikalarini qurish hamda ularni hisoblash.

Ish rejasi. Motorni ishga tushirish, to'xtatish va aylanish yo'nalishining o'zgartirilishini aniqlash.

Motorning geometrik neytralini motor usuli bilan aniqlash, ish xarakteristikalarini tajriba usulida olish va motor aylanish tezligini turli usullarda rostdash.

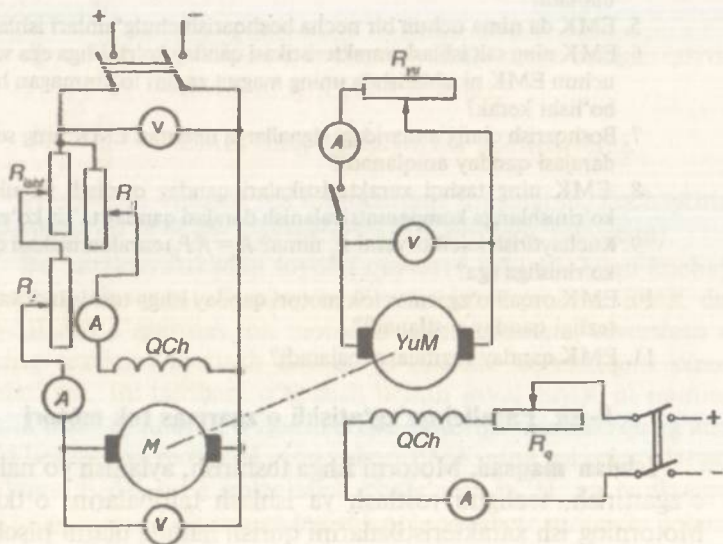
Ishning bajarilish tartibi. Ish dasturida ko'rsatilgan tajribalarni o'tkazish uchun 50-rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalaniladi.

Tuzilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirib ko'rganidan keyin, uni tarmoqqa ulaniladi.

Sxemada ko'rsatilgan o'lchov asboblari va reostatlar motor va yuklanish mashinasi pasportlaridagi ko'rsatkichlarga asosan tanlanadi. Xususan, motorni ishga tushiradigan reostatning qarshiligi R_{isht} taqriban quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{isht} = \frac{U_n}{I_{isht}} = \frac{U_n}{(0,5+1,5)I_n}.$$

Tezlikni rostdash reostati R_p ni tanlashda, undagi kuchlanishning tushuvi nominal kuchlanishning 30÷40% ga teng bo'lishini e'tiborga olish kerak. Qo'zg'atish chulg'ami zanjiri uchun tanlanadigan reostatning R_q qarshiligi chulg'am qarshiligidan 1,5÷2 marta katta bo'lib, yakor nominal tokining 2÷5% ga hisob qilingan bo'lishi lozim. Motorni ishga tushirishdan oldin R_{isht} qarshiligi o'zining maksimumiga, R_f va R_q qarshiliklari esa minimumga keltirilib,



50-rasm.

so'ngra uni tarmoqqa ulanadi. Aylanish tezligining ortib borishi bilan R_{shk} qarshiligi zanjirdan chiqarib boriladi va R_{shk} ning nol qiymatida motor tezligi yuklama bilan aniqlanuvchi qiymatga tenglashadi. Motorni to'xtatish uchun uni elektr tarmog'idan ajratib, reostat surilgichlarini ishga tushirish holatiga keltiriladi. Motorning aylanish yo'nalishini o'zgartirish uchun yakor yoki qo'zg'atish toki yo'nalishini o'zgartirish kifoya. Buning uchun yakor yoki qo'zg'atish chulg'amiga ulanuvchi simlarning o'rinlari almashtiriladi.

Geometrik neytralni motor usulida aniqlash uchun qo'zg'atish tokini kamaytirish yo'li bilan nominal rejimda ishlab turgan motor tezligini nominaldan 10+20% dan ko'proq ko'tariladi va bunda tezlik, qo'zg'atish toki va yakordagi kuchlanish qiymatlari belgilanadi. So'ngra motor to'xtatilib, u teskari tomonga aylantiriladi. Agar qo'zg'atish toki bilan yakor kuchlanishining ilgarigi qiymatlaridan motor tezligi farq qilsa, u holda cho'tkalar holati o'ng va chap yo'nalishlarda bir xil tezlikka erishgunga qadar o'zgartiriladi. Cho'tkalarining aniqlangan bu holati geometrik neytralni belgilaydi.

O'zgarmas nominal kuchlanish $U_n = \text{const}$ va o'zgarmas qo'zg'atish toki $I_{\text{qn}} = \text{const}$ bo'lganda olingan n , I_{ya} , M_2 , $\eta = f(P_2)$ bog'lanishlar parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining ish xarakteristikalari deyiladi. Bunda: n — aylanish tezligi; I_{ya} — yakor toki; M_2 — valdagi aylantiruvchi moment; η — foydali ish koeffitsiyenti (FIK); P_2 — valdagi foydali quvvat.

Ish xarakteristikalarini tajriba usulida olish uchun 50-rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalaniladi. Bunda motor yuklamasi sifatida mustaqil qo'zg'atishli generator (YuM) ishlatilgan. Motorni yuklanishsiz ishga tushirib tajriba o'tkaziladi. So'ngra generator nominal kuchlanishgacha qo'zg'atilib, unga yuklama ulanadi. Generatorning yuklanish tokini oshirish bilan nominal kuchlanishda motor quvvati nominalgacha ko'tariladi va qo'zg'atish tokini o'zgartirish bilan yakorning nominal tokida nominal tezlikka erishiladi. Qo'zg'atish tokining bunday qiymati I_{qn} uning nominal qiymati deyiladi. Ish xarakteristikalarini olishda $U = U_n = \text{const}$ va $I_q = I_{\text{qn}} = \text{const}$ bo'lishi lozim. Motor yuklamasini $P = 1,2 P_{2n}$ dan $P = 0$ gacha o'zgartirib, 5÷6 xildagi yuklanishda o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | | |
|--------------|----------------------|----------|-------|------------|-------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| | U_{ya} | I_{ya} | I_q | n | U_g | I_g | P_1 | P_g | P_2 | M_2 | $\eta_g = \eta_m$ |
| | V | A | A | ayl min | V | A | W | W | W | nm | |

Motor va yuklash generatorlarining quvvati bir-biriga yaqin bo'lganini e'tiborga olib, tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi miqdorlarni hisoblab jadvaldagi noma'lumlar topiladi:

$$\eta_m = \eta_g = \sqrt{\eta_{agr}} = \sqrt{\frac{P_g}{P_1}} \text{ deb qabul qilinadi;}$$

$$P_1 = U_{ya}(I_{ya} + I_q) \text{ — motorga berilgan quvvat;}$$

$P_g = U_g I_g$ — generatoridan olingan quvvat; η_m , η_g , η_{agr} — tegishli motor, generator va agregatning foydali ish koeffitsiyentlari;

$$M_2 = 9,55 \frac{P_2}{n} \text{ — motor validagi aylantiruvchi moment;}$$

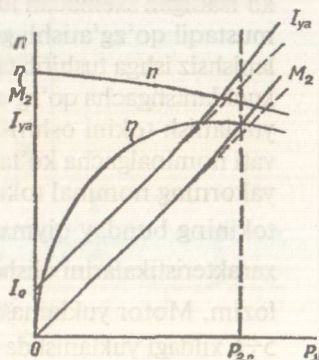
$$P_2 = P_1 \cdot \eta_m = \frac{P_g}{\eta_g} \text{ — motor validagi foydali quvvat.}$$

51-rasmda jadvaldagi ma'lumotlardan foydalanib qurilgan ish xarakteristikalari ko'rsatilgan.

Motor validagi foydali quvvat P_2 ning ortishi bilan yakor toki I_{ya} ham ortib, natijada kuchlanish tushuvi $I_{ya} R_{ya}$ ning qiymati va yakor reaksiyasining ta'siri ko'payadi. Ammo $I_{ya} R_{ya}$ ning ko'payishi, yakor reaksiyasi ta'sirida magnit oqimi Φ ning kamayishiga nisbatan kattaroq qiymatga ega.

Motor tezligi $n = \frac{U_{ya} - I_{ya} R_{ya}}{K_c \Phi}$ bilan ifodalanganligi sababli P_2 ni nominalgacha ortishida tezlik qiymati 3÷5% ga kamayadi. Shu sababli parallel qo'zg'atishli motor qattiq bo'lgan tezlik xarakteristikasi $n = f(P_2)$ ga ega deyiladi.

Motor validagi aylantiruvchi moment $M_2 = 9,55 \frac{P_2}{n}$ ga teng bo'lib, P_2 ning nominalgacha ortishida n ning



51-rasm.

3÷5% ga kamayishi sababli moment $M_2=f(P_2)$ ning grafigi bizoz yuqoriga egilgan chiziqdan iborat bo'ladi.

$$\text{Yakor toki } I_{ya} = \frac{M}{K_m \Phi} = \frac{M_0 + M_2}{K_m \Phi} = I_0 + I_2 \text{ bo'lsa, } P_2 \text{ ning}$$

nominalgacha ortishida salt ishlash momenti M_0 va u bilan aniqlanuvchi salt ishlash toki $I_0=(2+10)\% I_n$ deyarli o'zgarmaydi. Shu sababli $I_{ya}=f(P_2)$ bog'lanish ham $M_0=f(P_2)$ singari o'zgaradi. Salt ishlash tokining mavjudligi va yakor reaksiyasi ta'sirida Φ ning biroz kamayishiga binoan $I_{ya}=f(P_2)$ grafigi, koordinat o'qi-ning boshlanishidan o'tmaydigan hamda $M_2=f(P_2)$ ga nisbatan yuqoriga ko'proq egilgan chiziqdan iborat.

Tarmoqdan motorga beriluvchi P_1 quvvatning bir qismi foydali mexanika quvvat P_2 ga aylanib, qolgan qismiga esa befoyd sarflanadi. Motordan olingan foydali quvvat P_2 ning P_1 ga nisbati η uning foydali ish koeffitsiyenti (FIK) deyiladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Sigma P}$$

Bunda ΣP — motorning turli qismlarida hosil bo'luvchi quvvat isroflarining yig'indisi.

Quvvat isroflarining motor yuklanishiga bog'liq bo'lgan qismi o'zgaruvchi va bog'liq bo'lmagani o'zgarmas quvvat isroflari deyiladi. O'zgaruvchi quvvat isroflari motorning yuklanish tokidan chulg'amni qizitishga sarflanib, uning qiymati yuklanish toki I_{yn} ning kvadratiga proporsional bo'ladi. O'zgarmas quvvat isroflari motor po'lat qismlarini, qo'zg'atish chulg'amini va podshipniklarni qizdirishga sarflanadi. Foydali ish koeffitsiyentining maksimal qiymati o'zgarmas va o'zgaruvchi quvvat isroflari o'zaro tenglashganida sodir bo'lib, maksimal qiymat foydali quvvatning $P_2=0,5 P_n$ dan boshlanib, $P_2=P_n$ gacha saqlanadi. Bunda P_n — motor pasportida keltirilgan foydali quvvatning nominal qiymati.

Qo'zg'atish tokini o'zgartirish orqali, motor tezligini rostlashda kuchlanish va qarshilik momentining qiymatlari o'zgarmay, $U=U_n=\text{const}$, $M_s=\text{const}$ saqlanishi kerak.

Qo'zg'atish tokini reostat bilan kamaytirilganda magnit oqimi Φ ham kamayadi. Bunda aylanuvchi qismlarning inersiyasi sababli tezlik qiymati darhol o'zg'armaydi. Natijada EYK qiymati $E=K_n \Phi$

kamayib, yakor toki $I_{ya} = \frac{U-E}{R_{ya}}$ ko'payadi. Kuchlanish va EYK qiymatlari bir-biridan kam farq qilganligi sababli E ning qisman kamayishi I_{ya} ni keskin ko'paytiradi. Bunda motorning aylantiruvchi $M = K_m \Phi I_{ya}$ momenti ortadi va uning valiga ta'sir etuvchi qo'shimcha dinamik moment $M_{din} = M - M_s$ hosil bo'ladi. Dinamik moment motor tezligini orttirib, EYK ni ko'paytiradi, yakor toki va aylantiruvchi momentni esa kamaytiradi. Tezlikning ortib borishi aylantiruvchi momentning kamayib, qarshilik (statik) momenti M_s ga tenglashgunga qadar davom etadi. Demak, qo'zg'atish toki kamaytirilganida motor yuqori tezlikda, ilgarigiga nisbatan kattaroq yakor tokiga ega bo'lib, yangi turg'un rejimda ishlay boshlaydi. Bu usul bilan tezlik bir tekisda va η qiymatini pasaytirmasdan rostlanadi. Rostlash tajribasini $M_s = 0.5M_{2n} = \text{const}$ da va motor tezligini nominaldan $20 \div 30\%$ ortiq qiymatida o'tkazish yaxshi natijalar beradi.

Motor valiga berilgan qarshilik momenti $M_s = 9,55 \frac{U_n I_n}{\eta_n n}$ ni o'zgartirmay saqlash uchun generatorning elektromagnit momenti $M_s = K_m \Phi I_s$ ni o'zgartirmaslik kerak, buning uchun tajriba davomida generatorning qo'zg'atish va yakor toklarini o'zgartirmay saqlash kifoya. Bunda generatorning nominal tezligi va berilgan yuklanish tokida nominal kuchlanishga erishuvchi qo'zg'atish tokini o'zgartirmay saqlanadi. Tajribadan olingan $5 \div 6$ xil qo'zg'atish tokida o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | |
|--------------|--|----------|-------|------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------|-------|
| | $U_n =$ $= U_n =$ $= \text{const}$ | I_{ya} | I_q | n | $I_s =$ $= \text{const}$ | $I_n =$ $= \text{const}$ | $M_s =$ $= \text{const}$ | P_1 | P_2 |
| | V | A | A | ayl min | A | A | nm | W | W |

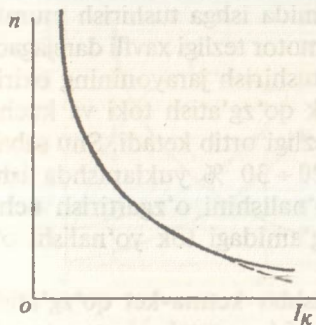
Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi.

$$P_1 = U_n (I_{ya} + I_q); \quad P_2 = \frac{M_s n}{9,55}; \quad \eta = \frac{P_2}{P_1}$$

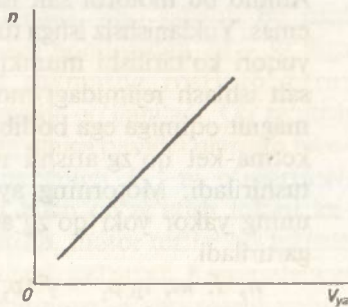
Tajribadan olingan ma'lumotlarga asosan qurilgan xarakteristika $n=f(I_{\kappa})$ 52-rasmda ko'rsatilgan.

Motor tezligi formulasi $n = \frac{U_{ya} - I_{ya} R_{ya}}{K_e \Phi}$ dagi $I_{ya} R_{ya}$ ning kichikligi sababli $-\frac{I_{ya} R_{ya}}{K_e \Phi}$ ni hisobga olmasa ham bo'ladi. Demak, qo'zg'atish toki (magnit oqimi)ni o'zgartirishda motor tezligi giperbola qonunida rostlanadi.

Yakor zanjiriga reostat qarshiligi R_r ni kiritib, $n = -\frac{U_{ya} - I_{ya}(R_{ya} + R_r)}{K_e \Phi}$ asosida motor tezligini rostlashda qo'zg'atish toki va qarshilik momentining qiymatlari o'zgartirilmay saqlanishi kerak. Yakor zanjiriga reostat qarshiligini kiritganda EYK ning qiymati darhol o'zgarasizlik sababli yakor toki $I_{ya} = \frac{U - E}{R_{ya} + R_r}$ kamayadi. Bunda aylantiruvchi moment kamayib, tezlik ham kamayadi, natijada EYK kamayib yakor toki va aylantiruvchi moment ko'payadi. Motor tezligining pasayishi aylantiruvchi moment ko'payib qarshilik momentiga yetgunga qadar davom etadi. Natijada motor past tezlik bilan yangi turg'un rejimda ishlay boshlaydi. Bu usul bilan motor tezligi bir tekisda rostlanadi, ammo u tejamsizdir. Haqiqatan, tezlikni ikki marta kamaytirishda motor quvvatining taxminan yarmisi reostat qarshiligini qizdirish uchun sarflanadi. Rostlash tajribasini o'tkazishda reostat qarshiligini ko'paytirish va demak, yakordagi kuchlanishni kamaytirish bilan tezlik qiymati nominaldan 50÷60% pasaytiriladi va 5÷6 xildagi tezliklarda qiymatlar o'lchab olinadi. Tajriba ma'lumotlariga asosan to'g'ri chiziqdan iborat bo'lgan mazkur $n=f(U_{ya})=f(R_r)$ bog'lanish quriladi (53-rasm).



52-rasm.



53-rasm.



Nazorat savollari

1. Motor qanday ishga tushiriladi?
2. Ishga tushirish reostatidan qanday hollarda foydalaniladi?
3. Motor zanjiridagi reostat surilgichlari ishga tushirish holatiga qanday keltiriladi?
4. Salt ishlash yoki yuklanish rejimida ishlayotgan motorning qo'zg'atish zanjiri uzilsa, qanday hodisa yuz beradi?
5. Motor qanday tartibda to'xtatiladi?
6. Motor aylanish yo'nalishining o'zgarishi qanday amalga oshiriladi?
7. Motorning geometrik neytrali qanday aniqlanadi?
8. Ish xarakteristikalari qanday olinadi va u qanday qonunga asosan o'zgaradi?
9. Motorning foydali ish koeffitsiyentini tushuntirib bering.
10. Qo'zg'atish tokini o'zgartirish bilan motor tezligi qanday rostlanishini aytib bering.
11. Yakor zanjiriga kiritilgan reostat qarshiligini (yakorga berilgan kuchlanishni) o'zgartirish bilan motor tezligi qanday rostlanishini tushuntiring.
12. Tezlikni rostlash usullarining afzallik va kamchiliklarini aytib bering.

10- ish. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori

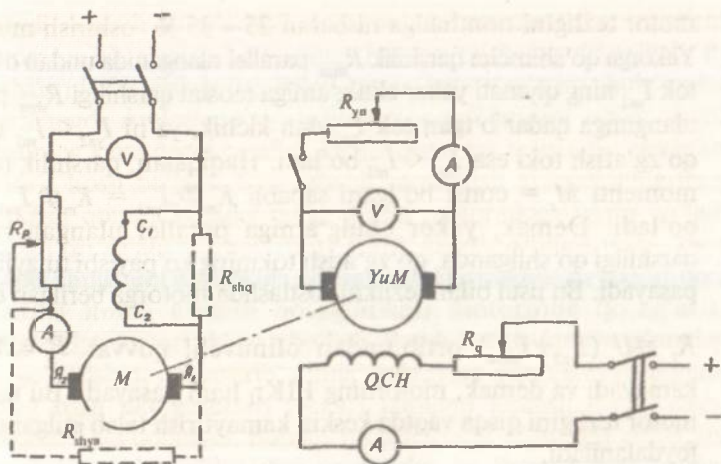
Ishdan maqsad. Tajriba usuli bilan motor xarakteristikalarini olish.

Ish rejasi. Motorni ishga tushirish va aylanish yo'nalishini o'zgartirish.

Ish xarakteristikalarini tajriba usulida olish va ularni qurish. Motor tezligini turli usullarda rostlash.

Ishning bajarilish tartibi. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori ham parallel qo'zg'atishli motor singari ishga tushiriladi. Ammo bu motorni salt ishlash rejimida ishga tushirish mumkin emas. Yuklanishsiz ishga tushirilgan motor tezligi xavfli darajagacha yuqori ko'tarilishi mumkin. Ishga tushirish jarayonining oxirida salt ishlash rejimidagi motor kichik qo'zg'atish toki va kuchsiz magnit oqimiga ega bo'lib, uning tezligi ortib ketadi. Shu sababli ketma-ket qo'zg'atishli motorni 20 ÷ 30 % yuklanishda ishga tushiriladi. Motorning aylanish yo'nalishini o'zgartirish uchun uning yakor yoki qo'zg'atish chulg'amidagi tok yo'nalishi o'zgartiriladi.

$n, I, m, \eta, p_1 = f(p_2)$ bog'lanishlar ketma-ket qo'zg'atishli motorning ish xarakteristikalaridir. 54- rasmda motorning ish

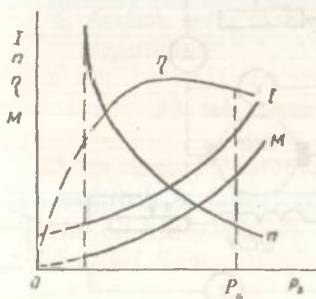


54- rasm.

xarakteristikalarini olish sxemasi ko'rsatilgan. Tuzilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirib ko'rgandan keyin, u tarmoqqa ulanadi.

Motorni nominal quvvatgacha yuklab, ish xarakteristikalari olish uchun motor yuklanishini pasaytira borib, uning tezligi 1,5 n_n gacha ko'tariladi va 5 + 6 yuklanishlarga tegishli qiymatlar o'lchab olinadi. 55- rasmda tajriba ma'lumotlariga asosan qurilgan ish xarakteristikalari ko'rsatilgan.

Ketma-ket qo'zg'atishli motor tezligi ham parallel qo'zg'atishli motorniki kabi usullarda rostlanadi. Yakor zanjiridagi reostat qarshiligi R_p ni o'zgartirib, motor tezligi bir tekisda, ammo tejamisiz rostlanadi. Shu sababli bu usul tezlikni nominaldan 20 + 30 %ga past qiymatda rostlash zarur bo'lganda qo'llaniladi. Qo'zg'atish chulg'amiga parallel ulangan reostat qarshiligi R_{shq} ni o'zgartirish yo'li bilan qo'zg'atish tokini kamaytirib, motor tezligi bir tekisda va tejamli rostlanadi. Kommutatsiya sharoitini o'g'irlashtirmaslik uchun



55- rasm.

motor tezligini nominalga nisbatan $25 \div 35 \%$ oshirish mumkin. Yakorga qo'shimcha qarshilik R_{shya} parallel ulanganida undan o'tuvchi tok I_{ya2} ning qiymati yakor chulg'amiga reostat qarshiligi R_{shya} parallel ulangunga qadar o'tgan tok I_{ya1} dan kichik, ya'ni $I_{ya2} < I_{ya1}$ bo'lib, qo'zg'atish toki esa $I_{qt2} < I_{qt1}$ bo'ladi. Haqiqatan, qarshilik (statik) momenti $M_s = \text{const}$ bo'lgani sababli $K_m \Phi_2 I_{ya2} = K_m \Phi_1 I_{ya1} = M_s$ bo'ladi. Demak, yakor chulg'amiga reostat parallel ulangan reostat qarshiligi qo'shilganda, qo'zg'atish tokining ko'payishi tufayli tezlik pasayadi. Bu usul bilan tezlikni roslashda motorga berilgan quvvat

$P_1 = U (I_{ya2} + I_{shya})$ ortib, undan olinuvchi quvvat $P_2 = M \frac{2\pi n}{60}$ kamayadi va demak, motorning $\text{FIK}\eta$ ham pasayadi. Bu usuldan motor tezligini qisqa vaqtda keskin kamaytirish talab etilgandagina foydalaniladi.

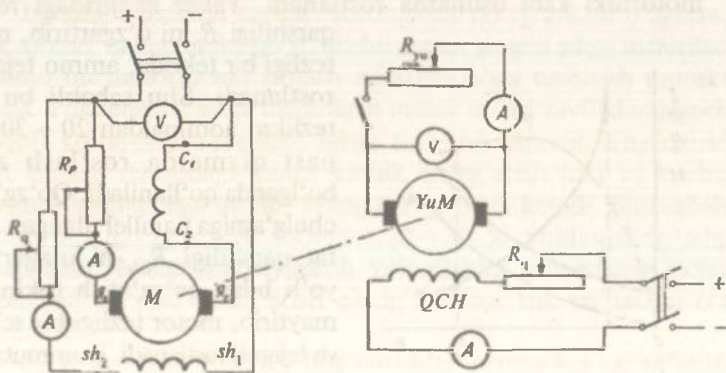


Nazorat savollari

1. 9- ishga doir takrorlash savollariga javob bering.
2. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorini salt ishlash rejimida ishga tushirish mumkinmi?

11- ish. Aralash qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori

56- rasmda aralash qo'zg'atishli motor xarakteristikalarini tajriba usulida olish sxemasi ko'rsatilgan. Tuzilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirib ko'rgandan so'ng uni manbaga



56- rasm.

ulanadi. Aralash qo'zg'atishli motor uchun ham parallel qo'zg'atishli motorning ish planida ko'rsatilgan hamma tajribalar o'tkaziladi. Bu tajribalarni o'tkazishda parallel va ketma-ket qo'zg'atish chulg'amlari mos ulanadi. Aralash qo'zg'atishli motor qutblaridagi asosiy magnit oqimining katta qismi parallel, kichik qismi esa ketma-ket chulg'am tokidan hosil bo'ladi. Shu sababli motor ish ko'rsatkichlarining o'zgarish qonuni parallel qo'zg'atishli motornikiga yaqin bo'ladi. Aralash qo'zg'atishli motorning tezlik xarakteristikasi uning faqat parallel chulg'ami ishtirokida olingan xarakteristikasidan yuqoriroqda o'tsa, u holda aralash qo'zg'atishli motorning qo'zg'atish chulg'amlari teskari ulangan bo'ladi. Bunda ketma-ket chulg'amdagi tok yo'nalishini o'zgartirib, chulg'amlarning mos ulanishi olinadi. Qo'zg'atish chulg'amlari teskari ulangan aralash qo'zg'atishli motorlar ham uchraydi. Bunday motorlarning ketma-ket chulg'ami amper o'ramlari yuklanishni nominalgacha ko'payishida tezlikni o'zgartirmay saqlashga hisoblanadi.

Aralash qo'zg'atishli motorning aylanish yo'nalishini o'zgartirish maqsadida yakor yoki ikkala qo'zg'atish chulg'amlaridagi tok yo'nalishi o'zgartiriladi.



Nazorat savollari

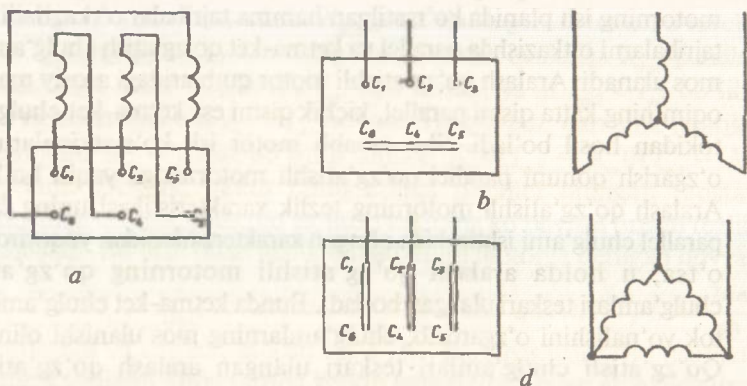
1. 9- ishga doir takrorlash savollariga javob bering.
2. Aralash qo'zg'atishli va parallel qo'zg'atishli motorlar bir-biridan nimasi bilan farq qiladi?
3. Qo'zg'atish chulg'amlarining mos va teskari ulanishlari qanday aniqlanadi?
4. Qo'zg'atish chulg'amlari teskari ulangan motor qanday rejimda ishlaydi?
5. Aralash qo'zg'atishli motorning aylanish yo'nalishi qanday o'zgartiriladi?

12- ish. Faza rotorli asinxron motor

Ishdan maqsad. Motor konstruksiyasi bilan tanishish. Tajribada ishga tushirish, aylanish yo'nalishini o'zgartirish va xarakteristikalarini olishni o'rganish.

Ish rejasi. Stator chulg'amlarining omik va aktiv qarshiliklarini aniqlash.

Transformatsiya koeffitsiyentini aniqlash. Motorni ishga tushirish, to'xtatish va aylanish yo'nalishini o'zgartirish; salt



57- rasm.

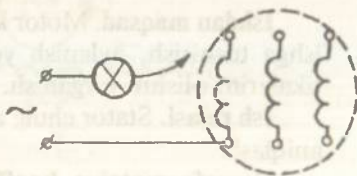
ishlash, qisqa tutashish va ish xarakteristikalarini olish tajribalarini o'tkazib, tegishli xarakteristika grafiklarini yasash. Doiraviy diagrammani yasash va undan foydalanib ish xarakteristikalarini hisoblash. Ish xarakteristikalarini tajribadan olingan xarakteristikalar bilan taqqoslash. Foydali ish koeffitsiyentini aniqlash.

Ishning bajarilish tartibi. Stator chulg'amining boshlari shartli ravishda S_1, S_2, S_3 , oxirlari esa S_4, S_5, S_6 harflari bilan belgilanadi.

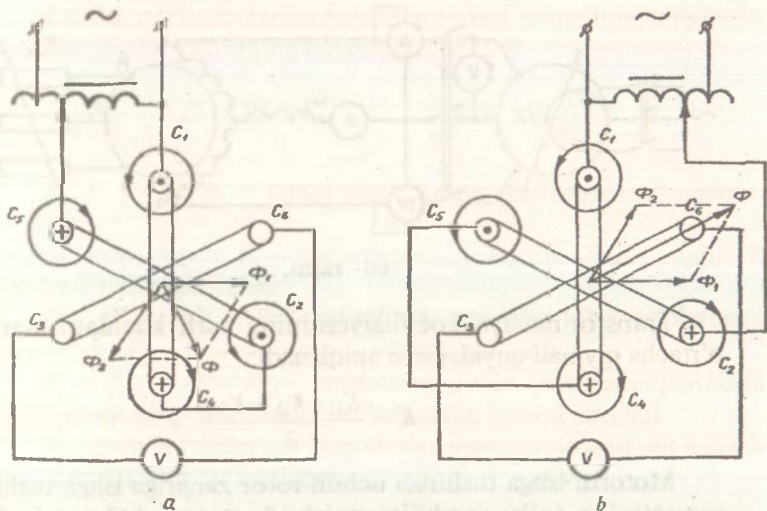
57- rasm, *a* da stator chulg'ami uchlarini mashinaning qismalar qutichasida ulanishi, 57- rasm, *b* da stator chulg'amini yulduz va 57- rasm, *d* da uchburchak sxemalarida ulash ko'rsatilgan.

Stator chulg'ami boshi va oxirlarining har bir fazaga tegishli chulg'am uchlari lampa yoki voltmetrdan foydalanib aniqlanadi (58- rasm). Chulg'amlarning boshi va oxirlarini aniqlash uchun, ikkita faza boshi va oxirlarini ixtiyoriy belgilab ularni tarmoqqa ulanadi. Chulg'amlarga ixtiyoriy qo'yilgan belgilar haqiqiyga to'g'ri kelsa, u holda chulg'amlardan o'tgan tokdan paydo bo'lgan umumiy magnit oqimi uchinchi fazada EYK hosil qiladi (59- rasm, *a*). Bu EYK. ni voltmetr yoki lampa orqali aniqlash mumkin.

Ketma-ket ulanuvchi chulg'amlar biror fazasining boshi va oxiri almashtirilsa, magnit oqimi erkin uchinchi fazaga parallel yo'nalib, unda EYK. hosil qilmaydi (59- rasm, *b*). Bundan shunday



58- rasm.



59- rasm.

xulosa chiqariladi: EYK uchinchi fazada hosil bo'lmasa, elektr tarmog'iga ikkita fazaning boshlari yoki oxirlari ulanib, EYK hosil bo'lsa, bir fazaning boshi va ikkinchi fazaning oxiri ulangan bo'ladi. Shu tartibda uchinchi fazaning ham bosh va oxiri aniqlanadi. Buning uchun bosh va oxiri belgilangan biror fazani erkin qoldirib, unga voltmeter ulanadi, uchinchi fazani esa, qolgan fazaga ketma-ket ulab tok beriladi.

