

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

**Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash
muhandislari instituti Buxoro filiali**

«Qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash» fakulteti

«Qishloq va suv xo'jaligida elektr ta'minoti» kafedrası

**«Elektr mashina va elektr yuritma» fanidan
ma'ruzalar matni**

USLUBIY QO'LLANMA



BUXORO– 2018

Tuzuvchi: **H.I.Nurov** - TIQXMMI BF “Qishloq va suv xo’jaligida elektr ta’minoti”
kafedrası assistenti.

Taqrizchilar:

R. Jalilov - Bux MTI, “Elektroenergetika”
kafedrası dostenti.

J.R. O’rinov – TIQXMMI BF “Umumkasbiy fanlar”
kafedrası dostenti , t.f.n.

Uslubiy qo’llanma “Qishloq va suv xo’jaligida elektr ta’minoti” kafedrasining 2018 yil “___” _____dagi “___” – son yig’ilishida muhokamadan o’tgan va fakultet kengashida muhokama qilish uchun tavsiya etilgan.

**“Qishloq va suv xo’jaligida
elektr ta’minoti” kafedrası mudiri :** **kat.o’qit.A.A.Xudoyberdiyev**

Uslubiy qo’llanma institut o’quv – uslubiy kengashida muhokama qilingan va foydalanishga tavsiya etilgan (2018 yil “___” _____dagi ___-sonli bayonnoma).

Fakultet kengashi raisi: **t.f.n.dost. I.S.Hasanov**

ANNOTATSIYA.

Ushbu uslubiy qo'llanma «Elektrotexnika, elektromexanika va elektrotexnologiya» yo'nalishi uchun «Elektr mashinalar» fanidan o'tiladigan barcha ma'ruzalarni uz ichiga qamrab olgan.

Uslubiy qo'llanma 2018 yilda «Elektr mashinalar» fani uchun chiqarilgan namunaviy dastur asosida qayta ishlab chiqildi. Ma'ruzalar matniga elektr mashinalarni ishlatishda uchraydigan nuqsonlarni tahliliy masalalar qo'shimcha kiritildi. Bu mavzular nazariy tomondan sodda va tushunarli qilib bayon etilgan bo'lib, nazorat savollari, tayanch iboralar kiritilgan.

MUNDARIJA.

Kirish.....	4
1-ma'ruza. Transformatorlarning tuzilishi va ishlash printsipti	5
2-ma'ruza. Transformatorlarning ish rejimlari.....	11
3-ma'ruza. Uch fazali transformatorlar.	16
4-ma'ruza. Uch fazali transformatorlar chulg'amlarini ulash usullari.....	20
5-ma'ruza. Transformatorlarni parallel ishlashi.....	24
6-ma'ruza. O'lchash transformatorlari.....	27
7-ma'ruza. Asinxron mashinalarni tuzilishi va ishlash printsipti.....	29
8-ma'ruza. Uch fazali tok sistemasi erdamida aylanuvchan magnit maydonining xosil bulishi.....	36
9-ma'ruza. Rotor va stator chulgamlaridagi elektr yurituvchi kuch va toklar.....	41
10-ma'ruza. Asinxron motor almashtirish sxemasi va vektor diagrammasi.....	45
11-ma'ruza. Asinxron stator chulg'amlarni ulash usullari.....	48
12-ma'ruza. Asinxron motorning mexanik va ishchi tavsiflari.....	52
13-ma'ruza. Asinxron mashinaning ish rejimlari.....	55
14-ma'ruza. Asinxron motorning energetik ko'rsatkichlari	58
15-ma'ruza. Asinxron motorning aylanish tezligini roslash.....	61
16-ma'ruza. Asinxron motorlarning turlari.....	65
17-ma'ruza. Sinxron mashinaning tuzilishi va ishlash printsipti.....	69
18-ma'ruza. Sinxron mashinalarni qo'zg'atish usullari.....	72
19-ma'ruza. Sinxron generatorning salt ishlashi.....	75
20-ma'ruza. Sinxron mashinada yakor reaksiyasi.....	79
21-ma'ruza. Sinxron generatorning asosiy xarakteristikallari.....	82
22- ma'ruza. Sinxron motorni asosiy tavsiflari.....	88
23-ma'ruza. O'zgarmas tok mashinalarining tuzilishi va ishlash printsipti.....	92
24-ma'ruza. O'zgarmas tok generatorlari.....	95
25-ma'ruza. O'zgarmas generatorining turlari.....	98
26-ma'ruza. O'zgarmas tok motorlari.....	102

Kirish.

Elektr mashinalari elektr energetika tizimining asosiy elementlari hisoblanadi. Ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining deyarli hammasi generatorlarda ishlab chiqariladi. Elektr energiyasining asosiy istemolchisi elektr yuritmalar (motorlar) bo'lib ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining qariyb to'rttdan uch qismini istemol qiladi. Uzatiladigan elektr energiyasining hammasi transformatorlardan o'tkazilib kuchlanishi o'zgartiriladi. Shunday qilib ushbu fanda elektr energiyasini ishlab chiqarishda, uzatishda va istemol qilishda qo'llaniladigan elektr mashinalari o'rganiladi. Shuning uchun elektr energetika sohasida ta'lim oluvchi talabalar uchun kelgusi maxsus fanlarni o'zlashtirishda muhim ahamiyatga ega bo'ladi.

Elektr mashinalari vazifasiga ko'ra ikkiga: generatorlarga va motorlarga bo'linadi. Elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantiruvchi qurilmaga motor, mexanik energiyani elektr energiyasiga aylantiruvchi qurilmaga esa generator deyiladi. Elektr mashinalar fanida bundan tashqari transformatorlar ham o'rganiladi. Chunki, elektr mashinalari bilan transformatorlar o'rtasida juda ko'p umumiylik bor. Har qanday elektr mashina transformator rejimida ishlay oladi.

Elektr mashinalar fani texnologiya talablariga to'laroq javob beradigan elektr mashinalarini yaratish, ularni konstruksiyalarini soddalashtirish, ishonchligini, samaradorligini oshirish va ekspluatatsiya jarayonida xavfsiz ishlashini ta'minlab, ishlash muddatini uzaytirish o'rganadigan muammolari hisoblanadi.

Elektr mashinalar fani barcha ixtisoslik fanlar uchun tayanch fan bo'lib hisoblanadi. «Elektr yuritma asoslari» va «Avtomatlashtirilgan elektr yuritmalar» faniga bevosita tayanch fan bo'lib hisoblanadi.

I -bo'lim. TRANSFORMATORLAR

1-MA'RUZA. TRANSFORMATORLARNING TUZILISHI VA ISHLASH PRINSIPI

Mavzu rejasi.

1. transformatorni vazifasi va qo'llanish sohasi.
2. transformatorni magnit tizimi tuzilishi.
3. transformatorni chulg'amlarni tuzilishi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
2. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
3. Voldek A.I. Elektricheskiy mashin. L.: «Energija», 1974 g.

O'zgaruvchan tok kuchlanishini bir qiymatidan chastotasini o'zgartirmasdan boshqa qiymatiga o'zgartiruvchi elektromagnit apparat transformator deyiladi. Transformatorlar kuchlanishni o'zgartirgich sifatida ko'p sohalarda, har xil maqsadlarda foydalaniladi. Xususan, elektr energiyasining uzoq masofalarga uzatishda va iste'molchilarga taqsimlashda transformatorlarning ahamiyati katta. Elektr tarmoqlarida istemolchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun ishlatiladigan transformatorlar kuch transformatorlari deb ataladi.

Transformatorlar, shuningdek elektr o'lchash qurilmalarida, elektrotexnika uskunalarida, elektronika va hokazo sohalarda qo'llaniladi. 1-rasmda bir fazali transformatorning ishlash printsipi va tuzilishiga doir sxema berilgan.

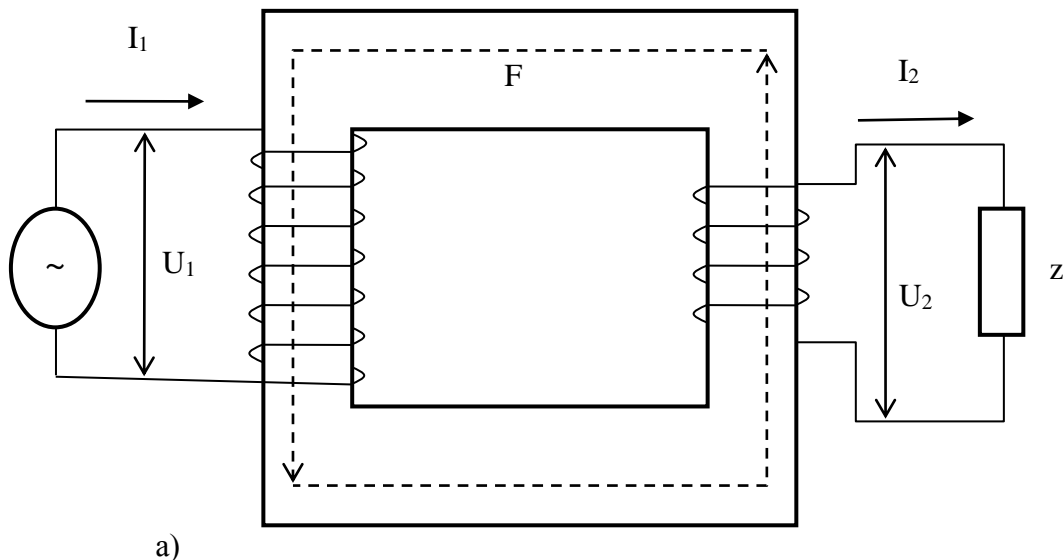
Ferromagnit o'zakka o'ralgan birlamchi W_1 va ikkilamchi W_2 cho'lg'amlar mavjud. Elektromagnit maydon o'zakning o'lchamlari bilan cheklangan, chunki po'latdan yasalgan o'zakning magnit o'tkazuvchanligi μ_{em} magnit o'tkazuvchanligi μ havoning magnit o'tkazuvchanligidan ancha katta, ya'ni $\mu_{em} > \mu, \mu_p \gg \mu_x$.

Birlamchi chulg'am manbaga ulangan bo'lib, ikkilamchi chulg'am iste'molchining qutblariga ulanadi. Elektr energiyasi birlamchi cho'lg'amdan

ikkilamchi chulg'amga o'zgaruvchan elektromagnit maydon orqali o'tadi. Birlamchi cho'lg'amdagi tok o'zinduksiya EYuK hosil qiladi va bu EYuK elektromagnit induksiya qonuniga asosan:

$$e_i = -L \frac{di_1}{dt} = -W_1 \frac{d\phi}{dt}$$

Bunda: $\phi = \phi_m \cdot \sin \omega t$ - transformator o'zagidagi magnit oqim.



Rasm-1. bir fazali transformatorni tuzilishi.

$$\frac{d\phi}{dt} = -\phi_m \cdot \omega \cdot \cos \omega t = -\phi_m \cdot \omega \cdot \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

Bu ifodalardan EYUKning haqiqiy qiymatini topamiz:

$$E_1 = \frac{E_{1m}}{\sqrt{3}} = 4,44 \cdot f \cdot W_1 \phi$$

$$E_2 = \frac{E_{2m}}{\sqrt{2}} = 4,44 \cdot f \cdot W_2 \cdot \phi_m$$

Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning EYUKlar nisbatini transformatorlash koefitsienti deyiladi va har ikkala chulg'am yagona magnit oqim ta'sirida bo'lgani uchun:

$$K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

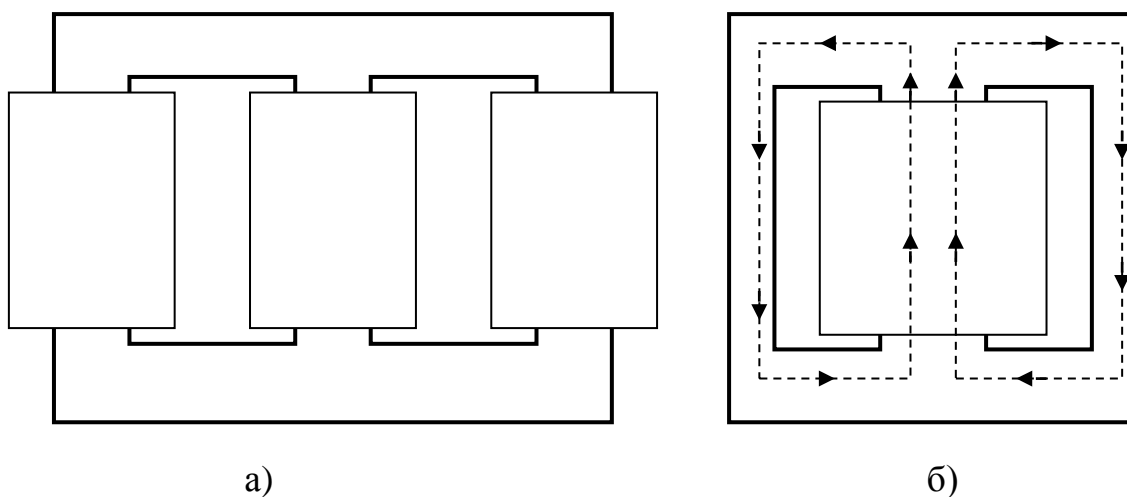
Agar $K > 1$ transformator pasaytiruvchi deyiladi, chunki bu holda $E_2 < E_1$, agar $K < 1$ bo'lsa, transformator kuchaytiruvchi deyiladi, chunki bu holda $E_2 > E_1$.

Salt yurish rejimida, ya'ni ikkilamchi chulg'am uzilgan holda:

$$K = \frac{U_{2c}}{U_{2c}}$$

Magnit o'tkazgichlar. Transformatorlarning magnit o'tkazgichlari qalinligi 0.5 yoki 0.35 mm bo'lgan elektrotexnika po'lati listlaridan yig'ilgan. Yig'ish oldidan listlar ikkala tomoniga lok surtib izoladiyalanadi. Magnit o'tkazgich sterjenlar bilan yarmodan tashkil topgan. Sterjenlarda chulg'amlar joylashadi, yarmo esa sterjenlarni birlashtiradi va magnit o'tkazgichning yopiq bo'lishini ta'minlaydi. Sterjenlar yarmo bilan ko'pincha ustma-ust, ba'zan esa uchma-uch biriktiriladi.

Magnit o'tkazgichning konstruksiyasiga va chulg'amlarning joylashuviga ko'ra transformatorlarning ikki turi bo'ladi (2-rasm): Ustunli (sterjenli) va zirhli, ulardan Ustunlisi ko'proq ichlatiladi.



2-rasm. Ustunli (a), zirhli (b) transformatorni tuzulishi
1-rasm. Sterjenli transformatorlar tuzulishi.

Chulg'amlar. Chulg'amlarning konstruksiyasi, ularning izolyatsiyasi, seterjelarda mahkamlach usullari transformatorning quvvati va kuchlanichiga bog'liq.

Chulg'amlar mexanik mustahkamligi etarli darajada katta, elektr izolyatsiyasi yaxshi bo'lishi, yaxshi sovitilgan bo'lishi lozim; ular oddiy va qulay tayyorlangan hamda arzon, energiya isroflari kam bo'lishi kerak.

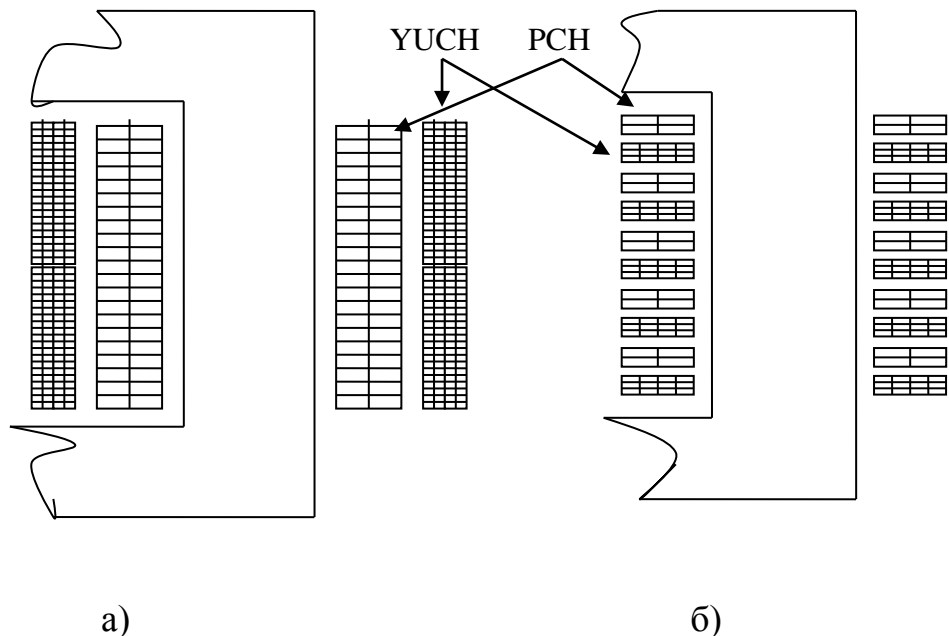
Transformatorlarning chulg'amlarini tayyorlash uchun doiraviy yoki to'g'ri to'rtburchak kesimli mis simlar ishlatilib, ular ustida oddiy ipdan to'qima yoki kabel qog'ozi bilan izoladiyаланgan bo'ladi.

Har bir transformatorlarda yuqori kuchlanishli chulg'am bilan past kuchlanishli chulg'am bo'ladi. CHulg'amlarni bunday ajratishning amaliy ahamiyati shundaki, ancha yuqori kuchlanish chulg'amning, uning kirish qismlarining elektr izolyatsiyasi ancha ishonchli bo'lishini talab etadi.

Shuning uchun magnit o'tkazgichdan keyin YUK chulg'ami joylashtiriladi. Bir-biriga nisbatan joylashuviga qarab konsentrik chulg'amlar va navbatlashib keladigan diskli chulg'amlar bo'ladi, ulardan konsentrik chulg'amlar ko'p tarqalgan (3-rasm).

Konsentrik chulg'amlar silindr shaklida bo'ladi. Konstruktsiyasi jihatdan ular bir qatlamli, to'g'ri tortburchakli kesimli simdan qilingan ikki qatlamli, doiraviy kesimli simdan qilingan ko'p qatlamli, g'altakli ko'p qatlamli va b. bo'ladi. Transformatorning quvvati katta bo'lmaganda va past kuchlanishlarda silindrsimon chulg'amlar bevosita magnit o'tkazgich sterjeniga kiydiriladi (sterjenni siqib turuvchi yog'och pona va plankalar bir vaqtning o'zida izolyadiya bazifasini ham bajaradi). Boshqa hollarda elektrokartondan yoki bakelit loki shimdirilgan o'rov qog'ozidan tayyorlangan silindrga joylashtiriladi

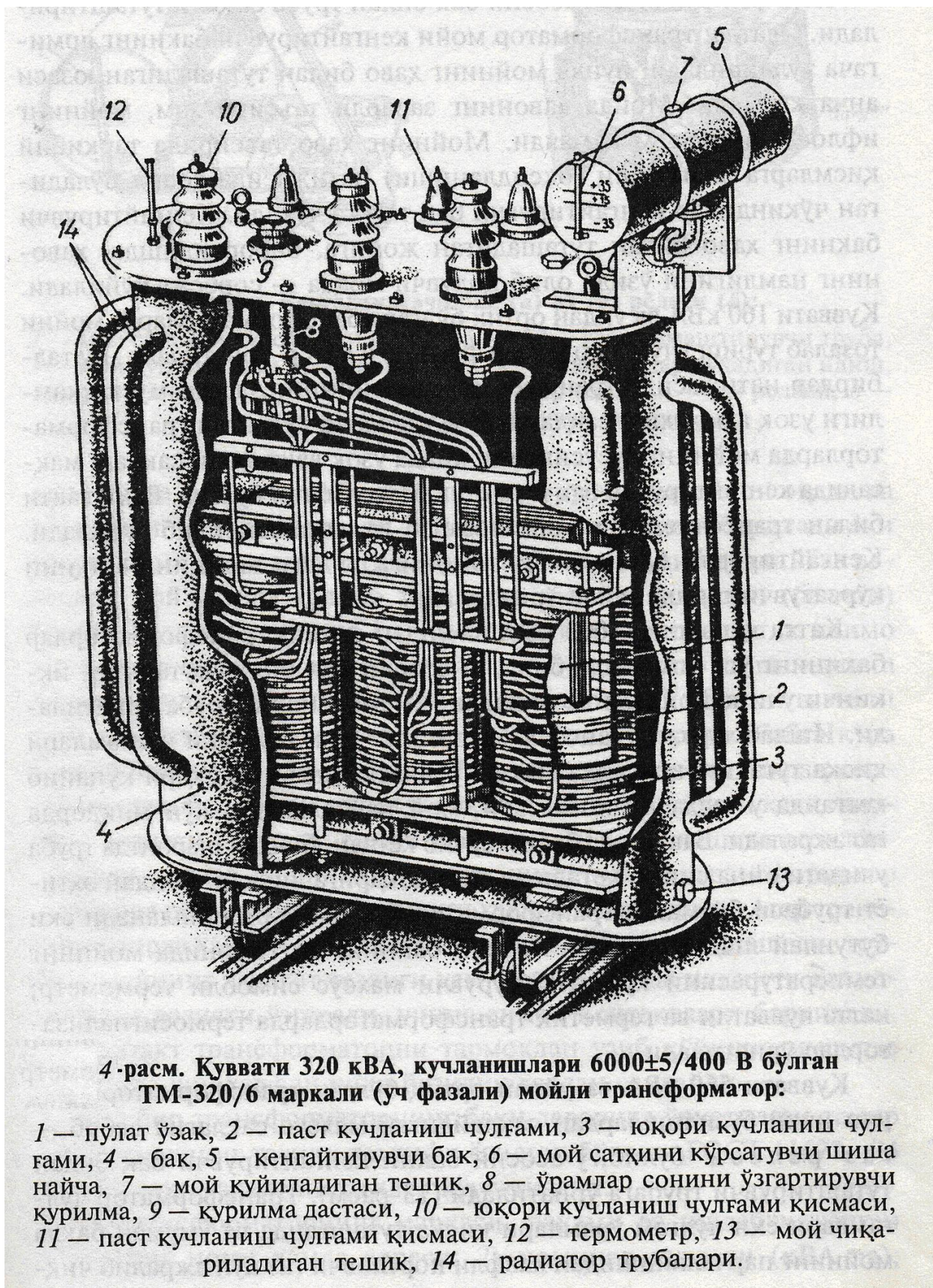
Navbatlashib keladigan diskli chulg'amlar disklar shaklida tayyorlanadi (o'ramlar bitta tekislikda o'ralgan). Magnit o'tkazgich sterjenida aloxida yuqori kuchlanishli g'altaklar (disklar) past kuchlanishli g'altaklar bilan navbatlashib keladi.



Rasm. 3. Transformatorni a) konsentrik va b) almashinuvchi chulg'amlari. YUCH-yuqori kuchlanishli chulg'am, PCh-past kuchlanishli chulg'am.

Transformatorlarni sovutilishi. Transformatorlar asosan ikki usulda: havo bilan (quruq) va moy bilan sovutiladi. Quruq transformatorlar chulg'amlari ochiq havoda bo'lib havo orqali issiqlik atrof muhitga uzatiladi. Moy bilan sovutiladigan transformatorlarda chulg'amlar germetik bak ichiga o'rnatilib moy quyiladi. Moy magnit o'tkazgich bilan chulg'amlardan issiqlikni oladi, uni bak devorlariga uzatadi, bak devorlaridan esa issiqlik tevarak atrofdagi havoga tarqaladi. Issiqlik manbaiga tegib turgan moy qatlamlari boshqalaridan ko'ra ko'proq issiydi, shu sababli bakda moy harakatga keladi, bu esa magnit o'tkazgich va chulg'amlarning yaxshi sovishiga imkon beradi.