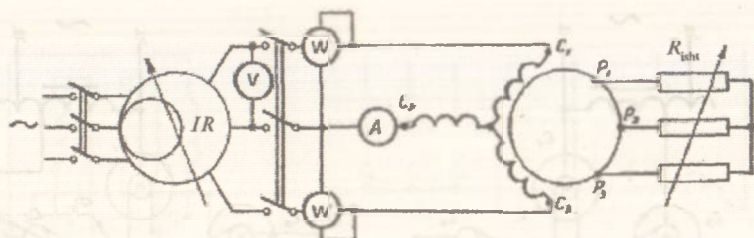
12- ishni bajarish uchun yig'ilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirgandan keyin, u tarmoqqa ulanadi.

Stator va rotor chulg'amlarining omik qarshiliklari voltmeter va ampermetr usulidan foydalanib aniqlanadi.

Transformatsiya koeffitsiyentini aniqlash uchun rotor zanjiri ochiq qoldirilgan motor statorini elektr tarmog'iga ulab, stator va rotordagi liniyaviy kuchlanishlar o'lchanadi. Bunda statorni elektr tarmog'iga induksion rostlagich orqali ulab, unga $0,7 U_n$, $0,8 U_n$ va U_n kuchlanishlar berilib motorning transformatsiya koeffitsiyenti K aniqlanadi:

$$K = \frac{U_{f.st}}{U_{f.r}}$$

Bunda $U_{f.st}$, $U_{f.r}$ — stator va rotor chulg'amlaridagi faza kuchlanishlar.



60- rasm.

Transformatsiya koeffitsiyentining turli kuchlanishlardagi oʻrtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$K = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3}.$$

Motorni ishga tushirish uchun rotor zanjiriga ishga tushirish reostatining toʻla qarshiligi qoʻshilib stator chulgʻami elektr tarmogʻiga ulanadi (60- rasm).

Aylanish tezligining ortishi bilan reostat qarshiligi asta-sekin kamaytirilib ishga tushirish jarayonining oxirida qarshilik qiymati nolga keltiriladi. Baʼzi motorlarda, maxsus dasta yordamida kontakt halqalari oʻzaro qisqa tutashtirilib, choʻtkalar koʻtarib qoʻyiladi. Motor, uni ishga tushirishga teskari tartibda toʻxtatiladi. Aylanish yoʻnalishini oʻzgartirish uchun motorning har qanday ikki fazasini tarmoqqa almashtirib ulash kifoya.

Salt ishlash rejimida ishlayotgan motorning stator toji I_0 , elektr tarmogʻidan oʻlayotgan aktiv quvvati P_0 va quvvat koeffitsiyenti $\cos\phi_0$ ning statorga berilgan kuchlanish U_0 ga bogʻlanishlari uning salt ishlash xarakteristikalari I_0 , P_0 , $\cos\phi_0 = f(U_0)$ deyiladi. Salt ishlash tajribasini oʻtkazishda ishga tushirilgan motor statoridagi kuchlanish qiymati induksion rostlagich orqali 1,2 U_n gacha koʻtarilib, soʻngra uning qiymati 0,25 U_n gacha kamaytiriladi va 5 ÷ 6 xildagi kuchlanishda oʻlchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi (60- rasm).

| Tajribalar | Tajriba maʼlumotlari | | | | Hisoblash maʼlumotlari | | | |
|------------|----------------------|-------|-------|---------|------------------------|-------|--------------|----------|
| | № | I_0 | P_0 | P''_0 | U_0 | P_2 | $\cos\phi_0$ | P_{st} |
| | A | W | W | V | W | | W | W |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi noma'lum miqdorlar hisoblanib ular jadvalning davomiga yoziladi:

$$P_0 = P_0' \pm P_0'; \quad \cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}U_0 I_0}$$

$$P_{m1} = 3I_0^2 \pm R_1 - \text{stator chulg'amini qizitishga sarflangan}$$

quvvat isrofi, bunda: R_1 — stator fazasining tajriba asosida aniqlanib topilgan aktiv qarshiligi;

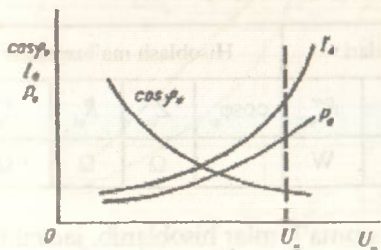
P' , R' — salt ishlash rejimida vattmetrlar bilan o'lchangan quvvatlar; P_0 — motorning salt ishlash quvvati;

$P_p + P_{mex} = P_0 - P_{m1}$ — motorning po'lat qismlarini qizitishga va mexanik ishqalanishlarga sarflanadigan quvvat isroflari.

61- rasmda tajriba ma'lumotlariga asosan qurilgan salt ishlash karakteristikallari ko'rsatilgan.

$P_0 = P_p + P_{mex} + P_{m1} = f(U_0)$ bog'lanishda $P_{mex} = \text{const}$ bo'lib, P_{m1} ning qiymati P_p ga nisbatan ancha kichik bo'ladi.

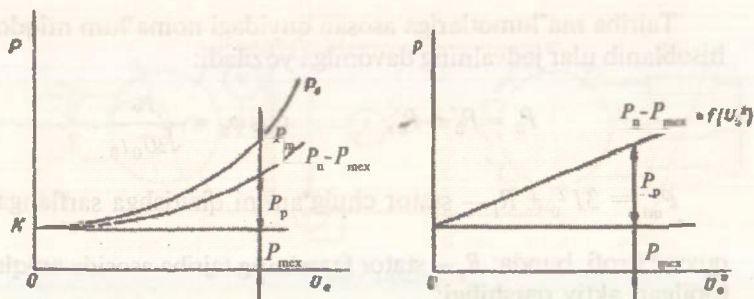
Po'lat qismlarda sarflanuvchi quvvat isrofi P_p ning qiymati induksiyaning kvadratiga bog'liqligi sababli uning o'zgarishi kuchlanish U_0 ning kvadratiga proporsionaldir. Demak, $P_0 = f(U_0)$ bog'lanish ham parabola singari ko'rinishga ega bo'ladi. Stator magnit maydonini havo oralig'i orqali rotorga o'tkazish uchun katta qiymatli MYK va demak, tok talab qilinadi. Shu sababli, asinxron motorlarning salt ishlash toki transformatorlarnikidan bir necha marta katta bo'lib, nominal tokning 25 ÷ 50 % ni tashkil qiladi. Salt ishlash toki I_0 ning asosiy qismi, magnit maydonining qo'zg'atuvchi reaktiv toki I_{or} dan iborat bo'lib, uning aktiv I_{oa} qismi kichik qiymatga egadir. Past kuchlanishlarda magnit zanjirining to'yinmagani sababli tok I_n to'g'ri chiziq bo'yicha o'zgaradi, u



61- rasm.

to'yinganda kuchlanish V_0 ning biroz o'zgarishi tok I_0 ni keskin ko'paytirib yuboradi.

Kuchlanish ortganda magnit zanjirining to'yinishi sababli I_0 tokning reaktiv qismi aktivga nisbatan tezroq ko'payadi va, natijada aktiv quvvatga nisbatan to'la quvvat tezroq ko'payib,



62- rasm.

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}U_0 I_0} \text{ kamayib boradi.}$$

62- rasmda quvvat isroflari P_p va P_{mex} larni aniqlash ko'rsatilgan.

Bunda salt ishlash tajribasining ma'lumotlaridan foydalanib $P_p + P_{mex} = f(U_0)$ bog'lanishni ifodalovchi egri chiziq quriladi va uni ordinata o'qi bilan K nuqtada kesishgunga qadar davom ettiriladi. K nuqtadan absissaga parallel chiziq o'tkazilsa, bu chiziq P_{mex} ni ifodalaydi.

$$P_p + P_{mex} = f(U_0) \text{ o'rniga } P_p + P_{mex} = f(U_0^2)$$

dan foydalanilsa, bog'lanish to'g'ri chiziqqa yaqin bo'lib, quvvat isroflari aniqlash topiladi.

Chulg'amni qisqa tutashtirilgan motor rotorini tormozlab, uning stator chulg'amiga asta-sekin noldan ortib boruvchi kuchlanish berib, qisqa tutashish tajribasi o'tkaziladi. Bu tajribani o'tkazishda stator chulg'amiga beriluvchi kuchlanish qiymati induksion rostlagich orqali stator toki I_1 ning 1,2 I_{1n} qiymatiga yetguncha ko'tarilib (60- rasm), kuchlanishning 4 +5 xil qiymatida o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar | Tajriba ma'lumotlari | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | |
|------------|----------------------|----------|----------|------------|------------------------|----------|----------|----------|
| № | U_{qt} | I_{qt} | P_{qt} | P''_{qt} | $\cos \varphi_{qt}$ | Z_{qt} | R_{qt} | X_{qt} |
| | V | A | W | W | | Ω | Ω | Ω |

Tajriba ma'lumotlariga asosan noma'lumlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi.

$$\cos \varphi_{qt} = \frac{P_{qt}}{\sqrt{3} U_{qt} I_{qt}} \text{ — qisqa tutashish quvvat koeffitsiyenti};$$

$$Z_{qt} = \frac{U_{qt}}{I_{qt}} \text{ — qisqa tutashish to'la qarshiligi};$$

$$R_{qt} = \frac{P_{qt}}{3 I_{qt}^2} \text{ — qisqa tutashish aktiv qarshiligi};$$

$$X_{qt} = \sqrt{Z_{qt}^2 - R_{qt}^2} \text{ — qisqa tutashish induktiv qarshiligi}.$$

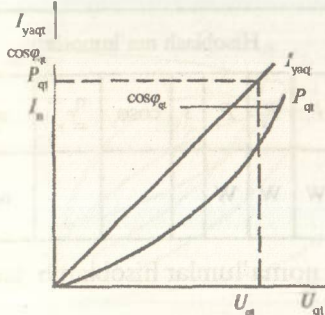
Bunda $P_{qt} = P'_{qt} \pm P''_{qt}$ — qisqa tutashish rejimida vattmetrlar bilan o'lchangan quvvat.

63- rasmda qisqa tutashish tajribasi ma'lumotlari asosida qurilgan qisqa tutashish xarakteristikalari ko'rsatilgan. $R_{qt} = \text{const}$ bo'lib, bu tajriba past kuchlanishda, ya'ni magnit zanjiri to'yinmagan holatida o'tkazilishi sababli, induktiv X_{qt} va to'la Z_{qt} qarshiliklari ham o'zgaras bo'ladi. Shunga binoan, I_{qt} toki U_{qt} ga proporsional ravishda o'zgaradi.

Quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi_{qt} = \frac{R_{qt}}{Z_{qt}}$ bo'lganidan, kuchlanish o'zgariganida $\cos \varphi_{qt}$ o'zgaraydi.

Qisqa tutashish rejimida motorga berilgan quvvat asosan stator va rotor chulg'amlarini qizdirishga sarflanadi. Xususan, R_{qt} quvvati kuchlanishning kvadratiga proporsional ravishda, ya'ni parabola bo'yicha o'zgaradi.

Statorga berilgan kuchlanish $U_1 = U_{1n}$ ning $U_1 = U_{1n}$ const

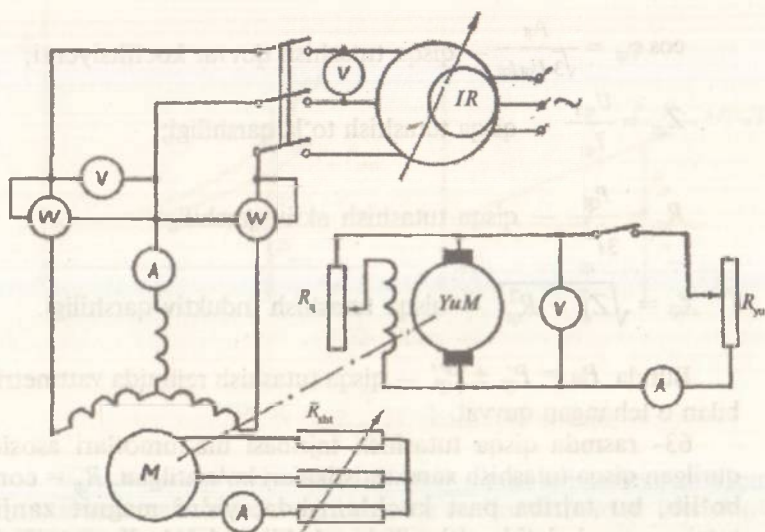


63- rasm.

ligida hamda chastotaning $f = f_n = \text{const}$ ligida olingan bog'lanishlar $P_1, I_1, M_2, \cos \varphi_1, \eta \cdot n; s = f(P_2)$ — motorning ish xarakteristikalari deyiladi.

Bunda: P_1 — motorga berilgan aktiv quvvat, I_1 — stator toki, M_2 — motor validagi moment, $\cos \varphi_1$ — quvvat koeffitsiyenti, η — foydali ish koeffitsiyenti, n, s — motorning aylanish tezligi va sirpanishi.

Ish xarakteristikalarini olish



64- rasm.

tajribalari 64- rasmda ko'rsatilgan sxema asosida o'tkaziladi.

Tajribani o'tkazishda motorga nominal kuchlanish berilib, u salt ishlash rejimida ishga tushiriladi. So'ngra, motor validagi yuklanish generatorini o'zining nominal kuchlanishigacha qo'zg'atilib, unga yuklama ulanadi. Generatorning yuklanish tokini oshirish bilan motor quvvati $R_2 = 0$ dan $R_2 = 1,2 P_{2n}$ gacha ko'tariladi va 5÷6 xil yuklanish tokida o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi. Tajriba davomida motorga berilgan kuchlanish va generator kuchlanishi o'zgartirilmay saqlanadi.

| Tajri- balar | Tajriba ma'lumotlari | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | | | | | |
|-----------------|----------------------|-------|------|-------|------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|-----------------|----------------------|-------|
| № | U_1 | I_1 | P' | P'' | η | U_2 | I_2 | P_1 | P_2 | P_3 | s | $\cos\varphi_1$ | $\eta_{2n} = \eta_1$ | m_2 |
| | V | A | W | W | ayl min | V | A | W | W | W | | | | nm |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan noma'lumlar hisoblanib, jadval davomi to'ldiriladi:

$$P_1 = P' \pm P'' \text{ — motorga berilgan aktiv quvvat;}$$

$R_g = U_g I_g$ — generatordan olingan quvvat;

$$\eta_m = \eta_g = \sqrt{\frac{P_g}{P_1}} \text{ — motor va yuklanish mashinasi (generator)}$$

ning FYK;

$$P_2 = \frac{P_g}{\eta_g} \text{ — motor validagi foydali quvvat;}$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} U_1 I_1} \text{ — motorning quvvat koeffitsiyenti;}$$

$$M_2 = 9,55 \frac{P_2}{n} \text{ — motor validagi aylantiruvchi moment;}$$

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \text{ — motor sirpanishi;}$$

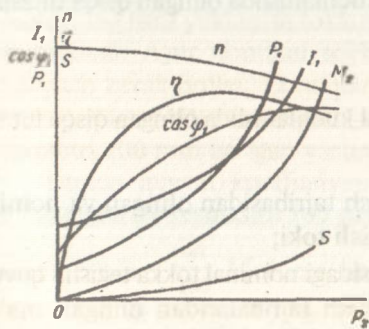
$$n_1 = \frac{60f}{p} \text{ — stator magnet maydonining aylanish tezligi}$$

(sinxron tezlik);

$$n = n_1(1 - s) \text{ — motor valining aylanish tezligi.}$$

65- rasmda tajriba ma'lumotlari asosida qurilgan ish xarakteristikalari ko'rsatilgan.

Motorning turg'un rejimida $M = M_2 = M_0 + M_2$ bo'lib, valdagi foydali moment M_2 ning ortishidan tezlik kamayib boradi. Natijada rotordagi EYK va tok I_2 ortib motorning aylantiruvchi momenti M ko'payadi. Bunda tezlikning kamayib borishi aylantiruvchi moment M ning ortib to M_1 ga tenglashguncha davom etadi. Demak, motor validagi foydali quvvatning ortishi bilan tezlik kamayadi.



65- rasm.

Tezlikning kamayishida rotor chulg'aming induktiv qarshiligi ko'payib, rotor toki sekin ortadi va $\cos \varphi_2$ ning qiymati kamayadi. Shu sababli $n = f(P_2)$ va $s = f(P_2)$ bog'lanishlari sal egilgan chiziq bo'ladi. Sirpanish qiymati salt ishlash rejimida $s = 0,5\%$ bo'lib, kichik quvvatli motorlarning nominal yuklanishida $s = 4 + 8\%$, katta quvvatli larda $s = 2 + 3\%$ bo'ladi.

Shunga binoan, asinxron motorlarning birkarar tezlik xarakteristikasi $n = f(P_2)$ ga ega deb hisoblanadi.

R_2 ning ortib borishi bilan I_1 ham ko'payadi, tezlik esa kamayadi, $M_2 = f(P_2)$ va $I_1 = f(P_2)$ bog'lanishlar biroz egilgan chiziq bo'ladi.

Foydali ish koeffitsiyentining R_2 ga bog'lanishi boshqa motorlarniki singari xarakterga ega bo'lib, o'zgarmas va o'zgaruvchi quvvat isroflari bilan aniqlanadi, FIK ning maksimal η_{\max} qiymati motorning 75 % yuklanishiga mo'ljallanadi. Bunda o'zgarmas $P_p + P_{\max}$ va o'zgaruvchan $P_{m1} + P_{m2}$ quvvat isroflari o'zaro teng bo'ladi. Motor foydali quvvatini orttirib, unga berilgan quvvat R_1 ning

o'zgarishini $P_1 = \frac{P_2}{\eta}$ ifodaga asosan η ning o'zgarishi orqali aniqla-

nadi. Motorning quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3U_1 I_1}} = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}}$ — salt ishlash rejimida taxminan 0,2÷0,3 bo'lib, aktiv quvvat ortganida $\cos \varphi_1$ ning qiymati ham ortadi.

Asinxron motor sirpanishini $s = 0$ dan $s = \infty$ gacha o'zgariganida stator toki vektorlarining oxiri motor doiraviy diagrammasini ifodalaydi. Doiraviy diagrammadan foydalanib, motorning ish va mexanik xarakteristikalarini hisoblash hamda ishga tushirish rejimiga tegishli asosiy miqdorlarni aniqlash mumkin.

Bu diagrammani qurishda salt ishlash va qisqa tutashish tajribalaridan olingan ma'lumotlardan foydalaniladi. Qisqa tutashish tajribasi past kuchlanishda o'tkazilishi sababli olingan ma'lumotlarni nominal kuchlanishga quyidagicha keltiriladi:

$I_{1qt} = I_{qtn} \frac{U_n}{U_{qt}}$ — nominal kuchlanishda olingan qisqa tutashish toki;

$P_{qt} = P_{qtn} \left(\frac{I_{qt}}{I_{qtn}} \right)^2$ — nominal kuchlanishda olingan qisqa tutashish quvvati.

Bunda: I_{qtn} — qisqa tutashish tajribasidan olingan va nominal tokka teng bo'lgan qisqa tutashish toki;

R_{qtn} — qisqa tutashish tajribasidagi nominal tokka tegishli quvvat.

Salt ishlash va qisqa tutashish tajribalaridan olingan ma'lumotlar asosida toklar aylanasini qurish uchun koordinata sistema-

quvvat masshtabi $m_p = m_1 \cdot m_1 U_{inf} \left(\frac{W}{mm} \right)$ Bunda: m_1 — stator fazalarining soni.

Demak, motorga berilgan quvvat quyidagicha aniqlanadi:

$$P_1 = Da \cdot m_p (W).$$

Berilgan quvvat P_1 qiymati absissa o'qidan toklar aylanasigacha bo'lgan perpendikular bilan o'lchanishi sababli bu o'qni P_1 quvvat chizig'i deyiladi. Motordan olinadigan foydali P_2 quvvat L va K nuqtalarda nol bo'lib, bu nuqtalarni birlashtiruvchi chiziqni P_2 quvvat chizig'i deyiladi. Bundan, nominal tokka tegishli foydali quvvat quyidagicha aniqlanadi:

$$P_2 = m_p Db (W).$$

$P_{em} = 0$ bo'lgandagi L va T nuqtalardan elektromagnit quvvat P_{em} ga tegishli chiziq o'tadi. Sirpanish qiymati $s = \pm \infty$ bo'lgan, ya'ni rotorning tezligi cheksiz bo'lgan T nuqtani tajriba usulida aniqlash mumkin bo'lmaganidan P_{em} chizig'ini L va K_1 nuqtalaridan o'tkazib topiladi. K_1 nuqtaning holati quyidagi proporsiyadan aniqlanadi.

$$\frac{R_1}{R_q} = \frac{K_1 K_2}{K K_2}.$$

Bunda: R_1 — stator fazasining aktiv qarshiligi;

R_{qt} — qisqa tutashish qarshiligi.

Nominal tokka tegishli elektromagnit quvvat quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{em} = Dst_r (W).$$

KK_2 kesmasi, qisqa tutashish rejimida motor chulg'amlarini qizitishga sarflangan quvvat isroflarini ifodalaydi, K_1 nuqtasi bilan esa, bu quvvat isroflarini rotor va statorga tegishli qismlari aniqlanadi. $K_2 K_3$ kesmasi motor po'latini qizitishga sarflangan quvvat isrofini ifodalaydi. Quvvat rotorga elektromagnit usulida berilganligidan KK_1 kesmasi qisqa tutashish rejimida rotorga berilgan elektromagnit P_{em} quvvatni ifodalaydi. Bu quvvat rotor chulg'amini qizitishga sarflanadi. Demak, $K_1 K_2$ kesmasi bilan stator chulg'amini qizitishga sarflangan quvvat isrofi aniqlanadi. Bu quvvat isroflarining taxminan tengligi sababli K_1 nuqtasi KK_2 kesmasining o'rtasida bo'ladi. Shunga binoan, rotor va stator chulg'amlarini qizitishga sarflangan quvvat

isroflari $P_{m2} = b c m_r$; $P_{m1} = c d m_r$, bo'lib, motor po'latini qizitishga isrof bo'lgan quvvat esa $P_p = d a m_r$.

$$\text{Motorning aylantiruvchi momenti } M_{em} = \frac{P_{em}}{\omega_1} = \frac{9,55 P_{em}}{n_1},$$

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \text{const bo'lgani tufayli } M_{em} \approx P_{em} \text{ bo'ladi.}$$

Demak, doiraviy diagrammada R_{em} chizig'i momentlar chizig'ini ham ifodalaydi. Elektromagnit moment quyidagicha aniqlanadi:

$$M_{em} = D c m_m.$$

$$\text{Bunda: } m_m = 9,55 \frac{m_p}{n_1} \left(\frac{nm}{mm} \right) \text{ — moment masshtabi.}$$

Qisqa tutashish rejimi $S = 1$ da KK_1 kesmasi rotorga berilgan elektromagnit quvvatni ifodalaydi. Motorni ishga tushirish momenti quyidagicha aniqlaniladi:

$$M_{isr} = KK_1 m_m.$$

Motorning maksimal momentini aniqlash uchun O_1 nuqtasidan momentlar chizig'iga tik chiziq o'tkazib, uning toklar aylanasi kesishgan nuqtasi N dan momentlar chizig'i bilan M nuqtada kesishgunga qadar vertikal chiziq tushiriladi. Bunda, NM kesmasi bilan maksimal moment, ya'ni $M_{maks} = NM \cdot m_m$ aniqlanadi. Sirpanish s ni aniqlashda N nuqtadan absissaga NQ perpendikular o'tkaziladi. So'ngra Q nuqtadan foydali quvvat P_2 chizig'ining davomi bilan kesishguncha va momentlar chizig'iga parallel bo'lgan QE chiziq o'tkaziladi. Bunda QE ning uzunligi 100 ga karrali qilib olinadi. Agar H va D nuqtalardan o'tgan chiziqni QE bilan s nuqtada kesishguncha davom ettirilsa, Hbc va HQE hamda HQS va HDC uchburchaklarining o'xshashligidan sirpanish qiymatining Qs ga proporsionalligi aniqlanadi.

$$S = \frac{P_{m2}}{P_{em}} = \frac{QS}{QE}.$$

Bunda P_{m2} — rotor chulg'amini qizitishga sarflangan quvvat isrofi.

Motorning foydali ish koeffitsiyentini aniqlashda P_2 chizig'ini absissa o'qi bilan A nuqtada kesishgunga qadar davom ettiriladi va A nuqtadan absissa o'qiga perpendikular o'tkaziladi va u quvvat isroflari chizig'ini ifodalaydi. So'ngra foydali

quvvat P_2 chizig'ining davomi bilan quvvat isroflari chizig'ining kesilgan oralig'ida absissa o'qiga parallel va 100 mm ga teng bo'lgan BC chiziq o'tkaziladi. D va A nuqtalaridan o'tgan chiziq BC ni L nuqtada kesadi. Bunda foydali ish koeffitsiyentining qiymati

$\eta = \frac{BL}{BC}$ bo'ladi. Haqiqatan, BL foydali quvvatga, LC esa quvvat isroflariga proporsional kesmalardir. Motorning o'ta yuklanish

xususiyati, $\frac{M_{maks}}{M_n} = \frac{NM}{DC}$ bo'lib, $\frac{M_{isht}}{M_n} = \frac{KK_1}{DC}$.

Doiraviy diagrammadan foydalanib, ish xarakteristikalarini hisoblashda stator tokining qiymatlari $I_1 = (0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25)$ I_n ga tegishli n_2 , η , M_2 , $\cos\phi_1$ va P_2 larni aniqlashning o'zi kifoya. Bunda rotor tezligi n_2 ni $n_2 = n_1(1-s)$ ifodadan topiladi. Foydali ish koeffitsiyentini doiraviy diagrammadan aniqlashda katta xatoliklar bo'lishi mumkin. Shu sababli uni hisoblash yo'li bilan quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

Bunda: $\Sigma P = P_{m1} + P_n + P_{m2} + P_{mex} + P_{qo'sh}$ — quvvat isroflarining yig'indisi;

P_1 — motorga berilgan aktiv quvvat;

$P_{m1} = 3I_{1\phi}^2 R_1$ — stator chulg'amini qizitishga sarflangan quvvat isrofi;

$P_n = \text{const}$ — salt ishlash tajribasida aniqlanadigan, motor po'latini qizdirishga sarflanadigan quvvat isrofi;

$P_{m2} = \frac{P_{cm} S}{100}$ — rotor chulg'amini qizitishga sarflanadigan

quvvat isrofi;

$P_{cm} = P_1 - (P_{m1} + P_n)$ — elektromagnit quvvat;

S — doiraviy diagrammadan aniqlanuvchi motor sirpanishi;

$P_{mex} = \text{const}$ — salt ishlash tajribasidan aniqlanadigan mexanik ishqalanishlarga sarflanuvchi quvvat isrofi;

$P_{qo'sh} = 0,5\% P_1$ — qo'shimcha quvvat isroflari.

Nominal rejimga hisoblangan FIK η ning qiymati motor pasportidagi qiymat bilan taqqoslanadi.



Nazorat savollari

1. Stator chulg'ami fazalari qanday belgilanadi?
2. Stator va rotor chulg'ami qarshiliklari qanday o'lchanadi?
3. Motorning transformatsiya koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
4. Faza rotorli motor qanday ishga tushiriladi?
5. Ishga tushirish reostatining vazifasi nima?
6. Ish xarakteristikalari nima, ular qanday olinadi va qanday qonunga asosan o'zgaradi?
7. Sirpanish deb nimaga aytiladi, uning o'zgarishi nimaga bog'liq?
8. Foydali ish koeffitsiyenti nima, uning o'zgarishi nimaga bog'liq va uni qanday usullarda aniqlanadi?
9. Salt ishlash xarakteristikalari nima va salt ishlash tajribasi qanday o'tkaziladi hamda undan nimalar aniqlanadi?
10. Salt ishlash xarakteristikalari qanday qonun asosida o'zgaradi?
11. Salt ishlash tajribasidagi quvvat isroflari qanday aniqlanadi?
12. Qisqa tutashish tajribasi nima va u tajribada qanday o'tkaziladi hamda undan nimalar aniqlanadi? Bu xarakteristika qanday qonunga asosan o'zgaradi?
13. Asinxron motorning doiraviy diagrammasi nima? Uni yasash uchun qanday qiymatlardan foydalaniladi? U diagramma qanday tartibda quriladi?
14. Ish xarakteristikalarini hisoblash uchun doiraviy diagrammadan qanday foydalaniladi?
15. Quvvat isroflarini aniqlab, motorning foydali ish koeffitsiyenti qanday topiladi?

13- ish. Qisqa tutashirilgan rotorli asinxron motor

Ishdan maqsad. Motorni ishga tushirish usullarini o'rganish va uning ish xususiyatlarini tekshirish.

Ish rejasi. Tajribada motor stator chulg'amiga nominal kuchlanish berib ishga tushirish.

Stator chulg'amini yulduzdan uchburchakka almashtirib ulab ishga tushirish. Stator chulg'amini uchburchak va yulduz sxemalarida ulab motor ish xarakteristikalarini olish hamda ularning grafiklarini qurish.

Ishning bajarilish tartibi. Motorni aylantiruvchi moment uning valdagi qarshilik momentidan katta bo'lgandagina ishga tushirish mumkin.

Bunda ishga tushirish tokining qiymati elektr tarmog'i quvvati bilan chegaralangandan yuqori bo'lmasligi kerak. Aks holda kuchlanishning tushuvi katta qiymatga ega bo'lib, natijada bu elektr

tarmog'iga ulanib ishlab turgan boshqa asinxron motorlarning to'xtab qolishiga olib kelishi ham mumkin. Bunga yo'l qo'ymaslik uchun katta quvvatli motorlarni ishga tushirishda ishga tushirish tokini kamaytirish uchun statorga beriluvchi kuchlanishni pasaytirish kifoya. Asinxron motorlar stator chulg'amini elektr tarmoqqa:

a) reaktor, avtotransformator yoki aktiv qarshilik orqali;

b) yulduzdan uchburchakka almashtirib ulash bilan ishga tushiriladi.

Asinxron motorni elektr tarmog'iga bevosita ulab ishga tushirish eng keng tarqalgan usullardan hisoblanadi.

Bu usulda ishga tushiriluvchi motor statoriga ulanuvchi ampermetrni nominal tokning $5 \div 7$ karrasiga tanlanadi. Stator chulg'amiga beriluvchi kuchlanishni pasaytirib, ishga tushirish toki kamaytirilganda motorning aylantiruvchi momenti kuchlanishning kvadratiga proporsional ravishda kamayadi. Bunday usullardan faqat motorni salt ishlash rejimida yoki kichik yuklanishlar bilan ishga tushirishda foydalaniladi.

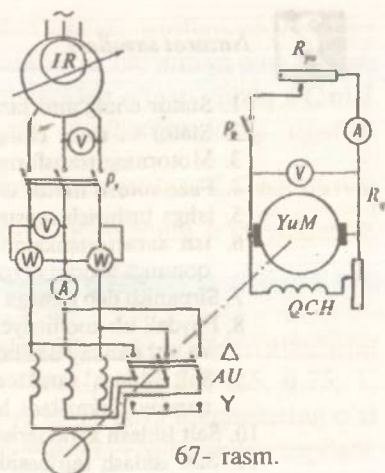
Normal ish rejimida motor uchburchak sxemasida ulanib, kichik yuklanish bilan ishga tushirilishga mo'ljallansa, u holda bunday motor statorini yulduz sxemasida ulab ishga tushiriladi. Ishga tushirish jarayoni tugagach, motor statori uchburchak sxemasiga o'tkaziladi.

67- rasmda motorni yulduz sxemada ishga tushirib, so'ngra uchburchakka almashtirib ulash sxemasi ko'rsatilgan.

Bunda motor validagi yuklanish generatori salt ishlash rejimida bo'lishi kerak.

Yulduz sxemasida ishga tushirilgan motor chulg'amidan

o'tuvchi tok $I_1^Y = I_f^Y = \frac{U_f}{Z} = \frac{U_l}{\sqrt{3}Z}$, uchburchak sxemada tok



67- rasm.

$I_1^\Delta = \sqrt{3}I_1^Y = \sqrt{3}\frac{U_1}{Z} = \sqrt{3}\frac{U_1}{Z}$. Demak, uchburchak sxemasida ishlashga mo'ljallangan motorni yulduz sxemasida ishga tushirilsa, ishga tushirish tokining qiymatini uch marta kamaytirish mumkin, ya'ni,

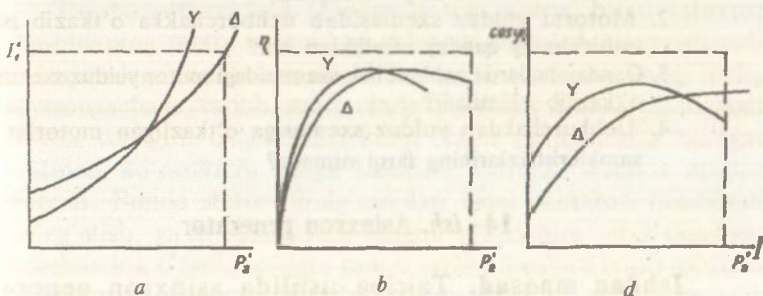
$$\frac{I_1^\Delta}{I_1} = 3.$$

Bunda stator fazasiga berilgan kuchlanish qiymatining $\sqrt{3}$ marta pasayishi sababli motorning aylantirish momenti va quvvati uch marta kamayadi.

Uchburchak sxemasida ishlashga mo'ljallangan motorning quvvati 30 + 40 dan past bo'lsa, uning $\cos \varphi$ va FIK, η qiymatlarini ko'tarishda uni yulduz sxemasiga o'tkazib ishlatish katta texnik va iqtisodiy ahamiyatga ega. Bunga ishonch hosil qilish uchun uchburchak va yulduz sxemalarida ulangan motorning 68- rasmda ko'rsatilgan ish xarakteristikalarini olish va ularni taqqoslash kifoya.

Stator chulg'amini uchburchakdan yulduz sxemasiga o'tkazishda faza kuchlanishining $\sqrt{3}$ marta kamayishi sababli stator chulg'amidagi EYK, E_1 , magnit oqimlari Φ_m va magnitlovchi tok I_0 ham $\sqrt{3}$ marta kamayadi (68-rasm, a).

Elektromagnit moment $M_{em} = K_m I_2^1 \Phi_m \cos \varphi_2$ ning berilgan qiymatida Φ_m ning $\sqrt{3}$ qiymatga kamayishi rotor toki I_2^1 ni $\sqrt{3}$ miqdorga ko'paytiradi. Bunda rotor toki sirpanishning kamayishi hisobiga ko'payadi. Demak, stator toki I_1 ning qiymati kuchlanish va sirpanishning o'zgarishiga bog'liq bo'lib, yuklamaning kichik qiymatlarida stator toki asosan I_0 bilan, katta yuklamlarda esa,



68- rasm.

rotorning stator chulg'amiga keltirilgan tok I_2^1 bilan aniqlanadi. Shu sababli yulduz sxemasida ulangan motorning kichik quvvatlardagi stator tokining qiymati uchburchakdagidan kichik, katta quvvatlardagisi katta bo'ladi. Bunda, rotor toki statorniki singari o'zgaradi. Demak, kichik quvvatlarda motorni uchburchak sxemasidan yulduzga o'tkazib ishlatish stator tokining kamayishi hisobiga chulg'amlardagi quvvat isroflarini kamaytirib, po'lat qismlardagi quvvat isrofi $P_p = U^2$ ni esa uch marta kamayishga olib keladi. Shunga ko'ra, yulduz sxemasida olingan $\eta = f(P_2)$ bog'lanishining grafigi kichik (30 + 40 %) quvvatlarda uchburchakdagidan birmuncha yuqori o'tadi (68-rasm, b, d). Motorning 30 + 40 foizgacha quvvatida uchburchakdan yulduz sxemasiga o'tkazish uning reaktiv Q quvvatini 3 martagacha kamaytiradi. Bunda motorning aktiv $P_1 = P_2 + \Sigma P$ ($P_2 = \text{const}$) quvvati faqat quvvat isrofini biroz kamayishi hisobigagina o'zgaradi. Ammo sanoati-mizda ishlab chiqarilayotgan asinxron motorlar 220 volt faza kuchlanishiga mo'ljallab hisoblanish tufayli ularning normal ishlash rejimi yulduz sxemasiga o'tkaziladi. Lekin kichik quvvatlarda motorni uchburchakdan yulduz sxemasiga o'tkazib ishlatishni hamda qulay ishga tushirishning katta texnikaviy va iqtisodiy ahamiyatga ega tomonlarini hisobga olib, sanoatimiz faza kuchlanishi 380 voltga hisoblangan, ya'ni normal rejimda uchburchak sxemasida ishlatiluvchi motorlarni ham seriyalab ishlab chiqarmoqda.

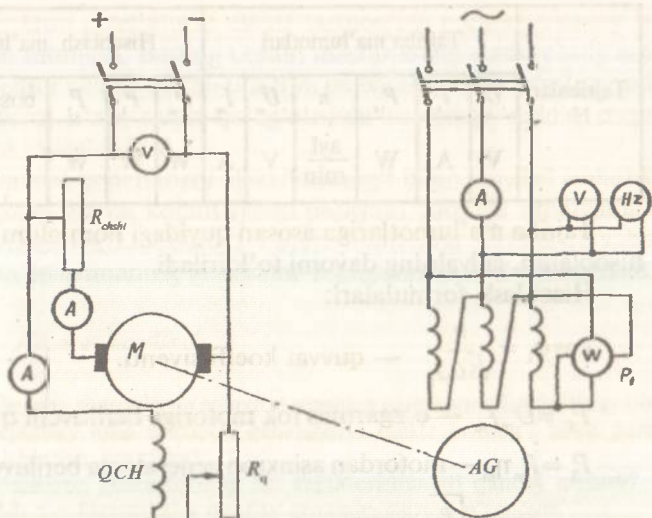


Nazorat savollari

1. Qanday sharoitlarda u yoki bu ishga tushirish usulini qo'llab asinxron motorlar ishga tushiriladi?
2. Motorni yulduz sxemasidan uchburchakka o'tkazib ishga tushirishning qanday afzalliklari bor?
3. Qanday hollarda uchburchak sxemasidagi motor yulduz sxemasiga o'tkazilib ishlatiladi?
4. Uchburchakdan yulduz sxemasiga o'tkazilgan motorlar ish xarakteristikalarining farqi nimada?

14- ish. Asinxron generator

Ishdan maqsad. Tajriba usulida asinxron generator xarakteristikalarini olish va uning xususiyatlarini o'rganish.



69- rasm.

Ish rejasi. Tajriba usulida elektr tarmog‘i bilan parallel ishlaydigan asinxron generatorning ish xarakteristikalarini olish va ularni yasash.

O‘z-o‘zidan qo‘zg‘atishli asinxron generatorning salt ishlash va ish xarakteristikalarini olish va qurish.

Ishning bajarilish tartibi. 69- rasmda asinxron generatorning ish xarakteristikalari I_1 , $\cos\phi_1$, η_g , S ; $P_2 = f(P_1)$ ni tajriba usulida olish sxemasi ko‘rsatilgan.

69- rasmdagi sxemaning to‘g‘riligini o‘qituvchi tekshirib ko‘r-gandan keyin uni tarmoqqa ulanadi.

Tajriba o‘tkazishda o‘zgarmas tok motori bilan asinxron mashinaning motor rejimidagi aylanish yo‘nalishlari moslanadi. So‘ngra o‘zgarmas tok motori bilan asinxron mashinaning tezligi sinxrongacha ko‘tarilib, stator chulg‘ami elektr tarmog‘iga ulanadi. Motor tezligini o‘zgartirish bilan stator chulg‘amiga ulangan vattmetr ko‘rsatkichi nolga keltirilib, birinchi o‘lchov nuqtasi olinadi. Bunda stator chulg‘amidan faqat asinxron mashinani qo‘zg‘atish, ya‘ni aylanuvchi magnet maydonini hosil qiladigan induktiv tok o‘tadi. So‘ngra motor tezligini oshira borib asinxron generator nominal quvvatgacha yuklanadi va 5 + 6 xildagi quvvatda o‘lchab olingan miqdorlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | | |
|--------------|----------------------|-------|----------|---------------------------------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-----------------|-----|----------|
| | U_1 | I_1 | P_{1f} | n | U_m | I_m | P_m | P_1 | P_2 | $\cos\varphi_1$ | S | η_g |
| | V | A | W | $\frac{\text{ayl}}{\text{min}}$ | V | A | W | W | W | | | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi nom'alum miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi.

Hisoblash formulalari:

$$\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3}U_1 I_1} \text{ — quvvat koeffitsiyenti.}$$

$$P_m = U_m I_m \text{ — o'zgaras tok motoriga beriluvchi quvvat.}$$

$$P_2 = P_m \eta_m \text{ — motordan asinxron generatorga beriluvchi quvvat.}$$

$$\eta_g = \eta_m = \sqrt{\frac{P_1}{P_m}} \text{ — FIK.}$$

P_{1f} — vattmetr bilan o'lchab aniqlanadigan generator fazasining aktiv quvvati.

$$P_1 = 3P_{1f} \text{ — generatordan olinadigan aktiv quvvat.}$$

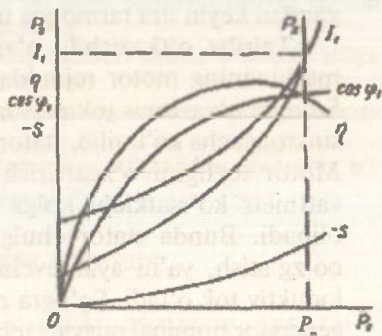
$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \text{ — sirpanish.}$$

I_1 — stator toki.

70- rasmda tajriba ma'lumotlariga asosan qurilgan asinxron generatorning ish xarakteristikalarini ko'rsatilgan. Bu xarakteristikalarining o'zgarish xarakteri asinxron motorning ish xarakteristikalaridan farq qilmaydi.

Demak, asinxron mashinalarni ham boshqa elektr mashinalari kabi motor va generator sifatida ishlatish mumkin.

7 — S. Majidov va boshq.



70- rasm.

Asinxron generatorni elektr tarmog'iga parallel ulamay ham ishlatish mumkin. Buning uchun mashinaning stator chulg'amiga kondensator batareyalarini ulash va bu batareyalarni avval zaryadlab generatorni o'z-o'zidan qo'zg'atishda rotordagi qoldiq magnetizmdan foydalaniladi.

Asinxron generatorni elektr tarmog'i bilan parallel ishlatishda tarmoqdagi quvvat koeffitsiyenti pasayadi, alohida ishlatishda esa qimmatbaho kondensator batareyalarining kerakligi sababli asinxron mashinaning generator rejimidan kam foydalaniladi.



Nazorat savollari

1. Qanday sharoitlarda asinxron mashina generator sifatida ishlay oladi?
2. Qanday qilib asinxron generatorni elektr tarmog'i bilan parallel ishlatish mumkin?
3. Asinxron generatorning ish xarakteristikalarini qanday olinadi?
4. Ish xarakteristikalarini qanday qonunga asosan o'zgaradi?
5. O'z-o'zidan qo'zg'atishli asinxron generator qanday ishlaydi?
6. Nima uchun asinxron mashinalar generator sifatida kam qo'llaniladi?

15-ish. Faza rotorli asinxron mashinaning induksion va faza rostlagich hamda rostlanuvchi reaktiv g'altaklar sifatida ishlatilishi

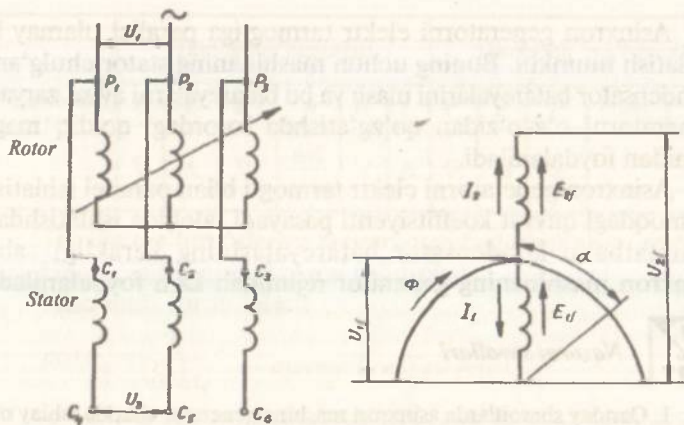
Ishdan maqsad. Tajribada faza rotorli asinxron mashinani induksion va faza rostlagichlar hamda reaktiv g'altak rejimlarida ishlashini tekshirish.

Ish rejasi. Tajriba usulida induksion rostlagich IR ning ikkilamchi kuchlanishi U_2 ni rotor burilish burchagi α ga bog'lanishi $U_2 = f(\alpha)$ ni olish va uning grafisini yasash, IR ning bir fazasi uchun kuchlanishlar vektor diagrammasini qurish, IR ning ish xarakteristikalarini olish va ularning grafisini qurish.

Faza rostlagich (FR)ning birlamchi va ikkilamchi kuchlanish vektorlari orasidagi burchak kosinusini rotorning burilish burchagiga bog'liqligi $\cos \varphi_{12} = f(\alpha)$ ni tajriba usulida olish va uning grafisini qurish.

Tajribada rostlanuvchi reaktiv g'altak tokining rotor burilish burchagiga bog'liqligi $I = f(\alpha)$ ni olish va uning grafisini qurish.

Ishning bajarilish tartibi. 71-rasmda IR ning ulanish sxemasi hamda uning bir fazasidagi tok va EYKlarning yo'nalishi ko'rsatilgan.



71- rasm.

Rostlagichning elektr tarmog'iga yulduz sxemasida ulangan chulg'ami birlamchi, elektr iste'molchisiga ulanuvchi chulg'ami ikkilamchi deyiladi.

Maxsus tayyorlangan IR larda rotor chulg'ami — birlamchi, statorniki — ikkilamchi sifatida ishlatiladi. Asinxron mashinasidan rostlagich sifatida foydalanganda esa, stator chulg'ami birlamchi, rotorniki — ikkilamchi bo'lib xizmat qiladi.

Induksion rostlagich (IR) ning ishlash prinsipi. Birlamchi chulg'am toki I_1 dan paydo bo'lgan aylanuvchi magnet maydoni birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarda tegishli $E_{1f} = C_e \Phi W_1$ va $E_{2f} = C_e \Phi W_2$ EYKlarni hosil qiladi. Salt ishlash rejimida E_{1f} va U_{1f} o'zaro teng va teskari fazada bo'ladilar. Bunda ikkilamchi chulg'andan olinuvchi U_2 kuchlanish qiymati birlamchi chulg'amga beriluvchi faza kuchlanishi U_{1f} bilan ikkilamchi chulg'am E_{2f} EYK larining geometrik yig'indisidan iborat bo'ladi.

$$U_2 = \sqrt{3}(U_{1f} + E_{2f}) \cdot$$

E_{2f} vektorining U_{1f} ga nisbatan yo'nalishi rotorning burilish burchagi α ga bog'liqligi sababli ikkilamchi kuchlanishning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$U_2 = \sqrt{3(U_{1\Phi}^2 + E_{2\Phi}^2 + 2U_{1\Phi}E_{2\Phi} \cos \alpha)} \cdot$$

Demak, rotorni bir tekisda 0° dan ± 180 elektr gradusgacha burish bilan ikkilamchi kuchlanish qiymatini bir tekisda maksimum

$U_{2\max} = \sqrt{3}(U_{1f} + E_{2f})$ dan minimum $U_{2\min} = \sqrt{3}(U_{1f} - E_{2f})$ gacha rostlash mumkin.

Agar birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning o'ramlar soni $W_1 = W_2$ bo'lsa, salt ishlash rejimida ikkilamchi kuchlanish qiymatini 0 dan $2\sqrt{3}U_{1f}$ gacha rostlash imkoni bo'lib, yuklanish rejimida ikkilamchi kuchlanishning qiymati birmuncha pasayadi. Salt ishlash rejimi $I_2 = 0$ da $U_2 = f(\alpha)$ bog'lanishni tajriba usulida olish uchun birlamchi chulg'am elektr tarmog'iga ulanadi va U_{1f} hamda ikkilamchi chulg'am fazalari orasidagi kuchlanish U_2 lar o'lchanadi. Agar U_2 qiymatlari bir-biridan keskin farq qilsa, bu birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarni nomos ulanganidan, ya'ni bu chulg'amlarning tegishli fazalari orasidagi burchaklar turli qiymatga egaligidan darak beradi. Ikkilamchi kuchlanishlarni simmetrik qiymatga keltirish uchun elektr tarmog'ining birlamchi chulg'amga beriluvchi ikki fazasi almashtirilib ulanadi. So'ngra rotorni chervyakli uzatma yordamida ikkilamchi kuchlanishni maksimumga yetguniga qadar buriladi. Rotorning bu holati rotor va stator chulg'am o'qlarining ($\alpha = 0$) yo'nalishiga to'g'ri keladi. α burchagini 0 dan 360 el. gradusga 30° oralig'ida o'zgartirish bilan U_2 qiymati o'lchanib, 12 ta o'lchov nuqtalari quyidagi jadvalga yoziladi.

| | $U_1 = \frac{U_1}{\sqrt{3}} \dots \text{const}; \quad E_{2f} = \dots \text{const}; \quad I_2 = 0$ | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| α (elektr grad) | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 |
| U_2 (volt) | | | | | | | | | | | | | |
| U_2 (hisob) | | | | | | | | | | | | | |

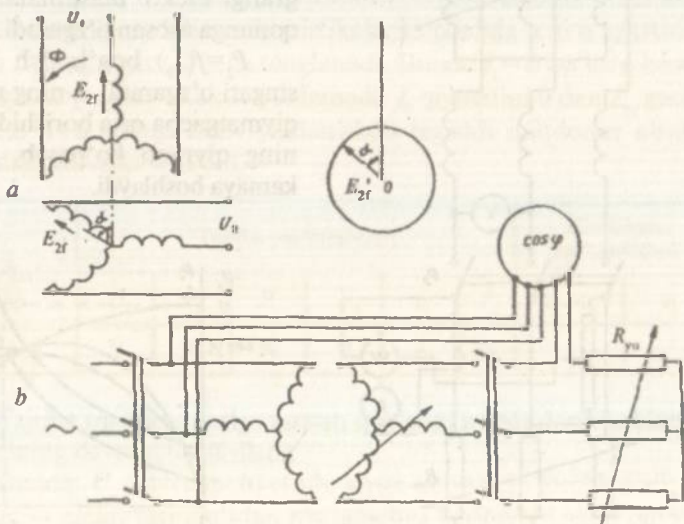
Bunda U_2 qiymatini o'lchashdan tashqari quyidagi formula asosida hisoblaniladi:

$$U_{2\text{hisob}} = \sqrt{3(U_{1f}^2 + E_{2f}^2 + 2U_{1f}E_{2f} \cos \alpha)}.$$

Rotori chervyakli uzatma bilan tormozlangan faza rotorli asinxron mashina faza rostlagich deyiladi. Bunda, rotor va stator chulg'amlari elektr usulida bog'lanmagan bo'lib, stator chulg'ami birlamchi, rotorni — ikkilamchi bo'ladi. Stator chulg'ami elektr tarmog'iga ulansa, aylanuvchi magnit maydoni ta'sirida birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarda tegishlicha $E_1 = C\Phi W_1$ va $E_2 = C\Phi W_2$ EYKlari hosil bo'ladi. Bu EYK larning qiymati o'zgarmas bo'lib, bir-birlaridan transformatsiya koeffitsiyenti hisobiga farq qiladi. E_2 vektorning E_1 ga nisbatan yo'nalishi rotorning burilish burchagi α bilan aniqlanadi. Demak, rotorni bir tekisda burish bilan ikkilamchi kuchlanish fazasini birlamchiga nisbatan 0 dan 360 elektr gradusigacha bir tekisda o'zgartirish mumkin. Bunda $E_{2r} = \text{const}$ bo'ladi. Faza rostlagichlardan avtomatikada va laboratoriyalarda keng foydalaniladi.

75-rasm, *a* da FR ning ulanish sxemasi va EYK lar diagrammasi, 75- rasm, *b* da esa uning tekshirish sxemasi ko'rsatilgan. Tuzilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirib ko'rgandan so'ng, uni tarmoqqa ulanadi.

75-rasm, *b* da fazometr ko'rsatilgan. Fazometrning kuchlanish chulg'ami faza rostlagichning birlamchi zanjiriga, tok chulg'ami



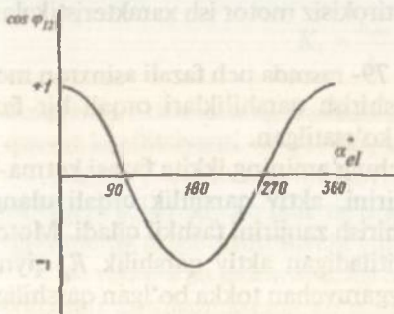
75- rasm.

esa ikkilamchi zanjirga ulanishi sababli rotorning burilishida fazometr bilan birlamchi va ikkilamchi kuchlanish vektorlari orasidagi burchak kosinusi o'lchanadi. Tajriba o'tkazish uchun faza rostlagichga aktiv yuklama berib, yuklanish tokini fazometrning nominal tokigacha oshiriladi. So'ngra rotorni 0° dan 360 elektr gradusigacha burib, har bir 30° burchakda o'lchangan miqdorlar quyidagi jadvalga yoziladi.

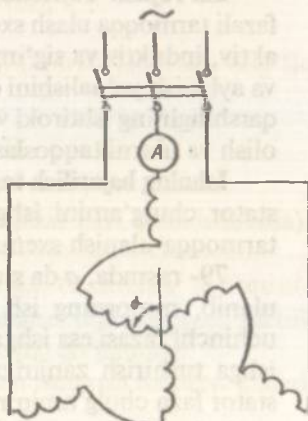
| Tajribalar № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| $\alpha^\circ \text{el}$ | | | | | | | | | | | | |
| $\cos\varphi_{12}$ | | | | | | | | | | | | |
| φ_{12} | | | | | | | | | | | | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan $\cos\varphi_{12}=f(\alpha)$ bog'lanishining 76- rasmda ko'rsatilgan grafigi quriladi.

77- rasmda asinxron mashinaning rostlanuvchi reaktiv g'altak sifatida qo'llanish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda rotori chervyakli uzatma bilan tormozlanib qo'yilgan faza asinxron mashinaning stator va rotor chulg'amlari elektr tarmog'iga ketma-ket ulanadi. 77- rasimga asosan tuzilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirib ko'rgandan keyin, uni tarmoqqa ulashga ruxsat etiladi. Rotorni burish bilan bir fazaga tegishli g'altak induktivligi quyidagi ifoda $L=L_{ca} + L_r + L_{ca} \cos\alpha$ ga asosan rostlanadi. $\alpha = 0^\circ$ da reaktiv

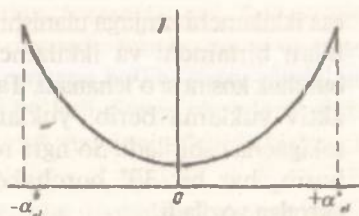


76- rasm.



77- rasm.

g'altak tarmoqqa ulanib, rotorni o'ng va chapga 180 elektr gradusiga burish bilan g'altak toki oshirilib boriladi va tajriba ma'lumotlari asosida $I = f(\alpha)$ grafigi quriladi (78- rasm).



78- rasm.



Nazorat savollari

1. IR nimalardan iborat? U qanday prinsipda ishlaydi va undan qayerlarda foydalaniladi?
2. IR kuchlanishlarining vektor diagrammasi qanday quriladi?
3. Rostlagichning ish xarakteristikalari nima, ular qanday olinadi va qanday qonunga asosan o'zgaradi?
4. FR nima, u qanday qo'llaniladi?
5. FR ning $\cos\varphi_{12} = f(\alpha)$ bog'lanishi qanday olinadi va qanday ko'rinishga ega?
6. Rostlanuvchi reaktiv g'altak nima va uning qarshiligi nima uchun o'zgaradi?

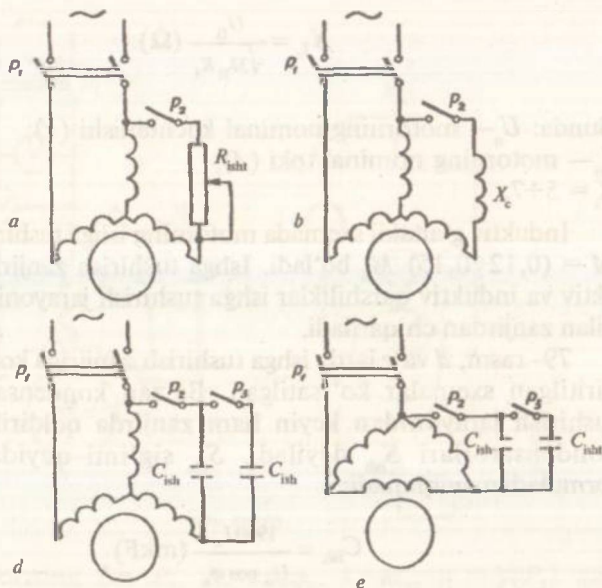
16-ish. Uch fazali asinxron motorni bir fazali elektr tarmog'iga ulab ishlatish

Ishdan maqsad. Tajribada uch fazali asinxron motorni bir fazali elektr tarmog'iga ulab ishlatish sxemalari bilan tanishish va bunday motorning ish xususiyatlarini o'rganish.

Ish rejasi. Tajribada uch fazali motor stator chulg'amini bir fazali tarmoqqa ulash sxemalari bilan tanishish. Stator chulg'amiga aktiv, induktiv va sig'im qarshiliklari ulab motorni ishga tushirish va aylanish yo'nalishini o'zgartirish. Ishga tushirish zanjirida sig'im qarshiligining ishtiroki va ishtirokisiz motor ish xarakteristikalarini olish va ularni taqqoslash.

Ishning bajarilish tartibi. 79- rasmda uch fazali asinxron motor stator chulg'amini ishga tushirish qarshiliklari orqali bir fazali tarmoqqa ulanish sxemalari ko'rsatilgan.

79- rasmda, a da stator chulg'amining ikkita fazasi ketma-ket ulanib, motorning ish zanjirini, aktiv qarshilik orqali ulangan uchinchi fazasi esa ishga tushirish zanjirini tashkil qiladi. Motorni ishga tushirish zanjiriga kiritiladigan aktiv qarshilik R_n qiymati stator faza chulg'amining o'zgaruvchan tokka bo'lgan qarshiligiga yaqin bo'lib, bu qarshilik ishga tushirish toki $I_{\text{ish}} = (5 \div 7) I_n$ ga



79- rasm.

hisoblanadi. 79- rasmlarga asosan tuzilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirib ko'rgandan keyin, ular tarmoqqa ulanadi. Ishga tushirish qarshiligi quyidagi empirik formuladan aniqlanadi.

$$R_{\text{isht}} = \frac{\alpha \eta \cdot \cos \varphi_n}{K_1 P_n} (\Omega),$$

bunda: $\alpha = 0,3 \div 1,3$ — motor xarakteristikalariga bog'liq ko'effitsiyent.

$$K_1 = \frac{I_{\text{isht}}}{I_n} = 5 \div 7$$

$\cos \varphi_n = P_n$ — motorning tegishli nominal FIK (foiz hisobida), quvvat ko'effitsiyenti va quvvati, kW.

Bunday sxemada motorni ishga tushirish momenti $M = (0,1 \div 0,12) M_n$ bo'ladi va u salt ishlash rejimida yoki kichik quvvatlarda ishga tushiriluvchi yuritmalarda qo'llaniladi.

79- rasm, b da motorni ishga tushirish zanjiriga induktiv g'altak (drossel) kiritilgan sxema ko'rsatilgan.

Drossel qarshiligi X_c quyidagi formuladan topiladi:

$$X_L = \frac{U_n}{\sqrt{3}I_n K_i} (\Omega).$$

Bunda: U_n — motorning nominal kuchlanishi (V);

I_n — motorning nominal toki (A);

$K_i = 5 \div 7$.

Induktiv g'altakli sxemada motorning ishga tushirish momenti $M = (0,12 \div 0,15) M_n$ bo'ladi. Ishga tushirish zanjiriga kiritilgan aktiv va induktiv qarshiliklar ishga tushirish jarayonining tugashi bilan zanjirdan chiqariladi.

79- rasm, d va e larda ishga tushirish zanjiriga kondensatorlar kiritilgan sxemalar ko'rsatilgan. Ba'zan kondensatorlar ishga tushirish jarayonidan keyin ham zanjirda qoldirilib, ular ish kondensatorlari S_{ish} deyiladi. S_{ish} sig'imi quyidagi empirik formuladan aniqlanadi:

$$C_{ish} = \frac{1950 I_n}{U_n \cos \varphi_n} (\text{mkF}),$$

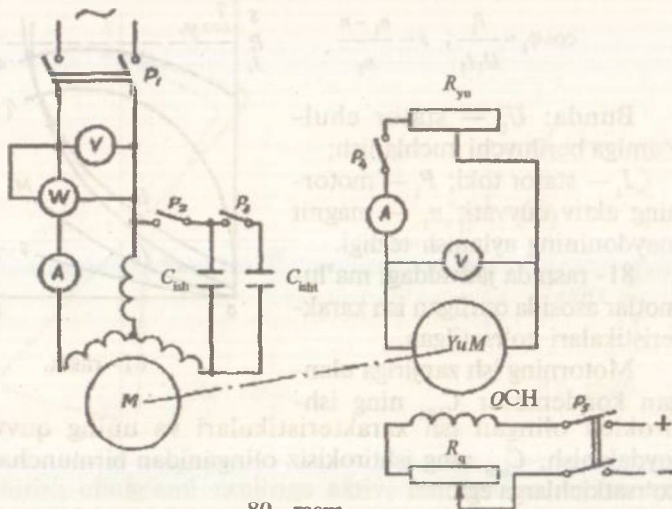
bunda: U_n — motorning nominal kuchlanishi (V);

I_n — nominal tok (A).

Motorni ishga tushirish momenti qiymatini oshirilishi uchun bu jarayon davomida zanjirga qo'shimcha C_{isht} sig'imli kondensator qo'shib, uning sig'imi ish kondensatoriniki C_{ish} ga nisbatan $2 \div 4$ marta katta olinadi. Bunda motorning ishga tushirish momenti $M_{ish} = (0,6 \div 0,8) M_n$ bo'ladi.

79- rasm, a va e sxemalarida ishlovchi motorning quvvati $P = (0,5 \div 0,6) P_n$ bo'lib, 79- rasm d va e sxemalarida esa $P = 0,75 P_n$ bo'ladi.

79- rasm, a , b , d , va e sxemalarga asosan, motorni ishga tushirishda R_{isht} , X_L va C_{isht} zanjiridagi rubilnik yopiladi, stator chulg'ami bir fazali elektr tarmog'iga ulanadi. Motorning aylanish tezligi nominal qiymatga erishgandan so'ng ishga tushirish zanjiridagi rubilnik ochiladi. Aylanish yo'nalishini o'zgartirishda stator chulg'amining ish yoki ishga tushirish zanjiridagi tok yo'nalishi o'zgartiriladi. Buning uchun elektr tarmog'idan uzilgan motorning ish yoki ishga tushirish zanjirlarining tarmoqqa ulanuvchi qismlari o'rnini almashtirib ulash kifoya.



80- rasm.

Motorning ish P_1 , I_1 , $\cos\phi_1$, s , M_2 , $\eta = f(P_2)$ xarakteristiklari $U_1 = U_n = \text{const}$ va $f_1 = f_n = \text{const}$ ligida olinadi. Bu xarakteristikalar ishga tushirish zanjiridagi Ishning ishtiroki va ishtirokisiz olinadi.

80- rasmda bir fazali elektr tarmog'iga ulangan uch fazali motorning ish xarakteristikalarini olish sxemasi ko'rsatilgan. Yig'ilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirib ko'rgandan keyin uni tarmoqqa ulanadi.

Tajriba ma'lumotlari quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | | | |
|-----------------|----------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|------------------------|-------|-------|-------|--------|--------------|-----|
| | U_1 | I_1 | P_1 | n | U_g | I_g | P_g | P_2 | M_2 | η | $\cos\phi_1$ | s |
| | V | A | W | $\frac{\text{ayl}}{\text{min}}$ | V | A | W | W | nm | | | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi miqdorlar hisoblanib, jadval davomi to'ldiriladi:

$$P_g = U_g I_g; \quad P_2 = \frac{P_g}{\eta_g}; \quad \eta_g = \eta_m = \sqrt{\frac{P_g}{P_1}};$$

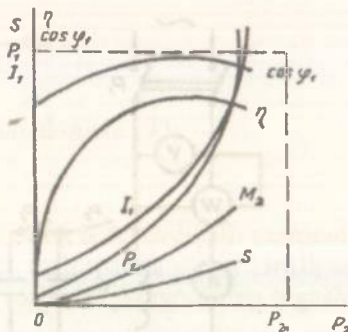
$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{U_1 I_1}; \quad s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

Bunda: U_1^1 — stator chulg'amiga beriluvchi kuchlanish;

I_1 — stator toki; P_1 — motorning aktiv quvvati; n_1 — magnit maydonining aylanish tezligi.