Silliq devorli bak quvvati 20 – 30 kVA gacha transformatorlarda etarli darajada sovutiladi, transformatorning quvvati bundan yuqori bo'lganda esa trubali, radiatorli baklar ishlatishga to'g'ri keladi. Yanada quvvatli transformatorlarda majburiy tsirkulyatsiya amalga oshirilganidan va moy sovutiladigan bo'ladi.



Moy isiganda kengayadi, shu sababdan qo'shimcha xajm nazarda tutiladi. Quvvati 50 V·A dan katta va kuchlanish 6 kV dan yuqori bo'lganda transformatorlarga kengaytirgich o'rnatiladi; u bak qopqog'iga o'rnatilgan va bak hamda atmosfera bilan tutashgan tsilindr shaklidagi idishdan iborat.

Kam quvvatli transformatorlarda kengaygich bo'lmaydi, lekin moy qopqog'iga qadar quyilmaydi. Transformatorning nagruzkasi ancha ortib ketganda yoki chulg'amlarda qisqa tutashuv bo'lganda moyning temperaturasi ruxsat etilgan chegaradan ko'tarilib ketadi va moy parchalanib, gazlar ajralib chiqadi. Bunda bak shikastlanishini oldini olish maqsadida quvvati 1000 kV·A bo'lgan transformatorlarida tortish trubasi (mo'ri) o'rnatiladi, uning tashqaridagi uchi shisha membrana bilan berkitilgan bo'ladi. Bakda bosim xafli darajada ko'payib ketganda gazlar membranani bosim bilan itarib, otib yuboradi va bakdan chiqib ketadi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. transformatorni vazifasi va qo'llanish sohasi aytib bering.
2. transformatorni magnit tizimi tuzilishi.
3. transformatorni chulg'amlarni tuzilishi.

Tayanch iboralar: magnit o'zak, birlamchi va ikkilamchi chulg'am, kengaytirgich, kontsentrik chulg'am, navbatlashib keladigan chulg'am, sterjen, yarmo.

2-MA'RUZA. TRANSFORMATORLARNING ISH REJIMLARI.

Mavzu rejasi:

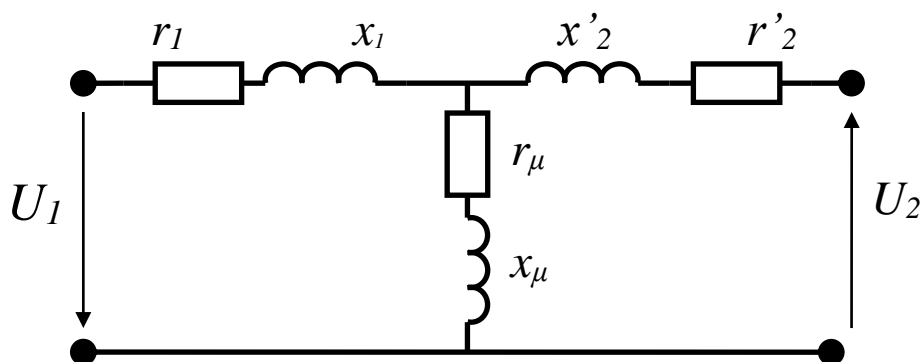
1. salt ishlash rejimi.
2. qisqa tutashuv rejimi.
3. yuklamali ish rejimi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
2. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
3. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energiya», 1974 g.

Salt yurish rejimini batafsil ko'rib chiqamiz. Salt yurish rejasida ikkilamchi cho'lg'amning toki nolga teng, lekin birlamchi cho'lg'amdagi tok nolga baravar bo'lmaydi. Ikkilamchi cho'lg'am uzilgan holda birlamchi cho'lg'amning toki salt

yurish toki deyiladi va I_c bilan belgilanadi. Transformatorning texnikaviy tavsifida, salt yurish tokining birlamchi cho'lg'am kuchlanishi nominal qiymatiga teng bo'lgan qiymati beriladi. Salt yurish tokining qiymati (2-10%) I_N tashkil etadi. Salt yurish rejimidagi quvvat isrofi po'lat o'zagidek isrofni anglatadi. Bu isrof o'zakdagi o'yurmaviy toklar va qayta magnitlanish jarayonida vujudga kelgan quvvat isrofidir. Bu isrof P_0 harfi bilan belgilanadi va po'lat isrofi nomi bilan yuritiladi. Transformatorning ishlashi uchun kerakli bir qator kattaliklar, salt yurish toki va po'lat isrofi orqali hisoblanadi. SHu sababli bu ikkala kattalik transformatorning texnikaviy-tavsifida albatta beriladi. Transformatorlarning salt yurish quvvati isrofi nominal quvvatni (0,2-0,8%) tashkil etadi. Birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlarning magnet bog'liqligini kuchaytirish maqsadida transformatorning o'zagi ferromagnit po'latdan yasaladi.



5-rasm. Transformatorni keltrilgan sxemasi.

Uyurmaviy toklarni kamaytirish maqsadida o'zak tunukasimon varaqlardan tuzilgan bo'lib, bu varaqlar bir-biridan elektr tokini o'tkazmaydigan modda bilan ajratilgan.

Birlamchi cho'lg'am uchun transformatorning salt yurish rejimining elektr muvozanat tenglamasini yozamiz.

$$U_1 = E_1 + I_{or01} + jI_0 X_{01}$$

bunda

r_{01} , X_{01} – mos ravishda, transformatorning aktiv va induktiv sochilish qarshiliklari.

I_0 – salt yurish toki.

Transformator salt ishlaganida u tarmoqdan iste'mol qiladigan quvvat po'latda isrof bo'ladi (qayta magnitlanish va uyurma toklardagi quvvat isrofi). Salt

ishlash tokining, transformator iste'mol qiladigan quvvatning va quvvat koeffitsientining birlamchi chulg'amga berilgan kuchlanishga bog'liqligi salt ishlash xarakteristikasi deyiladi. Salt ishlash tajribasi transformator po'latining holatini aniqlashga imkon beradi. Agar salt ishlash vaqtida quvvat isrofi normal isrofdan ancha ortiq bo'lsa, bunday transformator magnit o'tkazgich buzilgan bo'ladi.

Transformatorning yuklangan, ya'ni iste'molchi ulangan rejimini ko'rib chiqaylik. Bu rejimda birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlarning elektr muvozanat tenglamalarini Kirxgofning ikkinchi qoidasiga asosan yozamiz:

$$E_1 = -U_1 + I_1 \cdot Z_1 \qquad E_2 = U_2 + I_2 \cdot Z_2$$

Bu tenglamalarda $Z_1 = R_1 + jX_1$ va $Z_2 = R_2 + jX_2$

bunda

R_1 va R_2 - mos ravishda birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlarning aktiv qarshiliklari.

X_1 va X_2 - mos ravishda birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlarning sochilish magnit oqimini sochilishiga tavsiflovchi induktiv qarshiliklar.

U_2 - iste'molchining kuchlanishi.

Cho'lg'amlardagi kuchlanish pasayishlari $I_1 Z_1$ va $I_2 Z_2$ birlamchi va ikkilamchi kuchlanishlarining bir necha foizni tashkil qilgani tufayli, bu kuchlanish pasayishi hisobga olinmasa bo'ladi. Demak, yuqoridagi tenglamalarni quyidagi yozish mumkin:

Transformatorning birlamchi cho'lg'ami ulangan elektr tarmoqning kuchlanishi va chastotasi o'zgarmas kattalik bo'lganda:

$$\phi_m = \frac{U_1}{4,44 f W_2}$$

ya'ni, o'zakdagi asosiy magnit oqim iste'molchining tokiga bog'liq bo'lmay, birlamchi cho'lg'amning kuchlanishi bilan aniqlanadi. Demak, salt yurish rejimidagi magnit oqim va transformator yuklangan rejimdagi magnit oqimlarni tenglashtirib olsak bo'ladi.

Ikkilamchi cho'lg'amning elektr muvozanat tenglamasini bir qator algebraik almashishlaridan quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

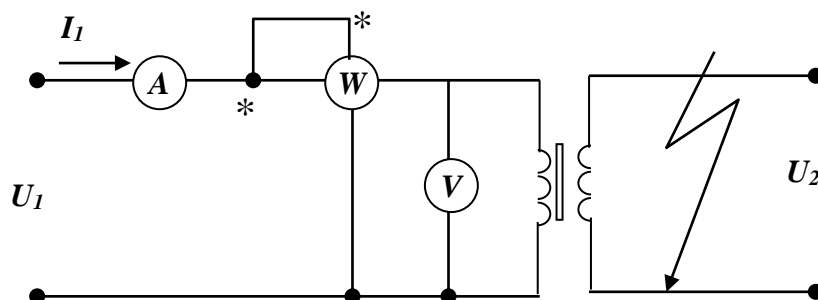
$$U_2 = E_2 - I_2 \cdot r_2 - f I_2 + X_2$$

$$U_2 = K \cdot U_1 \quad E_2 = K E_1$$

$$I_2 = \frac{I_1}{K}$$

$$r_2 = K^2 r_1, \quad X_2 = K^2 X_1, \quad Z_2 = K^2 Z_{2x5}$$

Bu munosabatlar ikkilamchi cho'lg'amni xarakterlovchi kattaliklarning birlamchi cho'lg'amga keltirilgan qiymatlarini bildiradi.



Rasm-6

Endi transformatorning qisqa tutash rejimini ko'rib chiqamiz. Bu rejimda transformatorning ikkilamchi cho'lg'ami qisqa tutalgan bo'lib, uning to'la kompleks qarshiligi Z_{ist} nolga tengdir.

Ikkilamchi cho'lg'am qisqa tutashgan holda, shu cho'lg'amdan oqayotgan tok nominal qiymatga ega bo'lgan birlamchi cho'lg'am kuchlanish qiymatini. Qisqa tutash kuchlanishi transformatorning asosiy belgilanadi. Qisqa tutash kuchlanishi transformatorning asosiy texnikaviy xarakteristikalaridan biridir va birlamchi kuchlanishning nominal qiymatini (5-15%) tashkil qiladi. Umuman olganda qisqa tutash rejimi, bu avariya (shikastlanish) rejimi bo'lib, bunda tok nominal qiymatga nisbatan 10-20 marta oshib ketadi. Lekin transformatorning quvvat isrofini va boshqa bir qator transformatorning ishlatish uchun kerak kattaliklarni hisoblash uchun, qisqa tutash rejimining kuchlanishi va bu rejimdagi quvvat isrofi albatta kerak. Bu rejimda ikkila cho'lg'amdagi toklar nominal kattaligiga teng bo'lgani uchun vattmetr o'lchab olinadigan quvvat, cho'lg'am o'ramlarining qizitishiga sarflangan isrof quvvatidir.

O'ramlar mis simlardan bajarilgani tufayli bu isrofini transformatorning misdagi isrofi deyiladi va bu kattalik transformatorning nominal quvvatini (1-3%) tashkil qiladi va quyidagi formula asosida aniqlanishi mumkin.

$$P_M = I^2 \cdot R_{ist}$$

Qisqa tutashuv tajribasini o'tkazish uchun transformatorning birlamchi chulg'amiga shunday pasaytirilgan kuchlanish beriladiki, bu kuchlanish ta'sirida qisqa tutashtirilgan ikkilamchi chulg'amdan nominal tok o'tadi. Bunda agar vattmetr quvvat isrofining nominal isrofdan ortiqqligini ko'rsada, transformatorning chulg'ami buzilgan bo'ladi. Iste'mol kilinadigan tok, quvvat va quvvat koeffitsientining keltirilgan kuchlanishga bog'liqligi (ikkilamchi chulg'am qisqa tutashtirilgan holda) qisqa tutashuv xarakteristikasi deyiladi. Qisqa tutashuv tajribasi natijasida transformator chulg'amlaridagi elektr quvvat isrofi aniqlanadi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. salt ishlash rejimi pasport parametrlarini ayting.
2. qisqa tutashuv rejimi pasport parametrlarini ayting.
3. yuklamali ish rejimi pasport parametrlarini ayting.

Tayanch iboralar. Salt ishlash toki, salt ishlash quvvat isrofi, qisqa tutashuv kuchlanishi, qisqa tutashuv quvvat isrofi, nominal to'la quvvat, nominal kuchlanish, quvvat koeffitsienti.

3-MA'RUZA. UCH FAZALI TRANSFORMATORLAR.

Mavzu rejasi:

1. uch fazali magnit tizim.
2. uch fazali chulg'amlar.
3. uch fazali transformatorni energetik ko'rsatkichlari.

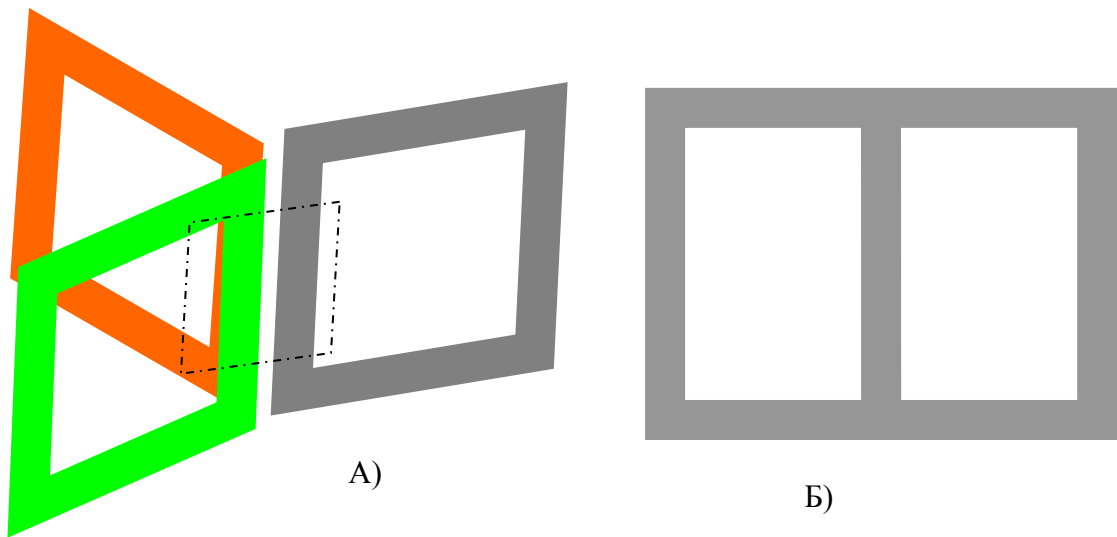
Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.

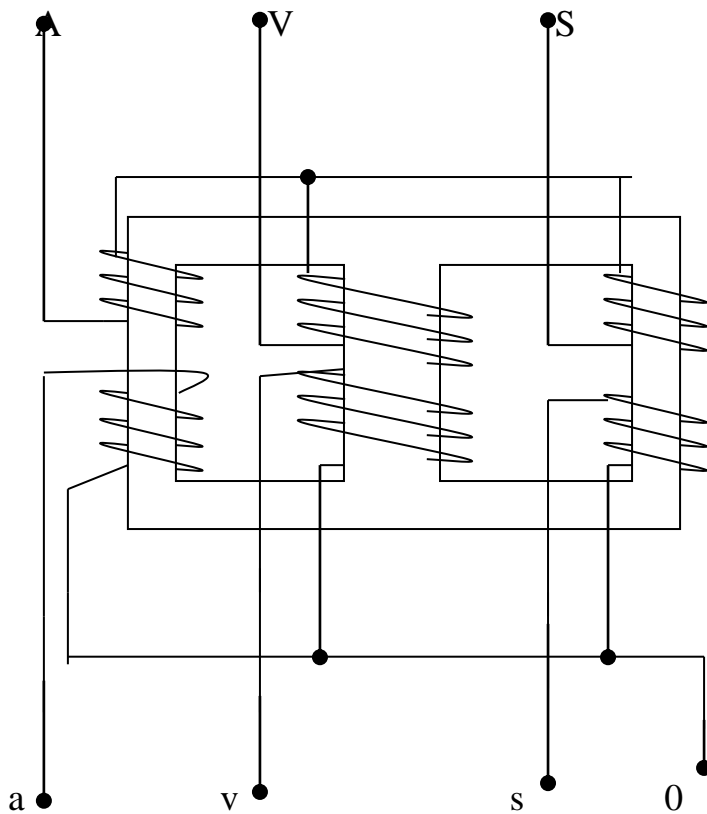
2. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
3. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energiya», 1974 g.

Uch fazali transformatorni rus elektrotexniki Dolivo-Dobrovolskiy tomonidan ixtiro qilingan. U 3 ta bir fazali transformatorni birlashtirganda, o'zakni birlashgan qismida magnit oqimi bo'lmasligini kuzatgan (7-rasmdagi punktir chiziq bilan chegaralangan qism.). Magnit o'zakni ushbu qismini olib tashlab uch fazali magnit tizimni ixtiro qilgan (7-rasm, b). Bu tizim aktiv metall sarfini to'rtan bir qismga kamaytirib, transformator tuzilishini soddalashtiradi va arzonlashtiradi. 7-rasmdagi magnit tizim o'rtadagi faza magnit zanjiri kaltaroq bo'lgani uchun nosimmetrik bo'lib qoladi. Ammo, magnit zanjirning yuqori qismi ko'ndalang kesim yuzasi kattaroq olinib bu nosimmetrikli yo'qotiladi. Uch fazali transformatorni afzalliklari tufayli butun dunyoda energetika tizimida faqat uch fazali transformatorlar qo'llaniladi.

Uch fazali transformatorlarning uch o'zagi bo'lib, bo'yinturuk orqali tutashtirilagan va bu o'zaklar yagona elektromagnit zanjirni tashkil etadi. Har bir o'zakda ikkita, birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlar joylashtirilgan. Birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlar yulduzcha yoki uchburchak usullarida ulanishi mumkin. Ikkilamchi cho'lg'amning ulash usuli iste'molchining nominal kuchlanishi bilan aniqlanadi. 8-rasmda kuch transformatorlarida



7-rasm. Uch fazali magnet tizimni xosil qilish. A)-3 ta bir fazali, b)-3 fazali magnet tizimlar.



8-rasm. Uch fazali transformatorni «yulduz» ulanish sxemasi.

keng qo'llaniladigan birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlar yulduzcha usulida ulangan uch fazali transformator ko'rsatilgan. Bu pasaytiruvchi transformator bo'lib, birlamchi 10 kV li cho'lg'am yuqori kuchlanishli tarmoqqa ulanadi. Ikkilamchi cho'lg'ami esa past kuchlanishli tarmoqqa ulanadi. Past kuchlanishli cho'lg'amning neytral simi chiqariladi. Demak, past kuchlanishli tomonda faza va

liniya kuchlanishlari mavjud. Bu rasmda X, Y, Z harflar bilan yuqori kuchlanishli cho'lg'amlar mos ravishda tutash uchlari belgilangan.

Bir qator xollarda avtotransformatorlar ham qo'llaniladi. Agar transformalarda birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlar orasida elektr bog'liqlik bo'lib, ikkilamchi cho'lg'am birlamchi cho'lg'amning bir qismidir.

Transformatsiyalash koeffitsienti bu erda avvalgidek quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

Maxsus moslama yordamida ikkilamchi cho'lg'amning o'ramlar soni W_2 o'zgartiriladi, demak kuchlanish o'zgartirilishi mumkin.

Endi transformatorlarning tavsiflovchi kattaliklarini ko'rib chiqamiz. Transformatorlarni ishlatish uchun bir qator kattaliklar ma'lum bo'lishi kerak. Bu kattaliklar avvalo salt yurish va qisqa tutash rejimlarini tavsiflovchi kattaliklar, ya'ni P_0 – salt yurish quvvat isrofi, I_0 – salt yurish toki, nominal tokdan foiz hisobida beriladi, R_K - qisqa tutash quvvat isrofi, U_K qisqa tutashish kuchlanishi, nominal kuchlanishdan foiz hisobida beriladi.

Bundan tashqari transformatorlar chulg'amlarini ulash sxemasi (yulduzcha yoki uchburchak), nominal toklari va kuchlanishlari, tabiiy ravishda transformatorlarning nominal quvvati beriladi.

Transformatorlarning foydali ish koeffitsienti:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_M + \Delta P_0}$$

$$\beta = \frac{S_{ucT}}{S_{HOT}}$$

Bunda: R_1 – transformatorlarning tarmoq qutblaridagi quvvat

R_2 – iste'molchining qutblarlaridagi quvvat

S_{ist} - iste'molchining to'liq quvvati

S_{nom} – transformatorning nominal quvvati.

YUklanish koeffitsienti – bu transformatorning asosiy ko'rsatkichlaridan biri bo'lib, normal (nominal) rejimida $V = 0,7-0,85$ ga teng. Agar elektr podstantsiyasidagi ikki transformatorlarning yuklanish koeffitsienti $\beta=1,2-1,4$

gacha ko'tarilishi mumkin. Transformatorlarni loyihalashda yuklanish koeffitsienti 0,7–0,85 ga teng bo'lganda eng katta (maksimal) FIK ta'minlanadi. Transformatorlarning maksimal FIK $\eta = 0,95 + 0,97$.

Transformatorning FIKi yuqori bo'lgani uchun transformatorlardan olinadigan quvvat deyarli unga beriladigan quvvatcha bo'ladi, shuning uchun tok kuchlanishga teskari proporsional ravishda o'zgaradi, deb hisoblash mumkin va bir fazali transformatorlarning to'la quvvati

$$S_n = U_H \cdot I_H.$$

bunda U_H va I_H — transformator ikkilamchi chulg'aming nominal kuchlanishi (V) va toki (A).

YUklama ortishi bilan ikkilamchi chulg'am qismalaridagi kuchlanish pasayadi. Birlamchi U_1 kuchlanish va f chastota o'zgarimas bo'lganda U_2 kuchlanishning I_2 yuklama tokiga bog'likligi transformatorning tashqi xarakteristikasi deyiladi. Tashqi xarakteristikaning og'maligi quvvat koeffitsientiga bog'liq: induktiv yuklamada quvvat koeffisienti qancha kichik bo'lsa, yuklama ortishi bilan kuchlanish shuncha pasayadi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. fazali magnit tizimi afzalliklari.
2. uch fazali chulg'amlar turlari.
3. uch fazali transformatorni energetik ko'rsatkichlari

tayanch iboralar. Fazoviy tuzilishli uch fazali magnit tizim, uch fazali chulg'amlar, uch fazali transformatorni energetik ko'rsatkichlari

4-MA'RUZA. UCH FAZALI TRANSFORMATORLAR CHULG'AMLARINI ULASH USULLARI.

Mavzu rejasi.

1. chulg'amlarni yulduzcha ulash.

2. chulg'amlarni uchburchak ulash.

3. chulg'amlarni ulash guruhi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

4. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.

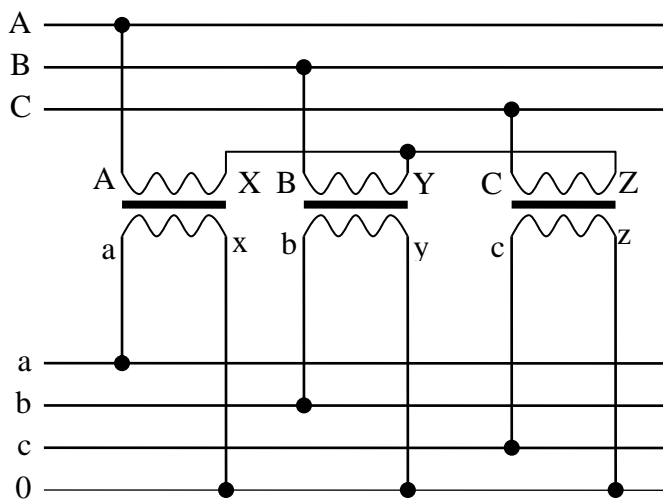
5. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.

6. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energija», 1974 g.

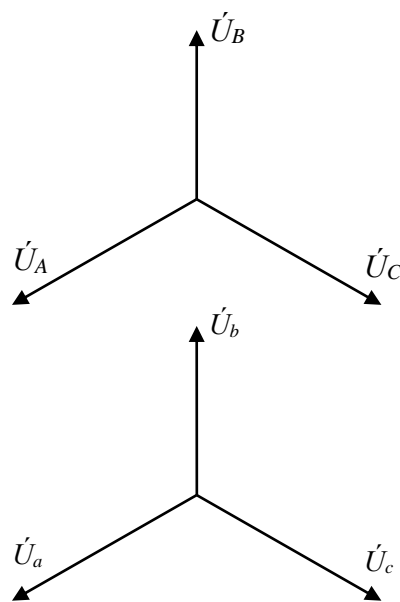
Agar ikki chulg'amli bir fazali uchta bir xil kuch transformatorlarining birlamchi chulg'amlari yulduz usulida, ularning chiqishlari esa o'zgaruvchan tok uch fazali sistemasiga ulansa, uch fazali transformatorlar guruhi hosil bo'ladi. 10 - rasm, a da birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari yulduz usulida ulangan uchta bir fazali transformatorni ulash sxemasi, 10-rasm, b da esa vektor diagrammalari ko'rsatilgan. Liniya kuchlanishlari U_{AB} , U_{BC} va U_{CA} faza kuchlanishlari U_{AX} , U_{BY} va U_{ZC} dan $\sqrt{3}$ marta (1,73 marta) katta. Ikkilamchi chulg'am kuchlanishlari ham shunday nisbatda. Keltirilgan bu ulash sxemasi 0 guruhga tegishli, chunki birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning liniya EYUKlari orasidagi faza bo'yicha siljish nolga teng. Bunday sxemaningshartli belgisi:

$$Y/Y-0 .$$

Uchta bir fazali transformatorning chulg'amlarini uchburchak usulida (-racm) ham ulash mumkin, bunda birlamchi chulg'amlar yulduz usulida, ikkilamchi chulg'amlar esa uchburchak usulida ulanadi, ulanish guruhi 11, chunki ikkilamchi EYUK vektorlari birlamchi EYUK vektorlariga nisbatan 330° ($11\pi/6$ radian) burchakka burilgan. Ikkilamchi chulg'amda liniya kuchlanishi faza kuchlanishiga teng. Bunday sxemaning shartli belgisi: $Y/\Delta - 11$. CHulg'amlar boshqacha ulanishi ham mumkin.

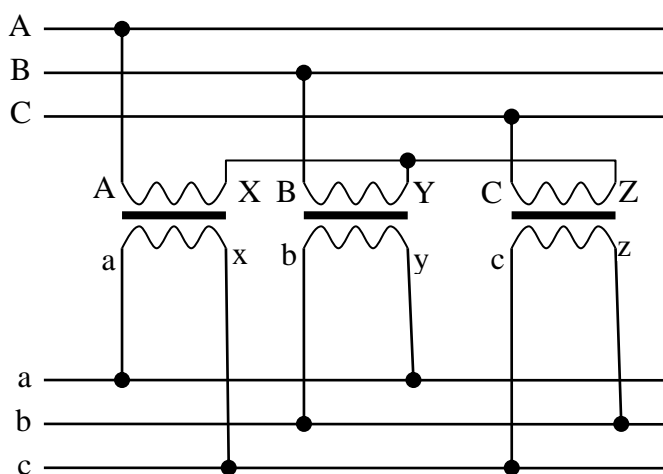


a)

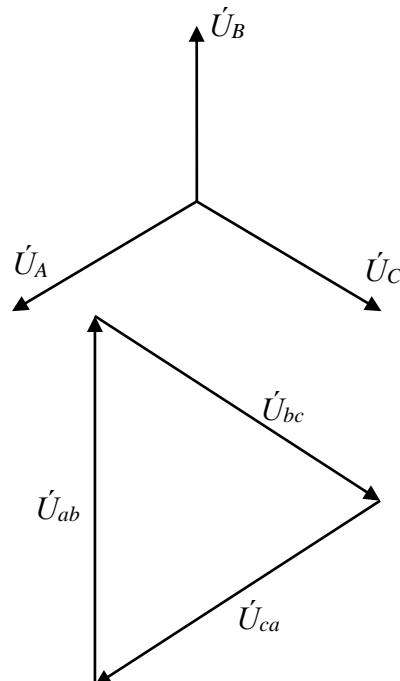


b)

9-rasm. Uchta bir fazali kuch transformatorini uch fazali tok tarmog'iga, yulduz—nolinchi nuqta chiqarilgan yulduz sxemada ulash: a—ulash skemasi, b—vektor diagrammalari.



a)



b)

10-rasm. Uchta bir fazali kuch transformatorini uch fazali tok tarmog'iga yulduz—uchburchak sxemada ulash: a—ulash sxemasi, b—vektor diagrammalari.

Bir xil quvvatli uchta bir fazali transformatoridan uchala transformator quvvatlarining yig'indisi Z teng bo'lgan uch fazali tok quvvati olish mumkin:

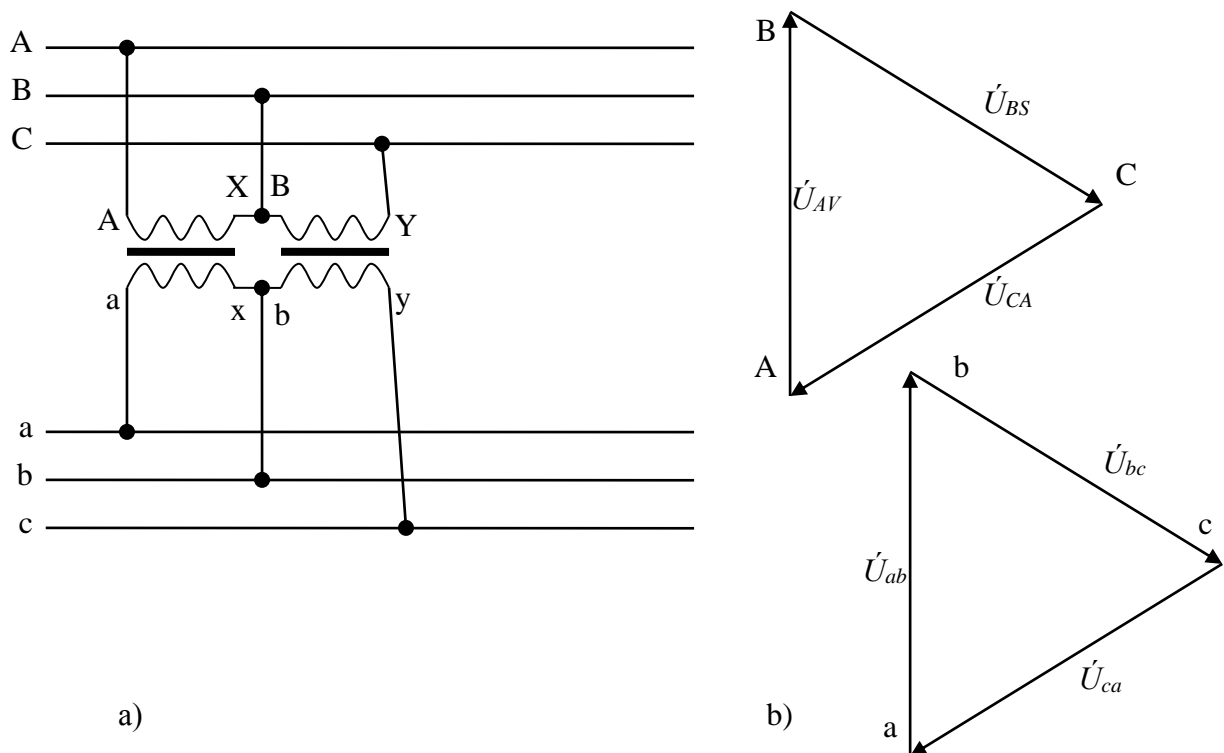
$$S = S_1 + S_2 + S_3 = 3 \cdot S_1 = Z U_f I_f,$$

bunda $S_1 = S_2 = S_3$ —har qaysi transformatorning to'la quvvati, Vt; U_f — faza kuchlanishi, V; I_f — faza toki, A. Uchta transformatorning umumiy quvvati bu

transformatorlarning chulg'amlari har qanday sxemada ulanganda ham quvvatlar yig'indisiga teng. Agar ikkita bir fazali transformator olib, ularni uch fazali tok tarmog'iga -rasmda ko'rsatilgan sxemadagidek ulasak, bu transformatorlarning ikkilamchi tomonida uch fazali simmetrik sistema hosil bo'ladi. Bunday ulash ochiq uchburchak usulida ulash deyiladi.

Listaviy transformator po'latdan yig'ilgan uch sterjenli magnit o'tkazgich va oltita chulg'am: uchta yuqori (uch fazali sistemaning fazalari soniga qarab) va uchta past kuchlanish chulg'amlari uch sterjenli uch fazali transformator (8- rasm) ning asosiy qismlari hisoblanadi. Har qaysi sterjenda ikkita chulg'am—birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar joylashgan. Ikki chulg'amli uch fazali kuch transformatorlari uchun chulg'amlarni birlashtirishning quyidagi asosiy sxemalari va guruhlari belgilangan; yulduz—nolinchi nuqta chiqarilgan yulduz, yulduz—uchburchak, nolinchi nuqta chiqarilgan yulduz—uchburchak va uchburchak nolinchi nuqta chiqarilgan yulduz.

CHulg'amlarni yulduz—nolinchi nuqta chiqarilgan yulduz usulida ulash sxemasining guruhi 0, ya'ni bitta fazaning birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarni EYUKlarining vektorlari orasidagi siljish burchagi nolga teng, qolgan sxemalar esa 11 guruhga tegishli, ya'ni o'sha fazaning birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari EYUKlarining sektorlari orasidagi siljish burchagi 330° ga teng.



11-rasm. Ikkita bir fazali transformatorni ochiq uchburchak usulida ulash: a – sxemasi, b – vektor diagrammalari.

Uch fazali transformatorning nominal quvvati

$$S = Z \cdot U_f I_f,$$

aktiv quvvati esa

$$P_N = Z \cdot U_{fn} I_{fn} \cos \varphi$$

yoki

$$P_N = \sqrt{3} U_{ln} \cdot I_{ln} \cos \varphi.$$

Ikkilamchi chulg'ami nolinishi nuqta chiqarib yulduz sxemasida ulangan uch fazali transformatorga elektr energiyaning ikki xil kuchlanishga—liniya kuchlanishi bilan faza kuchlanishiga mo'ljallangan iste'molchilarni ulash mumkin; masalan, ikkilamchi faza kuchlanishi 127 V bo'lgan va nolinishi nuqta chiqarib yulduz sxemada ulangan uch fazali transformatorga 127 va 220 V ga mo'ljallangan cho'g'lanma elektr lampalarni mos ravishda faza kuchlanishiga (127 V ga) va liniya kuchlanishiga (220 V ga) ulash mumkin. Uch fazali transformatoridan to'la foydalanish uchun uning barcha fazalarini bir xil tok bilan (simmetrik) yuklash kerak; shundagina isrof eng kam bo'ladi.

Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning EYUK lari orasida faza bo'yicha siljish bo'ladi. Bu faza bo'yicha siljish shartli ravishda transformator guruhi bilan

belgilanadi. Parallel ishlash uchun uch fazali transformatorlarning bir xil guruhga tegishlilarinigina ulash mumkin.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. chulg'amlarni yulduzcha ulash ta'rifini ayting.
2. chulg'amlarni uchburchak ulash ta'rifini ayting.
3. chulg'amlarni ulash guruhi ta'rifini ayting.

Tayanch iboralar. CHulg'amlarni yulduzcha ulash, CHulg'amlarni uchburchak ulash, ulash guruhi, vektor diagramma.

5-MA'RUZA. TRANSFORMATORLARNI PARALLEL ISHLASHI.

Mavzu rejasi.

1. transformatorni parallel ishlashi.
2. parallel ishlash shartlari.
3. parallel ishlash afzalliklari.

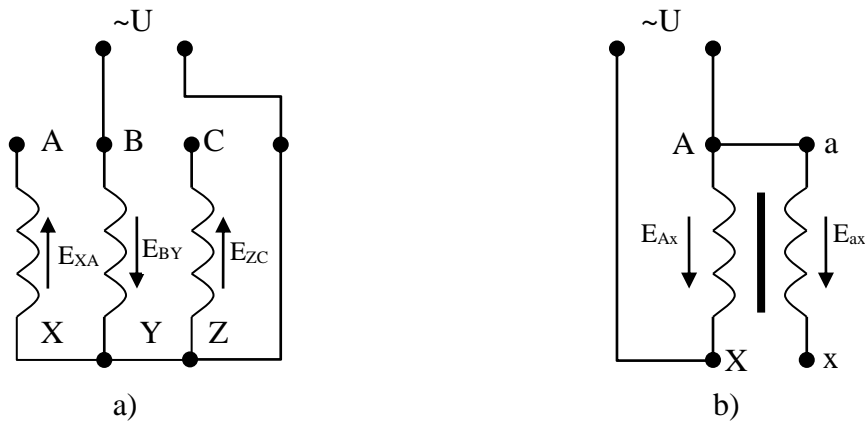
Foydalanilgan adabiyotlar:

7. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
8. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
9. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energiya», 1974 g.

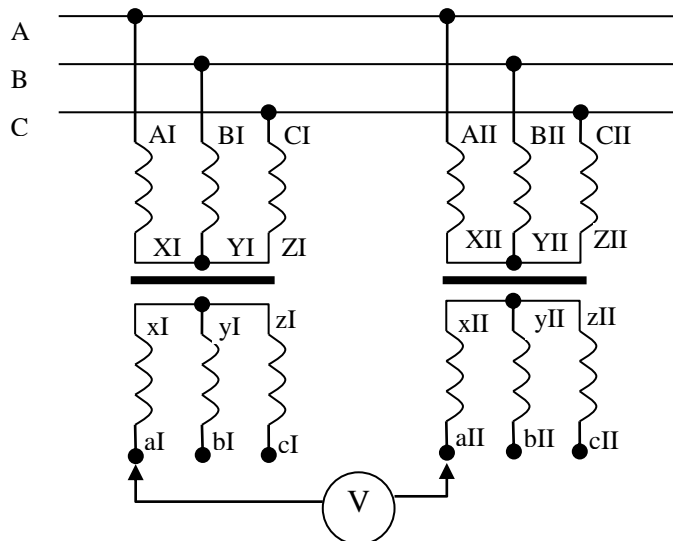
Bir nechta transformatorlarni yagona yuklamaga ulab ishlatish transformatorlarning parallel ishlashi deyiladi. Transformator podstantsiyalarida vaqt davomida yuklama uzluksiz o'zgarib turadi, bu elektr energiya iste'molchilarining mikdoriga va quvvatiga bog'liq: kechasi u minimal, kunduzi yoki kechqurun esa maksimal bo'ladi va agar shunday yuklamada bitta transformator o'ta yuklanib qolgan bo'lsa, u ishdan chiqishi mumkin. Buning oldini olish maqsadida unga parallel qilib ikkinchi transformator ulanadi, bunda yuklama ular orasida taqsimlanadi.

Transformatorlar ularning fazalari soni bir xil, birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarining kuchlanishlari va binobarin, kuchlanish bo'yicha transformatsiya

koefitsientlari ham bir xil bo'lganda; chulg'amlarining ulanish guruhlari; qisqa tutashish kuchlanishi bir xil (farqi ko'pi bilan $\pm 10\%$ bo'lishiga yo'l qo'yiladi); tok chastotasi bir xil bo'lganda; nominal quvvati 3:1 chegaradan chiqmaydigan hollarda parallel ishlashi mumkin. Ikkinchi va uchinchi shart buzilsa, parallel ulangan transformatorlarning chulg'amlarida tenglashtiruvchi toklar vujudga keladi. To'rtinchi shart buzilsa, parallel ulangan transformatorlar o'rtasida yuklama ularning nominal quvvatlariga nisbatan proporsional taqsimlanmaydi. Sanab o'tilgan shartlarga javob beradigan transformatorlarni parallel ishlashga ulash uchun ularning qismlarini to'g'ri markalanganligini past kuchlanish ostida tekshirib ko'rish zarur. Buning uchun uch fazali transformatorning yuqori kuchlanish chulg'ami yulduz usulida ulanadi (10-rasm, a ga qarang), VY qismlariga nominal faza kuchlanishiga nisbatan past kuchlanishli bir fazali uzg'aruvchan tok beriladi, so'ngra transformatorning qismlari orasidagi U_{BY} , E_{AX} , E_{CZ} , E_{AC} , U_{AB} va U_{VS} kuchlanish va $EYUK$ lar voltmetr bilan o'lchanadi. V fazaning urtadagi sterjenidan to'la magnit oqim, A va S fazalar transformatorining chekka sterjenlaridan esa uning yarmi utadi va hamma fazalardagi o'ramlar soni bir xil. SHuning uchun voltmetr, agar uning qismlari to'g'ri markalangan bo'lsa, AX va SZ, qismlar orasidagi kuchlanishni, ya'ni VY chulg'amga berilgan kuchlanishning yarmiga teng bo'lgan kuchlanishni ko'rsatadi. Kuchlanish i $U_{AB} = U_{VS} = 1,5 U_{VY}$. Agar chulg'amlar noto'g'ri markalangan bo'lsa, voltmetrning ko'rsatishi $EYUK$ lar farqi bilan aniqlanadi, ya'ni $U_{AB} = 0,5 U_{BY}$ A fazaning markalanishini o'zgartirish kerak. Past kuchlanish chulg'amlarining markalanishi har qaysi faza uchun 12-rasm, b da kursatilgan sxema asosida ketma-ket tekshiriladi.



12-rasm. Ikki chulg'amli uch fazali transformator chulg'amlari qismlarining to'g'ri markalanganligini tekshirish: *a* – yuqori kuchlanish, *b* – past kuchlanish.



13-rasm. Ikkita uch fazali transformatorni ulash guruhlarining bir xilligini tekshirish.

Ikkita uch fazali transformatorning chulg'amini biriktirish guruhlarining bir xilligi bu transformatorlarning bir ismli qismlari orasidagi kuchlanishni o'lchab tekshiriladi (13- rasm). Agar yulduz—nolinchi nuqta chiqarilgan yulduz usulida ulangan ikkita uch fazali transformatorning birlamchi chulg'amlarini tarmoqqa ulab, nolincha nuqtalar esa biriktirib qo'yilganda ularning bir xil ismli qismlari orasidagi kuchlanish nolga, har xil ismli qismlari orasidagi kuchlanishlar esa bir xil va liniya kuchlanishiga teng bo'lganda transformatorlar bitta guruhga tegishli bo'ladi.

Bitta transformatorning barcha faza kuchlanishlari boshqa transformatorning har bir faza kuchlanishiga teng bo'lishi kerak. Agar bunday tenglik bo'lmasa, transformatorlar har xil guruhga tegishli bo'ladi va ularni parallel ishlashga ulash mumkin emas, chunki bunda vujudga keladigan tenglashtiruvchi tok qisqa tutashish tokidan katta, ya'ni nominal tokdan ko'p marta katta bo'ladi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. transformatorni parallel ishlashini aytib bering.
2. parallel ishlash shartlarini aytib bering.

3. parallel ishlash afzalliklarini aytib bering.

Tayanch iboralar: parallel ulash shartlari. Muvozanatlovchi toklar.biriktirish guruhlari.

6-MA'RUZA. O'LCHASH TRANSFORMATORLARI.

Mavzu rejasi.

1. tok transformatorlari.
2. kuchlanish transformatorlari.
3. o'lchash transformatorlarini ulash sxemalari.

Foydalanilgan adabiyotlar:

10.Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.

11.Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.

12.Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energija», 1974 g.

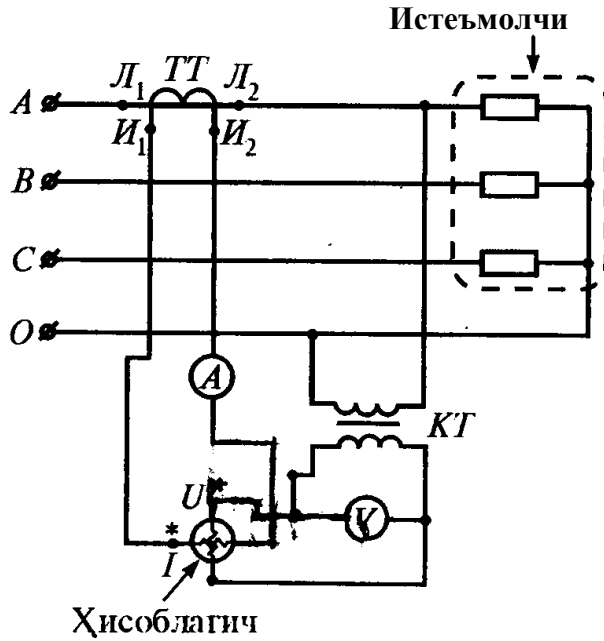
YUqorida transformatorlardan ko'p sohalarda, har xil maqsadlarda foydalanishini aytib o'tgan edik. SHu sohalardan biri yuqori kuchlanishli tarmoqlarda elektr kattaliklarni transformatorlar yordamida o'lchashdir. YUqori kuchlanishli tarmoqlarda tok, kuchlanish, quvvat va elektr energiyasini o'lchashda, xavfsizlikni ta'minlashda va odatiy o'lchov asboblari o'lchash chegaralarni oshirish maqsadida ikki turli o'lchov transformatorlari qo'llaniladi. Birinchisi, bu tok transformatorlari ikkilamchi cho'lg'amining qarshiligi iloji boricha kam bo'lishi kerak. Ikkilamchi cho'lg'amning qarshiligi o'lchash jarayonida qisqa tutash rejimiga yaqin. Transformatsiyalash koeffitsienti o'zgarmas bo'lishi lozim:

$$K_1 = \frac{W_1}{W_2} = \frac{I_1}{I_2} = const$$

14-rasmda tok transformatorining yuqori kuchlanishli tarmoqqa ulash sxemasi ko'rsatilgan. Birlamchi W_1 cho'lg'am iste'molchi bilan ketma-ket ulangan. YUqori kuchlanishli tarmoqning toki quyidavgi formula asosida aniqlanadi:

$$I_1 = K_I \cdot I_2$$

Tok transformatorlarni ikkilamchi cho'lg'amiga ampermetrdan tashqari vattmetr yoki elektr energiyasini hisoblagichning tok cho'lg'ami ulanadi.



Хисоблагич
Расм-14

Ikkinchi xil o'lchash transformatorlari kuchlanish transformatorlari deyiladi. transformatsiyalash koeffitsnti o'zgarmas bo'ladi

$$K_{II} = \frac{W_2}{W_1} = \frac{U_2}{U_1} = const$$

kuchlanish transformatorlarini ikkilamchi chulg'amiga vol'tmetrdan tashqari elektr energiyasini

hisoblagichning kuchlanish cho'lg'ami ulanadi.

6.5-rasmda bu transformatorlarning ulash sxemasi berilgan. Birlamchi cho'lg'am iste'molchi bilan parallel ulangan bo'lib, yuqori kuchlanishli tarmoqlarning kuchlanishi quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$U_1 = K_{TN} \cdot U_2$$

NAZORAT SAVOLLARI.

1. tok transformatorlari.
2. kuchlanish transformatorlari.
3. o'lchash transformatorlarini ulash sxemalari.

Tayanch iboralar. tok transformatorlari. kuchlanish transformatorlari. o'lchash transformatorlarini ulash sxemalari. Hisoblagich.

2-bo'lim. ASINXRON MASHINALAR

7-MA'RUZA. ASINXRON MASHINALARNI TUZILISHI VA ISHLASH PRINTSIPI.

1. elektr mashinalari tasnifi.
2. vazifasi va qo'llanish sohasi.