81- rasmda jadvaldagi ma'lumotlar asosida qurilgan ish xarakteristikalari ko'rsatilgan.

Motorning ish zanjiriga ulangan kondensator C_{ish} ning ishtirokida olingan ish xarakteristikalari va uning quvvatidan foydalanish, C_{ish} ning ishtirokisiz olinganidan birmuncha yuqori ko'rsatkichlarga ega.



81- rasm.



Nazorat savollari

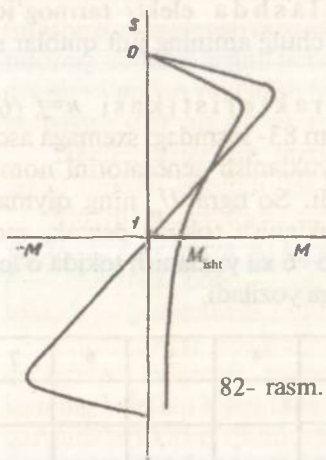
1. Nima uchun uch fazali asinxron motor bir fazali elektr tarmog'idan ta'minlanganda aylantiruvchi moment hosil bo'lmaydi?
2. Yuqoridagi hollarda aylantiruvchi moment qanday hosil qilinadi?
3. Bunday motorni ishga tushirishda qanday sxemalardan foydalaniladi?
4. Motorni ishga tushirishda R_{ish} , X_L , C_{ish} va C_{ish} larning qiymati qanday aniqlanadi?
5. Uch fazali asinxron motor bir fazali elektr tarmog'idan qanday ishga tushiriladi va uning aylanish yo'nalishi qanday o'zgartiriladi?
6. Bunday motorning ish xarakteristikalari qanday olinadi?

17-ish. Bir fazali asinxron motor

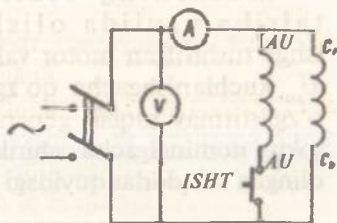
Ishdan maqsad. AOLB tipli motorning ish xususiyatlarini o'rganish.

Ish rejasi. Motorning tuzilishi, uning texnik ko'rsatkichlari va qo'llanishi bilan tanishish. Motorni ishga tushirish, uning aylanish yo'nalishini o'zgartirish va aylanish tezligini rostlash. Motorning tezlik xarakteristikasi $n f(I)$ ni tajriba usulida olish.

Ishning bajarilish tartibi. Bir fazali asinxron motorlar odatda qisqa tutashtirilgan rotorli qilib tayyorlanadi. Ularning statorida ish chulg'amidan tashqari ishga tushirish chulg'ami ham bo'ladi. Ishga



82- rasm.



83- rasm.

tushirish chulg'ami zanjiriga aktiv, induktiv va sig'im qarshiliklarini kiritish bilan undan o'tuvchi tok fazasini ish chulg'amidagiga nisbatan taxminan 90° buriladi. Natijada stator bo'yicha sinxron $n_s = \frac{60 \cdot f}{p}$ tezligi bilan aylanuvchi magnit maydoni va demak, motorni ishga tushiruvchi moment (82- rasm) hosil qilinadi.

Ko'pincha bir fazali asinxron motorlar ishga tushirish chulg'amining solishtirma qarshiligi katta, ko'ndalang kesimi kichik, demak, aktiv qarshiligi katta bo'lgan simdan tayyorlanadi.

Bir fazali AOLB tipidagi asinxron motorlar $n_s = 3000$ ayl/min da $30 \div 600$ W va $n_s = 1500$ ayl/min da $18 \div 400$ W quvvatli qilib ishlab chiqariladi.

Bu tipdagi motorlar quyidagicha ko'rsatkichlarga:

$$\frac{M_{maks}}{M_n} = 1,4 - 2,2; \quad \frac{M_{ishl}}{M_n} = 1 + 1,2 \quad \text{va} \quad \frac{I_{ishl}}{I_n} = 6,5 + 9 \text{ ega.}$$

Motorni ishlatish uchun ishga tushirish chulg'ami zanjiridagi tugma *ISHT* ni bosib stator chulg'amlari tarmoqqa ulanadi va ishga tushish jarayoni tugagach tugma bo'shatiladi (83- rasm). Yig'ilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirib ko'rgandan keyin, uni tarmoqqa ulashga ruxsat beradi.

Aylanish yo'nalishini o'zgartirish uchun motorni ishga tushirish chulg'ami zanjirining uchlarini almashtirib ulash kifoya.

Motor tezligini rostlashda elektr tarmog'idagi chastota qiymati f ni yoki stator chulg'aming juft qutblar soni p o'zgartiriladi.

Motorning tezlik xarakteristikasi $n=f(l)$ ni tajriba usulida olish uchun 83- rasmdagi sxemaga asosan ishga tushirilgan motor validagi yuklanish generatorini nominal U kuchlanishgacha qo'zg'atiladi. So'ngra U ning qiymatini o'zgartirmay saqlab generator yuklanish tokini, demak, motor tokini nominalgacha oshiriladi va $5 \div 6$ xil yuklanish tokida o'lchab olingan miqdorlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| I_m, A | | | | | | | |
| $n, \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$ | | | | | | | |



Nazorat savollari

1. Bir fazali asinxron motorlar qanday tuzilgan?
2. Bunday motorlar qanday ishga tushiriladi?
3. Bunday motorda aylanuvchi magnit maydoni qanday hosil qilinishini tushuntiring.
4. Bir fazali motorlarning asosiy ko'rsatkichlarini aytib bering.
5. Motorning aylanish yo'nalishi qanday o'zgartiriladi?
6. Motor tezligi qanday usullarda rostlanadi?

18-ish. Sinxron generator

Ishdan maqsad. Sinxron generator tuzilishi va xarakteristikalari bilan tanishish.

Ish rejasi. Stator va rotor chulg'amlarining Ω qarshiligini aniqlash. Tajribada salt ishlash xarakteristikasini olish va uning grafigini chizish. Bu xarakteristikani generatorning normal xarakteristikasi bilan taqqoslash va magnit zanjirining to'yinish darajasini aniqlash. Yuklanish tokining nominal qiymatida yuklanish xarakteristikasini olish va uning grafigini yasash. Generatorning tashqi, rostlash, uch, ikki va bir fazali qisqa tutashish xarakteristikalarini olish va ularning grafigini chizish. Sinxron induktiv qarshiliklari X_d, X_q , teskari ketma-ketlik induktiv qarshiligi X_2 va sochilish induktiv qarshiligi X_s ni aniqlash. Salt ishlash va uch fazali qisqa

tutashish xarakteristikalaridan foydalanib X_d ni aniqlash. Generatorning nominal rejimi uchun EYK larning amaliy diagrammasini qurish va undan yuklanish tashlanishida generator kuchlanishining ko'payish qiymati ΔU ni aniqlash.

Ishning bajarilish tartibi. Elektr stansiyalarida asosan uch fazali sinxron generatorlar qo'llaniladi.

Sinxron generatorlar quyidagi miqdorlari bilan xarakterlanadi: U_p, U_r, I_p, I_r — liniya va faza kuchlanishlari va yuklanish toklari; f — chastota, $\cos\phi$ — quvvat koeffitsiyenti; I_{qt} — qo'zg'atish toki, S — generatordan olinadigan to'la quvvat.

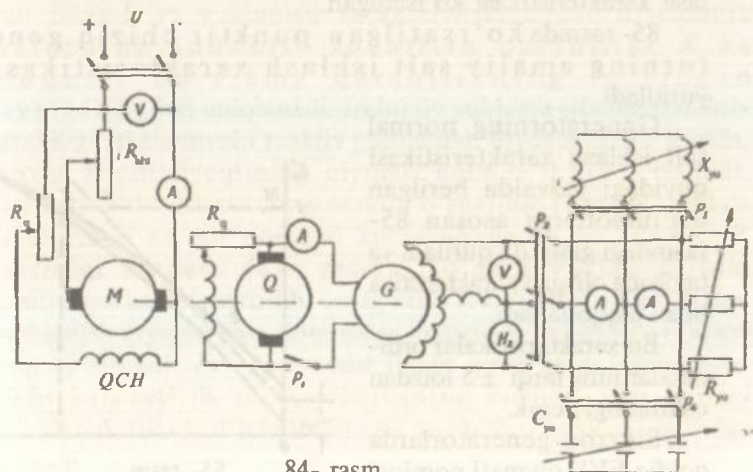
Tajribalarni boshlashdan avval generator tuzilishi, uni qo'zg'atish sistemasi, stator va rotor chulg'amlari bosh va oxirlarining belgilari bilan tanishiladi. Chulg'amlarning omik va aktiv qarshiliklari kirish qismidagi singari aniqlanadi.

Salt ishlash $E_o = f(I_{qt})$ xarakteristikasi, $I=0$; $n = n_n = \text{const}$ bo'lganda olinadi.

Bunda E_o — stator (yakor) chulg'amida hosil bo'lgan EYK.

I_{qt} — rotor (qo'zg'atish) chulg'amining toki.

84- rasmdagi sxemadan foydalanib o'zgarma tezlikda aylantirilayotgan generatorning salt ishlash xarakteristikasini olishda P_1, P_2, P_3 va P_4 rubilniklari ochiq qoldirilib, qoldiq magnetizmdan hosil bo'lgan EYK qiymati aniqlanadi. Rostlash reostati P_{qt} ning maksimumida P_1 rubilnigi ulanadi va P_{qt} qiymatini kamaytirish



84- rasm.

bilan qo'zg'atish tokining qiymati oshirilib, generator kuchlanishi $U = (1,2+1,3) U_n$ gacha ko'tariladi. So'ngra qo'zg'atish tokini nolgacha kamaytirishda salt ishlash xarakteristikasining ikkinchi shoxobchasi olinadi va har bir shoxobchaga tegishli 5+6 xildagi qo'zg'atish tokida o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar | Tajriba ma'lumotlari | | | Hisoblash ma'lumotlari | |
|------------|----------------------|-------|---------|------------------------|---------|
| | I_{qt} | E_o | n | I_{qt}^1 | E_o^1 |
| | A | V | ayl/min | | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi noma'lum miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi:

$$I_{qt}^1 = \frac{I_{qt}}{I_{qto}} - \text{nisbiy qo'zg'atish toki};$$

$$E_o^1 = \frac{E_o}{U_n} - \text{nisbiy EYK};$$

I_{qto} — nominal kuchlanishga tegishli qo'zg'atish toki;

U_n — generatorning nominal kuchlanishi.

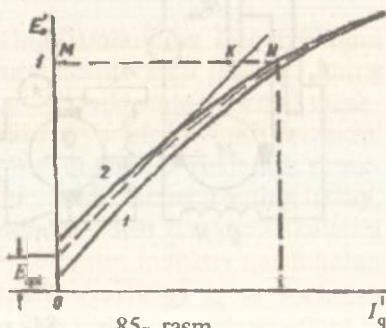
85- rasmda jadvaldagi ma'lumotlarga asosan qurilgan salt ishlash xarakteristikasi ko'rsatilgan.

85- rasmda ko'rsatilgan punktir chiziq generatorning amaliy salt ishlash xarakteristikasi deb yuritiladi.

Generatorning normal salt ishlash xarakteristikasi quyidagi jadvalda berilgan ma'lumotlarga asosan 85- rasmdagi grafikda quriladi va tajribada olingan xarakteristika bilan taqqoslanadi.

Bu xarakteristikalar ordinatorlarining farqi ± 5 foizdan oshmasligi kerak.

Sinxron generatorlarda qoldiq EYK qiymati nominal



85- rasm.

| | | | | | | |
|---------------------------|---|------|-----|------|------|-----|
| I_{qt}^1 | 0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| E_o^1 turbogenerator | 0 | 0,5 | 1,0 | 1,21 | 1,33 | 1,4 |
| E_o^1 gidrogenerator | 0 | 0,53 | 1,0 | 1,23 | 1,3 | |

kuchlanishning 2÷5% ini tashkil etadi. Salt ishlash xarakteristikasi to'g'ri chizikli qismining absissa o'qiga qiyaligi havo oralig'iga bog'liq va havo oralig'i qancha kichik bo'lsa, qiyalik burchagi shuncha katta bo'ladi. Amaliy xarakteristikada nominal kuchlanishga tegishli N nuqtaning o'rniga qarab magnit zanjirining to'yinish darajasi K ni aniqlanadi:

$$K = \frac{KN}{MN} 100 \%$$

Salt ishlash rejimida $20\% \leq K \leq 40\%$ bo'lib, yuklanish rejimida esa K ning qiymati biroz yuqori bo'ladi.

Yuklanish toki — I , quvvat koeffitsiyenti — $\cos\varphi$ va aylanish tezligi $n = n_n$ lar o'zgarmas bo'lganda yuklanish xarakteristikasi $U = f(I_{qt})$ olinadi. Odatda yuklanish xarakteristikasini olish tajribasini induktiv yuklanishda, $\cos\varphi = 0 = \text{const}$ bo'lganda va yuklanish tokining nominalligida o'tkaziladi. Salt ishlash va yuklanish xarakteristikalaridan foydalanib statorning induktiv sochilish qarshiligi X_s va induktiv bo'ylama qarshilikning to'yingan qiymati X_m lari aniqlanadi. Induktiv yuklama sifatida induktiv qarshiligi rostlanuvchi reaktiv g'altakdan foydalaniladi. Bunda, quvvat koeffitsiyentining qiymati $\cos\varphi = 0,1+0,2$ bo'ladi. Tajribani o'tkazish uchun generator o'zgarmas nominal tezlikda aylantiriladi va uni nominal kuchlanishgacha qo'zg'atilib P_3 rubilnigi ulanadi (84- rasm). So'ngra yuklanish toki nominalgacha ko'paytirilib, qo'zg'atish tokini oshirish yo'li bilan kuchlanish qiymati ham nominalga keltiriladi va birinchi o'lchov nuqtasi olinadi. $I = I_n = \text{const}$ ligida qo'zg'atish tokini asta-sekin kamaytirib xarakteristikaning boshqa 5÷6 xildagi qo'zg'atish tokida o'lchab olingan qiymatlari quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | Hisoblash ma'lumotlari | | |
|--------------|----------------------|-----|-----|---------------------------------|---------|-------|
| | I_q | U | I | n | I_q^1 | U^1 |
| | A | V | A | $\frac{\text{ail}}{\text{min}}$ | | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi noma'lum miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi:

$$I_q^1 = \frac{I_{qt}}{I_{qt0}} \text{ — nisbiy qo'zg'atish toki;}$$

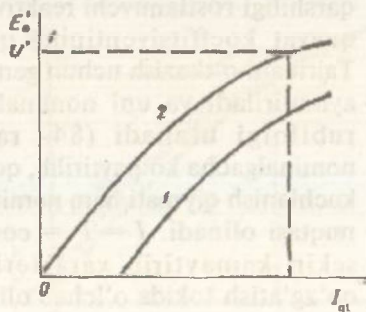
$$U^1 = \frac{U}{U_n} \text{ — nisbiy EYK.}$$

86- rasmda, 1—chiziq—jadvaldagi ma'lumotlar asosida qurilgan yuklanish xarakteristikasi, 2— chiziq—salt ishlash xarakteristikasi.

Yuklanish xarakteristikasi $I = I_n$ va induktiv yuklama $\cos\varphi = 0$ da olinganligi sababli 1 va 2 xarakteristika ordinatalarining farqi yakor reaksiyasining bo'yama o'q bo'yicha magnitsizlantiruvchi amper o'ramlarini ifodalaydi. Yuklanish xarakteristikasining A nuqtasi generatorning $I = I_n$ dagi uch fazali qisqa tutashishiga tegishli bo'ladi.

Generatorning tashqi $U=f(I)$ xarakteristikasi $I_{qt} = \text{const}$ $\cos\varphi = \text{const}$ va $n = n_n = \text{const}$ ligida olinadi. Tashqi xarakteristikalarni olish tajribasi yuklanish tokini nominalgacha orttirib yoki nominaldan nolgacha kamaytirib borib o'tkaziladi.

Buning uchun nominal tezlikda aylantirilayotgan generator nominal kuchlanishgacha qo'zg'atilib, $I = 0$ da xarakteristikaning birinchi o'lchov nuqtasiga tegishli miqdor olinadi. So'ngra R_r rubilnigini ulab aktiv yuklanish qiymatini o'zgartirib yuklanish tokini nominalgacha ko'tariladi va $\cos\varphi = 1$ da xarakteristikaning 5+6 xildagi yuklanishda o'lchab olingan qiymatlarini quyidagi jadvalga yoziladi.



86- rasm.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | Hisoblash ma'lumotlari | | |
|--------------|----------------------|-----|-------|---------------------------------|-------|-------|
| | I | U | I_0 | n | I^1 | U^1 |
| | A | V | A | $\frac{\text{ail}}{\text{min}}$ | | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi: $I^1 = \frac{I}{I_n}$; $U^1 = \frac{U}{U_n}$.

Shu yo'sinda, aktiv-induktiv ($\cos\varphi = 0,8$) va aktiv sig'im ($\cos\varphi = 0,8$) yuklanishlarda tashqi xarakteristikalarini olish tajribalari o'tkaziladi.

Bunda $\cos\varphi = 0,8$ ni olish uchun aktiv yuklama olingan tok qiymati reaktiv yuklama bilan 25% ga ko'paytiriladi.

Tashqi xarakteristikani ikkinchi usulda olish uchun nominal tezlikda aylantirilayotgan generatorning kuchlanishi nominal yuklanish tokida nominalgacha ko'tariladi va birinchi o'lchov nuqtasi olinadi. So'ngra yuklanish tokini nolgacha kamaytira borib, 5—6 xil yuklanish tokida o'lchab olingan miqdorlar yuqoridagi jadvalga yoziladi. Bunday xarakteristikalar ham $\cos\varphi = 1$ va aktiv-induktiv ($\cos\varphi = 0,8$) hamda aktiv-sig'im ($\cos\varphi = 0,8$) yuklamalarda olinadi.

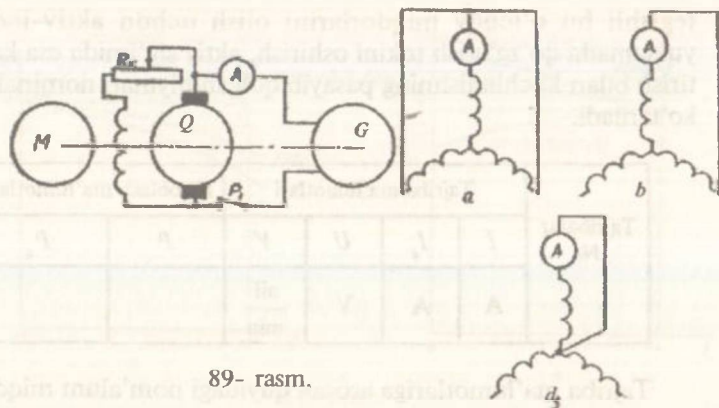
Tajriba ma'lumotlaridan foydalanib, nominal yuklanish tokining nominaldan nolgacha kamaytirilishida generator kuchlanishining ko'payish qiymati ΔU aniqlanadi,

$$\Delta U = \frac{E_0 - U_n}{E_0} 100\%,$$

bunda: E_0 — generatorning salt ishlash rejimidagi EYK (V). Bu EYK qiymati nominal yuklanish tokida generator kuchlanishini nominalgacha ko'paytiruvchi qo'zg'atish tokiga tegishli bo'ladi. U_n — nominal yuklanish tokida olingan nominal kuchlanish.

Sinxron generatorlarda ΔU qiymati quyidagilardan oshmasligi kerak: $\cos\varphi = 1$ da $\Delta U \leq 30\%$; $\cos\varphi = 0,8$ da $\Delta U \leq 45\%$.

87- rasm, a va b larda tegishli yuklanishning ko'payishi va kamayishida olingan tashqi xarakteristikalar ko'rsatilgan. Bu ma'lumotlarni olish uchun tuzilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirib ko'rgandan keyin, uni tarmoqqa ulanadi.



89- rasm.

bog'lanishi $I_{qt} = f(I_q)$ ni qisqa tutashish xarakteristikasi deyiladi. Bu xarakteristikalarni olish uchun stator chulg'aming uch, ikki va bir fazalari o'zaro qisqa tutashiriladi (89- rasm).

Qisqa tutashish tajribalarini o'tkazishda qo'zg'atilmagan generator rotorini nominal tezlikda aylantirilib, stator chulg'aming fazalari 89- rasm, *a*, *b* va *d* sxemalarga asosan ulanadi va qoldiq magnetizm EYK dan hosil bo'lgan faza toki olinadi.

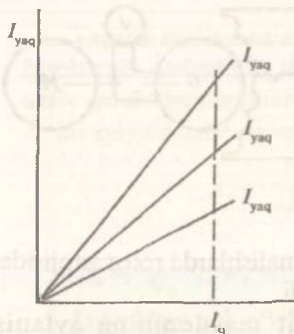
So'ngra P_1 rubilnigi ulanib qo'zg'atish toki minimaldan asta-sekin stator tokining nominalga nisbatan 20% oshguncha ko'paytiriladi va 3÷4 xildagi qo'zg'atish tokida o'lchab olingan miqdorlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | Hisoblash ma'lumotlari | |
|--------------|----------------------|----------|---------------------------------|------------------------|------------|
| | I_q | I_{qt} | n | I_q^1 | I_{qt}^1 |
| | A | A | $\frac{\text{ail}}{\text{min}}$ | | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi noma'lum miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi.

$$I_{qt}^1 = \frac{I_{qt}}{I_n} \text{ — qisqa tutashish tokining nisbiy qiymati.}$$

90- rasmda jadvaldagi ma'lumotlarga asosan qurilgan qisqa tutashish xarakteristikalari ko'rsatilgan.



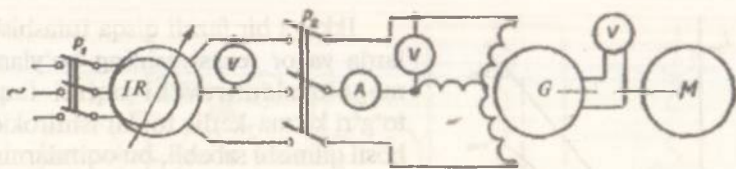
90- rasm.

Ikki va bir fazali qisqa tutashishlarda yakor reaksiyasining bo'ylama magnitsizlantiruvchi oqimi faqat to'g'ri ketma-ketlik toklar ishtirokida hosil qilinishi sababli, bu oqimlarning qiymati uch fazali qisqa tutashishdagiga nisbatan kichik bo'ladi. Shunga binoan sinxron generatorning bir va ikki fazali qisqa tutashish toklari uch fazalidagiga nisbatan katta qiymatga egadir.

Noayon qutbli mashinalarda bu toklar nisbati $I_{q3} : I_{q2} : I_{q1} = 1 : 1,6 : 2,7$; ayonlilarda $1 : 1,2 : 2,2$.

Qo'zg'atilmagan generator rotorini sinxron tezlik bilan aylantirishdagi stator fazasini induktiv qarshiligi uning sinxron induktiv qarshiligi X_s deyiladi. Bu qarshilik yakor reaksiyasi va sochilish magnit oqimlaridan hosil bo'lgan induktiv qarshiliklarning yig'indisidan iborat. Bu qarshilikning qiymati asosan rotor bilan stator o'rtasidagi havo oralig'iga bog'liq. Havo oralig'i kichik bo'lsa, X_s katta bo'ladi. Noayon qutbli generatorlarda, rotor holatidan qat'i nazar, havo oralig'i bir xil va shu sababli X_s ning ko'ndalang va bo'ylama o'qlar bo'yicha olingan qiymati bir xil, ya'ni $X_s = X_{ya} + X_s$ bo'ladi. Bunda: X_{ya} , X_s — tegishli yakor reaksiyasi va sochilish oqimlari bilan aniqlanuvchi induktiv qarshiliklar. Ayon qutbli generatorlarda qutblarning bo'ylama o'qi bo'yicha olingan havo oralig'i ko'ndalangiga nisbatan kichik va shu sababli ko'ndalang o'q bo'yicha topilgan sinxron induktiv qarshilik X_q ning qiymati bo'ylama o'qdagi X_d ning 60-70% ini tashkil qiladi. $X_d = X_{yad} + X_s$ va $X_q = X_{yaq} + X_s$ qiymatlarini 91- rasmdagi sxema asosida tajribadan sirpanish usulida aniqlanadi.

Bunda statorga berilgan past kuchlanishdan hosil bo'ladigan tok nominalning 25% dan oshmasligi lozim hamda rotor zanjiriga noli shkala o'rtasida bo'lgan magnitoelektrik sistemali voltmeter ulanadi. Tajribani o'tkazish uchun generator rotorini sinxronga yaqin bo'lgan tezlikda aylantirilib, induksion rostlagichdan olinadigan kuchlanish qiymati nominal kuchlanishning 10% gacha keltiriladi va stator zanjiridagi rubilnik yopiladi. Bunda stator chulg'amidagi tokdan hosil bo'lgan magnit maydonning aylanish yo'nalishi



91- rasm.

rotornikiga mos bo'lishi kerak. Mos yo'nalishlarda rotor zanjiridagi voltmetr strelkasi sekin tebranib turadi.

Agar rotorning aylanishi magnit maydonining aylanish yo'nalishiga teskari bo'lsa, voltmetr strelkasi tebranmay bir joyda dirillab turadi. Aylanish yo'nalishlarini moslash uchun stator chulg'aming rubilnikka ulangan ikki uchi o'rinlarini almashtirish kifoya.

So'ngra induksion rostlagichdan statorga beriluvchi kuchlanish qiymatini nominalning 20% gacha ko'tarib, 2—3 xil kuchlanishda o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi. Aylanuvchi rotor qutbining bo'ylama o'qi stator magnit maydoni o'qiga mos kelganda magnit oqimi kam qarshilikka uchrab tutashadi va bunda magnitlantiruvchi kuch va u bilan aniqlanadigan stator toki minimal qiymatga ega bo'ladi. Qutbning ko'ndalang o'qi stator magnit maydoni o'qi bilan moslashganda esa magnit oqimi katta qarshilikka uchrab tutashadi va bunda stator toki maksimal qiymatga erishadi. Kuchlanishni rostlovchi qurilma (induksion rostlagich) da kuchlanishning tushuvi turlicha bo'lgani sababli ampermetrning ko'rsatgan minimum qiymatida voltmetr maksimum qiymatni ko'rsatadi va aksincha. Shunday qilib, har bir o'lchovda ampermetr va voltmetr strelkalari tebranishining maksimal va minimal qiymatlari yoziladi.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | |
|--------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|---------|----------|---------|-------------------|
| | U_{max} | U_{min} | I_{max} | I_{min} | X_d | X_q^1 | X_q | X_q^1 | $\frac{X_d}{X_q}$ |
| | V | V | A | A | Ω | | Ω | | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi noma'lum miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi. Bunda stator chulg'ami aktiv qarshiligining kichikligi sababli uni e'tiborga olinmasa, X_d va X_q lar quyidagicha aniqlanadi;

$$X_d = \frac{U_{\max}}{\sqrt{3}I_{\min}}(\Omega); \quad X_q = \frac{U_{\min}}{\sqrt{3}I_{\max}}(\Omega);$$

$$X'_q = \frac{X_d I_n}{U_n}; \quad X'_d = \frac{X_q I_n}{U_n} \text{ — nisbiy birlikdagi } X_d \text{ va } X_q \text{ qiymatlari.}$$

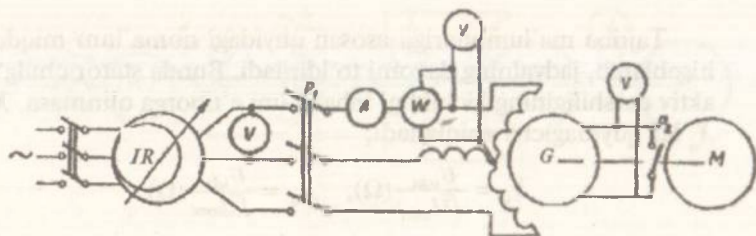
Jadvaldagi uch o'lchovdan qarshiliklarning o'rtacha qiymatlari aniqlanadi.

Asbob strelkalari tebranib turishi sababli olingan qiymatlar biroz noaniq bo'lib, qarshiliklar ham noaniq topiladi. X_d va X_q larni aniqroq topish uchun salt ishlash va uch fazali qisqa tutashish xarakteristikalaridan X_d topilib, (kelgusida berilgan) sirpanish tajribasidan esa $\frac{X_d}{X_q}$ aniqlanadi va bular asosida X_q hisoblanadi.

Fazalari turli yuklanish tokiga ega yoki 1 va 2 fazali qisqa tutashish rejimlarida nol simi bo'lmagan sinxron mashinadagi nosimmetrik stator toklari sistemasini to'g'ri va teskari ketma-ketlikdagi simmetrik sistemalariga ajratish mumkin. Bunda to'g'ri ketma-ketlikdagi toklar sistemasidan hosil bo'lgan magnit maydoni rotor bilan bir xil aylanish yo'nalishi va tezligiga ega bo'lib, teskari ketma-ketlikdagi toklar sistemasidan hosil bo'lgan magnit maydoni rotorga nisbatan ikki marta katta sinxron tezlikda teskari tomonga aylanadi. To'g'ri ketma-ketlik sistemasidagi induktiv qarshiliklar mashinaning simmetrik rejimidagidan farq qilmaydi. Teskari sistema o'ziga tegishli qarshilik $Z_2 = R_2 + jX_2$ ga ega bo'ladi. Teskari ketma-ketlikdagi aktiv R_2 qarshiligi qiymatiga stator chulg'aming aktiv qarshiligi kiradi. Induktiv qarshilik X_2 qiymati hisobiga esa X_1 kiradi.

92- rasmda Z_2 , R_2 va X_2 qarshiliklarni tajriba asosida aniqlashga oid sxema ko'rsatilgan. Yig'ilgan bu sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirib ko'rgandan keyin, uni tarmoqqa ulashga ruxsat etiladi.

Tajribani o'tkazishda sinxron generatorning rotori nominal sinxron tezlikda aylantiriladi va uning statoriga induksion rostlagich orqali 0,1 U_n kuchlanishi beriladi. Bunda statorning magnit maydoni rotorga nisbatan teskariga aylanishi kerak. Teskari aylanishni yuqoridagi singari noli o'rtada bo'lgan magnitoelektrik voltmetr orqali aniqlanadi. So'ngra P_2 rubilnigi bilan rotordagi qo'zg'atish



92- rasm.

chul'ami qisqa tutashtiriladi va statorga berilgan uch xil kuchlanishda tok, kuchlanish va quvvat qiymatlari quyidagi jadvalga yoziladi. Kuchlanishning o'zgarishida tok qiymati nominaldan oshmasligi lozim.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | |
|-----------------|-------------------------|-----|-----|------------------------|----------|----------|---------|---------|
| | U | I | P | Z_2 | R_2 | X_2 | R_2^1 | X_2^1 |
| | V | A | W | Ω | Ω | Ω | | |
| | | | | | | | | |

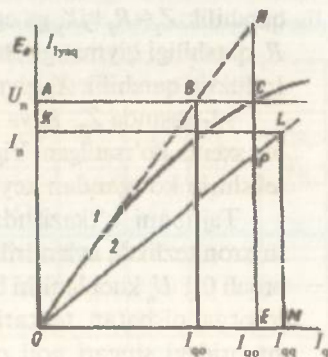
Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi noma'lum miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi.

$$Z_2 = \frac{U}{I} (\Omega); \quad R_2 = \frac{P}{I^2} (\Omega); \quad X_2 = \sqrt{Z_2^2 - R_2} (\Omega);$$

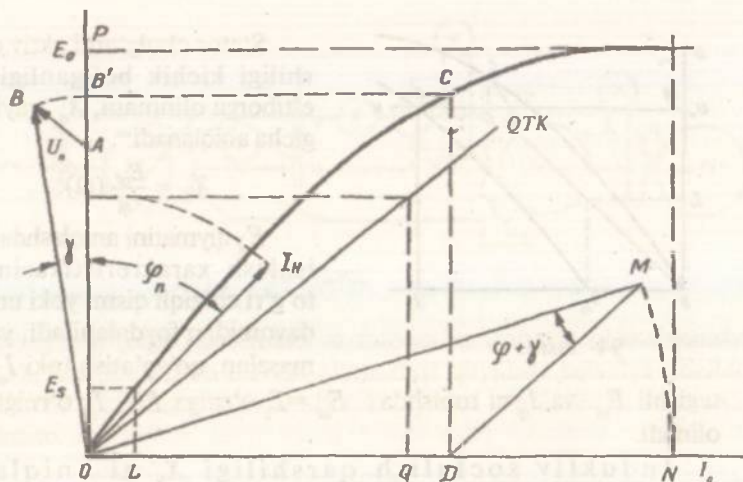
$$R_2^1 = \frac{R_2}{Z_n} = \frac{R_2 I_n}{U_n}; \quad X_2^1 = \frac{X_2}{Z_n} = \frac{X_2 I_n}{U_n}.$$

Uch o'lchovdan qarshiliklarning o'rtacha qiymatlari aniqlanadi. Induktiv qarshilikning to'yinmagan qiymati X_d ni aniqlash uchun 93- rasmda keltirilgan salt ishlash va uch fazali qisqa tutashish xarakteristikalaridan foydalaniladi.