3. magnit tizimi tuzilishi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

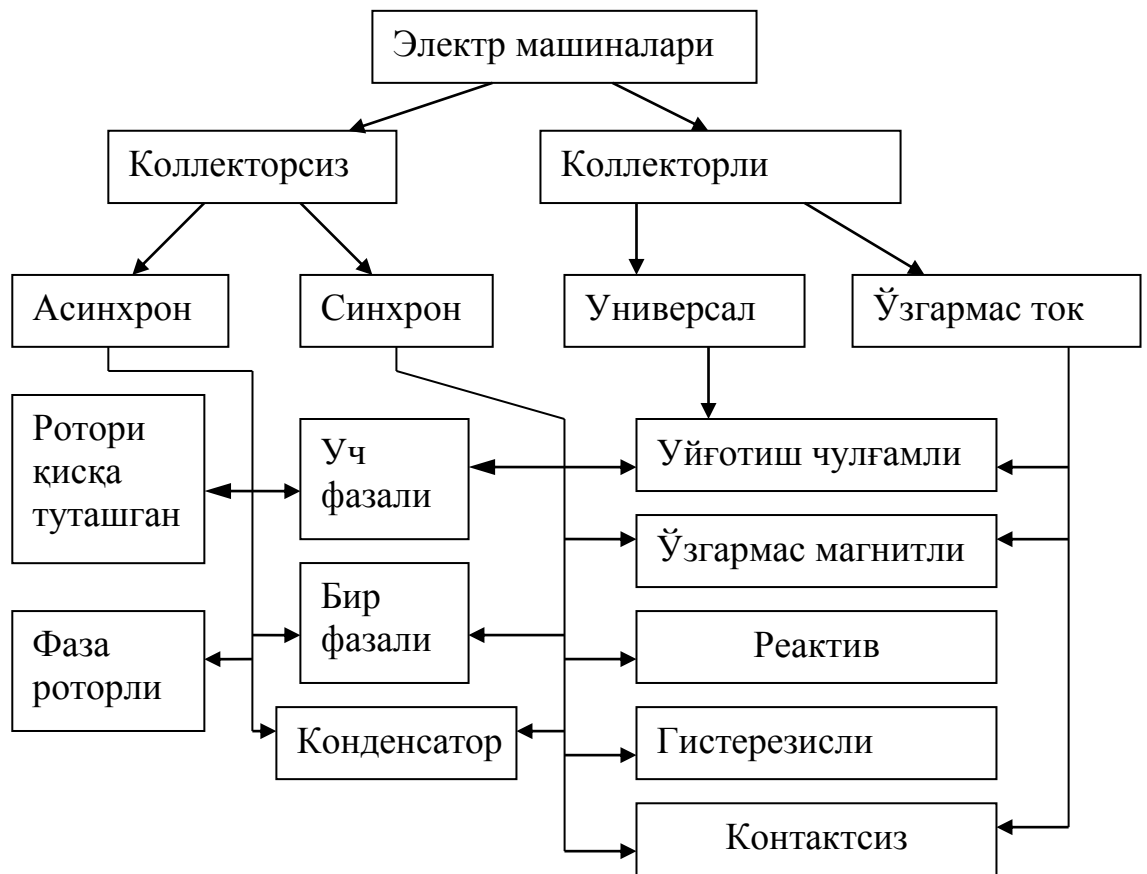
13.Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.

14.Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.

15.Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energija», 1974 g.

Elektr mashinalari bajariladigan ish vazifasiga ko'ra ikki turga bo'linadi. Birinchi vazifasi – mexanik energiyasini elektr energiyaga aylantirish. Bu mashinalar elektr generatori deyiladi. generatorlarni harakatga keltiradigan birlamchi mexanik energiya manbai bo'lib, gaz turbinlari, ichki yonuv motorlari (masalan, dizel') xizmat qiladi. generatorlar asosan elektr stantsiyalarida ishlatiladi.

Elektr mashinalarining ikkinchi ish vazifasi - elektr energiyasini mexanik energiyasi aylantirish. Bunday mashinalar motorlar (motorlar) deyiladi. Motorlar elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantiradi. Elektr motorlari xalq xo'jaligining deyarli hamma sohalarida keng qo'llaniladi. Elektr mashinalarni asosiy tasnifi –rasmda berilgan.



15-rasm. Elektr mashinalari tasnif.

Generatorlar ishlab chiqaradigan yoki motorlar iste'mol qiladigan tok turi jihatdan, o'zgaruvchan tok generatori yoki motori deyiladi. Barcha elektr mashinalari qaytuvchanlik xossasiga ega, ya'ni qaytar jarayonida ishlay oladi. Masalan, elektr motori generator rejimida, generator esa motor rejimida ishlashi mumkin. Bu paragrafda o'zgaruvchan elektr mashinalarining bir turi asinxron motorlarini ko'rib chiqamiz.

Asinxron motorlar (A.D) elektr energiyasini mexanik energiyasiga aylantiruvchi uskunadir. U konstruktsiyasining soddaligi, arzonligi, ishda ishonchliligi sababli sanoat, qishlok xo'jaligi va xalq xo'jaligining barcha sohalarida keng qo'llaniladi. Har qanday elektr mashinalari kabi A.D. generatorlar rejimida ham ishlashi mumkin. Umuman A.D.ning generator rejimida ishlashi iqtisodiy-texnik jihatdan maqsadga muvofiq emas, ammo oxirgi yillarda o'tkazilgan ilmiy tadqiqotlar, asinxron mashinalarning generator sifatida ishlatilishining bir qator ustunliklari borligini ko'rsatadi. Hozirgi vaqtda asinxron mashinalari asosan uch fazali motorlar sifatida ishlatiladi.

Asinxron motorning tuzilishi oddiy, ishlatish kulay, energetik va mexanik xarakteristikalari yaxshi bo'lgani uchun sanoatda ishlatilayotgan elektr motorlarining 80 foizidan ko'progini asinxron motorlar tashkil etadi. Bunday katta talabni kondirish uchun mashinasozlik zavodlarida xar yili ishlab chikarilayotgan asinxron motorlarning kuvvati vattning bir necha ulushlaridan, bir necha ming kilovattgacha, ish kuchlanishi esa 127 V dan 10 kV gacha bo'ladi.

Asinxron motorlar qo'zg'almas stator va aylanuvchi rotor qismlarda iborat. Stator ayrim elektrotexnik po'lat plastinkalardan yasalgan (yig'ilgan) o'zak o'rnatilgan bo'lib, o'zakning sirtidagi ariqchalarga (pazlarda) uchta, fazoda 120⁰ga siljigan, mis simli o'ramlar joylashtiriladi. Bu o'ramlar o'zaro yulduzcha yoki uchburchak usulida ulanib uch fazali elektr tarmog'iga qo'shiladi. Demak, stator cho'lg'amlarining natijaviy magnit maydoni aylanuvchi bo'lib rotorning cho'lg'amlarini kesib o'tadi.

A.D.ning rotori tsilindr shaklida bajarilib, uning ham ayrim eletrotexnik po'lat plastinkalaridan yasalgan o'zagi ariqchalarida (pazlarida) cho'lg'am joylashtirilgan. A.D.-lar rotor cho'lg'ami yasalishi jihatidan ikkiga bo'linadi. SHunga muvofiq rotor qisqa tutashgan A.D. yoki alyuminiy magiz tayoqcha (sterjenlar) dan bajarilgan bo'lib, bunday A.D.ning rotori qisqa tutashgan A.D.deyiladi. (16 a-rasm).

Asinxron mashinaning ishlash printsipi aylanuvchan magnit maydoni xodisasiga asoslangandir. Asinxron mashinalar xam generator, xam motor sifatida ishlatilishi mumkin.

Asinxron motorlar, bir, ikki va uch fazali kilib yasaladi. Uch fazali asinxron motorlar metall kesish, yogochni kayta ishlash dastgoxlarini, ko'tarma kranlar, liftlar, eskalatorlar, ventilyatorlar, boshka mexanizmlarni xarakatga keltirishda ishlatiladi.

Bir fazali asinxron motorlarning kuvvati, odatda 0,5 kVt dan oshmaydi. Undan avtomatik boshkarish sistemalarida, turli asboblarning elektr yuritmalarda, uy-ro'zgor mashinalarida foydalannladi. Kichik kuvvatli asinxron mashinalar vallarning aylanish tezliklarini o'lchashda generator (taxo-generator) sifatida xam

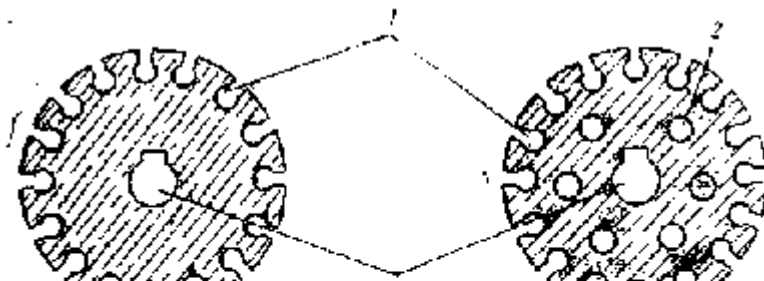
ishlatiladi. Asinxron mashinalar chastota o'zgartirgich, kuchlanish o'zgartirgich va faza o'zgartirgich sifatida xam keng ko'llanadi.

Barcha elektr mashinalari kabi asinxron motorlar xam ikki asosiy kism; kugalmas kism stator va ko'zgaluvchan (aylanuvchi) kism: rotordan iborat.

Stator stanina, po'lat o'zak va statorning pazlariga joylashtirilgan uch fazali chulgamlardan iborat. Stanina cho'yandan yoki alyuminiydan tsilindrsimon shaklda yasalgan bo'lib,, uning ichiga statorning po'lat uzagi maxkamlanadi. SHuningdek, stanina mashinani tashki mexanik ta'sirlardan saklash uchun xam xizmat kiladi. Staninada stator chulgamlarini elektr energiya manbaiga ulash uchun shu chulgamlarning uchlari chikarilgan «klemmalar qutichasi» bor. Asinxron motor ishlayotganida uni yaxshirok sovitish maksadida stanina kobirg'ali qilib yasaladi. CHO'yandan quyilgan staninali elektr mashinalar ko'tarish uchun mo'ljallangan vintli ilgakka ega bo'ladi.

Statorning tsilindrsimon po'lat o'zagi kalinligi 0,35 yoki 0,5 mm li, o'zaro maxsus tok bilan (transformator o'zagi kabi) izolyatsiyalangan elektrotexnik po'lat plastinkalar to'plamidan iborat. Stator po'lat o'zagining ichki sirtida stator uzunligi bo'yicha etgan pazlarga stator chulgamlari joylashtirilgan.

Stator chulgami izolyatsiyalangan mis simlardan yasalgan bo'lib, stator pazlariga $2d/3$ burchak ostida joylashgiriladi. CHulgamlarning bosh va oxirgi uchlari yukorida aytilgandek, «klemmalar kutichasiga» chikarilgan bo'ladi. $a - v$ da chulgamlarning ulanishi ko'rsatilgan. CHulgam uchlarining ochik koldirilishi uni tarmok kuchlanishining kiymatiga karab «yulduz» yoki «uchburchak» sxemada ulashga imkon beradi.



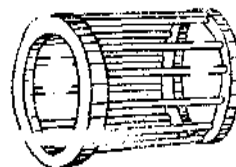
15-rasm. stator o'zagi listlari va pazlari shakllari.

Rotor motorning aylanish o'kiga maxkamlangan bo'lib, uning po'lat o'zagi xam statorniki kabi kalinaligi 0,35 yoki 0,5 mm li elektrotexnik po'lat plastinkalar to'plamidan iborat. Po'lat o'zak plastinalarining ustki yuzasida pazlar o'yilgan bo'lib (*a* va *b*), ularning konfiguratsiyasi turlicha bo'lishi mumkin. Po'lat o'zak motorning o'kiga maxkamlanadi. Po'lat o'zak plastinkalaridagi pazlar rotor pazlarini tashkil etib, unga rotor chulgamlari joylashtiriladi. Asinxron motorlar rotor chulgamlarining tuzilishiga karab ikkiga bo'linadi, motorning nomiga esa shu chulgam nomi ko'shib aytiladi.

Agar pulat o'zak arikchalariga alyuminiydan yasalgan sterjenlar joylashtirilib, ularning uchlari alyuminiy xalkalar bilan biriktirilsa, bunday rotor *chulgamlari kiska tutashtirilgan rotor* deyiladi. Bunday dvigagel' esa kiska tutashtirilgan rotorli asinxron motor' deb nomlanadi. Issik sharoitlarda ishlatiladigan motorlarning sovitilishini yaxshilash maksadida rotor o'kiga shamollatish parrakchalari o'rnatiladi. Kuvvati 100 kVt gacha bo'lgan kiska tutashgirilgan rotorli asinxron motorlarning rotor (chulgamlari) sterjenlari alyuminiydan kuyib tayyorlanadi. Rotor sterjenlari (chulgamlari) o'zaksiz xolda «olmaxon gildiragi» ko'rinishiga ega.



9.6- расм.



9.7- расм.

Agar rotorning po'lat o'zagi arikchalariga, stator chulgamlari kabi, misdan yasalgan uch fazali chulgam joylashtirilsa, bunday rotor faza chulgamli rotor, bunday motor' esa faza rotorli asinxron motor deb ataladi.

Rotor chulgami «yulduz» sxemada ulanib, chulgamning bosh uchlari asinxron motorning o'kiga maxkamlangan kontakt xalkalar bilan tutashtiriladi. Kontakt xalkalar esa grafit cho'tkalar yordamida motordan tashkariga o'rnagilgan uch fazali yur-gizish reostati bilan biriktiriladi. YUrgizish reostati agar motor' ishlaganda rotor chulgaming karshiligini va shu bilan birgachikda rotor tokini boshkarish uchun xizmat kiladi.

Agar rotor cho'lg'ami oddiy mis yoki alyuminiy simlaridan uch fazali qilib bajarilsa, bunday A.D.-faza rotorli A.D deyiladi. Bu cho'lg'amlar o'zaro yulduzcha usulida ulanib, maxsus vosita bilan, har bir uchala faza qarshiliklar birdaniga o'zgartiriladi. Faza rotorli A.D. lar qisqa tutashgan rotorli A.D. larga nisbatan bir qator afzalliklari bor. Bu afzalliklarni keyinchalik formulalar asosida tahlil qilamiz.

A.D. ni ishlash printsipli aylanuvchi magnit maydondan foydalanishga asoslangan. Stator cho'lg'amlarining natijaviy magnit maydon aylanish tezligi quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{P}$$

bu formulada

f - o'zgaruvchan tok chastotasi

P – juft qutblar soni

Bu magnit maydon rotorning cho'lg'amlarini kesib o'tadi va bu cho'lg'amlarda EYUK demak, berk kontur bo'lganda tok paydo bo'ladi. Har qanday tokli o'tkazgichni magnit maydonga qararak bu o'tkazgichga mexanik kuch ta'sir qiladi. SHunga binoan rotorga ta'sir qiluvchi aylanuvchi moment vujudga keladi. Agar magnit maydon va rotor birgalikda baravar aylansa, bunday aylanish sinxron aylanish deyiladi. Asinxron motorlarda, rotorning aylanish tezligi motorning o'qi, (val) dagi ish mashinasi yaratgan tormozlovchi momentga bog'liq. Demak, rotorning aylanish tezligi magnit maydon aylanish tezligidan bir qancha

farq qiladi. mana shu farqni xarakterlovchi kattalik, «sirpanish» deyiladi va bu kattalik quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$S = \frac{n_0 - n_1}{n_0}$$

bunda

n_0 - magnit maydonning aylanish tezligi

n_1 – rotorning aylanish tezligi

Motorni yurgizish paytida: $n_1 = 0$ $S = 1$

Motorni salt yurish rejimida: $n_0 = n_1$ $S = 0$. Demak, sirpanish $S = 1 \div 0$ gacha o'zgaradi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. asinxron mashinaning asosiy qismlarini ayting.
2. statorni asosiy qismlarini ayting.
3. rotorni asosiy qismlarini ayting.

Tayanch iboralar: stator, rotor, qisqa tutashgan rotor, faza rotor, sirpanish, elektromagnit moment.

8-MA'RUZA . UCH FAZALI TOK SISTEMASI ERDAMIDA AYLANUVCHAN MAGNIT MAYDONINING XOSIL BULISHI

Mavzu rejasi.

1. aylanuvchan magnit maydonni hosil bo'lish shartlari
2. aylanuvchan magnit maydon tezligi.
3. stator chulg'amlari

Foydalanilgan adabiyotlar:

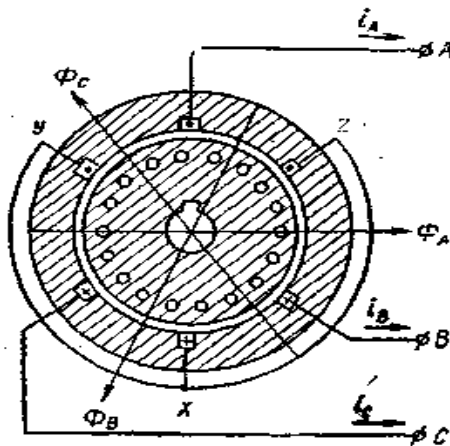
16. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
17. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
18. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energiya», 1974 g.

Aylanuvchan magnit maydonning xosil bo'lishini statorining pazlariga uch fazali chulg'am joylashtirilgan asinxron mashinasi misolida ko'rib chikamiz.

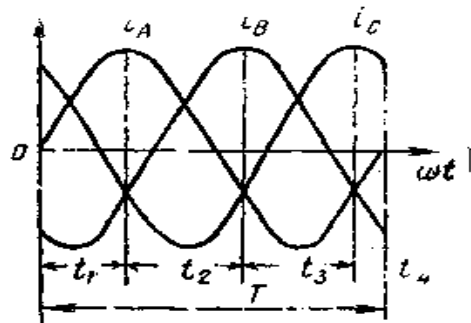
Rasmda asinxron motorining uch fazali chulgami yakka chulgam sifatida ko'rsatilgan.

Agar stator chulgami uch fazali kuchlanish manbaiga ulansa, chulgam orkali uch fazali tok o'ta boshlaydi. Xar bir chulgamdan o'tayotgan tok vakt bo'yicha sinusoidal konun bo'yicha o'zgaruvi magnit yurituvchi kuch (MYUK) R_A, R_V va R_S larni xosil kiladi . Uch fazali tok xosil kilgan umumiy MYUK ning yo'nalishini va kiymatini aniklash uchun faza chulgamlaridan o'tayotgan toklarning vakt bo'yicha o'zgarish grafigiga rasmga murojaat kilamiz.

$$\begin{aligned} i_A &= I_m \sin \omega t; \\ i_B &= I_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right); \\ i_C &= I_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right). \end{aligned} \quad (9.1)$$



9.9- rasм.



9.10- rasм.

16-rasm. Aylanuvchi magnit maydonni hosil bo'lishi.

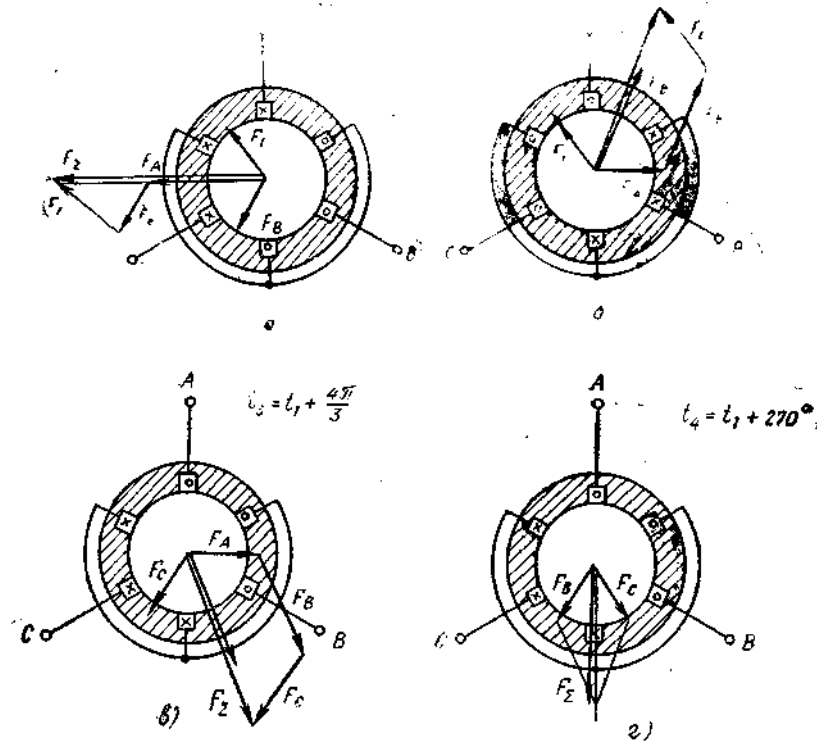
Faza chulgamlarida xosil bo'lgan MYUK ning yo'nalishi o'ng ko'l koidasi bo'yicha aniklanadi. rasm, a da magnit maydonining $I=I$, vaktidagi yo'nalishi ko'rsatilgan. Uch fazali tok xosil kilgan umumiy MYUK ning kiymati xar bir faza toklari xosil kilgan MYUK larning geometrik yigindisiga teng, ya'ni

$$\bar{F}_\Sigma = \bar{F}_A + \bar{F}_B + \bar{F}_C = \frac{3}{2} \bar{F}_m.$$

faza chulgamlari orkali o'tayotgan toklarning kiymati va yo'nalishi o'zgarib, $I_A = I_S$ va $I_V = I_t$ bo'ladi.

SHu vaktidagi umumiy magnit maydoni okimining yo'nalishi va kiymati rasm, b da ko'rsatilgandek aniklanadi.

YUkorida keltirilganlardan shuni xulosa kilib aytish mumkinki, umumiy MYUK vektori doimo o'zgarimas kiymatga ega bo'lgani xolda o'zgarimas burchak tezlik bilan aylanar ekan. Vaktning $7/3$ ga o'zgarishi natijasida MYUK vektori 120° ga buriladi, ya'ni MYUK vektori bir davr mobaynida bir marta to'lik aylanadi. Umumiy magnit yurituvchi kuchning yo'nalishi esa xar doim toki maksimal kiymatga ega bo'lgan fazaning magnit yurituvchi kuchi yo'nalishi bilan mos tushadi.



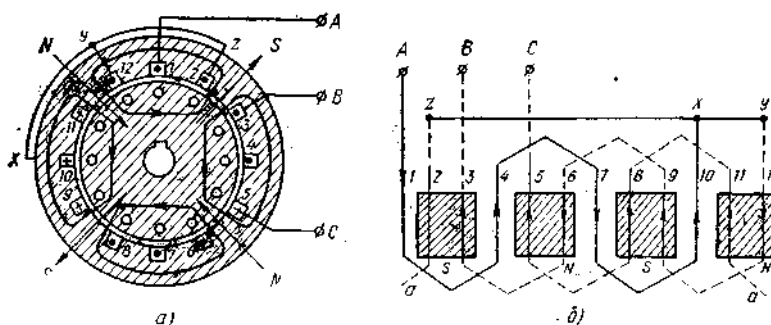
9.11- rasmi.

SHunday kilib, aylanuvchan magnit maydonini xosil kilish uchun, birinchidan, chulgamlar fazada o'zaro ma'dum bir burchakka siljigan, ikkinchidan esa shu chulgamlar orkali o'tayotgan toklar xam ma'lum bir faza siljish burchagiga ega bo'lishi kerak.

YUkorida keltirilgan shartlardan birortasi bajarilmasa, aylanuvchan magnit maydoni xosil bo'lmaydi.

Aylanuvchan magnit maydonining tezligi. Ma'lumki, chulgamlardan uch fazali tok o'tganda bir juft kutbli ($r=1$) magnit maydoni xosil bo'ladi. Bunday magnit maydoni o'zgaruvchan tokning bir davri manbaynida bir marta to'lik aylanadi. CHulgamlar sonini shunday tanlash mumkinki, bunda juft kutblar soni ikki, uch va xokazo bo'lishi mumkin.

Rasmda ikki juft kutbli magnet maydoni ko'rsatilgan. Bu erda chulgamlar soni avvalgiga nisbatan ikki marta ko'p bo'lib, maxsus sxema bo'yicha ulangan. Agar statorning chulgamlari bilan birgalikda sirtini yoyib



9.12- rasmi.

chulgamlarning ulanish sxemasini va chulgamlardagi toklarning yo'nalishini ko'radigan bo'leak, u xolda ko'shni xar uch o'tkazgichdagi (ya'ni 3, 4, 5, 6, 7, 8; 9, 10, 11; 12, 1, 2) toklarning yo'nalishi mos tushadi va bu toklar xosil kilgan magnet maydoni to'rt kutbli (yoki ikki juft kutbli) bo'ladi. Bizning misolda bir juft kutb stator aylanasing yarmini egallaganligi uchun o'zgaruvchan tokning bir davri mobaynida aylanuvchan magnet maydoni rotor aylanasing yarmiga buriladi. Agar magnet maydoni r juft kutblar soniga ega bo'lsa, aylanuvchan magnet maydon burchakka buriladi.

Agar aylanuvchan magnet maydonining burchak tezligini aylanish tezligi bilan, burchak chastotani esa o'zgaruvchan tok chastotasi orkali ifodalasak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\frac{2\pi n_1}{60} = \frac{2\pi f_1}{p},$$

bundan

$$n_1 = \frac{60f}{p}.$$

Demak, magnig maydonining aylanish tezligi o'zgaruvchan tok chastotasiga va juft kutblar soniga bog'lik ekan. Aylanuvchan magnet maydonining yo'nalishini o'zgartirish (reverslash) uchun fazalar ketma-ketligining tartibi o'zgartiriladi, ya'ni stator chulgamlarining manbaga ulanadigan S_1, S_2, S_3 bosh uchlaridan istalgan ikkitasining o'rni almashtiriladi.

Sanoat chastotasi ($f=60$ gTS) da aylanuvchan magnit maydonining aylanish tezligi p_g — bo'ladi. Agar $r= 1, 2, 3, 4,$

6, 6 bo'lsa, aylanuvchan magnit maydonning aylanishlar tezligi (soni) mos xolda 3000, 1500, 1000, 750, 600, 500 ayl/min ni tashkil etadi.

Odatda, motorning pasportida rotorning nominal aylanishlar soni ko'rsatilgan bo'ladi. Aylanuvchan magnit maydonining sinxron tezlik kiymatini bilish uchun l_{nom} ga eng yaqin katta tezlik kiymati kabul kilinadi. Myasalan, $l_{nom} = 2860$ ayl/min ga, 3000 ayl/min, $l_{non} = 1460$ ayl/min ga, $= 1500$ ayl/min mos keladi.

Statorda tezlik bilan aylanayotgan aylanuvchan magnit maylonining okimi F , rotor chulgamlarini kesib o'tib, elektromagnit induksiya konuniga asosan, rotor chulgamlarida EYUK induksiyalaydi. EYUK, o'z navbatida, rotor tokini xosil kiladi.

Rasmda aylanuvchan magnit maydonining o'k chizigida joylashgan rotor chulgamidagi tokning yo'nalishi ko'rsatilgan. Rotor toki, o'z navbatida, rotor chulgami atrofida F_a magnit okimini xosil kiladi. Uning yo'nalishi esa „parma“ koidasi bo'yicha aniklanadi . Rotor chulgaming magnit okimi F_2 statorning magnit okimi F , ga kushilib, motorning umumiy magnit maydoni okimini xosil kiladi. Natijada deformatsiyalangan magnit maydonida joylashgan rotor chulgamlariga rasm, b da ko'rsatilgandek R juft kuch ta'sir eta boshlaydi. Bu kuchning yo'nalishi chap ko'l ko-idasiga ko'ra aniklanadi. SHunday kilib, shimoliy N kutb ostida joylashgan barcha o't-kazgichlarga ta'sir etuvchi kuchning yo'nalishi, janubiy S kutb ostida joylashgan o't-kazgichlarga ta'sir etuvchi kuch yo'nalishiga karama-karshi bo'lib, juft kuch yuzaga keladi. Mazkur juft kuch ta'sirida rotor tezlikda, aylanuvchan magnit maydonining aylanish yo'nalishida aylana boshlaydi. Ammo rotorning aylanish tezligi p_g statorning aylanuvchan magnit maydonining aylanish tezligidan kichik bo'ladi.

Aylanuvchan magnit maydoni tezligining rotorning aylanish tezligiga teng bo'lmasligi tufayli mashinalar *asinxron* (tezliklari bir xil emas) *mashinalar* deb nomlangan.

Motorning ishlash jarayonida sirpanish kiymati 0 dan 1 gacha o'zgaradi, dvigagelni ishga tushirish paytida rotorning aylanish tezligi $ya_2 = 0$ bo'lgani uchun

$S=1$ bo'ldi. Motorlarning nominal sirpanishi $S_{nom} = 0,03 — 0.06$ kiyimatda tashkil etadi. Agar motorning nominal aylanish tezligi berilgan bo'lsa, sirpanishning kiyimati bo'yicha aylanuvchan magnit maydonining tezligini topish mumkin.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. aylanuvchan magnit maydonni hosil bo'lish shartlari
2. aylanuvchan magnit maydon tezligi.
3. stator chulg'amlari

tayanch iboralar. Aylanuvchan magnit maydon, sinxron tezlik, sirmoqsimon chulg'am, to'lqinsimon chulg'am, andazaviy chulg'am.

9-MA'RUZA. ROTOR VA STATOR CHULGAMLARIDAGI ELEKTR YURITUVCHI KUCH VA TOKLAR

mavzu rejasi.

1. magnit yurituvchi kuchlar tenglamasi.
2. elektr yurituvchi kuchlar tenglamasi
3. Elektromagnit moment tenglamasi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

19. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
20. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
21. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energija», 1974 g.

Ko'zgalmas rotor chulgamidagi tok chastotasi. Ko'zgalmas rotor chulgamida induktsiyalangan EYUK ning chastotasi aylanuvchan magnit maydonining aylanishlar tezligi bilan aniklanadi:

$$f_2 = \frac{n_1 p}{60}$$

YUkorida keltirilganlarga asoslanib shuni aytish mumkinki, agar asinxron motorning rotorini aylanmasa (rotor chulgami uzilgan bo'lsa), mazkur motor transformator rejimida ishlaydi. Aylanayotgan rotorning chulgamlarida

induksiyalanayotgan EYUK ning chastotasi rotorning sirpanish tezligi p_3 ga bog'lik bo'ladi.

Aylanuvchan rotor EYUK ining chastotasi rotor sirpanishiga to'g'ri proporsional ekan.

Motor' sanoat chastotasi ($f = 50$ Gts) va nominal nagruzkada ishlaganda $S_{\text{NOM}} = (2 \sim 6)\%$ ekanligini xisobga olamiz.

Motorni ishga tushirish paytida $S=1$ bo'lganligi uchun, ideal salt ishlash rejimida, ya'ni $S = 0$ da $\omega_1 = 0$ bo'ladi.

Rotorni ishga tushirish paytida unda maksimal EYUK induksiyalangani uchun rotor chulgamidani katta tok okib o'ta boshlaydi. Bu esa o'z navbatida, rotor chulgamidani xam katta tok Okib o'tishiga sabab bo'ladi (transformatorga o'xshash). Bu tok asinxron motorni ishgatushirish toki deb ataladi.

O'rta va katta kuvvatli asinxron motorlarni bunda katta ishga tushirish tokidan saklash uchun ular ishga tushirish kurilmalari yordamida ishga tushiriladi.

Asinxron motor salt ishlaganda rotorning MYUK nolga teng bo'ladi. Aylanuvchi magnit maydoni esa statorning MYUK tufayli xosil kilinadi, ya'ni

$$\bar{F}_0 = m_1 \bar{I}_0 \omega_1,$$

bu erda: m_1 — stator fazalariniig soni; ω_1 — stator faza chulgamlarining o'ramlar soni; I_0 — salt ishlash toki.

Agar asinxron motorning validagi nagruzkaning kiymati orda, rotor toki xam ortib, stator MYUK iga karama-karshi yo'nalgan rogor MYUK xosil bo'ladi. Natijada rotor MKJ ni kompensatsiyalash uchun stator MYUK xam shu kiymatga o'zgaradi. SHunday kilib. stagor va rotor MYUK larining geometrik yigindisi xar doim o'zgaras bo'ladi, ya'ni

$$F_1 + F_2 = F_0$$

ёки

$$m_1 \omega_1 \bar{I}_1 k_1 + m_2 \omega_2 \bar{I}_2 k_2 = m_1 \omega_1 \bar{I}_0 k_1,$$

бундан

$$\bar{I}_1 + \bar{I}_2 = \bar{I}_0, \quad (9.12)$$

бу ерда: $\bar{I}_2 = \bar{I}_0 \frac{m_2 \omega_2 \cdot k_2}{m_1 \omega_1 \cdot k_1}$ — ротор токининг келтирилган қиймати.

Stator toki (9.12) dan shunday kilib, stator toki salt ishlash tokidan va qarshilik (tormozlash) momenti tufayli vujudga keladigan G_2 dan iborat ekan. Asinxron motorlarda salt ishlash toki nominal tokning 40 — 60% ini tashkil etishiga sabab rotor bilan stator orasidagi xavo bo'shligining mavjudligidir.

Asinxron motorning rotorida hosil bo'ladigan E.YU.K. ning chastotasi quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$f_{pom} = \frac{(n_0 - n_1) \cdot P}{60};$$

Bunda

$n_0 - n_1$ magnit maydon va rotor aylanish tezliklarining ayirmasi

R – juft qutblar soni

Bu formulani magnit maydoning aylanish tezligiga ko'paytirib bo'lamiz:

$$f_2 = \frac{(n_0 - n_1) \cdot P \cdot n_1}{60} \qquad f_2 = \frac{(n_0 - n_1) \cdot P \cdot n_0}{60 \cdot n_0} = S \cdot f$$

Demak, rotorning E.YU.K. va tokning chastotasi sirpanish kattaligi bilan aniqlanadi. Sirpanish kattaligi esa yuqorida ko'rsatganimizdek dvivigatelning mexanik yuklanish bilan aniqlanadi.

Rotorda vujudga keladigan mexanik E.YU.K. elektromagnit induksiya qonuniga asosan, transmatorning ikkilamchi cho'lg'ami E.YU.K. o'xshash formula asosida aniqlanishi mumkin:

$$E_2 = 4.44 \cdot f_2 \cdot W_2 \cdot \phi$$

bunda: $E_1 = 4.44 \cdot W_2 \cdot \phi$

o'shanda: $E_2 = E_1 \cdot S$

Demak, rotorning E.YU.K. ham sirpanishdan bog'liqdir:

A.D. – ni induktivlik qarshiligi: $X_L = W_2 \cdot L_2 = 2 \pi f_2 \cdot L_2 = X_2 \cdot S$

SHunday qilib A.D.ni rotorini xarakterlovchi kattaliklar: E.YU.K. chastota, induktiv qarshilik, sirpanishga bog'liqdir. Rotorning toki Om qonuniga asosan:

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_{poT}} = \frac{E \cdot S}{\sqrt{R^2 + (X_2 \cdot S)^2}}$$

Normal rejimda ishlaydigan A.D. ning sirpanishi $S = 0,01 - 0,06$ chegarasida bo'ladi. Sirpanishni nominal qiymatini nazarga olib bu ifoni tahlil qilamiz. Motorni yurgizish paytida, sirpanish eng katta (maksimal) $S = 1$ qiymatga

ega. Rotor toki formulasining ham sur'at ham maxrajida sirpanish kattaligi bor. Lekin sur'atdagi sirpanish tokning miqdoriga maxrajdagi sirpanishdan ta'siri ustundir. SHu tufayli, yurgizish paytida sirpanish maksimal qiymatga, o'z nominal qiymatidan unlab marotaba katta bo'lganda, rotor toki ham nominal qiymatidan (8-12) marta katta bo'ladi. A.D. ni yurgizish paytida o'tkinchi jarayon juda kam vaqt, bir sekundning o'nlar hissasida o'da ham, rotor toki, demak statorning toki ham nominal tokga nisbatan o'nlab marotaba oshadi. Bu albatta A.D. ni kamchiligidir.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. magnit yurituvchi kuchlar tenglamasini yozing.
2. elektr yurituvchi kuchlar tenglamasini yozing
3. Elektromagnit moment tenglamasini yozing.

Tayanch iboralar. Magnit yurituvchi kuch, elektr yurituvchi kuch, yurgizish toki, kritik sirpanish, rotor toki chastotasi.

10-MA'RUZA. ASINXRON MOTORNING ALMASHTIRISH SXEMASI VA VEKTOR DIAGRAMMASI.

Mavzu rejasi.

1. asinxron motor almashtirish sxemasi.
2. asinxron motor vektor diagrammasi.
3. asinxron motor ish rejimlari.

Foydalanilgan adabiyotlar:

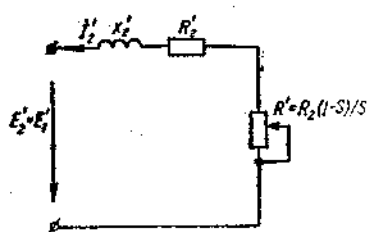
22. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
23. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
24. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energija», 1974 g.

Transformatoridagi kabi asinxron motorning xam ish rejimini taxlil kilishda uning almashtirish sxemasidan foydalanish kulaydir. Umuman, asinxron motorning xam transformatoridagi kabi stator va rotor chulgamlarini tegishlicha birlamchi va ikkilamchi chulgam deb karash mumkin. Bu chulgamlar orasidagi

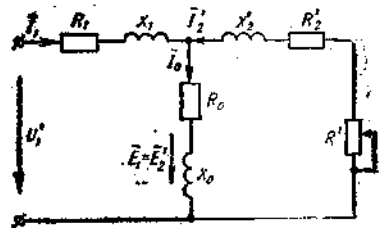
boglanish transformatoridagidek magnit xodisasiga asoslangandir. YUklangan asinxron motorning almashgirish sxemasini kurish uchun aylanayotgan rotor elektr zanjirini unga ekvivalent bo'lgan tso'zgalmas rotor zanjiri bilan almashtirish kerak.

Ekvivalent rotor zanjirining parametrlari shunday tanlanishi kerakki, motorning manbadan olayopan kuvvati, rotorga uzatilayotgan elektromagtsit kuvvat o'zgaras bo'lishi kerak. Buning o'cho'n rotornyng ekvivalent va xakikiy zanji ridagi tok I_2 va EYUK E_2 orasidagi faza siljish burchagi bir xil bo'lishi kerak, SHunday sharoitdagina ekvivalent va xakikiy mashina rotor va sgator chulgamlarining umumiy magnitlovchi kuchi bir xil bo'ladi.

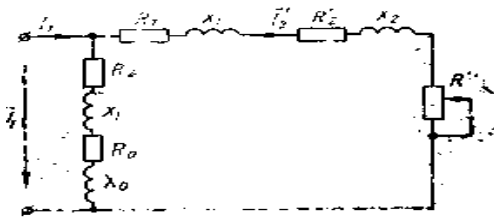
rasmda ekvivalent ko'zgalmas rotorning almashtirish sxemasi ko'rsatilgan. Bu erda rotorning aktiv karshiligi R_2/s ikkita tashkil etuvchi sifagida berilgan Bular asinxron motorning to'la almashtirish sxemasini tuzishga imkon beradi



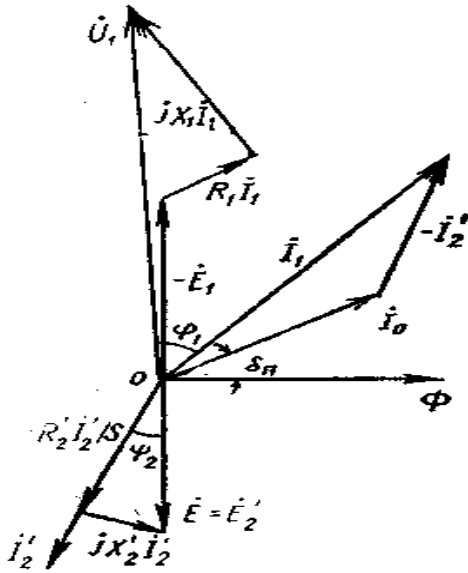
9.16- расм.



9.17- расм.



9.18- расм.



9.19- расм.

20-rasm. Asinxron motorni almashtirish sxemasi va vektor diagrammasi.

Almashtirish sxemasidan karshiliklardagi kuvvat isrofi stator va rotor chulgamlaridagi elektrik kuvvat isrofiga teng ekanligi kelib chikadi:

karshilikdagi kuvvat isrofi statorning po'lat o'zagidagi magnit kuvvat isrofiga teng, ya'ni asinxron motorning shaklidagi almashtirish sxemasi ko'rsatilgan.

Asinxron motorning vektor diagrammasi magnit okim F vektorini kurishdan boshlanadi chunki magnit okimi stator va rotor uchun umumiydir.

Stator va rotor chulgamlarida induktsiyalangan E va E'_2 EYUK lar magnit okimidan 90° burchakka orkada koladi. Umumiy vektor diagrammasini kurishda ko'zgalmas ekvivalent rotorning EYUK asos kilib olinadi, chunki uning chastotasi manba chastotasiga tengdir. Ma'lumki, asinxron motorlarda salt ishlashdagi tok stator chulgamidagi nominal tokning 40—60% ini tashkil etadi. Salt ishlash tokining vektorini magnit okimi vektoridan δ_p burchakka, po'lat o'zakdagi isroflar tufayli, siljigan bo'ladi. Odatda, $\delta_p = 3^\circ \text{ t } 5^\circ$ bo'ladi.

Asinxron motorni tormozlovchi momentning rotordagi tok qiymatiga va fazasiga ta'siri, rotor chulgami aktiv karshiligining o'zgarishi bilan aniklanadi.

SHuning uchun ko'zgalmas rotorning chulgamidagi tok EYUK E'_2 dan burchakka kechikadi. Bu burchak asinxron motorning yuklanganligini ko'rsatadi va sirpanishning kamayishi bilan kamayib boradi.

asinxron motorlarda salt ishlash tokining qiymati nisbatan katta bo'lgani uchun faza siljish burchagining qiymati xam katta bo'ladi. Bunda motorning nominal kuv-vat koeffitsienti 0,7 - 0,8 ga teng bo'ladi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. asinxron motor almashtirish sxemasini chizing.
2. asinxron motor vektor diagrammasini chizing.
3. asinxron motor ish rejimlarini ayting.

Tayanch iboralar. Almashtirish sxemasi, vektor diagramma, salt ishlash toki, qisqa tutashuv rejimi.

11—MA'RUZA. ASINXRON STATOR CHULG'AMLARI VA UNI ULASH USULLARI.

Mavzu rejasi.

1. stator chulg'ami turlari
2. asinxron motorni yulduz ulash.
3. asinxron motorni uchburchak ulash.
4. chulg'amlarni tekshirish.

Foydalanilgan adabiyotlar:

25.Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.

26.Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.

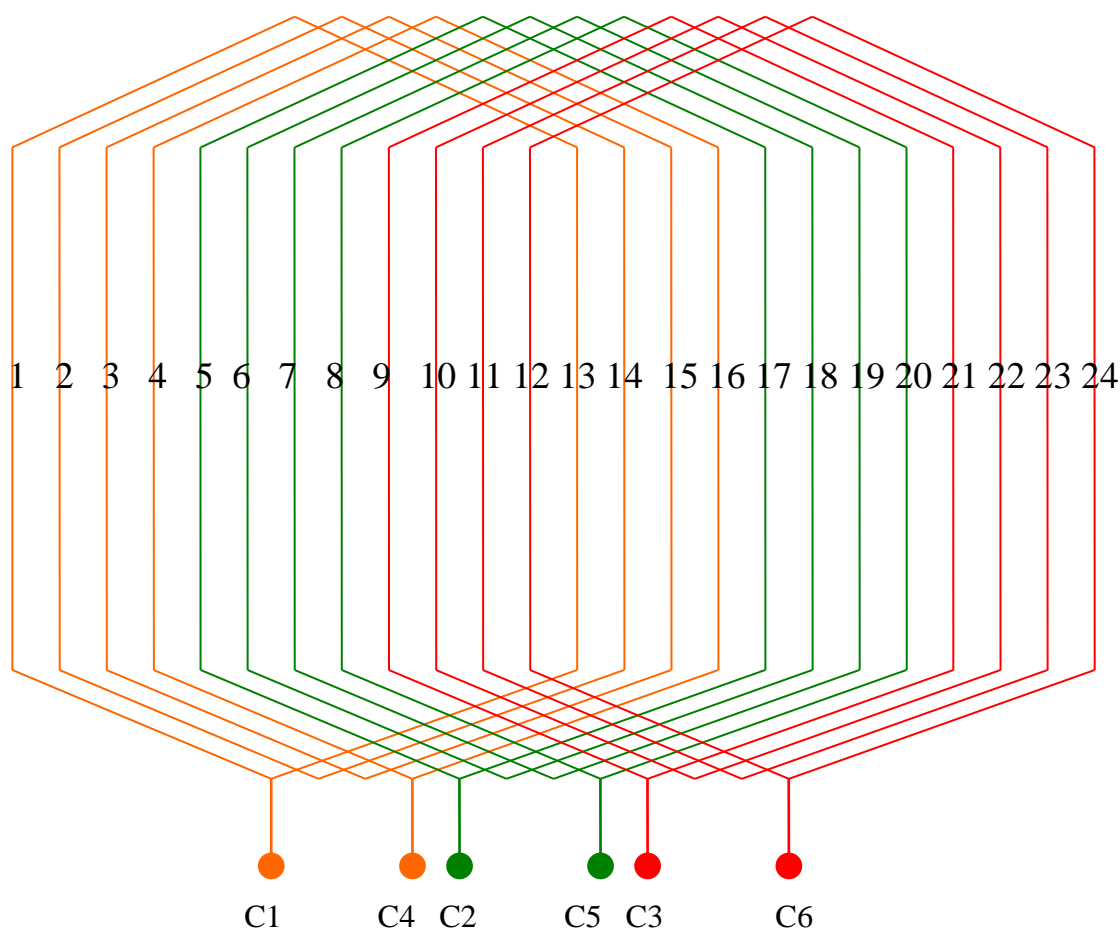
27.Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energiya», 1974 g.

Aylanuvchi magnit maydonni hosil qilish uchun uch fazali chulg'am ma'lum tartibda joylashtiriladi. Quyidagi chulg'am turlari mavjud:

1. Sirtmoqsimon chulg'amlar (21-rasm.)
2. to'lqinsimon chulg'amlar
3. andazaviy chulg'amlar.

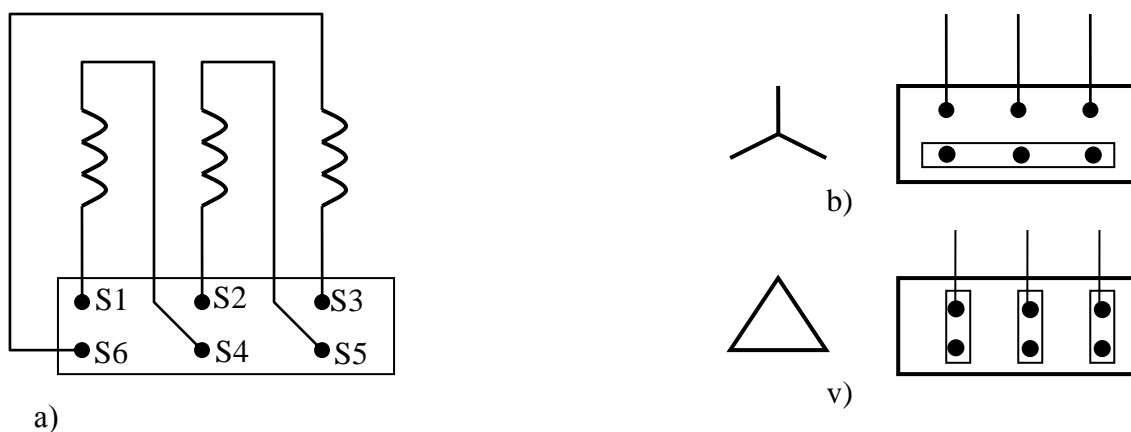
Bu chulg'amlar bir qatlamli, ikki qatlamli va bir fazali yoki uch fazali bo'lishi mumkin.