Buning uchun qo'zg'atish tokining berilgan qiymatiga tegishli statorning fazaviy EYK E_{of} va qisqa tutashish toki I_{qt} aniqlanadi.



93- rasm.



95- rasm.

yuborilganda qo'zg'atish toki I_{qn} va rotorning aylanish tezligi n_n o'zgarmaydi, deb qabul qilinadi.

Diagrammani qurishda salt ishlash va qisqa tutashish xarakteristikalari nisbiy birlikda olinib, ordinata o'qi bo'yicha $OA = U_n$ vektori va unga nisbatan φ ($\cos \varphi = 0,8$) burchak ostida yuklanish toki I_n ning vektori o'tkaziladi (95- rasm). A nuqtadan I_n ga perpendikular qilib $AB = I_n X_s = E_s$ vektori qo'yiladi va B bilan O nuqtalari birlashtirilib generatorda hosil bo'luvchi EYK $OB = E_s$ vektori olinadi. OB radiusida olingan yoyni ordinata o'qi bilan kesishgan B' nuqtadan salt ishlash xarakteristikasi bilan C nuqtada keshuvchi gorizonttal o'tkaziladi. C nuqtadan absissa o'qiga tushirilgan perpendikular bilan E_s ni hosil qiluvchi qo'zg'atish tokining $OD = I_{qo}$ qiymati aniqlanadi. Yakor reaksiyasining bo'ylama magnetsizlovchi MYK ini kompensatsiyalashga kerak bo'lgan qo'zg'atish toki I_{qd} ni aniqlash uchun qisqa tutashish xarakteristikasidan $I_{qt} = I_n = FQ$ tegishli $I_{qt} = OQ$ topiladi. So'ngra salt ishlash xarakteristikasida E_s ga tegishli K nuqta va E_s ni hosil qilishdagi qo'zg'atish toki $I_{qs} = OL$ aniqlanadi. Bundan, I_{qd} quyidagicha topiladi:

$$I_{qd} = I_{qt} - I_{qs} = LQ.$$

Qo'zg'atish tokining to'la qiymati I_{qn} ni aniqlash uchun $I_{qo} = OD$ va $I_{qd} = LQ = DM$ vektorlarining geometrik yig'indisini olish kerak.

DM vektori vertikalga nisbatan $\varphi_n + \gamma$ burchaklarning yig'indisi tagida o'tkaziladi. Bu burchak qiymati I_n bilan E_b vektorlari orasidagi burchakka teng olinadi. OM kesmaga teng radiusda o'tkazilgan yoyni absissa o'qi bilan kesishgan N nuqta ON kesmasi bilan aniqlanadigan qo'zg'atish toki $I_{qn} = ON$ ni ifodalaydi. Qo'zg'atish toki I_{qn} dan EYK E_o hosil qilinadi. Demak, yuklama tashlanganda kuchlanishning o'zgarish qiymati $\Delta U = E_o - U_n = AP$ bo'lib, uning foiz miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta U\% = \frac{E_o - U_n}{U_n} 100 = \frac{PN - OA}{OA} 100 = \frac{PB}{OA} 100.$$



Nazorat savollari

1. Sinxron generator salt ishlash xarakteristikasi qanday olinadi?
2. Generator magnit zanjirining to'yinish darajasi qanday aniqlanadi?
3. Generatorning yuklanish, tashqi, rostlash va qisqa tutashish xarakteristikalarini olish tajribalari qanday o'tkaziladi va ular o'zaro qanday farq qiladi?
4. X_q va X_d hamda X_2 va X_3 lar nima va ular qanday aniqlanadi?
5. EYK larning amaliy diagrammasi qanday quriladi va u orqali nima aniqlanadi?

19-ish. Kompaundlovchi qurilmali uch fazali sinxron generator

Ishdan maqsad. Kompaundlovchi qurilmali sinxron generatorning konstruksiyasi va ishlash prinsipini o'rganish.

Ish rejasi. Kompaundlovchi qurilma to'g'risida umumiy tushunchalar, uning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish, kompaundlovchi qurilmani quvvat koeffitsiyenti 0,8 li yuklamaga normal sozlash. Kompaundlovchi qurilmali va oddiy sinxron generatorlarning $\cos\varphi = 0,8$ va $\cos\varphi = 1$ dagi tashqi xarakteristikalarini tajriba usulida olish va ularning grafisini qurish.

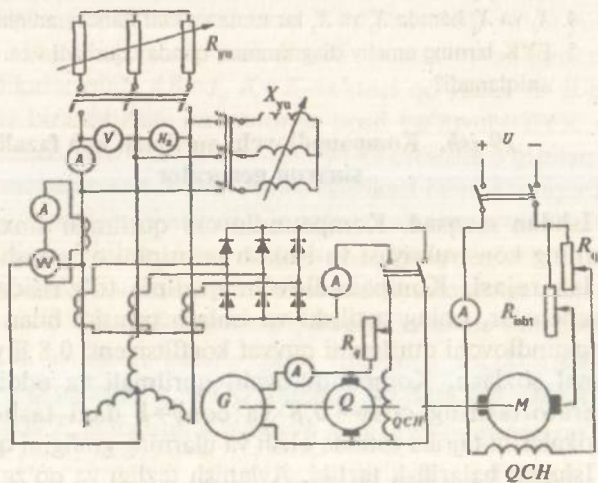
Ishning bajarilish tartibi. Aylanish tezligi va qo'zg'atish toki o'zgarmas bo'lgan sinxron generatorlarga berilgan aktiv va aktiv-induktiv xarakterli yuklamaning ortishi bilan ularning kuchlanishi

kamayib boradi. Bunda nominal tok bilan yuklangan generatorning kuchlanishi nominalga nisbatan 25+45% ga pasayadi. Yuklanishning o'zgarishida generator kuchlanishini avtomatik ravishda o'zgartirmay saqlash vazifasini kompaundlovchi qurilma bajaradi. Bunda kuchlanishning stabiligini yuqori darajada saqlash uchun kompaundlovchi qurilmadan tashqari turli xildagi kuchlanish rostlagichlari qo'llaniladi.

Quvvati 15+60 kV·A bo'lgan mashina qo'zg'atgichli generatorlar universal kompaundlovchi qurilmalar, uch fazali tok transformatori va selen to'g'rilagichdan iborat bo'ladi. Bunda generatorning yuklanish tokining ortishi bilan tok transformatorining ikkilamchi chulg'amida hosil bo'lgan EYK va demak, generator qo'zg'atgichidan olinuvchi o'zgarmas tok qiymatlari ham rostlash xarakteristikasidagiga mos o'zgarib, generator kuchlanishining o'zgarماسligi ta'minlanadi. Kompaundlovchi qurilmada ishlatiluvchi tok transformatorining qo'zg'aluvchi magnet zanjirining ko'ndalang kesimini o'zgartirish bilan qo'zg'atuvchi chulg'amga beriluvchi tok qiymati sozlanadi.

96- rasmda ko'rsatilgan sxemaga asosan kompaundlovchi qurilma quyidagicha normal sozlanadi.

Nominal tezlik bilan aylantiriluvchi generator nominal kuchlanishgacha qo'zg'atiladi va unga ozgina yuklama berilib, seleni



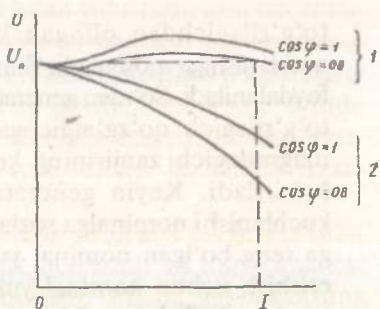
96- rasm.

to'g'rilagichdan olingan kuchlanish qutblanishi qo'zg'atgich qutblanishiga moslanadi. Bunda magnitoelektr sistemali voltmetrdan foydalaniladi. So'ngra generatordan yuklama tashlab yuborilib selenli to'g'rilagich qo'zg'atgichga ulanadi va tok transformatorining magnitlagich zanjirining ko'ndalang kesim qiymati minimalga keltiriladi. Keyin generatorning salt ishlash rejimida uning kuchlanishi nominalga sozlanadi va unga quvvat koeffitsiyenti 0,8 ga teng bo'lgan nominal yuklanish toki beriladi. $\cos\varphi = 0,8$ ga erishish uchun nominal yuklanish tokining aktiv qismi $0,8I_n$ ga tenglanadi. Tok transformatorining magnitlagich zanjiri ko'ndalang kesimini oshirish bilan generator kuchlanishi nominalgacha ko'tariladi va generatordan yuklama tashlab yuboriladi. Bunda generator kuchlanishi nominaldan o'zgarmasligi lozim. Agar qoldiq magnetizm ta'sirida kuchlanish qiymati nominaldan o'zgarsa, u holda kuchlanish qiymati qo'zg'atish zanjiridagi rostlash reostati orqali nominalga keltiriladi va yana nominal yuklama berilib kuchlanish qiymati tekshiriladi. Agar nominal kuchlanish olinmasa, yana tok transformatorining qo'zg'aluvchi magnet zanjiri holatini o'zgartirish bilan kuchlanish qiymati rostlanadi. Shunday qilib, salt ishlash va nominal yuklanishda generator kuchlanishi nominaldan farq qilmasa, u holda kompaundlovchi qurilma normal sozlangan deyiladi.

Kompaundlovi qurilma sinxron generatorining tashqi $U=f(I)$ xarakteristikasi $n_n = \text{const}$, $\cos\varphi = \text{const}$ va $R_p = \text{const}$ ligida olinadi. Tashqi xarakteristika tajribasi kompaundlovchi qurilmani $\cos\varphi = 0,8$ va $\cos\varphi = 1$ larda normal sozlanganida va bu qurilma ishtirokisiz ham o'tkaziladi. Bunda $\cos\varphi = 0,8$ bo'lishiga erishish uchun umumiy va aktiv yuklama zanjirlaridagi ampermetr ko'rsatkichlaridan foydalaniladi. Yuklamani nominalgacha oshirib borib 5÷6 xil yuklanishda o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | Kompaundlovchi qurilma ishtirokida | | | | | Kompaundlovchi qurilmasiz | | | | | |
|--------------|------------------------------------|-----|-----|----------|-------|------------------------------|-----|-----|-----|----------|------------------------------|
| | U | I | P | I_{qt} | I_k | $\cos\varphi = \text{const}$ | U | I | P | I_{qt} | $\cos\varphi = \text{const}$ |
| | V | A | W | A | A | | V | A | W | A | |
| | | | | | | | | | | | |

97- rasm, 1 da kompaundlovchi qurilmali va 97- rasm, 2 da oddiy generatorlarning tajriba ma'lumotlaridan foydalanib qurilgan tashqi xarakteristikalar ko'rsatilgan. Bu xarakteristikalar notekisligini selenli to'g'rilagich qarshiligining nochi-ziqiyli bilan tushuntirish mumkin.



97- rasm.



Nazorat savollari

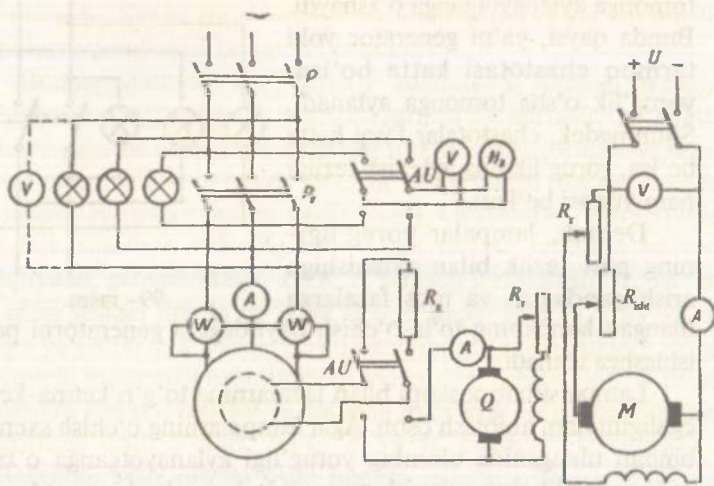
1. Kompaundlovchi qurilmaning vazifasi nimadan iborat?
2. Universal kompaundlovchi qurilma qanday elementlardan tuzilgan?
3. Kompaundlovchi qurilmali sinxron generatorning ishlash prinsipi haqida so'zlab bering.
4. Selenli to'g'rilagich bilan qo'zg'atgichning qo'zg'atish chulg'amlari qutblanishlarining mosligi qanday tekshiriladi?
5. Kompaundlovchi qurilma qanday normal sozlanadi?
6. Kompaundlovchi qurilmali sinxron generatorning tashqi xarakteristikasi nima va u qanday olinadi?
7. Turli $\cos\phi$ larda tashqi xarakteristikalar o'zaro qanday farq qiladi?

20-ish. Sinxron generatorning elektr tarmog'i bilan parallel ishlashi

Ishdan maqsad. Sinxron generatorning elektr tarmog'i bilan parallel ishlashga ulanish usullarini o'rganish.

Ish rejasi. Elektr tarmog'i bilan sinxron generatorni parallel ishlashga a) aniq sinxronlash va b) o'zsinxronlash usullarida ulash. Sinxron genratorning tarmoq bilan parallel ishlashida uning aktiv va reaktiv quvvatini rostdash, generatorning tarmoq bilan $M_s = \text{const}$ va qo'zg'atish toki I_q ning o'zgarishida hamda $I_q = \text{const}$ va M_s ning o'zgarishida parallel ishlashini tekshirish.

Ishning bajarilish tartibi. Elektr stansiyalaridagi sinxron generator umumiy tarmoqqa parallel ulanib ishlatiladi. Aniq sinxronlash usulida parallel ishlashga ulanuvchi generatorning kuchlanishi, chastotasi, fazalarining ketma-ketligi elektr tarmog'inikiga mos bo'lib, generator EYK fazasi tarmoq kuchlanishi fazasidan 180° ga farq qilishi kerak.



98- rasm.

98- rasmda aniq sinxronlash usulida parallel ishlashga mo'ljallangan ulash sxemasi ko'rsatilgan.

Parallel ishlash tajribasini o'tkazishda dastavval P_1 rubilnigi bilan AU almashlab ulagichi ulanadi va tarmoq kuchlanishi hamda chastotasi o'lchanadi. So'ngra almashlab ulagich boshqa holatga o'tkazilib, generator rotori aylantiriladi va qo'zg'atish toki va rotor tezligi qiymatlarini rostlash bilan generator kuchlanishi hamda chastotasi tarmoqnikiga tenglashtiriladi. Keyin fazalar ketma-ketligining to'g'riligi va sinxronizmga o'tish momenti lampa sinxronoskopi orqali aniqlanadi, va so'ngra P_1 rubilnigini ulab, generatorni tarmoq bilan parallel ishlashga o'tkaziladi. Lampa sinxronoskopidagi har bir lampa generator faza kuchlanishining ikkilangan qiymatiga hisoblanib tanlanadi. Sinxronoskop lampalari bir vaqtda o'chish (98- rasm) yoki yorug'likning aylanish (99- rasm) sxemalarida ulanishi mumkin.

98- rasmdagi sxemaga binoan, lampalarning sekin o'chib yoki yonib borishida ularning to'la o'chish paytidagina generatorni tarmoqqa parallel ulash mumkin. Lampalarning sekin o'chib yoki yonib borishi rotor tezligini rostlash bilan erishiladi. Yig'ilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirib ko'rgandan so'ng uni tarmoqqa ulanadi.

99- rasmdagi sxemaga binoan, lampalarni uchburchak uchlariga o'rnatilsa, sinxronizmga o'tish paytida yorug'lik o'ng yoki chap

tomonga aylanayotganga o'xshaydi. Bunda qaysi, ya'ni generator yoki tarmoq chastotasi katta bo'lsa, yorug'lik o'sha tomonga aylanadi. Shuningdek, chastotalar farqi katta bo'lsa, yorug'likning aylanish tezligi ham yuqori bo'ladi.

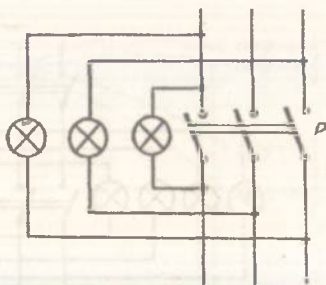
Demak, lampalar yorug'ligining past tezlik bilan aylanishiga erishilgandagina va mos fazalarga ulangan lampaning to'la o'chish paytidagina generatorni parallel ishlashga ulanadi.

Lampa sinxronoskopi bilan fazalarning to'g'ri ketma-ketlikka egaligini ham aniqlash oson. Agar lampalarning o'chish sxemasiga binoan ulanganida ularning yorug'ligi aylanayotganga o'xshasa, yoki yorug'likning aylanish sxemasida lampalar bir vaqtda o'chib yoki yonib tursa, u holda generatorning fazalar ketma-ketligi tarmoqnikiga mos bo'lmaydi. Fazalar ketma-ketligini moslash uchun P_1 rubilnigiga generator yoki tarmoqdan kelgan ikki sim o'rinlarini almashtirib ulash kifoya.

Aniq sinxronlash usuli birmuncha murakkab bo'lgani uchun hozirgi paytda o'zsinxronlash usulidan keng foydalaniladi. Bu usulning asosiy mohiyati uning soddaligi va generatorni tezkorlik bilan parallel ishlashga tushirishdan iboratdir.

98-rasmdagi sxema asosida generatorni o'zsinxronlash usuliga binoan parallel ishlashga o'tkazish uchun qo'zg'atish chulg'ami aktiv qarshilikka ulangan rotorni sinxron tezlikdan $\pm 2 \div 4\%$ farqlanuvchi tezlik bilan aylantiriladi. So'ngra stator chulg'amini elektr tarmoqqa ulab, qo'zg'atish chulg'amiga darhol o'zgarmas tok beriladi. Buning natijasida rotor o'z-o'zidan sinxronizmga tortiladi. Bunda qo'zg'atish chulg'amiga beriluvchi o'zgarmas tok avval aniqlangan bo'ladi. Bu tok bilan qo'zg'atilgan generatorning kuchlanishi tarmoqnikiga teng bo'lishi kerak. Bu usulni birinchi qo'llashda fazalar ketma-ketligini to'g'rilab olish ham lozim bo'ladi.

O'zsinxronlash usulida tajriba o'tkazish uchun generator rotori sinxronga yaqin tezlik bilan aylantirilib, uning kuchlanishi tarmoqdagiga tenglashtiriladi. So'ngra qo'zg'atish chulg'ami zanjiridagi reostat surilgichining holati o'zgartirilmay rotor chulg'ami o'zgarmas tokdan AU orqali uziladi va aktiv qarshilik R



99- rasm.

ga ulanadi. Keyin rotor tezligi taxometr bilan qayta tekshirilib, generator parallel ishlashga o'tkaziladi.

Buning uchun avval P_1 keyin P rubilniklari yopiladi va darhol qo'zg'atish chulg'amiga P_1 orqali o'zgarmas tok beriladi. Qo'zg'atish chulg'amiga tok berilishida generator sinxronizmga tortiladi va bunda stator tokining keskin tarzda biroz ortishi kuzatildi (tokning bunday o'zgarishi generator uchun xavfli emas). Generatorni tarmoq bilan parallel ishlashga o'tkazilganda u salt ishlash rejimida ishlaydi. Haqiqatan, generatordagi EYK E_0 tarmoq kuchlanishi U_{sh} ga teng va unga teskari fazada bo'lgani uchun stator toki va aktiv quvvat nolga yaqin bo'ladi. Generatorni aktiv quvvat bilan yuklash uchun birlamchi motorning aylantiruvchi momentini oshirish lozim. Bunda generator rotori tezlanadi va natijada rotorning bo'yama o'qi bilan statorning qutb o'qlari, ya'ni E_0 va U_{sh} orasidagi θ burchak K kattalashib, aktiv quvvat ortib boradi.

Aktiv quvvatning ortib borish jarayoni birlamchi motorning aylantiruvchi momenti generatorning qarshilik momenti bilan tenglashguncha davom etadi. Bunda generatorning ilgarigi sinxron tezligi saqlanishi kerak.

Generatorni reaktiv quvvat bilan yuklash uchun qo'zg'atish tokini oshirish (o'ta qo'zg'atish) lozim. Qo'zg'atish tokini o'zgartirish natijasida E_0 o'zgarib, $E_0 - U_{sh} = \Delta E$ dan stator chulg'amida tenglashtiruvchi tok hosil bo'ladi. Chulg'amning aktiv qarshiligi induktivga nisbatan juda kichik bo'lgani uchun statorda hosil bo'lgan bu tok reaktiv xarakterga ega bo'ladi va shu sababli u aktiv quvvatni o'zgartirmaydi. Agar generator o'ta qo'zg'atilsa, statorda hosil bo'lgan tenglashtiruvchi reaktiv tok tarmoq kuchlanishiga nisbatan o'zuvchi, ya'ni sig'im xarakterga, generatordagi EYK ga nisbatan esa induktiv xarakterga ega bo'ladi.

Generator to'la qo'zg'atilmasa, tenglashtiruvchi tok tarmoq kuchlanishiga nisbatan induktiv, generatordagi EYK ga nisbatan esa sig'im xarakterga ega bo'ladi.

Parallel ishlashga o'tkazilgan generator quvvatini o'zgartirish tajribasida 98- rasmdagi sxemadan foydalaniladi.

Generatorni aktiv quvvat bilan yuklash uchun birlamchi o'zgarmas tok motorining qo'zg'atish toki kamaytirilib, uning aylantiruvchi momenti oshiriladi. Aktiv quvvat bilan yuklanishning oshib borishi vattmetr va o'zgarmas tok yakor zanjiridagi ampermetr ko'rsatkichlarining ortishi orqali kuzatiladi.

Birlamchi motor aylantiruvchi momentini kamaytirish bilan sinxron generator motor rejimiga o'tib ishlay boshlaydi. Bunda vattmetr va o'zgarma tok motori yakoridagi ampermetr ko'rsatkichi kamayadi.

Biror aktiv quvvat bilan yuklangan generatorning reaktiv quvvatini o'zgartirishda qo'zg'atish toki oshirib boriladi. Bunda stator tokini ham o'zining nominal qiymatigacha ko'tarish mumkin. So'ngra qo'zg'atish tokini kamaytirib borib stator tokining aktiv quvvat bilan aniqlanuvchi minimal qiymati olinadi. Agar qo'zg'atish tokini kamaytirish davom ettirilsa, stator toki ko'paya boshlaydi, aktiv quvvat va tok deyarli o'zgarmaydi. Generatorni aktiv va reaktiv quvvat bilan yuklash tajribasi faqat namoyish tariqasida o'tkaziladi.

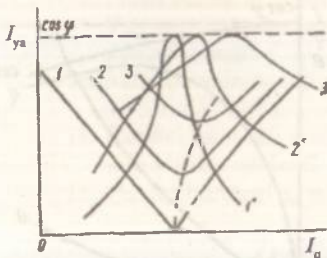
Tarmoq bilan parallel ishlashga ulangan generatorning U simon karakteristikalari $I=f(I_q)$ va $\cos\varphi = f(I_q)$ ni olishda birlamchi motorning aylantiruvchi momenti — M , kuchlanishi — U va chastotasi — f o'zgarishligi kerak.

U simon karakteristikalarni olishda 98- rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalaniladi.

Tajribani o'tkazishda, dastavval, generator tarmoqqa parallel ulanadi. So'ngra birlamchi motor aylantiruvchi momentini oshirib, generatorni berilgan aktiv quvvat bilan yuklanadi va qo'zg'atish tokini o'zgartirish bilan stator tokining minimal qiymati aniqlanadi. Stator tokining bu minimal qiymati uning aktiv tashkil etuvchisiga tegishliligi sababli bunda $\cos\varphi = 1$ bo'ladi. So'ngra aktiv quvvatni o'zgartirmay, $\cos\varphi = 1$ nuqtasidan boshlab qo'zg'atish toki ko'paytirilib va kamaytirilib boriladi. Bunda qo'zg'atish tokini o'zgartirish stator tokini o'zining nominal qiymatiga yetguncha davom ettiriladi va 3÷4 xil qo'zg'atish tokida o'lchab olingan miqdorlari quyidagi jadvalga yoziladi. Yig'ilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchi tekshirgandan keyin, uni tarmoqqa ulanadi.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | |
|--------------|----------------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|------------------------|---------------|-------|
| | U | I | P | P'' | I_q | U_m | I_m | P | $\cos\varphi$ | P_m |
| | V | A | W | W | A | V | A | W | | W |
| | | | | | | | | | | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi noma'lum miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi:



100- rasm.

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} UI}$$

bunda: U — generator kuchlanishi;
 I — stator toki;

$P = P' \pm P''$ — aktiv quvvat;
 $P_m = U \cdot I_m$ — birlamchi motor quvvati;
 U_m — o'zgarmas tok motoriga beriluvchi kuchlanish va I_m — motor toki.

100- rasmda jadvaldagi ma'lumotlarga asosan qurilgan U simon xarakteristikalar ko'rsatilgan. Bunda 1, 2 va 3 egri chiziqlari tegishli aktiv quvvatning turli: $P=0$; $P=0,25 P_n$ va $P=0,5 P_n$ qiymatlarida olingan $I=f(I_q)$ ni, 1', 2', 3' esa $\cos \varphi = f(I_q)$ ni ifodalaydi.

Aktiv quvvatning ortib borishida stator chulg'amidagi sochilish oqimi ham ortadi va uni $\cos \varphi = 1$ da kompensatsiyalashga tegishli qo'zg'atish toki talab qilinadi (99- rasmdagi punktir chiziq).

Tarmoq bilan parallel ishlashga ulangan generatorning ish xarakteristikalari, ya'ni $I, \eta, \cos \varphi, \theta = f(P)$ bog'lanishlarini olish tajribasi qo'zg'atish toki I_q , kuchlanish U va chastota f ning o'zgarishligida o'tkaziladi.

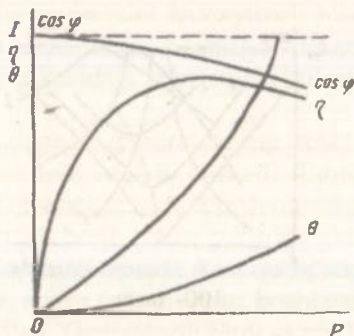
Bunda, $I, \eta, \cos \varphi, \eta$ — tegishli generatorning stator toki, foydali ish koeffitsiyenti va quvvat burchagi.

98- rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalanib ish xarakteristikalarini olish tajribasi o'tkaziladi.

Tajribani o'tkazishda parallel ishlashga ulangan generatorning salt ishlash rejimidagi qo'zg'atish toki o'zgartirilmay saqlanib, birlamchi motor aylantiruvchi momentini oshirish bilan generatorning yuklanish tokini nominalga nisbatan 15—20% yuqoriga ko'tariladi va 5÷6 xil yuklanish tokida o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi:

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | | | |
|--------------|----------------------|-----|------|-------|-------|------------|------------------------|-------|-------|-------|-----|--------|----------------|
| | U | I | P' | P'' | I_q | θ | U_m | I_m | P_m | P_1 | P | η | $\cos \varphi$ |
| | V | A | W | W | A | el grad | V | A | W | W | W | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

Quvvat burchagi θ stroboskopik usulda o'lanadi. Buning uchun generatorning qutblar maketi uning valiga o'rnatilib, val bilan birga aylantiriladi. Salt ishlash rejimida neon lampasi bilan yoritilgan maket aylanayotganga o'xshaydi. So'ngra generatorni ortib boruvchi aktiv quvvat bilan yuklanganda maket ma'lum burchakka buriladi. Bu burchak θ ni ifodalab, uning qiymati statorga qo'zg'almas



101- rasm.

ravishda o'rnatilgan va 360° bo'linmalarga ega doiradan aniqlanadi. Nominal quvvatda $\theta = 15 \div 20$ el gradus bo'ladi.

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi:

$$P = P' \pm P'' - \text{sinxron generator dan olinuvchi aktiv quvvat};$$

$$P_1 = P_m \cdot \eta_m - \text{sinxron generator ga beriluvchi quvvat};$$

$$P_m = U_m I_m \quad \eta_m = \eta_g = \sqrt{\frac{P}{P_m}} - \text{o'zgarmas tok motorining FIK}; \quad \eta_g - \text{sinxron generator FIK}.$$

101- rasmda, jadvaldagi ma'lumotlarga asosan qurilgan ish xarakteristikalari ko'rsatilgan.



Nazorat savollari

1. Generatorni parallel ishlashga o'tkazishdan maqsad nima?
2. Parallel ishlashga o'tkazish shartlari qanday?
3. Lampali sinxronoskop nima va u bilan nima aniqlanadi?
4. Sinxronizmga o'tish paytidan ilgari yoki keyin parallel ishlashga ulangan generatorda qanday hodisalar ro'y beradi?
5. O'zsinxronlash usuli nima va uning aniq sinxronlash usulidan qanday afzalliklari bor?
6. Parallel ishlashga o'tkazilgan generatorning aktiv va reaktiv quvvatlari qanday rostanadi?
7. Parallel ishlashga ulangan generator qanday qilib motor rejimiga o'tkaziladi?
8. Parallel ishlashga o'tkazilgan generatorning U simon xarakteristikalari nima va bu xarakteristikalar qanday olinadi?

9. Nima uchun $M = \text{const}$ da $I = f(I_q)$ va $\cos\varphi = f(I_q)$ bog'lanishlari U simon xarakterga ega va $\cos\varphi = 1$ ga tegishli qo'zg'atish toklarining qiymati ortadi?
10. Aktiv quvvatning ortishi bilan nega $\cos\varphi = 1$ ga tegishli qo'zg'atish toklarining qiymati ortadi?
11. Parallel ishlashga o'tkazilgan generatorning ish xarakteristikalari deb nimaga aytiladi?
12. Quvvat burchagi Q ning qiymati qanday aniqlanadi?

21-ish. Sinxron motor

Ishdan maqsad. Tajribada sinxron motorni ishga tushirish usullarini o'rganish va uning ish xarakteristikalarini olish.

Ish rejasi. Tajribada sinxron motorni ishga tushirish usullarini tekshirish. Tajribada motorning ish va U simon xarakteristikalarini olish va ular grafisini qurish. Sinxron motor bilan reaktiv quvvatni rostdlash.

Ishning bajarilish tartibi. Sinxron mashinalar ham boshqa elektr mashinalari kabi generator va motor rejimlarida ishlaydi. Sinxron motorning tuzilishi generatordan jiddiy farq qilmay, sinxron motorning rotorida qo'zg'atish chulg'ami va qisqa tutashtirilgan ishga tushirish chulg'ami bo'ladi.