Uch fazali asinxron elektr motor nominal aylanish chastotada, agar uning uchala chulg'ami ham to'g'ri ulangan bo'lsagina o'z valid nominal quvvat hosil kiladi. Uch fazali tok motorining chulg'amlari yulduz usulida to'g'ri ulanganda hamma chulg'amlarning boshi S1, S2 va SZ tarmoq qismalariga, oxiri S4, S5 va S6 esa umumiy nolinch nuqtaga ulanadi. CHulg'amlardan birortasi noto'g'ri, masalan, oxiri tarmoqqa, boshi esa nolinch nuqtaga ulangan bo'lsa, motor normal ishlamaydi. Uchburchak usulida to'g'ri ulanganda faza chulg'amlarining hamma boshi S1, S2 va SZ tarmoqqa, oxiri esa boshqa fazalarning boshiga ulanadi; birinchi faza chulg'aming oxiri S4 ikkinchi faza chulg'aming boshi S2 bilan, S5 ni SZ bilan, S6 ni esa S1 bilan ulanadn. Uch fazali Elektr motor statori chulg'amlarini ulash sxemalari va uning chiqishlarini belgilash 32-rasmda ko'rsatilgan.

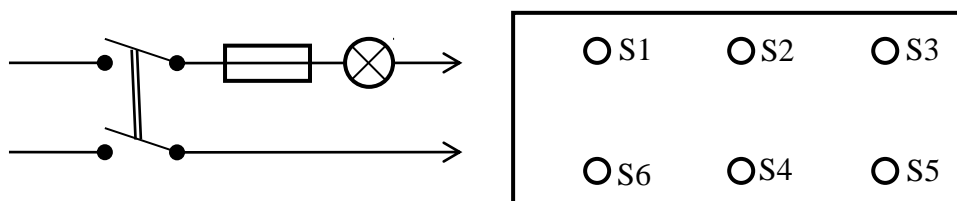


21-rasm. $Q=4$ bo'lgan sirtmoqsimon stator chulg'aming vovilma sxemasi.

Elektr motor chulg'amlarini to'g'ri ulash uchun bitta fazaga tegishli chulg'am chiqishlarini topish lozim, buning uchun ommetrdan yoki 33- rasmda kursatilgan sxemadan foydalanish mumkin. L lampaning nominal kuchlanishi tarmoq kuchlanishiga teng bo'lishi kerak. Uchala faza chiqishlarini aniqlab, bitta fazaning bitta chiqishni shartli ravishda birinchi faza chiqishlari boshi $S1$ va oxiri $S4$ deb belgilanadi. Ikkinchi fazaning boshi $S2$ va oxiri $S5$ ni shunday ixtiyoriy belgilanadi. CHulg'amlarining boshi va oxirini aniqlash uchun chulg'amning birinchi va ikkinchi fazalari ketma-ket ulanadi (22 - rasm, a), ya'ni $S4$ ni $S2$ bilan, birinchi faza boshi $S1$ ni va ikkinchi faza uchi $S5$ ni rezistor g orqali tarmoqda ulanadi. Uchinchi faza chiqishlariga lampa yoki voltmetr ulanadi. Agar lampa yonsa, chiqishlarini ixtiyoriy belgilash to'g'ri;



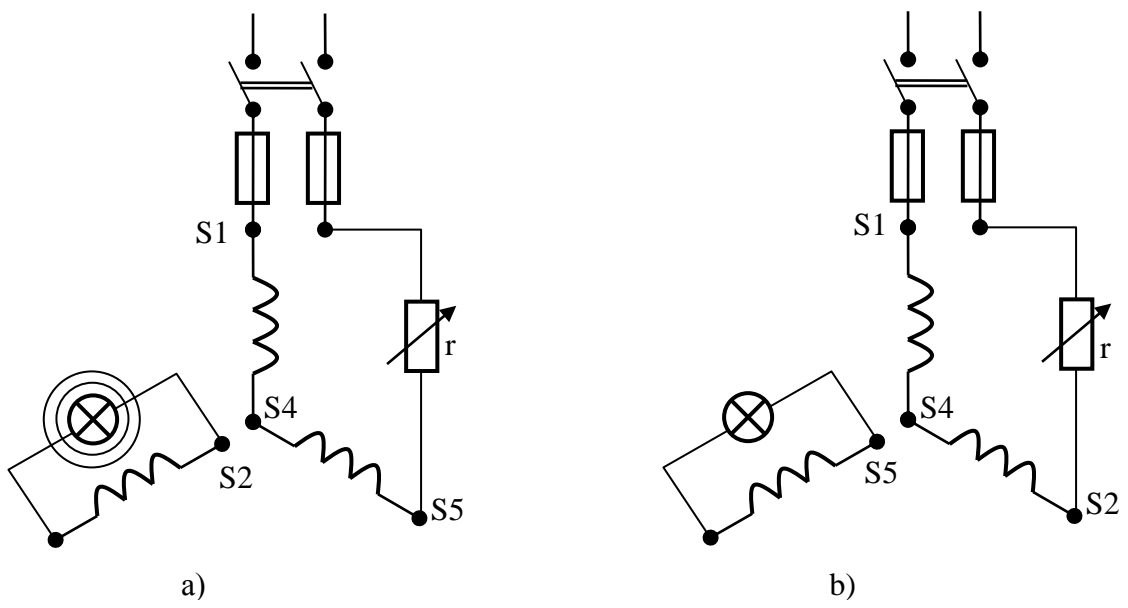
22-rasm. Uch fazali asinxron motor stator chulg'amlarini ulash va ularning o'lchamlarini belgilash: a — chiqarilgan shchitga chulg'amlarni ulash sxemasi, b va v—chulg'amlarni yulduz usulida va uchburchak usulida ulash, g —shchidiz chiqarilgan chulg'am uchlari: $S1, S2, S3, S4, S5, S6$, —faza chulg'amlarning boshi va oxirlari



23- rasm. Bir fazaga tegishli uch fazali motor stator chulg'amlarining chikishlarni nazorat lampa yordamida aniqlash.

agar yonmasa (23- rasm, *b*), ikkinchi faza chiqishlari noto'g'ri ulangan bo'ladi, uchlarni belgilash esa 34- rasm, *b* ga mos keladi. Ikkinchi faza uchlarni belgilashning o'rinlarini almashtirish, chulg'amlarini tarmoqqa qayta ulash va 23- rasm, *a* dagi sxema bo'yicha qaytadan tekshirish kerak. SHundan keyin birinchi va uchinchi fazalar SZ va S4 ketma-ket ulanadi, oxiri S6 rezistor orqali tarmoqqa, ikkinchi fazaga esa nazorat lampa ulanadi. Belgilash va ulash to'g'ri bajarilgan bo'lsa, nazorat lampa yonadi.

Uch fazali motor chulg'amining boshi va oxirlarini yuqorida bayon etilgan usulda aniqlash motor chulg'amidan o'zgaruvchan tok o'tganda o'zgaruvchan magnet maydoni hosil qilishiga asoslangan. Agar motor birinchi va ikkinchi fazalarining chulg'amlari to'g'ri ulangan bo'lsa vujudga keladigan magnet oqimi uchinchi faza g'altagining o'qi bo'yicha yo'naladi, uchinchi faza chulg'amida esa EYUK vujudga keladi va unga ulangan nazorat lampa yonadi. Agar ketma-ket ulangan chulg'amlardan biri (birinchi yoki ikkinchi faza chulg'ami) noto'g'ri ulangan bo'lsa, hosil bo'ladigan magnet oqimi uchinchi faza g'altagining o'qiga ko'ndalang yo'nalgan bo'ladi, natijada bu faza chulg'am o'ramlarida EYUK hosil bulmaydi.



24-rasm. Uch fazali asinxron motor stator chulg'amlarining boshi va oxirini aniqlash uchun ulash sxemasi: *a* - birinchi va ikkinchi fazalar chiqishlarini

belgilash ($S1—S4$ va $S1-S6$) to'g'ri — lampa yonadi, b — chiqishlarni belgilash noto'g'ri — lampa yonmaydi.

rotori qisqa tutashtirilgan asinxron motorni ishga tushirish uchun chulg'amni tarmoqqa ulash kerak. Uch fazali motorni tok bilan ta'minlaydigan tarmoq ham uch fazali bo'lishi kerak. Motorni tarmoqqa ulash jihozlari sifatida uch fazali ulagichlar, uch fazali avtomatik ajratgichlar, magnit ishga tushirgich yoki kontaktorlar ishlatiladi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. asinxron motorni yulduz ulash sxemasini tushuntiring.
2. asinxron motorni uchburchak ulash sxemasini tushuntiring.
3. chulg'amlarni tekshirish sxemasini tushuntiring.

Tayanch iboralar. YUlduz ulash, uchburchak ulash, vektor diagramma.

12-MA'RUZA. ASINXRON MOTORNING MEXANIK VA ISHCHI TAVSIFLARI.

Mavzu rejasi.

1. asinxron mashinani mexanik tavsifi.
2. mexanik tavsifning asosiy nuqtalari.
3. asinxron motorni ishchi tavsiflari.

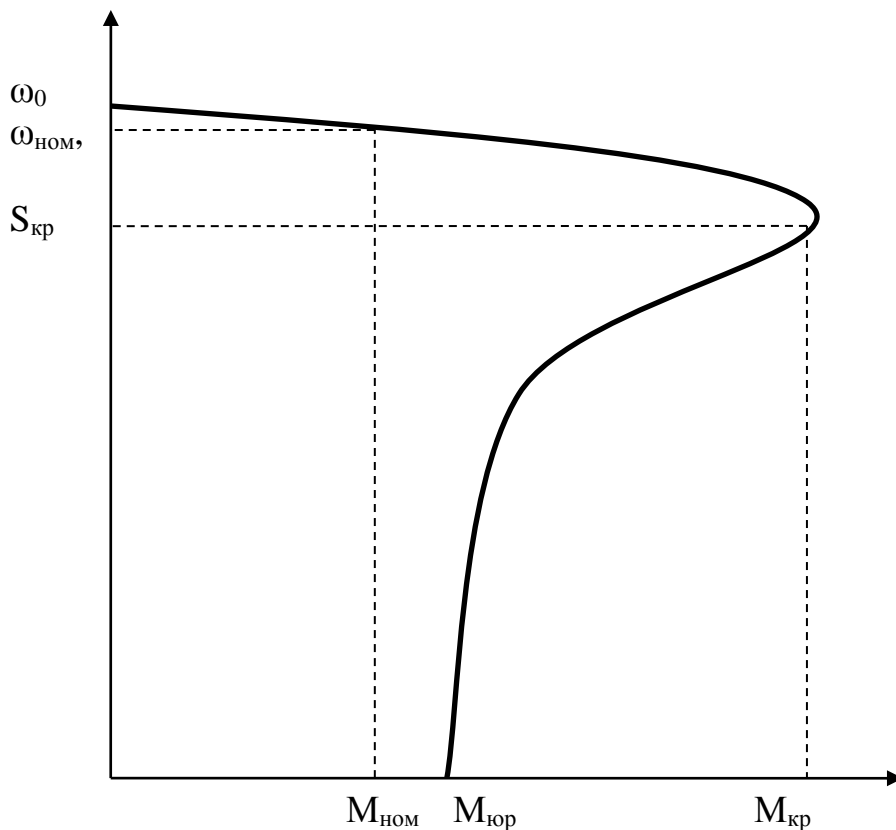
Foydalanilgan adabiyotlar:

3. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
4. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
5. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energija», 1974 g.

Manba kuchlanishi o'zgarmas bo'lganda o'rotor aylinishlar soni (p_2) ning aylantiruvchi momentga bog'liqlik egri chizigi asinxron motorning *mexanik tavsifi* deyiladi. 24-rasmda asinxron motorning mexanik xarakteristikasi ko'rsatilgan. Mexanik xarakteristika xar kanaay motorning asosiy

xarakteristikalaridan biri bo'lib, motorning ish kobilyatini belgilaydi. Ma'lumki, stator aylanuvchan magnit maydon tezligi o'zgarmas ($\omega = \omega_s$) bo'lgani uchun rotorning aylanish tezligi bilan sirpanish orasidagi boglanish chiziklidir. Mexanik xarakteristikada quyidagilarni belgilash mumkin: maksimal (kritik) moment M_{shax} — asinxron motor' aylantiruvchi momentining maksimal qiymati; ishga tushirish momenti M_{yur} asinxron motorni ishga tushirish (ko'zgatish) uchun kerak bo'ladigan moment qiymati; nominal moment M_{nom} — asinxron motorning nominal ish rejimi (nominal kuchlanish U_{iom} , nominal chastota ω_{nom} , nominal nagruzka) dagi aylantiruvchi momenti.

YUklanish ostidagi asinxron motorni ishga tushirish uchun uning ishga tushirish momenti ish mexanizmining karshilik momenti M_d dan katta bo'lishi kerak, ya'ni $M_{it} > M_d$. Aks xolda motorni xarakatga keltirib bo'lmaydi. Asinxron motor' aylanishlar soninint o'zgarishi mexanik xarakteristikaning S nuqtasidan boshlanib, V nuqta orkali o'tadi. Xarakgeristikaning $A - V$ kismidagi $M_{nom} =$ nuqtada motorning val ω_{2nom} tezlik bilan aylana boshlaydi. SHunday kilib, mexanik xarakteristikaning $S - 5$ kismi tezlanish kismi, $A - V$ esa ish kismi xisoblanadi. Asinxron , motor' xarakteristikaning ish kismida barkaror tezlik bilan aylanadi.



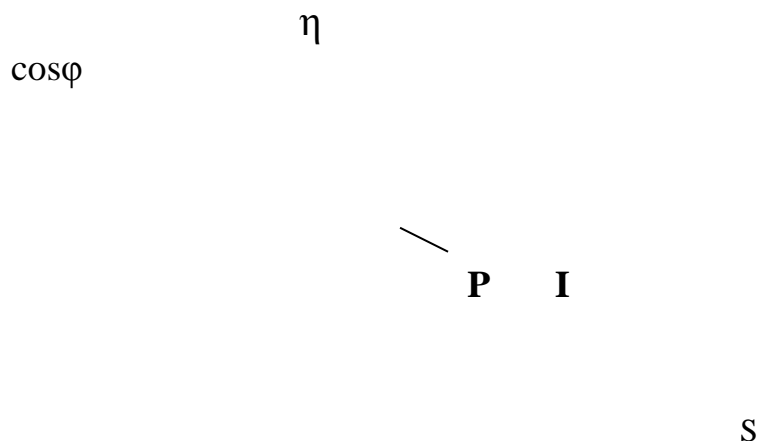
24-rasm. Asinxron mashinaning mexanik tavsifi.

Motor momenti $M > M_{\text{HOP}}$ bo'lib, motor tormozlana boshlaydi. Natijada sirpanish ortadi. Bu esa, o'z navbatida EKJ, rotor toki va aylantiruvchi moment kiymatining o'zgarishiga olib keladi. Bunday jarayon motorning o'z-o'zini boshkarish jarayoni deb ataladi. Motor' o'kig ko'yilgan karshilik momenti kiymatining kamayishi esa o'z-o'zini boshkarish jarayoniga ko'ra, rotor aylanishlar sonining ortishiga olib keladi. Odatla, motorlarda o'z-o'zini boshkarish jarayoni sekundning o'ndan yoki yuzdan bir ulushi mobaynida tugaydi.

Mexanik xarakteristikaning $S - V$ kismida esa tezlikning xar qanday o'zgarishi (kamayishi) aylantiruvchi momentning kamayishiga olib keladi, natijada motor' to'xtaydi. SHuning uchun $p = \omega(M)$ egri chizikning $S - V$ kismi mexanik xarakteristikaning *bekaror kisimi deyiladi*. Ayrim xollarda maksimal moment kiymati motorni to'xtatish momenti xam deyiladi, chunki M_{tax} ning $AL1_{\text{tax}}$ ga ortishi motor ezda to'xtashiga sabab bo'ladi.

Motopni ishchi tavsiflarni xisoblash. Motor toki, sirpanishi, istemol quvvatini, quvvat koeffitsientini va foydali ish koeffitsientini motor validagi foydali quvvatga bog'liqlik grafigiga motorni ishchi tavsiflari deb aytiladi. Ishchi

tavsiflar odatda tajribada quriladi. Analitik usuldan foydalanib ishchi tavsiflarni quramiz.



NAZORAT SAVOLLARI.

1. asinxron mashinani mexanik tavsifi.
2. mexanik tavsifning asosiy nuqtalari.
5. asinxron motorni ishchi tavsiflari.

Tayanch iboralar. Mexanik tavsif, kritik sirpanish, kritik moment, yurgizish momenti, nominal tezlik, nominal moment, ishchi tavsif.

13—MA’RUZA. ASINXRON MASHINANING ISH REJIMLARI.

Mavzu rejasi.

1. asinxron mashinaning generator rejimi.
2. asinxron mashinaning motor rejimi
3. asinxron mashinaning elektromagnit tormoz rejimi

Foydalanilgan adabiyotlar:

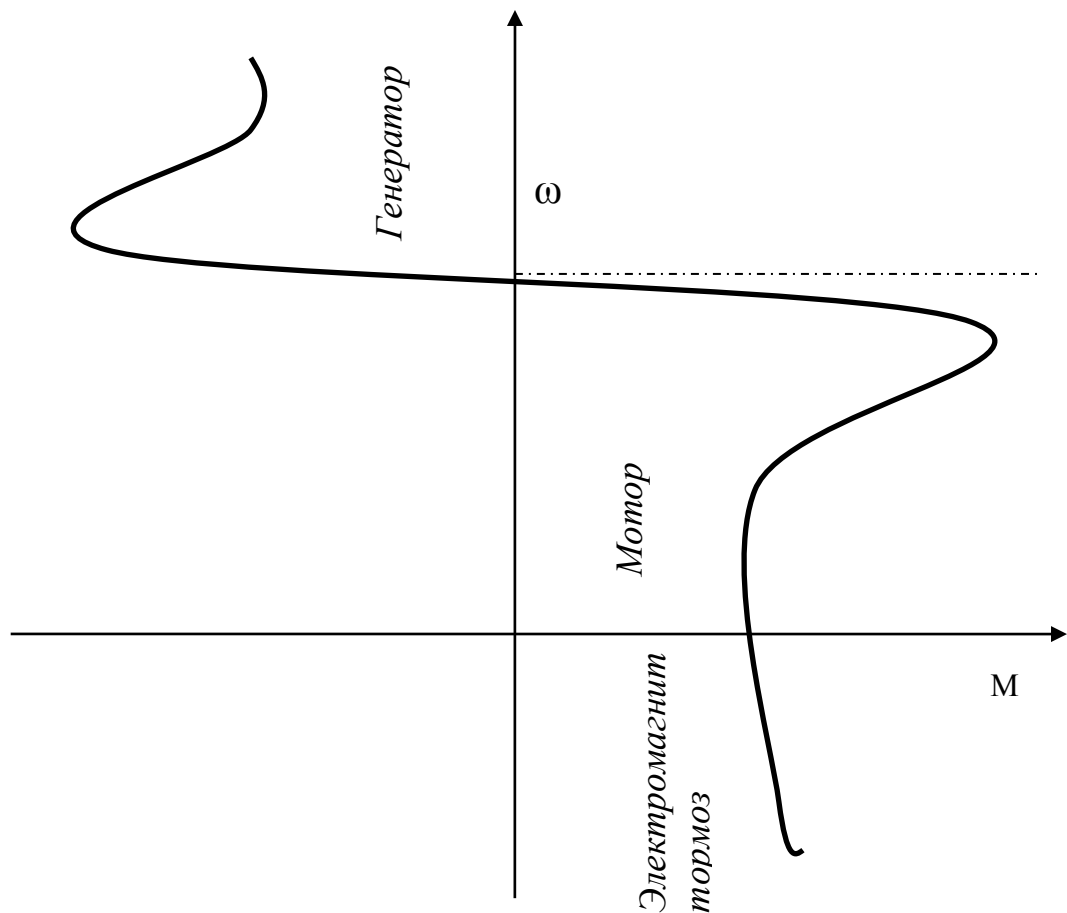
6. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O’qituvchi, 1989 y.
7. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O’qituvchi, 2003 y.

8. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energiya», 1974 g.

Asinxron mashinalar fakat motor rejimida emas, balki generator va elektromagnit tormoz rejimlarida xam ishlashi mumkin (9.35-rasi). Ana shu rejimlar asinxron mashinaning mexanik xarakteristikasida ko'rsatiladi.

Asinxron mashinaning elektromagnit tormoz rejimi motorning rotorini tez to'xtatish zarur bo'lgan xollarda ko'llaniladi. Agar ishlayotgan asinxron motorning aylanuvchan magnit maydoni yo'nalishi maxsus ulash yo'li bilan o'zgartirilsa, motorning aylanuvchan kislmlari bilan ijrochi mexanizmning inertsiya kuchlari rotorning avvalgi yo'nalishda aylanishini davom ettiradi.. Bunda aylantiruvchi moment, mashinaning aynan motor' rejimidagi kabi, aylanuvchan magnit maydoni yo'nalishida bo'lib, rotorning aylanishiga teskari ta'sir kiladi. Natijada rotor tormozlanib, mashina elektromagnit tormoz rejimida ishlaydi, sirpanish esa $S > 1$ bo'ladi (26- rasm, *a*). Masalan, lift, eskalator, ko'tarma kranva boshkalarda yuklarni tushirishda yukdan xosil bo'lgan moment O motorning rotorini aylanuvchan magnit maydoni yo'nalishiga teskari yo'nalishda aylanishga majbur kiladi. Elektromagnit tormoz rejimida faza rotorli asinxron motorlarning rotor zanjiriga ko'shimcha aktiv karshilik ulash yo'li bilan, 9.35-rasmda shtrix chiziklarda ko'rsatilgan mexanik xarakteristikalardan birortasini olish mumkin. 9.35-rasmdan ko'rinadiki, xarakteristikaning kismida maksimal moment va shuning bilan birga barkaror elektromagnit tormozlanadi.

Elektromagnit tormozlashning asosiy afzalligi kichik tezliklarla, xatto $p_2 \sim 0$ da xam katta tormozlovchi moment dosil kilishidir.



26-rasm. Asinxron mashinaning ish rejimlari.

Agar ishlayotgan asinxron motor birlamchi motor yordamida stator magnit maydonining aylanish tezligidan katta tezlik bilan aylantirilsa, sirpanish manfiy bo'ladistator chulgamida xosil kilingan EKJ va tokning yo'nalishi teskari tomonga o'zgaradi. Natijada rotorning aylantiruvchi momenti xam o'z yo'nalishini o'zgartiradi va aylantiruvchi moment xolda (motor rejimida) teskari ta'sir etuvchi momengga (birlamchi motor ning aylantiruvchi momentiga nisbatan) aylanib koladi Bunda asinxron mashina motor rejimidan generator rejimiga o'tib, birlamchi motorniig mexanik energiyasini elektr energiyaga aylantiradi

Asinxron mashina generator rejimida aylanuvchan magnit maydonini xosil kilish uchun elektr tarmogidan zaruriy reaktiv energiyani oladi, lekin tarmokka, birlamchi motorni mexanik energiyasining o'zgarishi natijasida, olingan aktiv energiyani iste'molchiga beradi. SHunga e'tibor berish kerakki, asinxron generatorlar fakat sinxron generatorlar bilan birgalikdagina ishlashi mumkin, bunda sinxron generatorlar reaktiv energiya manbai vazifasini o'taydi.

Asinxron generator aloxida xam ishlashi mumkin. Lekin bu xolda generatorni magnitlashga zaruriy reaktiv kuvvatni olish uchun, unga parallel kilib ulangan kondensatorlar batareyasidan foydalaniladi.

Asinxron generatorlarning sinxron generatorlarga karaganda ayrim kamchiliklari bor: tarmokdan ko'prok reaktiv kuvvat olishi; aloxida sharoitda o'z-o'zidan uygonishi uchun maxsus kondensatorlar batareyasi bo'lishini talab etishi. SHuning uchun ularning ko'llanishi cheklangandir.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. asinxron mashinaning generator rejimi.
2. asinxron mashinaning motor rejimi
3. asinxron mashinaning elektromagnit tormoz rejimi

Tayanch iboralar. Elektromagnit tormoz, generator rejimi, motor rejimi.

14-MA'RUZA. ASINXRON MOTORNING ENERGETIK KO'RSATKICHLARI

mavzu rejasi.

1. asinxron motorni energetik diagrammasi.
2. asinxron motorni quvvat koeffitsienti.
3. asinxron motorni foydali ish koeffitsienti.

Foydalanilgan adabiyotlar:

9. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
10. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
11. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energiya», 1974 g.

Ma'lumki, aylantiruvchi momentning burchak tezligiga ko'paytmasi kuvvatni beradi, ya'ni

$$R = M \cdot \omega.$$

Asinxron motorlarda esa elektromagnit momentni stator magnit maydonining burchak tezligiga ko'paytmasi elektromagnit kuvvat deyilib, quyidagicha aniklanadi:

$R=M\omega$ bu erda ω — aylanuvchan magnit okimining burchak tezligi.

Elektromagnit kuch rotorga aylanuvchan magnit okim yordamida uzatilgani uchun, aylanuvchan magnit okimining burchak tezligi orqali ifodalanadi.

Motoring validagi mexanik kuch rotor burchak tezligining elektromagnit momentga ko'paytmasiga tengdir:

$$R = M \cdot \omega.$$

Demak, asinxron motoring aylantiruvchi momenti rotor tokiga, magnit okimining amplituda qiymatigaxamda rotor toki bilan EYUK orasidagi burchak kosinusiga to'g'ri proporsional ekan. rotor tokining aktiv tashkil etuvchisi ekanligini xisobga olsak, $M_{em} = S \cdot F_t \cdot /2a$ bo'ladi, ya'ni asinxron motorda aylantiruvchi moment rotor tokining aktiv tashkil etuvchisi yordamida xosil bo'ladi.

asinxron motoring rotorini tormozlansa, barcha elektromagnit kuch issiqlik energiyasi sifatida ajralib chika boshlaydi.

Nominal rejim ($S_{NOM} = 0,02 - 0,06$) asinxron motorda xosil bo'layotgan elektromagnit kuchning 0,94 ; 0,98 ulushi mexanik kuch sifatida, ozgina (0,02 ; 0,06) ulushi esa issiqlik energiyasi sifatida ajralib chikadi.

Endi A.D. ning energetik diagrammasini va aylanish momentini ko'rib chiqamiz. A.D. ning uch fazali elektr tarmoqdan olayotgan hajm quvvati:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_\varphi$$

Bu aktiv quvvatning bir qismi, ΔR_m – stator cho'lg'aming qizishiga sarflanadi. YAna bir qismi ΔR_m - stator cho'lg'aming qizishiga sarflanadi.

Tarmoqdan olingan quvvatning qolgan qismi:

$$P_{em} = Z_2 - (\Delta P_r + \Delta Z_M)$$

Bu, kuch elektromagnit maydon orqali rotorga o'tadi va elektromagnit kuch deyiladi. Elektromagnit kuchning bir qismi rotor cho'lg'aming qizishiga sarflanib qolgan qismi rotorning aylanishiga sarflanadi, ya'ni mexanik kuchga o'tadi

$$P_{em} = P_2 - \Delta P_p$$

Bu ifoda R_2 – mexanik quvvat. Mexanik quvvatning bir mexanik quvvatning bir ΔR_m qismi ishqalanishga isrof bo'ladi va qolgan qismi foydali quvvat bo'lib, motor o'qi (vali) da aylanuvchan moment hosil qiladi:

$$P_M = P_2 - (\Delta P_p + \Delta P_H)$$

Rotorga berilgan elektromagnit quvvat

$$P_{em} = \omega_0 \cdot M$$

Rotorning mexanik quvvati:

$$P_{mex} = \omega_l \cdot m$$

ω_l – magnit maydonning burchak tezligi:

Bunda $\omega_0 = \frac{2\pi \cdot n_0}{60}$ rotorning burchak tezligi

Elektromagnit va mexanik quvvatlarni tenglashtirib olamiz va bir qator soddalashtirlardan keyin quyidagi formulani chiqaramiz:

$$M = 9550 \frac{P_{MEX}}{n_1}$$

A.D. – ning o'qidagi aylanish moment:

$$M = K \cdot \phi \cdot I_g$$

Bu formulada: $K = \frac{4.44 \cdot m \cdot W_2 K_2 \cdot f_2}{W_0}$ o'zgarmas kattalik

Rotorning toki $I_2 = \frac{E_2^1}{Z_2} \cos \varphi_2$

Demak, motorning o'qidagi aylanuvchi moment sirpanishdan bog'liq.

Mana formula asosida motorning aylanish momentini sirpanishdan bog'liq grafigini chizamiz.

Grafik va formulalarning tahlili shuni ko'rsatadiki, sirpanish 0 dan kritik qiymatgacha o'zgarganda A.D. ning ishlashi barqaror bo'lib, sirpanish kritik qiymatdan o'zining maksimal qiymatigacha o'zgarganda A.D. barqarorsiz ishlaydi. Motorning eng katta (maksimal) qiymati kritik sirpanishga to'g'ri keladi. 26-rasmla ko'rsatilgan grafikka ko'ra motorni yurgizish paytida sirpanishga $S = 1$ bo'lib aylanuvchi moment nominal qiymatidan kam bo'ladi, ya'ni M aylanuvchi momentga baravar bo'lganda rotorning rejimi o'rnatiladi.

Endi A.D. rotorning vektor diagrammasini ko'ramiz. Bu vektor diagrammani magnit oqimdan boshlash ma'qul, chunki magnit maydonning kattaligi o'zgarmas bo'lib aylansa ham, shu maydonga proporsional magnit oqim rotorga nisbatan o'z yo'nalishini o'zgatirmaydi. Rotorni EYUK bu oqimga nisbatan -90^0 siljigan bo'ladi. Yurgizish paytida o'zining maksimal qiymati $S = 1$ ega. SHu sababli rotorning toki ham maksimal bo'lib, nominal tokdan 8-12 marotaba oshadi. Lekin bu tokning aylanuvchi moment yaratadigan tashkil qiluvchisi, 26-rasmdagi vektor diagrammaga ko'ra katta bo'lmaydi. Rotorning aylanish tezligi ko'paygan sari sirpanish nominal qiymati – $S = 0,01 - 006$ gacha kamayadi, demak rotorning toki kamayadi, lekin bu tokning aylanuvchi moment yaratadigan tashkil qiluvchisi ko'payadi. SHunday qilib, yurgizish paytida rotor toki o'zining eng katta qiymatiga ega bo'lsa ham, bu tok yaratadigan yurgizish momenti M aylanish momentining qiymatidan kam.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. asinxron motorni energetik diagrammasi.
2. asinxron motorni quvvat koeffitsienti.
3. asinxron motorni foydali ish koeffitsienti

Tayanch iboralar. Energetik diagramma, quvvat koeffitsienti, foydali ish koeffitsienti, mexanik quvvat.

15-MA'RUZA. ASINXRON MOTORNING AYLANISH TEZLIGINI ROSTLASH.

Mavzu rejasi.

1. tezlikni rostdash usullari.
2. reostatli tezlikni rostdash
3. qutblarni o'zgartirib rostdash
4. chastotaviy tezlikni rostdash.

Foydalanilgan adabiyotlar:

3. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
4. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.

5. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energiya», 1974 g.

Asinxron motorni rotor tezligi ifodasi:

$$n_1 = n_1(l - S) = \frac{60 \cdot f}{P} (l - S)$$

Bu formulaning tahlili shuni ko'rsatadiki asinxron motor rotor tezligini o'zgartirish uchun:

A) elektr tarmoqni chastotasini o'zgartirish kerak.

B) rotorning sirpanish S – ni o'zgartirish kerak.

V) juft qutblar soni R – ni o'zgartirish kerak.

Elektr tarmogning chastotasi o'zgarmas kattalikdir. SHuning uchun rotor aylanish tezligini bu yo'l bilan o'zgartirish uchun maxsus chastota o'zgartirgichlar qo'llaniladi. Bu usul amalda ham qo'llaniladi, chunki chastota o'zgartirgichlar qimmatga tushadi.

Juft qutblar soni motorni loyihalash paytida aniqlanadi. Juft qutblar soni magnit maydon, demak rotorni ham aylanish tezligini o'zgartiradi. Quyidagi jadvalda juft qutblar soni va magnit maydonning aylanish tezligi ko'rsatilgan:

Juft qutblar soni	R	1	2	3	4
Magnit maydonning aylanish tezligi	$n_0 \frac{\text{a\ddot{u}l}}{\text{cek}}$	3000	1500	1000	750

Juft qutblar sonini faqat maxsus motorlarda o'zgartirish mumkin. Rotorning aylanish tezligini bu usulda o'zgartirish qisqa tutashtirilgan rotorli motorlarda qo'llaniladi.

Sirpanishning rotor cho'lg'amning aktiv qarshiligini o'zgartirish mumkin. Bu usul faza rotorli motorlarda qo'llaniladi. Faza rotorli A.D. larda, rotorning har uchala cho'lg'ami maxsus moslama bilan aktiv qarshilikka ulanadi, va bu aktiv qarshiliklarni o'zgartirganda sirpanish o'zgaradi, demak rotorning aylanish tezligi o'zgaradi. YUqorida motorni aylanish momenti formulasini chiqargan edik:

Rotorning aylanish tezligi n o'zgarganda (kamaygan), rotorning o'qi (vali) dagi quvvat o'zgarmagan holda, aylanish momenti o'zgaradi (ko'payadi). Demak, rotor cho'lg'amiga ulangan qarshilik o'zgarganda aylanish momenti ham o'zgaradi. Faza rotorli motorlarni asosan ko'targich-tanish mashinalarda qo'llaniladi. Bu motorlarni geometrik o'lchovlari katta, boshqarishi ancha murakkab va narxi, qisqa tutalgan rotorli motorlarga nisbatan katta bo'lsa ham, bir qator afzalliklarga ega: a) yurgizish toki, qisqa tutashgan rotorli motorlarga nisbatan kam; b) yurgizish momenti katta; v) rotor aylanish tezligini pogonali ravishda boshqarish imkoniyatini tug'diradi.

Faza rotorli motorlarning bu xossalari ayniqsa ko'targich tashish mashinalarida zarur.

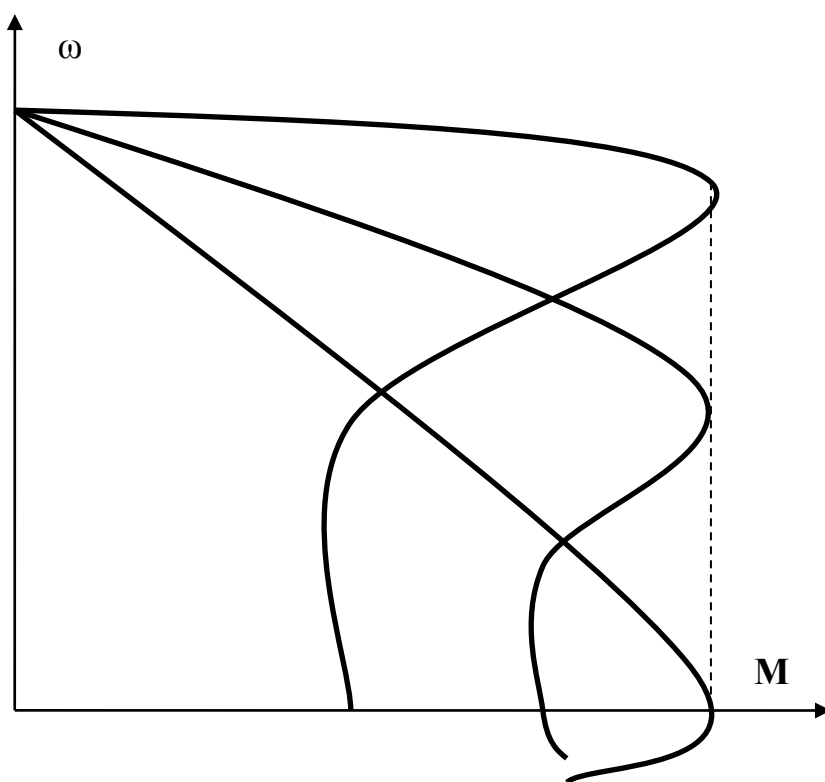
Stator chulgaming juft kutblar tokini o'zgartirish bilan rotorning tezligini rostlash usuli, asosan, kiska tutashtirilgan rotorli motorlarda ko'llaniladi. Bunga sabab shuki, kiska tutashgirilgan rotorda kutblar soni doimo stator chulgaming kutblar' soniga teng bo'ladi. SHu sababli, rotorning aylanishlar tezligini o'zgartirish uchun statorning chulgamlari sonini o'zgartirib ulashning o'zi etarlidir. Faza rotorli motorlarda esa stator chulgaming ulanish tartibini o'zgartirib ulashdan tashkari, rotorchulgaming xam tegishli o'zgartirish zarur bo'ladi. Stator chulgaming juft kutblar sonini o'zgartirish bilan stator aylanuvchi magnit maydonining tezligi o'zgaradi. Demak, rotorning aylanishlar tezligini o'zgartirishga erishiladi. Rotorning aylanishlar tezligini bunday usulda boshqarishda uning statoriga kutblar soni turlicha bo'lgan bir nechta chulgam yoki kutblar soni o'zgartirilishi mumkin bo'lgan maxsus ko'shimcha chulgam o'rnatiladi.

Uch tezlikli va to'rt tezlikli motorlarning statorida ikkitadan mustakil chulgamlar bo'lib, ularning birikchisida yakkita tezlik xosil kilinsa, ikkinchisida bitta(uch tezlikli motorda) yoki ikkiga (to'rt tezlikli motorda) tezlik xosil kilinadi. Bunday motorlar quyidagi sinxron tez-liklarga ega bulishy mumkin: uch tezlikli — 1500/1000/750, 1000/750/500 ayl/min; to'rt tezlikli — 3000/1500/1000/500, 1500/1000/7,50/500 ayl/min.

SHunday kilib, bir nechta tezliklarda ishlashga mo'ljallangan asinxron dvigagellar *ko'p tezlikli motorlar* deb ataladi.

Juft kutblar sonini o'zgartirishda tezlik ravon emas, balki pogonali tarzda boshkarilsa xam, turli tezliklarda mexanik xarakteristikasining kattikligi va rostlashda tejamliligi yukori bo'lgani uchun, bu usul metall kesish dastgoxlarida, nasos, elevator, ventilyator va lift kurilmalarida keng ko'llaniladi.

Sirpanishni o'zgartirish orkali motor tezligini boshkarish usuli fakat faza rotorli asinxron motorlarda ishlatiladi. Bunda rotor zanjiriga uch faza reostat ulanadi. Bunday reostat ishga gushirish reostaglariyan farkli ravishda uzok vakt ishlashga mo'ljallangan bo'yaib, boshkarish reostati deb ataladi.



27-rasm. Rotor qarshiligini o'zgartirgandagi rostlash tavsiflari.

Asinxron motorning rotor zanjiri aktiv qarshiligining turli kiymatlari uchun kurilgan $p - \{M\}$ mexanik xardkteristikasi uni ko'rsatadiki, rotor zanjirining aktiv qarshiligi ortib borishi bilan sirpanishning berilgan yuklanish momentiga to'g'rikeladigan kiymati kattalashadi, ya'ni motorning aylanishlar tezligi kamayadi. Agar reostat qarshiigi nolga teng bo'lsa, motor' sinxron tezlikka yakin bo'lgan p'_2 aylanishlar tezligiga ega bo'ladi. Agar reostat qarshiligi noldan katta bo'lsa, $p'_2 < p'_2$ bo'ladi va xokazo.

Odatda, roslash reostatining karshiligi pogonali tarzda o'zgartiriladi. Binobarin, motorning aylanishlar tezligi xam shunga mos ravishda o'zgaradi. Rostlash reosgatlarning kizishga sarflanadigan kuvvat nsrofi ko'payishi bilan motorning foydali ish koeffitsienti kamayadi. Bulardan tashkari, yuklanish momentining ozgina o'zgarishi xam motor aylanishlar tezligining ko'prok o'zgarishiga olib keladi. Lekin, bunday kamchiliklarga karamasdan, tezlikni rotor zanjiriga reostat ulash yo'li bilan boptsarish usuli faza rotorli asinxron motorlarda keng ko'llaniladi.

Asinxron motorning aylanish yo'nalishini o'zgartirish (reverslash) uchun stator magnit maydonining aylanish yo'nalishini o'zgartirish lozim. Buning uchun motordagi faza chulgamlarining manbaga ulanadigan istalgan ikkitasining o'rnini almashtirish kifoyadir.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. tezlikni roslash usullari.
2. reostatli tezlikni roslash
3. qutblarni o'zgartirib roslash
4. chastotaviy tezlikni roslash.

Tayanch iboralar. Rstlash diapazoni, roslash silliqiligi, roslash reostati, tavsif qattiqligi, ko'p tezlikli motorlar.

16-MA'RUZA. ASINXRON MOTORLARNING TURLARI.

Mavzu rejasi.

1. AO seriyasidagi motorlar.
2. 4A seriyasidagi motorlar.
3. sirpanishi oshirilgan motorlar.

Foydalanilgan adabiyotlar:

6. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
7. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
8. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energija», 1974 g.

Umumiy maksadlarda ishlatiladigan asinxron motorlar sanoatda yagona seriyada ishlab chikariladi. Binobarin, kuvvati va aylanishlar soni (tezligi) bir xil bo'lgan bitta seriyadagi motorlar kaerda ishlab chikarilishidan kat'i nazar, umumiy konstruktsiya va bir xil o'lchamlarga ega bo'ladi.

Uch fazali asinxron dvigagellarni dastlabki yagona seriyasi bo'lmish A, AO seriyalar 50- yillarda ko'llangan. Bu seriyadagi motorlarning kuvvati 0,6 dan 100 kVt gacha, gabarit o'lchamlari etti xil bo'lgan. Asinxron motorlarning birinchi seriyasini ikkinchi yagona seriyaga (AO2, A2) almashtirish sanoatda 1961 — 1965 yillarda o'zlashtirildi. Ikkinchi seriya dvngatelldrining kuvvat diapazoni birinchi seriyadagidek bulib, sgator o'zagi tashki diametrining o'lchamlari bilan fark kiladigan, to'kkizta gabarit o'lchamga ega. AO2 va A2 seriyadagi uchfazali asinxron motorlar A va AO seriyalardan energetik va ekspluatatsion ko'rsatkichlarining ancha yukoriligi bilan fark kiladi. I — V gabaritli motorlar mexanik ximoyalangan va yopik xolda sovitiladigan (A02), VI— XI gabaritli motorlar esa ximoyalangan (A2) va yopik xolda sovitiladigan (AO2) motorlardan tarkib topgan.

Kuvvati 100 kVt gacha bo'lgan, A2 va AO2 yagona seriyadagi asinxron motorlar kuyidagicha belgilanadi:

A2 — ximoyalangan, umumiy ko'llanadigan, ishga tushirish momenti oshirilgan; AP2, AS2 — sirpanishi oshirilgan; AL2 — alyuminiy korpusli; AK2 — faza rotorli;

AO2 — yopik xolda sovitiladigan, umumiy ko'llanadigan; AOP2 —ishga tushirish momenti oshirilgan; AOS2 —sirpanishi oshirilgan: AOL2 — korpusi alyuminiydan; AOT2 —tukimachilik sanoati uchun

Asinxron motorning belgilanishida uning kaysi seriyaga tegishliligi, gabariti, statorining uzunlik nomeri (tartib rakami) va kutblar soni ko'rsatiladi. Masalan, AO2-51-6 kuyidagilarni bildiradi: yopik xolda sovitiladigan, yagoia AO2 seriyadagi uch fazali asinxron motor', gabariti V, statorining uzunlik nomeri birinchi, kutblar soni oltita.

Maxsus sharoitlarda ishlash uchun mo'ljallangan dviga-tellarni belgilashning oxiriga xarf ko'shiladi. Masalan: X—ximiyaviy, T —tropik, V — namga va sovukka chidamli, SH — kam shovkinli.'

Asinxron motorlar turli xil sinxron tezliklar (3000, 1500, 1000 va 750 ayl/min) ga xamda 127/220, 220/380 va 380/ 660 V nominal kuchlanishga mo'ljallab yasaladi. Agar motor' 220/380 V kuchlanishga mo'ljallangan bo'lsa, tarmok kuchlanishi 380 V bo'lganda motorning stator chulgamini yulduz sxemada ulash, tarmok kuchlanishi 220 V bo'lganda esa uchburchak sxemada ulash lozim. Xar ikkala xolda xam faza kuchlanishi 220 V ga tengligicha koladi.

Xozirgi vaktida sanoatda 4A (yopik xolda sovitiladigan) va 4AN (ximoyalangan) seriyadagi uch fazali asinxron motorlar ishlab chikarilmokda. Bular to'rtinchi seriyaga mansub, kuvvati 0,12 dan 400 kVt gacha bo'lgan motorlarni o'z ichiga oladi. Bu seriyadagi motorlar kuyidagi nominal kuchlanishlarga mo'ljallangan: 220/380 V — kuvvati 0,37 kVt gacha; 220/380 va 380/660 V — kuvvati 0,55 kVt dan 110 kVt gacha; 380/660 V —kuvvati 132 kVt dan ortik.

YAngi turdagi ushbu motorlar avvalgilarga nisbatan kuyidagi afzalliklarga ega: ogirligi (o'rtacha 18% ga) kamaytirilgan, gavarit o'lchamlari kichraytirilgan, aylayaish o'ki pastrok o'rnatilgan, ishga tushirish momenti oshirilgan, shovkin va tebranish darajasi pasaytirilgan, mentaj kilish kulaylashtirnlgan, foydali ish koeffntsienti oshirilgan, *kuvvat*-lar shkalasi va o'lchamlari xalkaro standartlarga yakinlashtirilgan.

4A seriyada motor turining yangicha belgilash sxemasi *kabul* kilingan: eski seriyadagiga o'xshash stator o'zagining fartli diametrining o'lchami o'rniga valningaylanish balandligi (rotorning aylanish o'kidan tayanch yuzasiga bo'lgan masofa) kiritilgan bo'lib, u 50 mm dan 380 mm gachadir. Sanoatda 4A seriyada aylanish o'kining balandligi 50 mm . dan 350 mm gacha bo'lgan barcha motorlar, 4AN seriyada esa aylanish o'kining balandligi 160 mm dan yukori bo'lgan motorlar ishlab chikariladi.