Sinxron motorlar tarmoqdan reaktiv quvvat olmay ham (ya'ni $\cos\varphi = 1$ da) hatto reaktiv quvvatni elektr tarmog'iga beradi, ya'ni o'zuvchi $\cos\varphi = 0,9 \div 0,8$ da ham ishlay oladi va bu bilan asinxron motorlar ulangan tarmoq quvvat koeffitsiyentini birmuncha kuchaytiradi. Bunday motorlar o'zuvchi $\cos\varphi = 0,9 \div 0,8$ bilan ishlashga mo'ljallanadi.

Rotoriga o'zgaras tok berilgan sinxron motor statorini elektr tarmog'iga ulash bilan motorni ishga tushirib bo'lmaydi. Bunda stator aylanuvchi magnit maydonining rotor qo'zg'almas magnit maydoniga ta'siri natijasida hosil bo'lgan aylantiruvchi moment, to'la bir davr ichida o'z yo'nalishini ikki marta o'zgartiradi. Yarim davr davomida esa o'z inersiyasiga ega bo'lgan motor rotor sinxron tezlikka aylanib ulgurmaydi va demak, sinxron motorni nol tezlikda ishga tushirish mumkin emas. Rotori tashqi kuch ta'sirida statorning magnit maydoni tezligida maydon tomon aylantirilgandagina bir tomonga yo'nalgan aylantiruvchi moment hosil bo'lib, sinxron mashina motor rejimida ishlay oladi. Bunday usulda ishga tushirish noqulay bo'lgani uchun, odatda, sinxron motorlarni asinxron usulda ishga tushiriladi. Buning uchun qisqa

Ish xarakteristikalarini olish uchun yuklanish generatori YM nominal kuchlanishgacha qo'zg'atiladi va bu kuchlanish qiymatini o'zgartirmay, uning yuklanish toki o'lsirib boriladi. Buning natijasida sinxron motorning toki ham ortadi va stator toki nominalga nisbatan 20% yuqoriga ko'tarilib, 5÷6 xildagi yuklanish tokida o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | | |
|--------------|----------------------|-----|------|-------|-------|-------|-------|------------|------------------------|----------------|-------|-------|--------|-------|
| | U | I | P' | P'' | I_q | U_g | I_g | n | P_1 | $\cos \varphi$ | P_g | P_2 | η | M_2 |
| | V | A | W | W | A | V | A | ayl min | W | | W | W | | nm |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi noma'lum miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi.

$$P_1 = P' \pm P''; \quad \cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3}UI},$$

$$P_g = U_g I_g; \quad P_2 = \frac{P_g}{\eta_g}; \quad \eta_g = \eta_m \varphi = \sqrt{\frac{P_g}{R_2}}; \quad M_2 = 9,55 \frac{P_2}{n}.$$

Bunda: P' , P'' — stator zanjiridagi vattmetr ko'rsatkichlari;

U , I — statorga berilgan kuchlanish va stator toki;

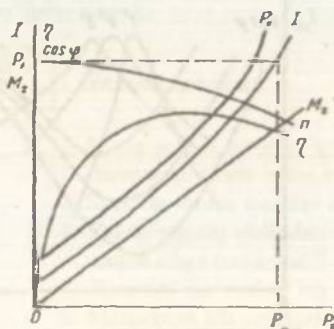
R_g — yuklanish generatoridan olingan quvvat;

R_2 — motor validagi quvvat; M_2 — motor validagi aylantiruvchi moment, n — motorning sinxron tezligi.

103- rasmda jadvaldagi ma'lumotlarga asosan qurilgan motorning ish xarakteristikalari ko'rsatilgan.

Sinxron motorning U simon xarakteristikalari

$I = f(I_q)$, $\cos \varphi = f(I_q)$, ni olishda M_2 , U , f lar const bo'lishi kerak.



103- rasm.

102- rasmdagi sxemadan foydalanib, U simon xarakteristikalarini olish tajribasini o'tkazishda sinxron motor biror usul bilan ishga tushirilib, uni berilgan quvvatgacha yuklanadi. Bunda qo'zg'atish tokini o'zgartirish bilan $\cos \varphi = 1$ ga erishiladi. So'ngra motorga berilgan quvvatni o'zgartirmay, qo'zg'a-

tish tokini ko'paytirish va kamaytirish yo'li bilan stator tokini nominal qiymatgacha ko'payishida 5÷6 xil qo'zg'atish toklarida o'lchab olingan miqdorlar quyidagi jadvalga yoziladi:

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | |
|-----------------|----------------------|-----|------|-------|-------|-------|---------------------------|-------|----------------|-------|
| | U | I | P' | P'' | I_1 | U_1 | I_2 | P_1 | $\cos \varphi$ | P_2 |
| | V | A | W | W | A | V | A | W | | W |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi noma'lum miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi.

Hisoblash qiymatlari yuqorida keltirilgan formulalar yordamida aniqlanadi.

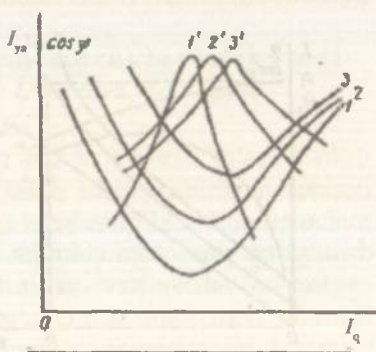
104- rasmda jadvaldagi ma'lumotlarga asosan qurilgan va turli quvvat $R = 0; 0,25; 0,5 P_n$ larda olingan V simon xarakteristikalar ko'rsatilgan.

Sinxron motorni o'ta qo'zg'atishda uning stator toki tarmoqdagi kuchlanishga nisbatan o'zuvchi (sig'im), to'la qo'zg'atilmaganda esa induktiv xarakterga ega bo'ladi. Elektr tarmoqlari va qurilmalari quvvat koeffitsiyentlarini oshirishda stator tokini kuchlanishga nisbatan o'zuvchi xarakterga ega qilib ishlatishdan keng foydalaniladi.

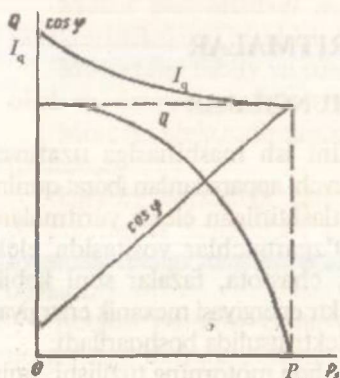
Sinxron motordan reaktiv quvvat kompensatori sifatida ham foydalanish mumkin. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalashga mo'ljallangan maxsus motor sinxron kompensator deyiladi. Elektr tarmog'iga ulangan sinxron kompensator salt ishlash rejimida ishlatiladi. O'ta qo'zg'atishda uning stator toki kuchlanishga nisbatan xuddi sig'im tokiday, to'la qo'zg'atilmaganda esa induktiv tokday bo'ladi.

Sinxron motorlar ko'pincha nominalga nisbatan pastroq quvvatlarda ishlatiladi. Bunda, ulardan ma'lum reaktiv quvvatni kompensatsiyalashda ham foydalanish mumkin. Buning uchun 102- rasmdagi sxemadan foydalanib quyidagi tajriba o'tkaziladi.

Ishga tushirilgan sinxron motorni yuklash bilan uning



104- rasm.



105- rasm.

stator tokini nominalgacha oshiriladi. Bunda $\cos \varphi = 1$ bo'lishi kerak. So'ngra yuklanish generatorining quvvatini nolgacha kamaytirib, sinxron motorning tarmoqdan olayotgan aktiv quvvati ham kamaytiriladi. Bunda qo'zg'atish tokini ko'paytirish hisobiga stator tokining nominal qiymati saqlanib turiladi va $4 \div 5$ xil qo'zg'atish tokida o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | |
|--------------|----------------------|---|----|-----|----------------|------------------------|-------|----------|-----|
| | U | I | P' | P'' | I _a | P ₁ | cos φ | S- const | Q |
| | V | A | W | W | A | W | | VA | var |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi noma'lum miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi.

$$P_1 = P' + P''; S = \sqrt{3} UI.$$

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3} UI}; Q = \sqrt{S^2 - P_1^2}.$$

105- rasmda jadvaldagi ma'lumotlarga asosan qurilgan grafik ($Q, I_a \cos \varphi = f(P_1)$) lar ko'rsatilgan. Bularni olishda U, f lar const bo'lishi kerak.



Nazorat savollari

1. Nima uchun rotoriga qo'zg'atish toki berilgan sinxron motorni tarmoqqa ulash bilan ishga tushirish mumkin emas?
2. Sinxron motor qanday usullarda ishga tushiriladi?
3. Qo'zg'atgichi oldindan ulanib qo'yilgan sinxron motor qanday usulda ishga tushiriladi?
4. Sinxron motorning ish xarakteristikalari qanday olinadi?
5. Motorning ish xarakteristikalari qanday qonun asosida o'zgaradi?
6. U simon xarakteristikalar nima va ularni olish tajribasi qanday o'tkaziladi?



ELEKTR YURITMALAR

UMUMIY TUSHUNCHALAR

Elektr motor, motor harakatini ish mashinasiga uzatuvchi mexanik uzatma va motorni boshqaruvchi apparatlardan iborat qurilma *elektr yuritma* deb ataladi. Avtomatlashtirilgan elektr yuritmalarda yana o'zgartgich ham bo'ladi. O'zgartgichlar vositasida elektr tarmog'idagi tok turi, kuchlanish, chastota, fazalar soni kabilar o'zgartiriladi. Elektr yuritma bilan elektr energiyasi mexanik energiyaga aylantirilib, bu mexanik energiya elektr usulida boshqariladi.

Elektr yuritma sistemasini tanlashda motorning tuzilishi, uning mexanik va tezlik xarakteristikalariga, tok turi, kuchlanishi, aylanish tezligi, boshqarish sxemasi va unga ish mashinasi tomonidan qo'yilgan talablarga hamda ish mashinasining mexanik xarakteristikalariga amal qilinadi. Motor validagi qarshilik momentining ortib borishida val tezligining o'zgarish qonunini ifodalovchi $n=f(M)$ bog'lanish motorning mexanik xarakteristikasi deb ataladi. Tezlikning ortib borishida ish mashinasi qarshilik momentining o'zgarishini ifodalovchi $M_1=f(n)$ bog'lanish esa ish mashinasining mexanik xarakteristikasi deb ataladi. Elektr motorlar tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalarda ishlashi mumkin. Motor zanjiriga tashqi qarshilik kiritilmasdan, u nominal kuchlanish va nominal magnit oqimi bilan ishlasa tabiiy, aks holda sun'iy mexanik xarakteristikalar olinadi. Yakor yoki stator chulg'amidan o'tuvchi yuklanish tokining ortib borishida aylanish tezligining o'zgarishini ifodalovchi $n=f(I)$ bog'lanish motorning tezlik xarakteristikasi deb ataladi.

LABORATORIYA ISHLARI

22- ish. Parallel qo'zg'atishli motorning mexanik va tezlik xarakteristikalari

Ishdan maqsad. Motorning elektromexanik xususiyatlarini o'rganish.

Ish rejasii. Motor va yuklanish generatorining pasportidagi ma'lumotlarni yozib olish va bu ma'lumotlar asosida tajriba o'tkazish uchun kerakli asbob va apparatlar tanlashni o'rganish.

Motor pasportidagi ma'lumotlar asosida tabiiy va sun'iy xarakteristikalarini hisoblab topish va ularning grafigini qurish.

Motorning tabiiy va sun'iy xarakteristikalarini tajriba asosida olish va ularning grafigini qurish.

Motorni elektrodinamik va teskari ulash usullarida tormozlab to'xtatish.

Ishning bajarilish tartibi. Motor va yuklanish generatori pasportlarida keltirilgan nominal kuchlanish, tok, quvvat va aylanish tezligi asosida o'lchov asboblari va reostatlar tanlanib olinadi.

Magnit oqimini kamaytirish yo'li bilan motorning tezligini nominalga nisbatan ikki marta ko'paytirishga yo'l qo'yilganligi sababli, qo'zg'atish zanjiriga kiritiladigan reostatning qarshiligi qo'zg'atish chulg'amining qarshiligidan $1 \div 1,5$ marta katta, ya'ni $R_{\alpha} \geq (1 \div 1,5) R_{sh}$ bo'lishi lozim.

Agar parallel qo'zg'atishli motorning magnit oqimi Φ ni o'zgarmas deb qabul qilinsa, EYK va momentni quyidagicha ifodalash mumkin.

$$E = K_E n \Phi = C_E \Phi; \quad M = K_M \Phi I_{ya} = C_M I_{ya} = C'_M I_{ya} (n \cdot m).$$

Bu yerdagi C_E , C_M va C'_M koeffitsiyentlar motor pasportidagi nominal miqdorlar asosida aniqlanadi:

$$C_E = \frac{U_n - I_n R_{ya}}{n_n} \left(\frac{V}{\text{ayl/min}} \right); \quad C_M = \frac{C_E}{1,027};$$

$$C'_M = 9,56 C_E.$$

Bunda yakor chulg'ami qarshiligi R_{ya} ni o'lchab, yoki quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$R_{ya} = 0,5(1 - \eta_n) \frac{U_n}{I_n}.$$

$\eta = \frac{1000 P_n}{U_n I_n}$ — motorning foydali ish koeffitsiyenti. Motorning mexanik xarakteristikalari quyidagi tenglama bilan hisoblanadi:

$$n = \frac{U}{K_E \Phi} - \frac{R_{ya} + R_r}{K_E K_M \Phi^2} M.$$

Tabiiy xarakteristikani hisoblashda $U = U_n$; $R_r = 0$; $\Phi = \Phi_n$

$$\begin{aligned} \text{bo'lganligi sababli } n &= \frac{U_n}{K_E \Phi} - \frac{R_{ya}}{K_E K_M \Phi^2} M = \frac{U_n}{C_E} - \frac{R_{ya}}{C_E C_M^I} M = \\ &= n_0 - \frac{R_{ya}}{C_E C_M^I} M \end{aligned}$$

bo'ladi.

Bu yerda $n_0 = n_n - \frac{U_n}{U_n - I_n R_{ya}}$ — motorning ideal salt ishlash tezligi.

Yakor zanjiriga ketma-ket reostat qarshiligi R_{rk} ulangandagi sun'iy mexanik xarakteristika quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$n = n_0 \left[\frac{(R_{ya} + R_{rk})M}{C_M^I U} \right].$$

Ma'lumki, yuklamani nominalgacha ortishida motor tezligining o'zgarish darajasi uning mexanik xarakteristikasining qattiqligi bilan ifodalanadi.

Sun'iy mexanik xarakteristika qattiqligini oshirish uchun ketma-ket ulangan R_{rk} dan tashqari, yakorga parallel ravishda R_{rsh} qarshiligi kiritiladi. Bunda mexanik xarakteristikaning tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\begin{aligned} n &= n_0 - \frac{R_{rsh}}{R_{rsh} + R_{rk}} - \frac{1}{C_E} - \left(R_{ya} + \frac{R_{rsh} \cdot R_{rk}}{R_{rsh} + R_{rk}} \right) M = n_{osh} - \\ &- \frac{1}{C_E} \left(R_{ya} + \frac{R_{rsh} \cdot R_{rk}}{R_{rsh} + R_{rk}} \right) M. \end{aligned}$$

n_{osh} ning n_0 ga nisbatan pasayishi yakorga beriluvchi kuchlanishning kamayganligi bilan aniqlanadi.

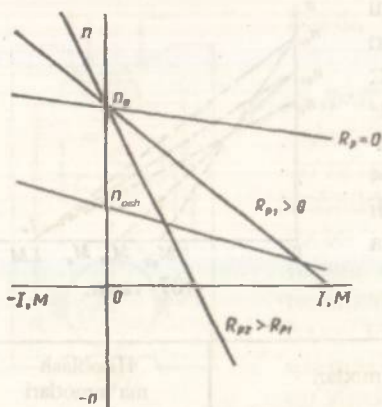
Motorning yakor zanjiriga R_{rk} hamda R_{rk} va qarshiliklari kiritilgandagi sun'iy va tabiiy tezlik xarakteristika tenglamalari tegishli

$$n = n_0 \left[\frac{(R_{ya} + R_{rk})}{U} \right],$$

$$n = n_0 - \frac{R_{rsh}}{R_{rsh} + R_{rk}} - \frac{1}{C_E} - \left(R_{ya} + \frac{R_{rsh} \cdot R_{rk}}{R_{rsh} + R_{rk}} \right) I,$$

$$n = \frac{U - I_{ya} R_{ya}}{C_E} \text{ bo'ladi.}$$

Sun'iy mexanik va tezlik xarakteristikalarini hisoblashda $R_{rk} = 8R_{ya}$ va $R_{rsh} = 4R_{ya}$ deb olinsin. Bu xarakteristikalarni qurish uchun



106- rasm.

koordinatalari $M=0$ yoki $I=0$; $n=n_0$ yoki $n=n_{osh}$ hamda $M=M_n$ yoki $I=I_n$; $n=n_{nr}$ bo'lgan nuqtalarni aniqlab, ular orqali to'g'ri chiziq o'tkazish kifoya. Bu yerda n_{nr} — yakor zanjiriga reostat qarshiligi kiritilgandagi nominal moment yoki tokka tegishli nominal tezlik. n_{nr} qiymatini yuqoridagi ifodalardan aniqlashda $M=M_n$; $I=I_n$ va $U=U_n$ deb olinadi.

Elektr motorga tok manbaidan beriluvchi kuchlanish

U qiymatini o'zgartirishda olinadigan mexanik va tezlik xarakteristikalari tabiiy xarakteristikalarga parallel bo'ladi. Demak, bu

xarakteristikalarni qurish uchun $n_{oc} = \frac{U}{C_E} = n_0 \frac{U}{U_n}$ ni aniqlash

kifoya. Bu yerda $R=R_{ya}$ va $\Phi = \Phi_n = \text{const}$; $U_C = \frac{U_n}{2}$ bo'lishi kerak.

$M=K_m \Phi I_a$ ifodasiga binoan, $\Phi = \text{const}$ ligida hisoblanib qurilgan mexanik va tezlik xarakteristikalari bir xil qonun bilan o'zgaradi (106- rasm).

Magnit oqimi Φ ni o'zgartirib olingan sun'iy mexanik va tezlik

xarakteristikalari umumiy $n_0 = \frac{U}{K_E \Phi}$ nuqtasidan absissa o'qiga nisbatan turlicha og'ma bo'lib o'tgan to'g'ri chiziqlardan iboratdir. Bu xarakteristikalarni qurish uchun koordinatalari M yoki

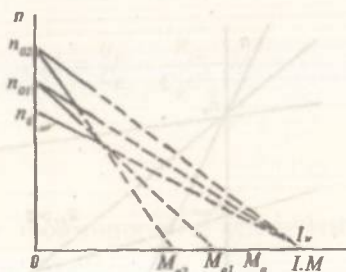
$I=0$; $n=n_{oc} = \frac{U}{K_E \Phi} = n_0 \frac{\Phi_n}{\Phi_C}$ va $M=M_{qc} = K_M \Phi_C I_q = M \frac{\Phi_C}{\Phi_n}$;

$n=0$ bo'lgan nuqtalarni aniqlab, ulardan to'g'ri chiziq o'tkaziladi (107- rasm). Bu yerda $I_q = \frac{U_n}{R_{ya}}$; $M_q = M_n \frac{I_q}{I_n}$; $\frac{\Phi_n}{\Phi_C} = 1$;

1,5 va 2 olinadi.

Motoring mexanik xarakteristikalarini tajriba usulida olish uchun 50- rasmdagi sxemadan foydalaniladi. Tajribani o'tkazish uchun motor bilan aylantirilayotgan yuklanish generatori nominal kuchlanishgacha qo'zg'atiladi. So'ngra bu kuchlanish qiymatining qo'zg'atish tokini oshirish bilan o'zgartirmay saqlab, generator yuklanish toki va motor tokini nominalgacha oshirib boriladi.

Bunda tabiiy xarakteristikani olish uchun motorga berilgan kuchlanish $U=U_n=\text{const}$; $\Phi=\Phi_n=\text{const}$ va yakor zanjirining qarshiligi $R=R_{ya}$ bo'lishi kerak. Tajribadan olingan 3÷4 xil yuklash toklariga tegishli qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi:



107- rasm.

| Tajribalar | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | | | |
|------------|----------------------|-----|-------|-------|-----|----------|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| | U_m | U | I_m | I_g | F | P_{rk} | P_{esh} | N | U_g | I_g | P_1 | P_g | P_2 | M_2 | $\eta_M=\eta_c$ |
| | V | V | A | A | | Ω | Ω | ayl min | V | A | W | W | W | nm | |

Tajriba ma'lumotlariga asosan quyidagi noma'lum miqdorlar hisoblanib, jadvalning davomi to'ldiriladi:

$$P_1 = U_{ya} I_{ya} = I_q U; P_g = U_g I_g;$$

$$P_2 = \frac{P_g}{\eta_g}; M_2 = 9,55 \frac{P_2}{n}; \eta_m = \eta_g = \sqrt{\frac{P_g}{P_1}}$$

So'ngra yakor zanjiriga ketma-ket ulangan $R_{rk} = 4R_{ya}$ qarshiligini kiritib, yuqoridagi tartibda sun'iy xarakteristika olinadi. Ikkinchi sun'iy xarakteristikani olishda $R_{rk} = 4R_{ya}$ dan tashqari, yakorga parallel $R_{esh} = 4R_{ya}$ qarshiligi ham kiritiladi. Bu sun'iy xarakteristikalarni olishda

$$U=U_n=\text{const va } \Phi=\Phi_n=\text{const}$$

bo'lishi kerak.

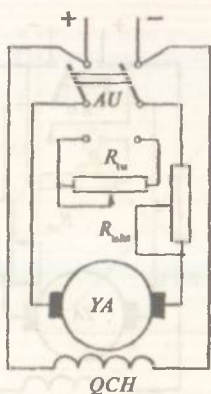
Uchinchi sun'iy xarakteristikani

$$U_c = \frac{U_n}{2}$$

da olinadi. Bunda

$$\Phi=\Phi_n=\text{const}; R=R_{ya}$$

bo'lishi kerak. To'rtinchi sun'iy xarakteristika $\Phi_s = 0,75\Phi_n$ da olinadi.



108- rasm.

Bunda

$$U = U_N = \text{const}$$

va $R = R_{ya}$ bo'lishi lozim. Motorning magnit oqimi Φ ni 25% ga kamaytirish uchun qo'zg'atish chulg'amiga kiritilgan tashqi qarshilik R_q qiymatini ko'paytirish bilan motor tezligini nominalga nisbatan 25 foizga oshirish kifoya. Sun'iy xarakteristikalarini olish tajribalarini o'tkazishda ham 3÷4 xil yuklanishlarga tegishli qiymatlar yuqoridagi jadvalga yozib qo'yiladi. Jadvaldagi ma'lumotlar asosida qurilgan xarakteristikalar 106 va 107-rasmlarda ko'rsatilgan (punktir chiziqlar).

Parallel qo'zg'atishli motorni elektrodinamik usulda tormozlab to'xtatishda 108- rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalaniladi.

Tajribani o'tkazish uchun salt ishlash rejimida ishlayotgan motor yakorini almashlab ulagich AU bilan tarmoqdan uzib, uni tashqi qarshilik R_q ga ulanadi. Bunda qo'zg'atish chulg'ami generator rejimiga o'tib ishlay boshlaydi. Shunga binoan, inersiya kuchi ta'sirida aylanayotgan motor valiga tormozlovchi $M_{\text{tor}} = K_m \Phi I_{\text{tor}}$ momenti ta'sir etib, uni tezda to'xtatadi. Bu momentning qiymati tormozlovchi tok I_{tor} bilan aniqlanadi. Kommutatsiya shartiga binoan, $I_{\text{tor}} \leq (2 \div 2,5) I_n = \frac{-E}{R_{ya} + R_n}$ bo'lib, bundan

R_q ning qiymati $R_q = \frac{E}{I_{\text{tor}}} - R_{ya}$ bo'ladi.

Salt ishlash rejimida aylanayotgan motor elektr tarmog'idan uzilganda hosil bo'ladigan EYK E ning qiymati kuchlanishdan kam farqlanadi va shu sababli hisoblarda $E \approx U_n$ deb qabul qilinadi.

Motorni teskari ulash bilan tormozlab to'xtatishda 109- rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalaniladi.

Tajribani o'tkazishda salt ishlash rejimida ishlayotgan motor yakorini almashlab ulagich AU bilan elektr tarmog'idan uzib, uni shu tarmoq qutblarining teskarisiga ulanadi. Bunda yakor zanjiriga ketma-ket qilib R_u qarshiligi kiritiladi hamda qo'zg'atish chulg'ami tarmoqqa ulanganicha qoldiriladi. Natijada, motor inersiya kuchi

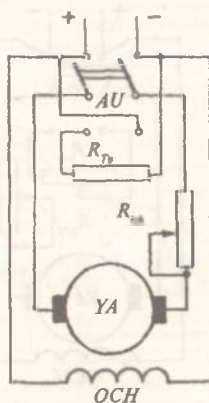
ta'sirida o'z aylanishini davom ettiraveradi, ammo teskari yo'nalishdagi moment

$$M_{\text{tor}} = -K_m F \frac{U+E}{R_{ya}+R_{tu}}$$

ta'sirida esa tezda to'xtaydi.

To'xtatilgan motor elektr tarmog'idan uzilmasa, u teskari tomonga motor rejimida aylana boshlaydi. Bunda R_{tu} qarshiligining qiymati quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$I_{\text{tor}} = (2 + 2,5)I_n = \frac{U+E}{R_{ya}+R_{tu}} \approx \frac{2U_n}{R_{ya}+R_{tu}}$$



109- rasm.



Nazorat savollari

1. Mexanik xarakteristikalar deb nimaga aytiladi va ular qanday ahamiyatga ega?
2. Tezlik xarakteristikalari deb nimaga aytiladi?
3. Mexanik va tezlik xarakteristikalari qanday hisoblanadi?
4. Mexanik xarakteristikalarni olish tajribasi qanday o'tkaziladi?
5. Elektrodinamik tormozlash qanday o'tkaziladi?
6. Teskari ulash bilan tormozlash qanday o'tkaziladi?

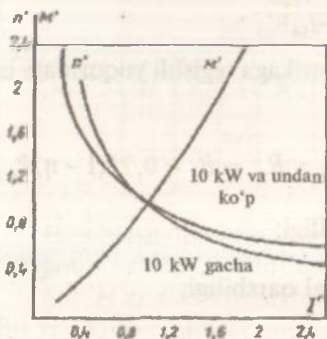
23-ish. Ketma-ket qo'zg'atishli motorning mexanik va tezlik xarakteristikalari

Ishdan maqsad. Motorning elektromexanik xususiyatlarini o'rganish.

Ish rejasi. Motor va yuklanish generatorining pasportidagi ma'lumotlarni yozib olish va ular asosida tajribaga kerak bo'ladigan asbob va apparatlarni tanlash. Motorning mexanik va tezlik xarakteristikalari $n=f(m)$; $n=f(I)$ ni hisoblab topish va ularning grafigini qurish. Mexanik va tezlik xarakteristikalarini tajriba usulida olish va ularning grafigini qurish. Motorni elektrodinamik va teskari ulash usullarida tormozlab to'xtatish.

Ishning bajarilish tartibi. Pasport ma'lumotlariga binoan o'lchov asboblari va reostatlarni tanlash "Elektr o'lchash asboblari va ularning qo'llanishi" mavzusida keltirilgan. Motor xarakteristikalarini olish uchun 54- rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalanish mumkin.

Ketma-ket qo'zg'atishli motorning mexanik va tezlik xarakteristikalari grafoanalitik usulda hisoblanadi. Buning uchun motor



110- rasm.

kataloglaridagi nisbiy birlikda beriluvchi universal xarakteristikalar $n' = f(I'_{ya})$ va $M' = f(I'_{ya})$ dan foydalaniladi (110- rasm).

110- rasmda MP va DP tipli ketma-ket qo'zg'atishli motorlarning tabiiy universal xarakteristikasini hisoblashda quyidagi jadval to'ldiriladi:

| Tajriba № | | M' | I'_{ya} | M | n' | n | n'_s | n_s |
|-----------|-----|------|-----------|-----|------|---------------------------------|--------|---------------------------------|
| | | | A | nm | | $\frac{\text{ayl}}{\text{min}}$ | | $\frac{\text{ayl}}{\text{min}}$ |
| 1 | 0,4 | 0,27 | | | 1,9 | | | |
| 2 | 0,6 | 0,5 | | | 1,35 | | | |
| 3 | 0,8 | 1,73 | | | 1,13 | | | |
| 4 | 1 | 1 | | | 0,98 | | | |
| 5 | 1,2 | 1,3 | | | 0,93 | | | |
| 6 | 1,4 | 1,58 | | | 0,86 | | | |
| 7 | 1,6 | 1,92 | | | 0,81 | | | |
| 8 | 1,8 | 2,34 | | | 0,78 | | | |
| 9 | 2 | | | | 0,75 | | | |

Bunda n' va n'_{ya} ning qiymatlari 110- rasmdagi grafikdan olingan. Berilgan motorning tabiiy va sun'iy tezlik xarakteristikalariga tegishli n , n_n va I'_{ya} qiymatlari quyidagicha aniqlanadi:

$$n = n_n n'; \quad I'_{ya} = I_n I'_{ya}; \quad M = M_n M'$$

Yakor zanjiriga ketma-ket ulangan turli tashqi R_{ya} qarshiliklarga tegishli sun'iy xarakteristika $n'_s = f(I'_{ya})$ larni hisoblashda quyidagi ifodadan foydalaniladi:

$$n'_s = n \frac{U_n - I'_{ya}(R_D + R_{tk})}{U_n - I_r R_D};$$

yoki nisbiy birlikda

$$n'_s = n' \frac{1 - I_{ya} R'}{1 - I_{ya} R'_D}$$

bu yerda n va I_{ya} — tabiiy xarakteristikaga tegishli yuqoridagi jadval ma'lumotlari;

$$R' = n \frac{R_D + R_k}{R_n}; \quad R'_D = \frac{R_D}{R_n}; \quad R_D = R_{ya} = R_s = 0,75(1 - \eta)R_n,$$

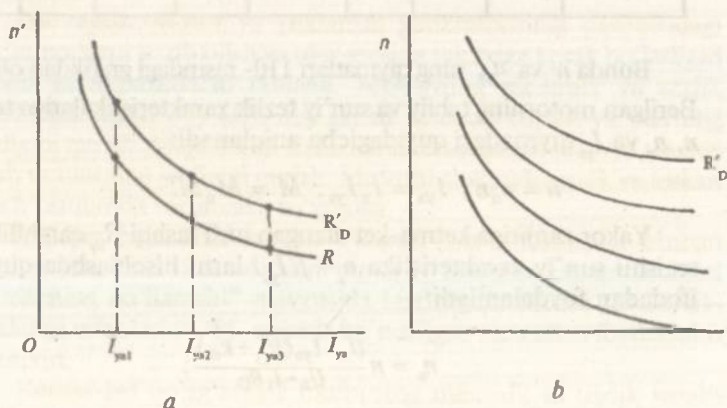
R_n — motorning ichki qarshiligi;

$$R_n = \frac{U_n}{I_n} \text{ — motoming nominal qarshiligi;}$$

$R_s = 0,5R_{ya}$ — ketma-ket qo'zg'atishli chulg'amning qarshiligi.

111- rasm, a va b larda jadvaldagi ma'lumotlar asosida qurilgan tabiiy va sun'iy tezlik hamda mexanik xarakteristikalar ko'rsatilgan.

Mexanik va tezlik xarakteristikalari olinuvchi ketma-ket qo'zg'atishli motorni ishga tushirishda u orqali aylantiriladigan generator 25÷30 % quvvat bilan doimo yuklangan bo'lishi lozim (qo'zg'atilgan yuklanish generator yakori yuklama qarshiligiga ulangan bo'lishi kerak). Ishga tushirilgan motor tokini yuklanish generatori orqali 1,2 I_n qiymatgacha ko'tarib, tabiiy xarakteristikaning birinchi o'lchov nuqtasi olinadi. So'ngra yuklanish tokini asta-sekin kamaytirib, motor tezligi nominalga nisbatan taxminan 1,5 marta ko'paytiriladi va bunda 5÷6 xil yuklanish tokida o'lchab olingan qiymatlar quyidagicha yoziladi:



111- rasm.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | |
|--------------|----------------------|----------|------------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|------------------------|-------------------|-------|-------|--|
| | U_m | I_{yn} | n | R_{ix} | R_m | R_{mh} | U_s | I_s | P_1 | P_2 | $\eta_m = \eta_s$ | P_2 | M_2 | |
| | V | A | ayl min | Ω | Ω | Ω | V | A | W | W | | W | nm | |

Hisoblash ma'lumotlari elektr mashinalar mavzusida keltirilgan.

Sun'iy xarakteristikalarni ham tabiiyni olish tartibida o'tkaziladi. Bu xarakteristikalarni olishda, dastavval yakorga faqat $R_{rq} = 4R_{ya}$, so'ngra faqat $R_{mh} = 4R_m$ va nihoyat, qo'zg'atish tokini taxminan 25% ga kamaytiruvchi R_{is} qarshiliklari kirgiziladi va 5÷6 xil yuklanish tokida o'lchab olingan miqdorlar yuqoridagi jadvalga yoziladi.

Yakori shuntlangan ketma-ket qo'zg'atishli motorni salt ishlash rejimida ham ishlatish mumkin.

Ketma-ket qo'zg'atishli motor elektrodinamik usul bilan o'z-o'zidan qo'zg'atish va mustaqil qo'zg'atish prinsiplarida tormozlab to'xtatiladi. Normal rejimda aylanib turgan motorni o'z-o'zidan qo'zg'atish prinsipida tormozlab to'xtatish uchun uning yakorini tarmoqdan ajratib tashqi qarshilik R_d ga ulash kerak. Bunda qo'zg'atish chulg'ami yakorga teskari ulanishi lozim, aks holda qutblardagi qoldiq magnit oqimi yo'qolib, tormozlash momenti hosil bo'lmaydi. O'z-o'zidan qo'zg'atish prinsipida tormozlash jarayoni juda sust o'tadi. Shu sababli, odatda, mustaqil qo'zg'atish prinsipida tormozlash qo'llaniladi. Buning uchun qo'zg'atish chulg'ami biror qarshilik orqali elektr tarmog'iga alohida ulanadi va unga nominal tok beriladi. So'ngra motor yakorini tarmoqdan ajratib tashqi qarshilik R_d ga ulanadi.

Normal rejimda ishlayotgan motorni teskari ulash usulida tormozlab to'xtatish uchun motor yakorini elektr tarmog'idan uzib uni shu tarmoqqa teskari ulanadi, bunda uning qo'zg'atish chulg'ami shu tarmoqqa qarshilik orqali alohida ulanib, undan nominal tok o'tkaziladi.



Nazorat savollari

1. Ketma-ket qo'zg'atishli motor qanday ishga tushiriladi?
2. Nima uchun ketma-ket qo'zg'atishli motor uchun mexanik xarakteristika tenglamasining aniq analitik ifodasini olish mumkin emas?

3. Nima uchun ketma-ket qo'zg'atishli motor salt ishlash rejimida ishlay olmaydi?
4. Motorning tabiiy va sun'iy tezlik va mexanik xarakteristikalari qanday hisoblanadi?
5. Tezlik va mexanik xarakteristikalarni olish tajribasi qanday o'tkaziladi?
6. Elektrodinamik usulda motorni tormozlab to'xtatish tajribasi qanday o'tkaziladi?
7. Teskari ulash usulida motorni tormozlab to'xtatish tajribasi qanday o'tkaziladi?
8. Ketma-ket qo'zg'atishli motor qanday yuritmalarda keng qo'llaniladi?
9. Ketma-ket qo'zg'atishli motorning qanday afzallik va kamchiliklari bor?

24-ish. Aralash qo'zg'atishli motorning mexanik va tezlik xarakteristikalari

Ishdan maqsad. Motorning elektromexanik xususiyatlarini o'rganish.

Ish rejasi. Motor va yuklanish generatori pasportidagi ma'lumotlar asosida o'lchov asboblari va reostatlarni tanlash.

Motorning tabiiy va sun'iy tezlik va mexanik xarakteristikalarini hisoblab topish va ularning grafisini qurish.

Tabiiy va sun'iy xarakteristikalarni tajriba usulida olish va ularning grafisini qurish.

Motorni turli usullarda tormozlab to'xtatish tajribalarini o'tkazish.

Ishning bajarilish tartibi. Pasport ma'lumotlari asosida o'lchov asboblari va reostatlarni tanlash. "Elektr o'lchash asboblari va ularning qo'llanilishi" mavzusida keltirilgan.

Motorning mexanik xarakteristikalarini olish uchun 56- rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalanish mumkin.

Aralash qo'zg'atishli motorda ham magnit oqimining qiymati yuklanish tokiga bog'liq bo'lgani sababli mexanik xarakteristika tenglamasining aniq ifodasi yo'q. Shuning uchun ham xarakteristikalarni hisoblashda motor kataloglarida keltirilgan tabiiy xarakteristika $n = f(I_{ya})$ ga binoan, yakor zanjiriga kiritilgan R_n ning turli qiymatlariga tegishli sun'iy tezlik xarakteristikalari quyidagi tenglamaga asosan hisoblanadi:

$$n_s = n \frac{U_n - I_n(R_D + R_k)}{U_n - I_n K_D}$$

So'ngra

$$M = f(I_{ya}); n = f(I_{ya}) \text{ va } n_s = n \frac{U_n - I_n(R_D + R_{tk})}{U_n - I_n R_D}$$

lardan foydalanib, grafoanalitik usulda tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalar hisoblanadi.

56- rasmdagi sxemadan foydalanib, motor xarakteristikalarini tajriba usulida olish uchun, dastavval, yakor zanjiriga ketma-ket ulangan qarshilik R_{tk} ning qiymati maksimumga, parallel qo'zg'atish chulg'amidagi R_q niki minimalga keltirilib, qo'zg'atish chulg'amlarining mos ulanishida motor ishga tushiriladi. Ketma-ket yoki faqat parallel qo'zg'atish chulg'ami ishtirokida ishga tushirilgan motor bir yo'nalishda aylansa, qo'zg'atish chulg'amlari mos ulangan bo'ladi. Aralash qo'zg'atishli motorning afzalliklaridan biri shundaki, uni salt ishlash rejimida ishga tushirish va ishlatish mumkin. Salt ishlash rejimida ishga tushirilgan motor validagi generatorni nominal kuchlanishgacha qo'zg'atiladi va uni yuklanishga ulanadi. So'ngra generator kuchlanishi $U=U_n$ ning o'zgarmasligida yuklanish tokini oshirib borib, motor tokini nominalga nisbatan 20% yuqorigacha ko'tariladi va 5÷6 xil yuklanish tokida o'lchab olingan qiymatlar quyidagi jadvalga yoziladi:

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | |
|--------------|----------------------|-------|-------|----------|----------|---------------------------------|----------|-------|-------|-------|------------------------|-------------------|-------|-------|
| | U | I_m | I_q | R_{tk} | R_{sh} | n | U_s | I_s | I_2 | P_1 | P_2 | $\eta_m = \eta_s$ | P_2 | M_2 |
| | V | A | A | Ω | Ω | $\frac{\text{ayl}}{\text{min}}$ | Ω | V | A | W | W | | W | nm |

Hisoblash formulalari elektr mashinalar mavzusida keltirilgan. Tubiiy xarakteristikani olishda

$$U = U_n; F = F_n; R = R_D$$

bo'lishi lozim.

Sun'iy xarakteristikalarni olishda esa

$$R = R_D + R_{tk} = R_D + 3R_D; U = U_n; \Phi = \Phi_n \quad \text{hamda}$$

$R = R_D + R_{tk} = R_D + 3R_D; R_{vsh} = 6R_D; U = U_n; \Phi = \Phi_n$ bo'lishi lozim.

Aralash qo'zg'atishli motorni elektrodinamik va teskari ulash usullarida tormozlab to'xtatish mumkin. Bunda faqat parallel

qo'zg'atish chulg'ami ishtirok etadi. Shu sababli bu tajribalar xuddi parallel qo'zg'atishli motorniki singari o'tkaziladi.



Nazorat savollari

1. Aralash qo'zg'atishli motorning qanday afzalliklari va kamchiliklari bor?
2. Tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalar qanday hisoblanadi?
3. Tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalarni olish tajribasi qanday o'tkaziladi va bu xarakteristikalar qanday quriladi?
4. Aralash qo'zg'atishli motor qanday usullarda tormozlanib to'xtatiladi va bu tajriba qanday o'tkaziladi?
5. Motorni ishlatishda uning qo'zg'atish chulg'amlari qanday ulanadi va ularning mos yoki nomosligi qanday tekshiriladi?

25-ish. Faza rotorli asinxron motorning mexanik xarakteristikalari

Ishdan maqsad. Motorning elektromexanik xususiyatlarini o'rganish.

Ish rejasi. Motor va yuklanish generatori pasportlaridagi ma'lumotlar asosida o'lchov asboblari va reostatlarni tanlash va chulg'amlarning om qarshiligini aniqlash.

Tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalarni hisoblab topish va ularning grafisini qurish.

Tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalarni tajriba usullarida olish va ularning grafisini qurish.

Motorni elektrodinamik va teskari ulash usullarida tormozlab to'xtatish.

Ishning bajarilish tartibi. Pasport ma'lumotlari asosida o'lchov asboblari va reostatlarni tanlash kirish qismida keltirilgan. Stator va rotor chulg'ami fazalarining omik qarshiliklari R_1 va R_2 ni o'lchash va ularning qiymatini 75 gradusga keltirib hisoblash ham kirish qismida ko'rsatilganidek o'tkaziladi.

Tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalarni quyidagi tenglama asosida hisoblanadi:

$$M = \frac{M_{\max}(2+q)}{\frac{s}{s_{kr}} + \frac{s_{kr}}{s} + q},$$

bu yerda $s_{kr} = \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + (x_1 + x_2)^2}}$, — kritik sirpanish

$$q = \frac{2R_1}{\sqrt{R_1^2 + (x_1 + x_2')^2}};$$

$$M_{\max} = \frac{3U_f^2}{2\omega_s [R_1 + \sqrt{R_1^2 + (x_1 + x_2')^2}]} - \text{motorning kritik sirpanishdagi}$$

maksimal momenti;

U_f — motorga berilgan faza kuchlanishi;

$\omega_s = \frac{\pi n_s}{30}$ — sinxron burchak tezligi;

R_1 — stator fazasining 75 gradusdagi aktiv qarshiligi;

$I_1 = K^2 R_2 = \left(\frac{E_s}{E_r}\right)^2 R_2$ — rotor fazasining keltirilgan aktiv qarshiligi;

$R_2 = R + R_{rk}$ — rotor fazasining to'la aktiv qarshiligidagi 75 gradusdagi qiymati;

R_{rk} — rotor zanjiriga kiritilgan aktiv qarshilik;

R_p — rotor chulg'aming aktiv qarshiligi;

E_s, E_r — stator va rotor EYK larining katalogda berilgan qiymati;

X_1 — stator fazasining induktiv qarshiligi;

$X_2' = K^2 X_2$ — rotor fazasining keltirilgan induktiv qarshiligi;

X_2 — rotor fazasining induktiv qarshiligi;

$Z_1 = \frac{U_{f1}}{I_{f1}}$ — stator fazasining o'lchash yo'li bilan topilgan to'la qarshiligi;

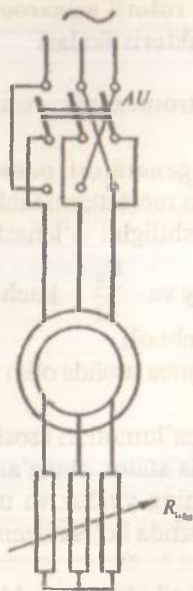
$X_2 = \sqrt{Z_2^2 - R_2^2}$ — induktiv qarshilik;

$Z_2 = \frac{U_{f2}}{I_{f2}}$ — rotor fazasining o'lchab topilgan to'la qarshiligi.

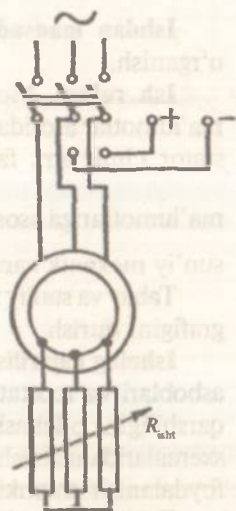
Tabiiy mexanik xarakteristika $s=f(M)$ ni hisoblashda $R_{pk}=0$; $R_2=R_1$ bo'lib, sirpanish s ga noldan birgacha $0 \div 1$ bo'lgan turli qiymatlar beriladi va M ning tegishli qiymatlari aniqlanadi.

Sun'iy (reostatli) mexanik xarakteristikalarni hisoblashda esa tashqi aktiv qarshilik R_{rk} ning turli $R_{rk}=5R_1$ va $10R_1$ qiymatlarida tegishli S_{kp} lar hamda $R_{rk}=0$ va $U=0,6U_n$; $U=0,8U_n$ ligida M_{\max} lar aniqlanib, to'rtta xarakteristika quriladi.

Tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalarni tajriba usulida olish uchun 64- rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalaniladi. Buning



113- rasm.



114- rasm.

tiladi. Motorni teskari ulash usulida tormozlab to'xtatish uchun uning rotoriga reostatning to'la qarshiligini kiritib, stator chulg'amini elektr tarmog'idan ajratiladi va shundan keyin uni shu tarmoqqa ikki fazaning o'rnini almashtirib ulanadi (113- rasm). Motor tormozlanib to'xtatilgach, uni elektr tarmog'idan ajratish lozim, aks holda u teskari tomonga aylana boshlaydi.



Nazorat savollari

1. Asinxron motorning mexanik xarakteristikasi deb nimaga aytiladi?
2. Tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalar qanday hisoblanadi va quriladi?
3. Rotor zanjiridagi aktiv qarshilik qiymatini oshirishda mexanik xarakteristikalar qanday qonuniyat bilan o'zgaradi?
4. Statorga beriluvchi kuchlanishning pasayishida mexanik xarakteristikalar qanday qonuniyat bilan o'zgaradi?
5. Tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalarni olish tajribasi qanday o'tkaziladi?
6. Elektrodinamik va teskari ulash usullarida motorni tormozlab to'xtatish tajribalari qanday o'tkaziladi?

26-ish. Qisqa tutashirilgan rotorli asinxron motorning mexanik xarakteristikallari

Ishdan maqsad. Motorning elektromexanik xususiyatlarini o'rganish.

Ish rejasi. Motor va yuklanish generatori pasportlaridagi ma'lumotlar asosida o'lchov asboblari va reostatlarni tanlash hamda stator chulg'ami fazasining omik qarshiligini o'lchash. Katalog

ma'lumotlariga asosan motorning tabiiy va $\frac{U_n}{\sqrt{3}}$ kuchlanishidagi sun'iy mexanik xarakteristikalarini hisoblash.

Tabiiy va sun'iy xarakteristikalarni tajriba usulida olish va ularning grafigini qurish.

Ishning bajarilish tartibi. Pasport ma'lumotlari asosida o'lchov asboblari va reostatlarni tanlash hamda stator chulg'aming om qarshiligini o'lchash. Asinxron motorning yulduz va uchburchak sxemalarida ulab ishlatish uchun 67- rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalanish mumkin.

Tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalarni hisoblash uchun motor katalogida berilgan quyidagi ma'lumotlardan foydalaniladi:

R_n — motor validagi nominal quvvat, kW;

n_n — nominal aylanish tezligi, ayl/min;

μ_k — maksimal moment karraligi $\mu_n = \frac{M_{\max}}{M_n}$;

μ_0 — ishga tushirish momentining karraligi $\mu = \frac{M_{\text{isht}}}{M_n}$.

Bu ma'lumotlar asosida quyidagilar aniqlanadi:

$M_n = 9,55 \frac{P_n}{n_n}$ — motorning nominal momenti;

$M_{\max} = \mu_k M_n$ — motorning maksimal momenti;

$S = \frac{n_0 - n}{n_0}$ — nominal sirpanish;

$n_0 = \frac{60f}{p}$ — sinxron tezlik, ayl/min;

$$\mu_1 = \frac{M_{\max}}{M_{\text{isht}}} = \frac{\mu_n}{\mu_0}$$

Mexanik xarakteristika quyidagi tenglama bilan hisoblanadi:

$$M = \frac{M_{\max}(2+q)}{\frac{S}{S_{kr}} + \frac{S_{kr}}{S} + q}$$

$S = 0 \div 1$ da R_2^l va X_k ning qiymatlari o'zgar olmaydi deb olib, S_{kr} va q ning qiymatlari quyidagicha aniqlanadi:

$$S_{kr} = \frac{S_n + \sqrt{S_n^2 \frac{\mu_k - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{S_n^2 \frac{\mu_k - 1}{\mu_1 - 1}}}$$

$$q = \frac{\frac{1}{S_{kr}} + S_{kr} - 2 \frac{\mu_k}{\mu_0}}{\frac{\mu_k - 1}{\mu_1}}$$

Bu ifodalardan topilgan S_{kr} va q larni mexanik xarakteristika tenglamasiga qo'yib, S ga noldan birgacha bo'lgan turli qiymatlar beriladi va moment M ning tegishli qiymatlari aniqlanadi. Shunday qilib, tabiiy mexanik xarakteristika $S=f(M)$ ga tegishli nuqtalar topiladi. Agar kuchlanishning qiymati nominaldan past bo'lsa, yuqoridagi tenglamadan topiluvchi aylantiruvchi momentning qiymatlari kuchlanishning kvadratiga proporsional ravishda, ya'ni quyidagi proporsiya asosida kamaytiriladi.

$$\frac{M_n}{M} = \left(\frac{U_n}{U}\right)^2$$

va, natijada, sun'iy mexanik xarakteristikalariga tegishli nuqtalar aniqlanadi.

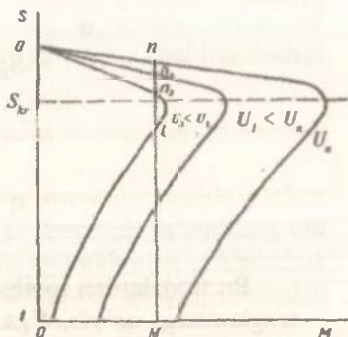
Tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalarni tajriba usulida olish uchun motorga induksion rostlagich orqali nominal kuchlanish berib ishga tushiriladi (67- rasm). So'ngra motor validagi generator nominal kuchlanishgacha qo'zg'atiladi va bu kuchlanishni o'zgartirmay saqlab generator yuklanish tokini oshirib boriladi. Shu asosda motor tokini nominalga nisbatan 20 % oshirib, tabiiy mexanik xarakteristikaning 5÷6 xil yuklanish tokida o'lchab olingan miqdorlari quyidagi jadvalga yoziladi:

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | | |
|--------------|----------------------|-------|----------|---------|-------|-------|------------------------|-------|-------------------|-------|-------|-----|
| | I_1 | U_1 | P_{1r} | N | U_z | I_z | P_1 | P_2 | $\eta_m = \eta_z$ | P_2 | M_2 | S |
| | A | V | W | ayl/min | V | A | W | W | | W | nm | |

Hisoblash formulalari elektr mashinalar mavzusida keltirilgan.

Motor statoriga beriluvchi kuchlanish qiymatlarini $0,9U_n$ va $0,7U_n$ gacha pasaytirib, ikkita sun'iy mexanik xarakteristikalariga tegishli o'lchov nuqtalari olinadi.

115- rasmda jadvaldagi ma'lumotlarga asosan qurilgan tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalar ko'rsatilgan.



115- rasm.



Nazorat savollari

1. Tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalar qanday hisoblanadi?
2. Statorga beriluvchi kuchlanishning pasayishida mexanik xarakteristikalarining ko'rinishi qanday o'zgaradi?
3. Tabiiy va sun'iy mexanik xarakteristikalarni olish tajribasi qanday o'tkaziladi? Qisqa tutashirilgan asinxron motorning tabiiy mexanik xarakteristikasi faza rotorli motomikidan farq qiladimi?

27-ish. Kollektorli universal motorning mexanik xarakteristikalari

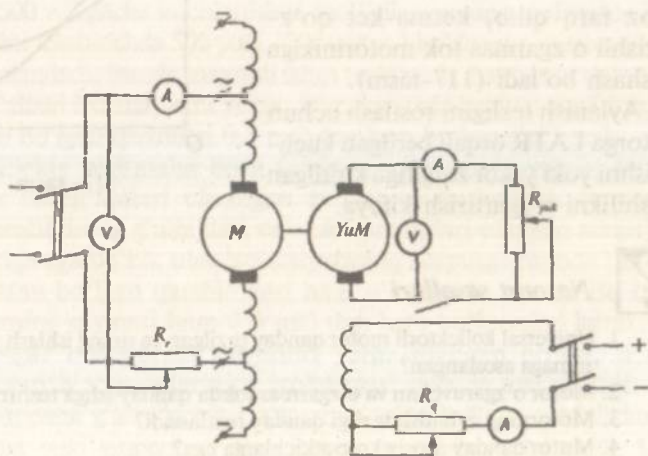
Ishdan maqsad. Motorning elektromexanik xususiyatlarini o'rganish.

Ish rejasi. Motorning tuzilishi va uning pasport ma'lumotlari bilan tanishish.

Motor chulg'amlarining omik qarshiliklarini o'lchash. Motorning o'zgaras va o'zgaruvchan tok bilan ishlagandagi mexanik xarakteristikalarini tajriba usulida olish va ularning grafisini qurish.

Ishning bajarilish tartibi. O'zgarmas yoki o'zgaruvchan tok tarmoqlaridan ta'minlanib ishlashga mo'ljallangan hamda qo'zg'atish chulg'ami yakorga ketma-ket ulangan kollektorli motor universal motor deb aytiladi. Bu motorlardan, ko'pincha, elektr asboblarda foydalanib, ular 5+600 W quvvatlarda ishlab chiqariladi. Universal motorning yakor chulg'ami katta qarshilikka egaligidan bunday motorlar tarmoqqa bevosita, ya'ni reostatsiz ulanib ishga tushiriladi va bunda ularning ishga tushirish toki nominalga nisbatan $3 \div 3,5$ marta katta bo'ladi, xolos. Cho'tkani kollektorga ishqalanishidan hosil bo'lgan qarshilik momenti sababli, bunday motorlarni ketma-ket qo'zg'atishli chulg'amga egaligidan qat'iy nazar, salt ishlash rejimida ham ishlatish mumkin. Ammo bunda motorning tezligi 18000 ayl/min dan oshmasligi lozim. Universal motorlarning ishga tushirish momenti nominalga nisbatan taxminan 3,5 marta katta bo'ladi. O'zgaruvchan va o'zgarmas tokda motor turli qarshilikka egaligidan uning texnik ko'rsatkichlari ham turlicha bo'ladi. Bu ko'rsatkichlarni bir-biriga yaqinlashtirish uchun uning o'zgaruvchan tok bilan ishlashida qo'zg'atish chulg'amining o'ramlari soni kamaytiriladi.

116- rasmda universal motorning mexanik xarakteristikasini olishga mo'ljallangan sxema ko'rsatilgan.



116- rasm.

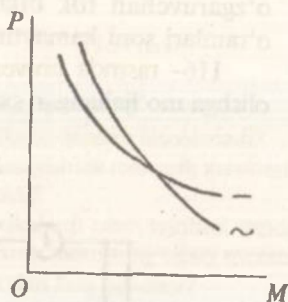
Tajriba o'tkazishda universal motorni o'zgaruvchan va so'ngra o'zgarmas tok elektr tarmog'idan ishga tushirilib, uning validagi yuklanish generatorini nominal kuchlanishgacha qo'zg'atiladi. So'ngra kuchlanishni o'zgartirmay, generatorning yuklanish toki oshirib boriladi. Bunda motorning toki ham ortib boradi va uning nominaldan 20% yuqori bo'lganida mexanik xarakteristikaning birinchi o'lchov nuqtasi olinadi. Generatorning yuklanish tokini asta-sekin kamaytirish bilan motorning tezligi nominalga nisbatan 30÷50% oshiriladi va bunda 5÷6 xil yuklanish tokida o'lchab olingan miqdorlar quyidagi jadvalga yoziladi.

| Tajribalar № | Tajriba ma'lumotlari | | | | | | Hisoblash ma'lumotlari | | | | | |
|--------------|----------------------|-------|-------|---------|-------|-------|------------------------|-----|-----------------|-------|-------|-----|
| | I_m | U_m | P_m | n | U_x | I_x | P_2 | G | $\eta_m = \eta$ | P_2 | M_2 | S |
| | A | V | W | ayl/min | V | A | W | | | W | nm | |

Hisoblash formulalari elektr mashinalar mavzusida keltirilgan.

Universal motorning o'zgaruvchan va o'zgarmas tokda olingan mexanik xarakteristikalari o'zaro biroz farq qilib, ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorinikiga o'xshash bo'ladi (117-rasm).

Aylanish tezligini rostdlash uchun motorga LATR orqali berilgan kuchlanishni yoki yakor zanjiriga kiritilgan qarshilikni o'zgartirish kifoya.



117- rasm.



Nazorat savollari

1. Universal kollektori motor qanday tuzilgan va uning ishlash prinsipi nimaga asoslangan?
2. Motor o'zgaruvchan va o'zgarmas tokda qanday ishga tushiriladi?
3. Motoring aylanish tezligi qanday rostdlanadi?
4. Motor qanday asosiy ko'rsatkichlarga ega?
5. Motorning mexanik xarakteristikalari tajriba yo'li bilan qanday olinadi va ular qanday ko'rinishga ega?



ELEKTR YURITMALARNI AVTOMATIK BOSHQARISH

UMUMIY TUSHUNCHALAR

Elektr yuritmani avtomatik ishga tushirish, tezligini rostdlash, reverslash va to'xtatish kabi jarayonlarni avtomatik boshqarish deyiladi. Bunda boshqarish apparatlari va sxemalaridan foydalaniladi. Boshqarish apparatlari sifatida oddiy rubilnik, saqlagich, rele va kontaktorlar bilan birga kontaktsiz asbob va apparatlar, murakkab elektron hisoblash qurilmalari ham qo'llanilmoqda. Binobarin, elektr yuritmalarning ishonchli ishlashi, ko'pincha, boshqarish apparatlarining sifatiga va ularning to'g'ri sozlanishiga bog'liqdir.

Apparatlarni to'g'ri sozlashda quyidagilar bajariladi.

Boshqarish pulti yoki stansiyasi hamda undagi apparatlar tashqi ko'rikdan o'tkaziladi; har bir apparat va elektr zanjirining izolatsiyasi tekshiriladi; apparat g'altaklarining o'zgarmas tokka bo'lgan qarshiliklari o'lchanadi hamda g'altakda uzilish yo'qligi aniqlanadi; apparat prujinalari, kontaktlari va mexanik blokirovka mexanizmlari sozlanadi.

Apparatlarni tashqi ko'rikdan o'tkazishda ularning loyihaga mosligi, kontakt va prujinalarning, bolt hamda gaykalarining normal holatdaligi va shu kabilarga ahamiyat beriladi.

500 voltgacha kuchlanishga mo'ljallangan apparatlarning izolatsiyasini tekshirishda 500 yoki 1000 voltga hisoblangan megommetrdan foydalaniladi. Bunda magnitli ishga tushirgich, kontaktor va avtomatlar g'altagi izolatsiyasini yerga, korpusga yoki boshqa zanjirlarga nisbatan bo'lgan qarshiligi $0,5 \text{ m}\Omega$ dan kam bo'lmasligi kerak.

Elektr yuritmalar bosh (elektr motorlarning yakor, stator va rotor chulg'amlari ulanilgan zanjir) va boshqarish (boshqarish apparatlarining g'altaklari va blok kontaktlari ulangan zanjir) zanjirlariga ega bo'lib, ular izolatsiyasining korpusga hamda bir-biriga nisbatan bo'lgan qarshiliklari ham o'lchanishi lozim. Bu qarshiliklarning qiymati ham $0,5 \text{ m}\Omega$ dan kam bo'lmasligi kerak.

Agar boshqarish zanjirlari yerga ulangan bo'lsa, u holda boshqarish apparatlarining izolatsiyasi alohida tekshiriladi.

Apparat g'altaklarining o'zgarmas tokka bo'lgan qarshiliklari ommetrlar yoki ampermetr va voltmeter usuli bilan o'lchanadi. Undan chulg'am ko'rsatkichlarining to'g'riligi hamda unda uzilish yo'qligi aniqlanadi, g'altakning qarshiligini o'lchashda uning temperaturasini hisobga

olish kerak. Ayniqsa, o'zgarmas tok apparatlari g'altagi qarshiligining qiymati ularni ishlatish kuchlanishiga katta ta'sir ko'rsatadi. Qarshilikning ortishida ishlatish kuchlanishining qiymati ham ortib ketadi.

Kuyundi qoplangan kontaktlar mayda tishli egov bilan tozalaniib, normal holatga ketliriladi, ular haddan tashqari yeyilgan yoki kuygan bo'lsa, yangilari bilan almashtiriladi. Kontaktlar bir-biriga prujinalar orqali normal kuch bilan bosib yoki bir-biridan tortilib turishi lozim, aks holda kontaktlarning o'ta qizib ketishi kuzatiladi. Shuningdek, apparatlarni sozlashda hamma bolt va gaykalarning normal tortilib turishiga ahamiyat beriladi.

Apparatlarni elektr kattaliklarga sozlashda ularning ishlatish toki yoki kuchlanishi hamda to'xtatish toki, yoki kuchlanishi tekshirilib, bunda apparatlar normal ish holatidagi temperaturada bo'lishi lozim.

LABORATORIYA ISHLARI

28-ish. Kontaktorlar

Ishdan maqsad. Turli tipdagi kontaktorlarning tuzilishi va ish prinsiplari bilan tanishish va ularni sozlash.

Ish rejasi. O'zgaruvchan tok kontaktorining tuzilishi va pasport ma'lumotlari bilan tanishish, uning bosh va blok kontaktlarini aniqlash. Kontaktorlarning magnit sistemasidagi qisqa tutashgan o'ram va uning yoy o'chirish qurilmasi bilan tanishish.

Kontaktor g'altagiga nominal kuchlanish berib, uning aniq va guvillamay ishlashini tekshirish.

Kontaktor yakorining o'zakka tortilishi U_{tot} va qo'yib yuborilishidagi $U_{q\ yu}$ kuchlanishlarni aniqlab, qaytarish koefitsiyenti

$K_q = \frac{U_{q\ yu}}{U_{\text{tot}}}$ ni topish. Magnit sistemaning ochiq va yopiqligida g'altakka berilgan quvvat va undan o'tuvchi tok qiymatlarini aniqlab, ularning nisbatlarini topish.

Ishning bajarilish tartibi. Kontaktor deb elektromagnit va kontakt sistemasidan iborat apparatga aytiladi. Apparat bosh blok-kontakt deb ataluvchi kontaktlar sistemasiga ega. Elektr motorlar va boshqa elektr iste'molchilarning yuklanish toklari o'tuvchi bosh zanjirlarni elektr tarmog'iga ulash va undan uzishda kontaktorlarning bosh kontaktlari ishlatilib, ular, odatda, yoy o'chiruvchi qurilmaga ega qilib tayyorlanadi. Agar bu kontaktlar bilan elektr zanjirlari uzilmay, faqat ulardagi qarshiliklar shuntlansa, u holda yoy o'chiruvchi qurilmaga hojat qolmaydi.

O'zgaruvchan tok kontaktorlari 630A, o'zgarmas tok kontaktorlari esa 2500 A ga qadar bo'lgan nominal toklarga hisoblab ishlab chiqariladi.

Elektr zanjirlari kontaktorlar bilan soatiga 600÷1200 marta-gacha uzib-ulanishga mo'ljallanadi. Blok-kontaktlar bilan 5÷10 A gacha bo'lgan boshqarish zanjirlari uzib-ulanadi.

O'zgaruvchan tok kontaktorlarining magnit sistemasi yupqa elektrotexnik po'lat listlardan yig'iladi. O'zgaruvchan tokning g'altakdan o'tishida magnit sistemaning dirillab ovoz chiqarmasligi uchun po'lat o'zakka qisqa tutashtirilgan mis halqa kiygiziladi.

O'zgarmas tok kontaktorlarining magnit sistemasi yaxlit elektrotexnik po'latdan yasaladi. Yaxshi sozlangan kontaktorlar nominal kuchlanishning 85 % ida o'z yakorini normal tortib oladi.

O'zgaruvchan tok kontaktorlari g'altaklari zanjiridan o'tuvchi tokning qiymati magnit sistemaning ochiq holatida yopiqdagiga nisbatan 10÷15 marta katta bo'ladi. Shu sababli tajriba sxemasini tuzishda va o'lchov asboblari tayyorlashda uni hisobga olish zarur.



Nazorat savollari

1. Kontaktor deb qanday apparatga aytiladi?
2. Kontaktorlarning vazifalari nimalardan iborat?
3. Tok turi, kontakt sistemalarining tuzilishiga qarab, kontaktorlar bir-biridan farq qiladimi?
4. Qisqa tutashgan mis halqani kontaktor o'zagiga kiygizish bilan nimaga erishiladi?
5. O'zgaruvchan, o'zgarmas tok kontaktorlari yakorining o'zakka tortilish va qo'yib yuborilish kuchlarini aniqlashda tajriba sxemalari qanday tuziladi?
6. Kontaktorlar qanday texnik ko'rsatkichlarga ega va ulardan qayerlarda foydalaniladi?

29-ish. Magnitli ishga tushirgichlar

Ishdan maqsad. Magnitli ishga tushirgichlar konstruksiyasi va ishlash prinsiplarini yaqindan o'rganish.

Ish rejasi. Magnitli ishga tushirgichning pasport ma'lumotlari va elementlari bilan tanishish.

Magnitli ishga tushirgich bilan asinxron motorni masofadan turib boshqarish (ishga tushirish, to'xtatish, kuchlanish pasayishidan himoyalash).

Reversiv magnitli ishga tushirgich sxemalarida elektr va mexanik blokirovkalardan foydalanish (asinxron motorni reverslash misolida).

Ishning bajarilish tartibi. Kontaktor, knopkalar stansiyasi va issiqlik relesidan iborat apparat-

lar to'plami magnitli ishga tushirgich deyiladi. Bunda boshqarish zanjirlarini elektr tarmog'iga ulovchi yoki ularni tarmoqdan uzuvchi knopkalar hamda magnitli ishga tushirgich bilan elektr tarmog'iga ulanuvchi elektr iste'molchilarni davomli o'ta yuklanish toki xavfidan himoyalovchi issiqlik relelari mustaqil apparatlar hisoblanib, ularni boshqarishga qulay bo'lgan joylarga o'rnatiladi.

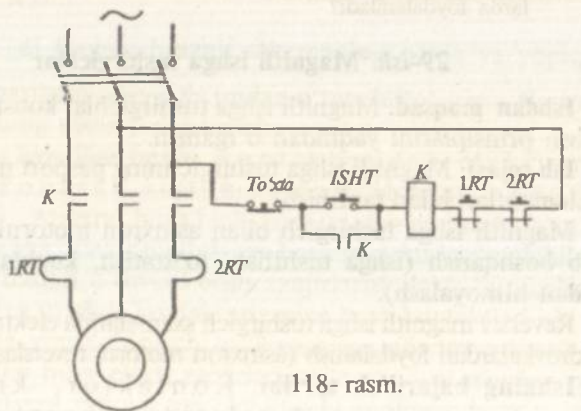
Knopkalar stansiyasi normal holda ochiq yoki berk hamda ochiq va berk kontaktlarga ega bo'lgan ishga tushirish, to'xtatish knopkalar to'plamidan tashkil topadi. Ishga tushirish knopkalarini o'zaro parallel, to'xtatishlarni ketma-ket ulab, elektr iste'molchilarini turli punktlardan boshqarish mumkin.

Issiqlik relelari, ko'pincha, asinxron motorning ikki fazasiga ulanadi. Bunda relening issiqlik elementi stator chulg'aming zanjiriga ketma-ket ulanadi, bimetall plastinkalarning kengayishidan ta'sirlanib normal berk bo'lgan kontakti esa boshqarish zanjiriga ketma-ket ulanadi.

Asinxron motorlar aylanish yo'nalishini avtomatik o'zgartirishda reversiv magnitli ishga tushirgichlardan foydalaniladi. Motorni reversiv boshqarishga mo'ljallangan bir juft kontaktorlar hamda knopkalar stansiyasi to'plamidan iborat apparatga reversiv magnitli ishga tushirgich deyiladi. Asinxron motorli boshqarish apparatini tanlashda apparat g'altagiga beriluvchi kuchlanish va bosh kontaktlar hisoblangan nominal tok qiymatlari e'tiborga olinadi.

118- rasmda noreversiv magnitli ishga tushirgich bilan asinxron motorni boshqarish sxemasi ko'rsatilgan.

Bunda ishga tushirish tugmasi ISHT ni bosish bilan magnitli ishga tushirgich L ning g'altagi elektr tarmog'iga ulanib, u o'zining stator zanjiridagi bosh L va ishga tushirish tugma kon-



118- rasm.

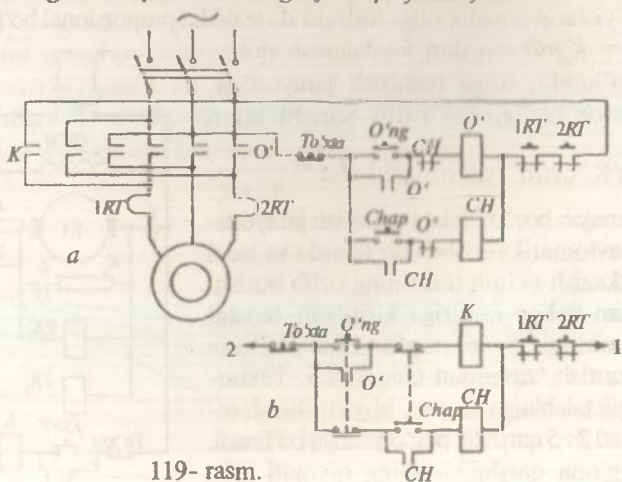
taktini shuntlovchi blok-kontakti L larni bir mada berkitadi. Shu sababli „ISHT“ tugmasini bo'shatib, peyqina ta'sirida uning kontaktini ochib qo'yilganda ham L g'altagi tokdan uzilmaydi.

Agar issiqlik relelarining issiqlik elementi ICT ulangan stator zanjiridan davomli o'ta yuklanish toki o'tsa, ularning boshqarish (g'altak) zanjiriga ketma-ket ulangan ICT kontaktari ochilib, motor elektr tarmog'idan uziladi va u o'ta qizish xavfidan himoyalanaadi. Motorni to'xtatish uchun „To'sta“ tugmasini bosish kifoya.

Reversiv magnitli ishga tushirgichdagi kontaktorlar o'zaro elektr va mexanik blokirovkalariga ega bo'lishi lozim, aks holda yanglishish natijasida 119- rasmda ko'rsatilgan O' va Ch tugmalarini birgalikda bosib yuborilsa, elektr tarmog'ining ikki fazasi o'zaro qisqa tutashib avariya sodir bo'ladi.

Bunga yo'l qo'ymaslik uchun O' g'altagi zanjiriga Ch kontaktorning normal holda berk bo'lgan Ch blok-kontakti, Ch g'altagi zanjiriga esa O' blok-kontakti kiritiladi (119- rasm, *a*). Blok-kontaktlar vositasida hosil qilinuvchi bunday elektr blokirovka bilan elektr tarmog'ini qisqa tutashish xavfidan saqlash mumkin.

119- rasm, *b* da o'ng va chap tomon knopkalarining normal holda berk bo'lgan kontaktlari bilan elektr blokirovkasini hosil qilish sxemasi ko'rsatilgan. Elektr blokirovkalari bilan birgalikda mexanik blokirovka ham ishlatiladi. Bunda o'ng va chap tomon kontaktorlari bir shchitga o'rnatilgan bo'lib, ularning yakorlari o'zaro mexanik bog'lanishga ega bo'ladi va, natijada, ikkala kontaktorning bir vaqtda ishlashiga yo'l qo'yilmaydi.



119- rasm.



Nazorat savollari

1. Magnitli ishga tushirgich deb nimaga aytiladi?
2. Ishga tushirgich vositasida qanday ishlar bajariladi?
3. Issiqlik relesining ishlash prinsipi nimadan iborat va nima uchun uni motorning ikki fazasiga ulanadi?
4. Tugmalar stansiyasi deb nimaga aytiladi?
5. Motorni masofadan turib boshqarish uchun sxema elementlari qanday ulanishi kerak?
6. Elektr blokirovkalar deb nimalarga aytiladi?
7. Nima uchun elektr blokirovka bilan birgalikda mexanik blokirovka ham ishlatiladi?
8. Elektr blokirovkaning qaysi turida kontaktlarning erib yopishib qolishi xavfli hisoblanadi?

30-ish. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorini avtomatik boshqarish

Ishdan maqsad. Motorning avtomatik boshqarish sistemasini yig'ib, uning ishini amalda ko'rish.

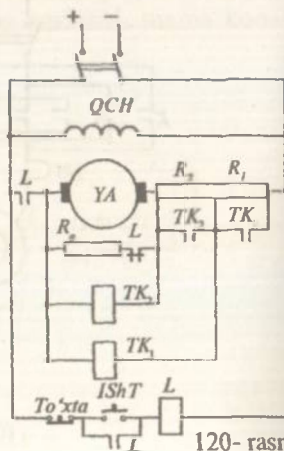
Ish rejasi. Motorning pasport ma'lumotlari va avtomatik boshqarish apparatlarining texnikaviy ko'rsatkichlari bilan tanishish. Avtomatik boshqarish sxemasini yig'ib, salt ishlash rejimida motorni avtomatik boshqarish tajribasini o'tkazish va boshqaruvchi apparatlarning to'g'ri ishlashini kuzatish.

Ishning bajarilish tartibi. Parallel qo'zg'atishli motorni tezlik bo'yicha avtomatik ishga tushirishda tezlikka proporsional bo'lgan EYK.

$E = K_E n \Phi = n$ dan foydalanish qulay. Ma'lumki, ishga tushirish jarayonida, motor tezligining ortib borishi bilan

EYK ortib, yakor toki $I_{ya} = \frac{U - E}{R_{ya} + R_r}$

kamayib boradi. Ishga tushirish jarayonini avtomatik ravishda bir tekisda va jadal o'tkazish uchun tezlikning ortib borishi bilan yakor zanjiriga kiritilgan reostat qarshiligi R_r ni pog'onama-pog'ona shuntlab, zanjirdan chiqariladi. Texnologik talablarga binoan, ishga tushirish reostati 2÷5 qarshilik pog'onalariga bo'linadi. Pog'ona qarshiliklarining qiymati gra-



120- rasm.

foanalitik usulda aniqlanadi. Tajriba sxemasida reostat qarshiligi ikki pog'ona-dan iborat deb qabul qilinadi.

120- rasmda motorni avtomatik boshqarish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda ishga tushirish reostatining birinchi R_1 va ikkinchi R_2 pog'ona qarshiliklarini avtomatik ravishda shuntlash uchun tezlatish kontaktorlari TK_1 va TK_2 dan foydalaniladi. TK_1 va TK_2 g'altaklari tegishlicha quyidagi U_1 va U_2 kuchlanishlarga sozlanadi:

$$U_1 = C_E n_1 + I_{\min} (R_{ya} + R_2); \quad U_2 = C_E n_2 + I_{\min} R_{ya},$$

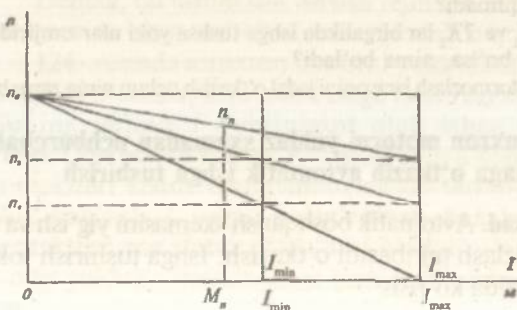
bu yerda: $C_E = \frac{U_n - I_n R_{ya}}{n_n}$ — EYK doimiysi;

$I_{\min} = (1,1 \div 1,3) I_n$; I_n — yuklanish tokining qiymati (tajribada bu salt ish toki);

I_{\min} — pog'ona qarshiliklarini shuntlashdagi yakor tokining minimal qiymati;

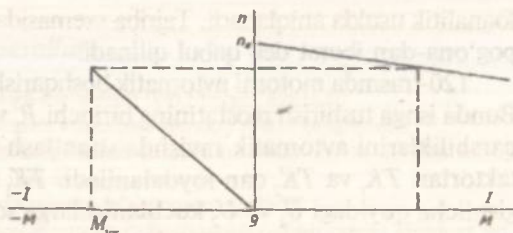
n_1, n_2 — 121- rasmdagi grafikdan aniqlanuvchi va yakor zanjiridagi reostatning pog'ona qarshiliklari R_1 va R_2 ning shuntlashdagi motor tezliklari.

Demak, motorni avtomatik ishga tushirish uchun P rubilnigini ulab, „Ish“ tugmasini bosish kifoya. Bunda L kontaktorining bosh kontakti L bilan motor yakori reostatning to'la qarshiligi R_1 va R_2 orqali elektr tarmog'iga ulanadi va motor aylana boshlaydi. Motor tezligi n_1 ga tenglashganda kontaktor TK_1 ga U_1 kuchlanishi beriladi va u o'zining bosh kontakti TK_1 bilan R_1 ni shuntlaydi. Bunda yakor toki va aylantiruvchi moment yana maksimum qiymat $I_{\max} = (2 \div 2,5) I_n$; $M_{\max} = (2 \div 2,5) M_n$ gacha ortib, motor o'z tezligini yangi xarakteristika bo'yicha oshira boradi. Motor tezligi n_2 ga tenglashganda TK_2 va U_2 kuchlanishi beriladi va u o'z kontakti TK_2 bilan R_2 ni shuntlaydi. Natijada, motor tezligi salt ishlash rejimiga tegishli tezlikkacha tabiiy xarakteristika bo'yicha ortib boradi va shu bilan avtomatik ishga tushirish jarayoni tugaydi.



121- rasm.

122- rasmi.



Motorni dinamik usulda avtomatik tormozlab to'xtatish uchun „To'xta“ tugmasi bosiladi. Bunda L kontaktor o'zining bosh kontakti bilan yakor zanjirini elektr tarmog'idan ajratib, uni blok-kontakt L bilan dinamik qarshilik R_{din} ga ulaydi. Bunda kinetik energiya ta'sirida yakor o'z aylanishini davom ettirishi sababli motor generator rejimida tormozlana boshlaydi. Tormozlash momentining boshlang'ich qiymati

$$M_{tor} = K_m \Phi I_{ya} = K_M \Phi \frac{-E}{R_{ya} + R_{din}}; \quad E \cong 0,95 U_n \quad \text{bo'lib,}$$

$$R_{din} \text{ qiymati } I_{ya} = (2-2,5)I_n = \frac{E}{R_{ya} + R_{din}} \text{ shartidan aniqlanadi.}$$

Tormozlash momenti ta'sirida motor 122- rasmda ko'rsatilgan dinamik tormozlash xarakteristikasi bo'yicha tezda to'xtatiladi.

Agar blok-kontakt L orqali yakorni R_{din} ga ulash kommutatsiya shartiga binoan mumkin bo'lmasa, u holda avtomatik boshqarish sxemasiga qo'shimcha oraliq releli va kontaktor kiritiladi.

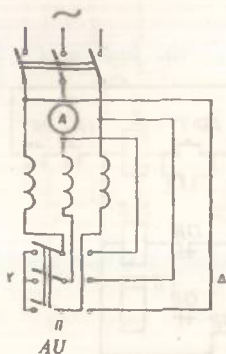


Nazorat savollari

1. Motorni avtomatik ishga tushirish nima?
2. Tezlatish kontaktlari qanday sozlanadi?
3. Avtomatik ishga tushirishda nima uchun tezlik o'rmiga kuchlanish nazorat qilinadi?
4. Agar TK_1 va TK_2 lar birgalikda ishga tushsa yoki ular zanjirida uzilish sodir bo'lsa, nima bo'ladi?
5. Dinamik tormozlash jarayonini jadal o'tkazish uchun nima zarur bo'ladi?

31-ish. Asinxron motorni yulduz sxemadan uchburchak sxemaga o'tkazib avtomatik ishga tushirish

Ishdan maqsad. Avtomatik boshqarish sxemasini yig'ish va uning elementlarini sozlash tajribasini o'tkazish. Ishga tushirish tokining kamayishini amalda ko'rish.



123- rasm.

nominalga nisbatan 5÷7 marta katta bo'lishi tufayli kichik quvvatli elektr manbalarning kuchlanishi pasayadi. Bunday hollarda ishga tushirish toki turli usullar bilan kamaytiriladi.

Agar motor normal holda uchburchak sxemada ulanib ishlashga mo'ljallangan bo'lsa, uni yulduz sxemada ishga tushiriladi va ishga tushirish jarayoni tugagach, motorni almashlab-ulagich *P* orqali uchburchak sxemaga o'tkaziladi (123- rasm).

Natijada, liniyadan motorga beriladigan boshqarish toki uch marta kamayadi. Haqiqatan, stator chulg'amini yulduz sxemada ulash bilan fazaga beriluvchi kuchlanish qiymati uchburchak sxemadagiga nisbatan $\sqrt{3}$ marta kamayadi. Bundan tashqari, uchburchak sxemada liniya toki $I_1 = \sqrt{3}I_r$ bo'lgani sababli, uning qiymati yulduz sxemadagi liniya tokidan uch marta katta bo'ladi. Ammo bu usulda ishga tushirilgan motorning aylantiruvchi momenti ham uch marta kamayadi. Haqiqatan, $M \equiv U^2$ bo'lib, faza kuchlanishi qiymati $\sqrt{3}$ marta pasaygani sababli, yulduz sxemaga o'tkazilgan motorning aylantiruvchi momenti uch marta kamayadi.

Demak, bu usulni salt ishlash rejimida yoki 25÷35% qarshilik momentida ishga tushiriladigan motorlarda qo'llash mumkin.

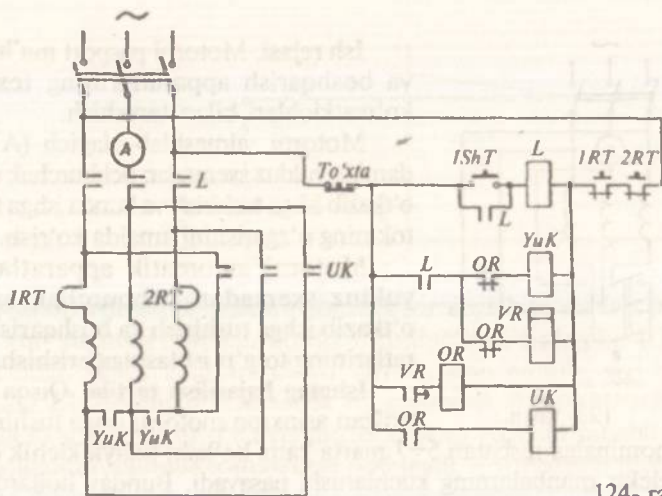
124- rasmda asinxron motorni yulduz sxemadan uchburchak sxemaga o'tkazib, avtomatik ishga tushirish sxemasi ko'rsatilgan. Buning uchun *P* rubilnigini ulab ishga tushirish tugmasi „ISH T“ni bosish kifoya. Natijada, liniya kontaktori *L* ning bosh kontaktlari stator chulg'amini elektr tarmog'iga ulaydi, uning blok kontakti *L* orqali qo'zg'atilgan *YuK* kontaktorining bosh kontaktlari esa stator chulg'ami oxirlarini qisqa tutashtiradi va motor yulduz sxemada ishga tushiriladi. Ishga tushirish jarayoni

Ish rejasi. Motorni pasport ma'lumotlari va boshqarish apparatlarining texnikaviy ko'rsatkichlari bilan tanishish.

Motorni almashlab-ulagich (AU) yordamida yulduz sxemadan uchburchak sxemaga o'tkazib ishga tushirish va bunda ishga tushirish tokining o'zgarishini amalda ko'rish.

Motorni avtomatik apparatlar bilan yulduz sxemadan uchburchak sxemaga o'tkazib ishga tushirish va boshqarish apparatlarining to'g'ri ishlashiga erishish.

Ishning bajarilish tartibi. Qisqa tutashtirilgan asinxron motorni ishga tushirish toki



124- rasm.

tugagach, vaqt rele si *VR* ning kontakti oraliq rele *OR* ni elektr tarmog'iga ulaydi. Bunda kontaktor *YuK* va *VR* rele si uzilib, kontaktor *UK* ishga tushadi va u o'zining bosh kontaktlari bilan stator chulg'amini uchburchak sxemaga o'tkazadi. Bu tajribalardan motorni uchburchak va yulduz sxemalaridagi ishga tushirish toki hamda yulduzdan uchburchak sxemaga o'tkazilgandagi tok qiymatlarini kuzatish mumkin.

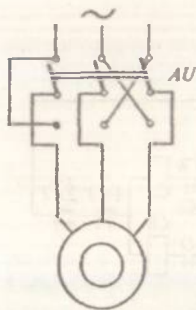


Nazorat savollari

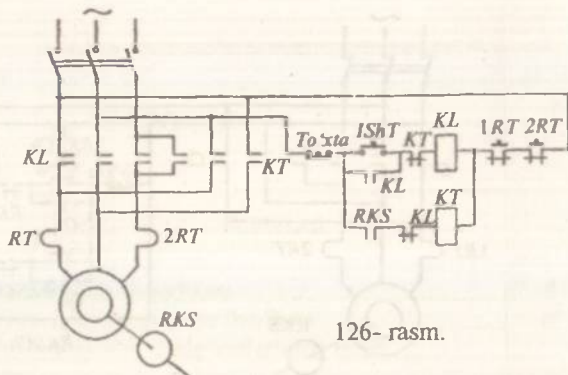
1. Motorni ishga tushirish tokini qanday usullarda va nima uchun kamaytiriladi?
2. Uchburchak sxemadan yulduz sxemaga o'tkazishda motorning aylantiruvchi momenti va quvvati necha marta o'zgaradi?
3. Motorni uchburchak sxemadan yulduz sxemaga o'tkazish usuli qanday hollarda qo'llaniladi?
4. Normal holda uchburchak sxemada ishlashga mo'ljallangan motorlar qanday texnik ko'rsatkichlarga ega bo'lishi lozim?
5. Avtomatik boshqarish sxemasida oraliq rele *OR* ning vazifasi nimadan iborat?

32-ish. Asinxrom motorni RKS yordamida avtomatik tormozlab to'xtatish

Ishdan maqsad. Avtomatik boshqarish sxemasini yig'ish va uning elementlarini yaqindan o'rganish.



125- rasm.



126- rasm.

Ish rejasi. Almaslab-ulagich bilan motorni teskari ulash usulida tormozlab to'xtatish. Tezlikni nazorat qilish relesi RKS(TNR) bilan noreversiv motorni teskari ulash usulida avtomatik tormozlab to'xtatish. Tezlikni nazorat qilish relesi bilan reversiv motorni teskari ulash usulida avtomatik tormozlab to'xtatish.

Ishning bajarilish tartibi. Asinxron motorni teskari ulash usulida tormozlab tezda to'xtatish uchun stator chulg'amini elektr tarmog'idan uzib, uni shu tarmoqqa ikkita fazasini o'zgartirib ulash kerak.

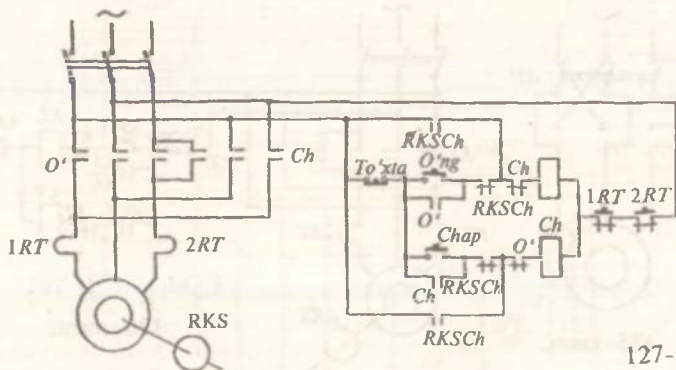
Bunda inersiya ta'sirida o'z aylanishini davom ettirayotgan motorga teskari tomonga yo'nalgan tormozlash (aylantiruvchi) momenti beriladi. Tormozlash momenti ta'sirida motor tezda to'xtatiladi va bunda stator chulg'amini elektr tarmog'idan almaslab-ulagich AU orqali uzish lozim, aks holda motor teskari tomonga aylana boshlaydi (125- rasm).

Teskari ulash usulida motorni avtomatik tormozlab to'xtatish uchun, ko'pincha, tezlikni nazorat qilish relesi RKS dan foydalaniladi. Bunda RKS valigi tezligi kontrol qilinadigan motor valigi bilan mufta orqali bog'lanadi.

Induksion prinsipda ishlovchi RKS normal holda ochiq va berk bo'lgan ikki juft kontaktlari bo'lib, rele valigini o'ng yoki chap tomonga aylanishida bir juft kontaktlarning ochig'i — yopiladi, yopig'i — ochiladi.

126- rasmda RKS bilan noreversiv asinxron motorni teskari ulash usulida avtomatik tormozlab to'xtatish sxemasi ko'rsatilgan.

Tajriba sxemasi yig'ilgandan so'ng „ISH T“ tugmasini bosib motor ishga tushiriladi. Teskari ulash usulida motorni avtomatik tormozlab to'xtatish uchun „To'xta“ tugmasi bosiladi va bunda KL kontaktorining bosh kontaktlari bilan stator chulg'ami elektr



127- rasm.

tarmog'idan ajratilib, uning blok-kontakti bilan *KT* kontaktori elektr tarmog'iga ulanadi. Natijada, motor teskari ulash usulida tormozlanib to'xtatiladi va bunda *RKS* ning normal ochiq kontakti *KT* kontaktorini, bu kontaktor esa motorni elektr tarmog'idan ajratadi.

127-rasmda *RKS* bilan reversiv asinxron motorni teskari ulash usulida avtomatik tormozlab to'xtatish sxemasi ko'rsatilgan.

Sxemaning o'ng yoki chap knopkalarini bosish bilan motor o'ng yoki chap tomonga aylanib ishlashga ulanadi. *RKS* bilan motorni teskari ulash usulida avtomatik tormozlab to'xtatish uchun „To'xta“ nazorat qilish tugmasi bosiladi. Bunda o'ng tomonga aylanayotgan motor *O'* kontaktori bilan elektr tarmog'idan uziladi, va shu onda *Ch* kontaktori orqali shu tarmoqqa ikkita fazasi almashinib ulanadi. Tormozlash momenti ta'sirida motor tezda to'xtaydi va bunda *RKS* kontakti orqali *Ch* kontaktori va motor elektr tarmog'idan ajratiladi.



Nazorat savollari

1. Elektr motorlarni qanday usullarda va nima uchun tormozlab to'xtatiladi?
2. Teskari ulash usulida motorni tormozlab to'xtatishning qanday afzallik va kamchiliklari bor va bu usulni qanday elektr yuritmalarda qo'llash yaxshi natijalar beradi?
3. *RKS* ning tuzilishi va ishlash prinsipi qanday?
4. *RKS* kontaktlaridan biri uzilsa, qanday hodisa yuz beradi?
5. *RKS* dan foydalanib, motorni avtomatik tormozlashning qanday afzalliklari bor?
6. Reversiv motor qanday qilib avtomatik tormozlab to'xtatiladi va uning qanday kamchiliklari bor?

MUNDARIJA

| | |
|-----------------|---|
| So'zboshi | 3 |
|-----------------|---|

UMUMIY TUSHUNCHALAR

| | |
|--|----|
| Xavfsizlik texnikasi | 4 |
| Laboratoriya ishlarini bajarish metodikasi | 4 |
| Elektr o'lchov asboblari va ularning qo'llanilishi | 6 |
| Elektr mashina va transformator chulg'amlarining omik qarshiliklarini o'lchash | 7 |
| Elektr mashinalarining aylanish tezligini o'lchash | 10 |
| Laboratoriya sharoitida elektr yuritmalarga yuklama berish | 13 |

TRANSFORMATORLAR

UMUMIY TUSHUNCHALAR

Laboratoriya ishlari

| | |
|--|----|
| 1- ish. Uch fazali transformatorlar | 14 |
| 2- ish. Uch fazali transformatorning parallel ishlashi | 21 |
| 3- ish. Uch fazali va uch chulg'amli transformator | 29 |
| 4- ish. Gruppaviy transformator | 35 |

ELEKTR MASHINALARI

UMUMIY TUSHUNCHALAR

Laboratoriya ishlari

| | |
|--|-----|
| 5- ish. Mustaqil qo'zg'atishli generatorlar | 42 |
| 6- ish. O'z-o'zidan qo'zg'atishli generatorlar | 50 |
| 7- ish. Parallel qo'zg'atishli generatorlarning parallel ishlashi | 56 |
| 8- ish. Elektr mashina kuchaytirgichi (EMK) | 63 |
| 9- ish. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori | 68 |
| 10- ish. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori | 75 |
| 11- ish. Aralash qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori | 77 |
| 12- ish. Faza rotorli asinxron motor | 78 |
| 13- ish. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motor | 92 |
| 14- ish. Asinxron generator | 95 |
| 15- ish. Faza rotorli asinxron mashinaning induksion va faza roslagich hamda rostlanuvchi reaktiv g'altaklar sifatida ishlatilishi | 98 |
| 16- ish. Uch fazali asinxron motorni bir fazali elektr tarmog'iga ulab ishlatish | 105 |
| 17- ish. Bir fazali asinxron motor | 109 |

| | |
|--|-----|
| 18- ish. Sinxron generator | 111 |
| 19- ish. Kompaundlovchi qurilmali uch fazali sinxron generator | 126 |
| 20- ish. Sinxron generatorning elektr tarmog'i bilan parallel ishlashi | 129 |
| 21- ish. Sinxron motor | 136 |

ELEKTR YURITMALAR UMUMIY TUSHUNCHALAR

Laboratoriya ishlari

| | |
|---|-----|
| 22- ish. Parallel qo'zg'atishli motorning mexanik va tezlik xarakteristikalari | 141 |
| 23- ish. Ketma-ket qo'zg'atishli motorning mexanik va tezlik xarakteristikalari | 147 |
| 24- ish. Aralash qo'zg'atishli motorning mexanik va tezlik xarakteristikalari | 151 |
| 25- ish. Faza rotorli asinxron motorning mexanik xarakteristikalari | 153 |
| 26- ish. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning mexanik xarakteristikalari | 157 |
| 27- ish. Kollektorli universal motorning mexanik xarakteristikalari | 159 |

ELEKTR YURITMALARNI AVTOMATIK BOSHQARISH

UMUMIY TUSHUNCHALAR

Laboratoriya ishlari

| | |
|---|-----|
| 28- ish. Kontaktorlar | 163 |
| 29- ish. Magnitli ishga tushirgichlar | 164 |
| 30- ish. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorini avtomatik boshqarish | 167 |
| 31- ish. Asinxron motorni yulduz sxemadan uchburchak sxemaga o'tkazib avtomatik ishga tushirish | 169 |
| 32- ish. Asinxron motorni RKS yordamida avtomatik tormozlab to'xtatish | 171 |

Majidov S.,

Elektr mashina va elektr yuritmalardan praktikum: Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma/ O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. —T., „O'qituvchi“ NMIU, 2002 — 176 bet.

BBK 31.261ya722

S. Majidov

ELEKTR MASHINALARI VA ELEKTR YURITMA

Oliy o'quv yurtlari uchun darslik

„O'qituvchi“, 2002y

Muharrir D. Abbosova

Badiiy muharrir A. Nekqadamboyev

Texn. muharrir T. Greshnikova

Kompyuterda sahifalovchilar: N. Kuzayeva, D. Mannonova

Musahhah A. Ibrohimov

IB 8470

2002- yil 25 avgustda original-maketdan bosishga ruxsat etildi. Bichimi 60×90 ¹/₁₆. Tayms garn. Kegli 11 shponli. Ofset bosma usulida bosildi. Bosma t. 11. Nashr t. 10,20. 500 nusxada bosildi. Buyurtma №180.

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining „O'qituvchi“ nashriyot-matbaa ijodiy uyi. Toshkent, 129. Navoiy ko'chasi, 30-uy. // Toshkent, Yunusobod dahasi, Murodov ko'chasi, 1- uy. Shartnoma № 10—24—05.