4A yagona seriyadagi asinxron motorlarning xili va o'lchamlarini bildiruvchi xarfli va rakamli belgilar kuyidagilarni anglatadi: 4 — motor' seriyasining nomeri;

A — motorning xili (asinxron) N — motor' tashki muxit ta'siridan ximoyalangan (bu xarfning bo'lmasligi motor' yopik xolda sovitilishini bildiradi); A yoki X — motorning stanina va kalkoni kanday materialdan yasalganligini (birinchi xarf stanina va kalkonning alyuminiydan yasalganligini, ikkinchi xarf staninaning alyuminiydan, kalkonning esa cho'yandan yasalganligini, agar xarf bo'lmasa stanina va kalkonning CHUYAN yoki pulatdan yasalganligini) bildiradi; ikkita yoki uchta rakam — motorv aylanish o'kinging balandligi; 5, I, /, — staninaning uzunligi bo'yicha o'lchami (ushbu xarflar ikkita yoki uchta rakamdan keyin turadi); A yoki V — stator o'zagining uzunlygi; 2, 4, 6, 8, 10 yoki 12 — kutblar soni, V — kanday iklimda ishlatishga mo'ljallangan; 3 — o'rchagilish kategoriyasi. 4A seriyadagi motorlarning xili va o'lchamlarini belgilashning yangi sistemasi kabul kilingan. Masalan, 4AN200M4UZ kuyidagini anglatadi: uch fazali kiska tutashtirilgan rotorli asinxron motor', ximoyalangan IV seriya, stanina va kalkoni cho'yandan yasalgan, aylanish o'kinging balandligi 200 mm, stanina uzunligi bo'yicha o'rnatilgan o'lchami M, to'rt kutbli, iklim sharoitiga moslab yasalgan V (mo'tadil iklim), uchinchi kategoriya.

Sirpanishi oshirilgan motorlarda seriya belgisidan keyin ko'shimcha „S“ belgisi ko'yiladi (4AS200 6UZ). Ko'p tezlikli motorlarling belgilanishida kutblar soni keltirilgan bo'ladi (4A200M12/8/2./6/4UZ). Faza rotorli motorlarda 4A yoki 4AI, keyin “K” belgisi ko'yiladi (4ANK280M4UZ). Kam shovkinli motorning belgilanishida kugblar sonidan keyin “N” belgisi ko'yiladi (4A160M6NUZ].u

NAZORAT SAVOLLARI.

1. AO seriyasidagi motorlar.
2. 4A seriyasidagi motorlar.
3. sirpanishi oshirilgan motorlar

tayanch iboralar. Sirpanishi oshirilgan motorlar, ko'p tezlikli motorlar, faza rotorli motorlar.

3-bo'lim. SINXRON MASHINALAR.

17—MA'RUZA. SINXRON MASHINANING TUZILISHI VA ISHLASH PRINTSIPI

mavzu rejasi.

1. vazifasi va qo'llanish sohasi.
2. sinxron mashina tuzilishi.
3. sinxron mashina asosiy qismlari.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
2. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
3. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energiya», 1974 g.

Sinxron mashina ham asosan ikki qismdan, ya'ni qo'zg'almas qismi – stator va aylanuvchi qismi rotordan iborat. Mashinaning statori tuzilishi jihatidan asinxron mashinaning statoridan farq qilmaydi. Stator (1) mashinaning korpusi, statorning po'lat o'zagi va po'lat o'zak pazlariga joylashtirilgan bitta yoki uchta chulg'am (3) dan tuzilgan. Sinxron mashina bir fazali va uch fazali bo'lishi mumkin. Mashinaning rotoriga magnit qutblari o'rnatiladi (142-rasm, a). Qutblarning po'lat o'zagida o'zgarmas tok manбайдan ta'minlanadigan chulg'am (4) bor. Bu chulg'am sinxron mashinaning qo'zg'atish chulg'ami¹ deyiladi. Rotor (2) qutblaridagi bu chulg'amga o'zgarmas tok halqa (5) va cho'tka (6) orqali o'zgarmas tok manбайдan beriladi (142-rasm, b). Sinxron mashinaning asosiy magnit oqimini qo'zg'atish chulg'amining toki hosil qiladi. Agar rotor qandaydir birlamchi motor yordamida, masalan n_2 tezlik bilan aylantirilsa, qo'zg'atish chulg'ami hosil qiladigan magnit oqimi stator chulg'ami simlarini kesib o'tadi va unda chastotasi $f_1 = \frac{n_2 p}{60}$ bilan aniqlanadigan EYUK hosil qiladi. Agar stator chulg'amiga uch fazali iste'molchi ulansa, chulg'amlardan uch fazali nagruzka toki o'ta boshlaydi. Bu toklar stator ichida aylanma magnit maydoni hosil qiladi. Bu maydonning aylanish chastotasi $n_1 = \frac{60 f_1}{p}$ bilan aniqlanadi. YUqorida keltirilgan formulalardan $n_1 = n_2$ bo'lishini aniqlaymiz. Demak, sinxron mashinaning rotori

¹ Кўзғатиш чулғами – магнит майдонини кўзғатадиган, яъни ҳосил қиладиган чулғам демакдир.

uning statori ichida yuklama toki hosil qiladigan aylanma magnit maydonining aylanish chastotasi bilan bir xil tezlikda aylanar ekan. SHuning uchun ham bunday mashinalar sinxron mashinalar deyiladi.

Sinxron mashinada (umuman elektr mashinalarida) uning asosiy EYUK hosil bo'ladigan va yuklama toklari o'tadigan chulg'am (stator chulg'ami) yakor chulg'ami deyiladi. Qo'zg'atish chulg'ami o'rnatilgan (rotori) induktor deyiladi. Demak 142-rasmda keltirilgan sinxron mashinada statori – yakor; rotori esa induktor hisoblanadi. Umuman, ishlash printsipi jihatidan sinxron mashinada uning yakori qo'zg'almas, induktori aylanuvchi yoki aksincha bo'lishi mumkin. Ba'zi mashinalarda yuklama toklari o'tadigan yakor chulg'ami rotorga, qo'zg'atish chulg'ami esa statorga o'rnatiladi. Lekin hozirgi zamon katta quvvatli sinxron generatorlarida qulaylik yaratish uchun yakor chulg'ami statorda, o'zgarmas tok manbaidan ta'minlanadigan qo'zg'atish chulg'ami rotorda o'rnatiladi.

Sinxron mashina generator sifatida ham, motor sifatida ham ishlay oladi. Lekin amalda bunday mashinalar asosan generator sifatida ishlatiladi. Sanoat korxonalarida ba'zi o'rtacha va katta quvvatli mexanizmlarni harakatga keltirish uchun sinxron motorlar ham qo'llaniladi.

Sinxron mashina generator sifatida ishlashi uchun uning rotorini qandaydir birlamchi motor yordamida aylantirish lozim. Bunda mashinaning asosiy magnit maydoni stator chulg'ami o'ramlarini kesib o'tadi va bu chulg'amda EYUK hosil qiladi. Demak, sinxron generator elektromagnit induktsiyasi qonuni asosida ishlaydi. Bunda birlamchi motorning mexanik energiyasi sinxron generatorda elektr energiyaga aylanadi.

Agar sinxron mashinaning stator chulg'amlari kuchlanish U va chastota f_1 bo'lgan elektr tarmog'iga keyingi paragraflarda o'rnatiladigan shartlarga rioya qilgan holda ulansa, chulg'amlardan o'tuvchi uch fazali toklar, asinxron mashinadagiga o'xshab, stator ichida aylanma magnit maydoni hosil qiladi. Bu maydonning mashina qo'zg'atish chulg'aming tuki I_K hosil qilgan maydon bilan o'zaro ta'siri natijasida mashinaning rotoriga aylantiruvchi elektromagnit moment ta'sir eta boshlaydi. Mashina motor bo'lib ishlaganda elektromagnit moment aylantiruvchi moment bo'ladi. Generator sifatida ishlaganda bu moment

tormozlovchi moment bo'ladi. Mashina turg'un rejimda ishlab turganda uning rotori magnit maydoniga nisbatan qo'zg'almasdir va rotor validagi mexanik yuklamaga bog'liq bo'lmagan holda $n_1=n_2$ chastota bilan aylanadi. Sinxron mashina turg'un rejimda ishlaganda quyidagi o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'ladi:

a) mashina generator yoki motor rejimida ishlaganda uning rotori magnit maydonining aylanish chastotasiga teng bo'lgan o'zgarmas chastota bilan aylanadi;

b) yakor chulg'amida hosil bo'ladigan EYUKning chastotasi rotorning aylanish chastotasiga proporsional bo'ladi;

v) mashina turg'un rejimda ishlab turganda uning rotor chulg'amida EYUK hosil bo'lmaydi, mashinaning MYUK qo'zg'atish toki bilan aniqlanadi va uning ishlash rejimiga bog'liq bo'lmaydi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. vazifasi va qo'llanish sohasi.
2. sinxron mashina tuzilishi.
2. sinxron mashina asosiy qismlari.

Tayanch iboralar. Stator, induktor, rotor, kontakt halqalar, cho'tkalar, qo'zg'otish toki.

18—MA'RUZA. SINXRON MASHINALARNI QO'ZG'ATISH USULLARI.

Mavzu rejasi.

1. mustaqil qo'zg'otish usuli.
2. o'z-o'zini qo'zg'otish usuli.
3. qo'zg'otkichlarni yaratish printsiplari.

Foydalanilgan adabiyotlar:

3. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
4. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
5. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energija», 1974 g.

Sinxron mashinaning rotorida o'rnatiladigan qo'zg'atish chulg'ami mashinaning asosiy magnit maydonini hosil qilish uchun xizmat qiladi. Bu chulg'am o'zgarmas tok manбайдan ta'minlanadi. O'rtacha va katta quvvatli sinxron generatorlarning qo'zg'atish chulg'amlari shu generator valida o'rnatilgan o'zgarmas tok generatoridan ta'minlanadi. Bu generator qo'zg'atgich deyiladi. Qo'zg'atgich sinxron generatorning qo'zg'atish chulg'amini o'zgarmas tok bilan ta'minlaydi. Odatda, qo'zg'atgichning quvvati sinxron generator nominal quvvatining 0,3...5 % ini tashkil qiladi. Bu erda kichik raqam katta quvvatli generatorlarga tegishlidir.

Katta quvvatli sinxron generatorlarning qo'zg'atish sistemasida asosiy qo'zg'atgichdan tashqari uning mustaqil qo'zg'atish chulg'amini ta'minlaydigan ikkinchi qo'zg'atgich (qo'zg'atgichning qo'zg'atgichi) ham bor. Sinxron generatorlarning qo'zg'atish sistemasi ancha murakkab bo'lib, bu sistemada quyidagilar bo'ladi: asosiy qo'zg'atuvchi (Q), qo'zg'atgichning qo'zg'atgichi (QQ), rostlash reostatlari (PP va PP'), kontaktorlar (K_1 va K_2), masofadan boshqarish apparatlari, kuchlanishni avtomatik usulda rostlaydigan qurilmalar. Katta quvvatli sinxron generatorning qo'zg'atish toki bir necha yuz ampergacha boradi. Bu tokning qiymati qo'zg'atgichning kuchlanishini rostlash yo'li bilan rostlanadi. Bu maqsadda 152-rasmdagi PP va PP' reostatlardan foydalaniladi. Qo'zg'atish sistemasida, ba'zan avariya vaziyatida qo'zg'atish tokini juda tez kamaytiradigan, ya'ni magnit maydonini "o'chiradigan" maxsus qurilma ham bo'ladi. Umuman, sinxron mashinalarda magnit maydoni normal ekspluatatsiya sharoitida ham, avariya sharoitida ham (stator chulg'amlari qisqa tutashganda) maxsus avtomat yordamida o'chiriladi. Bu qurilma K_1 va K_2 kontaktorlarni va maydon o'chiradigan R_o qarshiliklarni o'z ichiga oladi (152-rasm). Agar kontaktor kontakti K_1 to'g'ridan-to'g'ri uzilsa, maydon o'chirilishi davomida elektr yoki qarshiligida maydonning hamma energiyasi ajraladi. Bu energiya kontaktor kontaktlarini eritib yuboradi. Bundan tashqari, qo'zg'atish tokining juda tez kamayishi chulg'amda juda katta o'zinduktsiya EYUK ini hosil qiladi, bu esa mashinaning izolyatsiyasini shikastlashi mumkin. Bunday hodisalardan qutulish uchun oldin qo'zg'atish chulg'amini o'chirish $R_o = 5R_q$ qarshilikka ulaydigan K_2

kontaktor bekiladi, so'ngra K_I kontakt uziladi. Bunda qo'zg'atgich sinxron mashinaning qo'zg'atish chulg'amidan ajraladi.

Tarmoq kuchlanishi juda kamayib ketganda (qisqa tutashish uzoqda bo'lganda) sinxron mashinani sinxronizmda ushlab qolish uchun qo'zg'atish tokini eng katta qiymatgacha oishirish, ya'ni forsirovka qilish qo'llaniladi. Forsirovka qilish mashinaning saqlagich rele asboblari tomonidan K_f va K_{If} kontaktlarining ishlashiga avtomatik impul's berish yo'li bilan bajariladi. Bunda K_f va K_{If} kontaktlar bekiladi va R_f hamda R'_ϕ qarshiliklar va RR rostlovchi reostat qisqa tutashtiriladi. Bu sharoitda qo'zg'atish toki eng katta qiymatga erishadi va natijada qo'zg'atgichning yakorida kuchlanish o'zining eng katta qiymatigacha o'sib boradi.

Qo'zg'atish chulg'amini o'zgaras tok bilan ta'minlash usuliga qarab sinxron mashinalarning qo'zg'atish sistemasi ikki xil bo'ladi: a) mustaqil qo'zg'atish sistemasi; b) o'z-o'zidan qo'zg'atish sistemasi.

Mustaqil qo'zg'atish sistemasida qo'zg'atish chulg'ami sinxron generator valiga o'rnatilgan o'zgaras tok generatori, ya'ni qo'zg'atgichdan ta'minlanadi (152-rasm). Bu usul eng yaxshi usul hisoblanib, GOST asosida gidrogeneratorlarda ham, turbogeneratorlarda ham keng qo'llaniladi. Bu'zan qo'zg'atish chulg'ami maxsus sinxron yoki asinxron motor harakatga keltiradigan qo'shimcha o'zgaras tok generatoridan ta'minlanishi ham mumkin.

O'z-o'zidan qo'zg'atish sistemasida sinxron mashinani qo'zg'atish uchun energiya uning yakor chulg'amidan olinadi. YAKorni olinadigan o'zgaruvchan tokni o'zgaras tokka aylantirish boshqariladigan yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlar bilan amalga oshiriladi. Hozirda diod yoki tiristorlar bilan yig'ilgan yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlar har xil quvvatli sinxron motorlarda ham, generatorlarda ham, shuningdek katta quvvatli gidro va turbogeneratorlarda ham qo'llanilmoqda.

So'nggi vaqtlarda sinxron generatorlarda cho'tkasiz qo'zg'atish sistemasi qo'llanilmoqda. Bunda qo'zg'atgich sifatida yakor chulg'ami rotorda joylashgan sinxron generatordan foydalaniladi, to'g'rilagich esa mashinaning valiga mahkamlab o'rnatiladi. Qo'zg'atgichning qo'zg'atish chulg'ami ikkinchi

qo'zg'atgichdan ta'minlanadi va bu qo'zg'atgichning yakor kuchlanishi kuchlanish regulyatori orqali boshqariladi. Qo'zg'atishning bunday sistemasida sinxron generatorning qo'zg'atish chulg'ami zanjirida sirpanuvchi kontaktlar (halqa va cho'tkalar) bo'lmaydi. Bu esa qo'zg'atish sistemasini yaxshi va pishiq ishlashini ta'minlaydi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. mustaqil qo'zg'otish usuli.
2. o'z-o'zini qo'zg'otish usuli.
3. qo'zg'otkichlarni yaratish printsiplari.

Tayanch iboralar. Qo'zg'otish toki, EYUK, sirpanuvchi kontaktlar.

19-MA'RUZA. SINXRON GENERATORNING SALT ISHLASHI

mavzu rejasi.

1. to'yinish koeffitsienti.
2. Salt ishlash xarakteristikasi
3. salt ishlash rejimining asosiy tenglamalari.

Foydalanilgan adabiyotlar:

4. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
5. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
6. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energiya», 1974 g.

Oldin aytib o'tilganidek, sinxron generatorning asosiy magnit oqimi F_0 qo'zg'atish chulg'ami tomonidan hosil qilinadi. Rotor birlamchi motor yordamida aylantirilganda bu oqim stator chulg'ami simlarini kesib o'tadi va ulardan EYUK hosil qiladi. Uch fazali generatorning bir fazasida hosil bo'ladigan EYUKning ta'sir etuvchi qiymatini (3-4) da aniqlagan edik:

$$E_1 = 4,44\omega_1 k_1 f_1 \Phi_m \quad (\text{V})$$

Bu erda: ω_1 -faza chulg'amining o'ramlar soni;

k_1 -chulg'am koeffitsienti

Φ_m -qo'zg'atish chuog'aming maksimal magnit oqimi

Qo'zg'atish chulg'amidan o'tuvchi tok kichkina bo'lganda magnit oqimi ham kichkina bo'ladi, mashinaning magnit o'tkazgichi (uning po'lat qismlari) hali to'yinmagan bo'ladi. Bu sharoitda ularning magnit qarshiliklari ham kichkina. Bu holda magnit oqimi faqat rotor bilan stator orasidagi havo oralig'ining magnit qarshiligi bilan aniqlanadi. Bu vaqtda $\Phi_o = f(I_k)$ bog'lanish to'g'ri chiziq ko'rinishida bo'ladi (27-rasm, 1-chiziq). Qo'zg'atish toki o'sib borgan sari magnit oqimi ham o'sib boradi. Natijada magnit o'tkazgich po'lat qismlarining magnit qarshiligi ham kattalasha boradi. Po'lat qismlarda magnit induktsiyasi 1,7...1,8 T dan oshganda, po'lat qismlarning magnit qarshiligi juda tez kattalashadi. Bu sharoitda magnit oqimining qo'zg'atish tokiga bog'lanishi egri chiziq ko'rinishida bo'ladi. Sinxron generatorning nominal ish rejimi shu egri chiziqning taxminan egilgan qismiga to'g'ri keladi. Bunda to'yinish koeffitsienti K_T , ya'ni ab chiziqning as chiziqqa nisbati $\left(K_T = \frac{a\delta}{ac}\right)$ 1,1...1,4 bo'ladi. 154-rasmda 2-egri chiziq mashina po'lat qismlarining o'rtacha to'yingan holatini $\Phi_o = f(I_k)$ yoki $E_o = f(I_k)$ bog'lanishni ko'rsatadi.

Salt ishlash xarakteristikasi. Salt ishlash xarakteristikasi generator salt ishlaganda uning kuchlanishi U_{10} ni yoki EYUK E_o ni qo'zg'atish chulg'aming toki I_k bilan qanday bog'langanligini ifodalaydi. Bu xarakteristika yuklama toki nolga, ya'ni $I_1 = 0$ teng va aylanish chastotasi o'zgarmas bo'lganda tekshiriladi, ya'ni:

$$\dot{E}_o = U_{10} = f(I_k), n = const$$

Salt ishlash xarakteristikasi amalda tajriba o'tkazish yo'li bilan aniqlanadi. Buning uchun 160-rasm, a da berilgan sxema yig'iladi. Sxemada stator va qo'zg'atish chulg'ami zanjirlariga ampermetr ulanadi. Turli fazalar orasidagi kuchlanish esa voltmetr bilan o'lchanadi. Qo'zg'atish chulg'aming toki R_k reostat bilan rostlanadi.

Birlamchi motor yurgiziladi va qo'zg'atish chulg'aming toki asta oshiriladi. Tok ortgani sari stator chulg'ami klemmlarida EYUK yoki kuchlanish tokka deyarli proportsional ravishda o'sib boradi, mashinaning ferromagnit o'zagi

to'yingani sari, kuchlanishining o'sishi sekinlashadi. Rotorning magnit qutblarida qoldiq magnit induksiyasi mavjudligidan salt ishlash xarakteristikasi noldan emas, balki kuchlanishning ma'lum kichik qiymatidan boshlanadi. Birlamchi motor yurgizilgandan so'ng qo'zg'atish chulg'amida tok nolga teng bo'lsa ham stator chulg'amida qandaydir E_K EYUK hosil bo'ladi. Qo'zg'atish tokini noldan maksimal qiymatgacha oshiriladi va tokning turli qiymatlarida kuchlanish qiymatlari yozib boriladi. So'ng qo'zg'atish toki maksimal qiymatdan nolgacha kamaytiriladi. Olingan ma'lumotlar asosida salt ishlash xarakteristikasi (160-rasm, b) quriladi. Olingan egri chiziqlarning o'rtasidan chizilgan egri chiziq hisoblash uchun asos qilib olinadigan salt ishlash xarakteristikasi hisoblanadi. Salt ishlash xarakteristikasining qiyaligi havo oralig'ining magnit kuchlanishi, xarakteristika uchining egilishi magnit zanjirining to'yinish darajasi bilan aniqlanadi.

Generatorning turli xarakteristikalari, odatda, nisbiy birliklarda ifodalanadi. SHuning uchun koordinata o'qlariga absolyut miqdorlar emas, balki ularning nominal qiymatlariga nisbati qo'yiladi. Masalan, salt ishlash xarakteristikasining koordinata o'qlariga:

$$U_0^* = \frac{U_0}{U_{1H}}, \quad I_K^* = \frac{I_K}{I_{KH}}$$

qo'yiladi.

Nisbiy birlikdagi kattaliklar yulduzcha (*) bilan ko'rsatiladi. Xarakteristika nisbiy birliklarda qurilganda kuchlanishlar o'qida birlik kuchlanish sifatida, nominal kuchlanishga teng salt ishlash kuchlanishi $E_0 = U_0 = U_{1H}$ olinadi; toklar o'qida birlik tok sifatida $U_0 = U_{1H}$ kuchlanishga mos nominal qo'zg'atish toki I_{KH} olinadi.

Turli sinxron generatorlarning nisbiy birliklarda qurilgan salt ishlash xarakteristikalari deyarli bir xil bo'ladi. SHuning uchun elektr mashinasozlik tajribasi asosida umumlashtirilgan xarakteristikadan foydalaniladi. Bu xarakteristika normal salt ishlash xarakteristikasi deyiladi. Jadvalda ayon qutbli o'rtacha va katta quvvatli sinxron generatorlarning normal salt ishlash xarakteristikasini ifodolovsi qiymatlari keltirilgan.

Jadval

I_K / I_{KH}	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
E_0 / \dot{U}_{1H}	0,58	1,0	1,21	1,33	1,4	1,46	1,51

YAngi ishlab chiqarilgan generatorning salt ishlash xarakteristikasi normal salt ishlash xarakteristikalari normal salt ishlash xarakteristikasiga solishtirilganda, ularning farqi kichik bo'lishi kerak. Xarakteristika to'g'ri chiziqli qismining bir xil bo'lmasligi havo oralig'i to'g'ri tanlanmaganligini ko'rsatadi.

Sinxron generatorning salt ishlash xarakteristikasi deb, yuklama bo'lmaganda hamda aylanish tezligi (chastotasi) nominal bo'lganda generator EYUK ning uyg'otish toki I_u ga bog'likligiga aytiladi. Sinxron generatorning salt ishlash xarakteristikasini olish uchun asboblarni ulash sxemasi 38- rasm, *a* da ko'rsatilgan.

Parallel uyg'otishli o'zgarmas tok motori salt ishlaydigai sinxron generatorni aylantiradi. Aylanish chastotasi hamma vaqt nominal kattalikda saqlanadi. Birinchi hisob uyg'otish chulg'amida tok bo'lmaganida—ulagich R_u uzib qo'yilganda bajariladi. SHundan keyin ulagich R_u tutashtiriladi va uyg'otish toki asta-sekin orttiriladi (uyg'otish zanjiridagi rostlash reostatining qarshiligi rostlab maksimal, keyin asta-sekin kamaytirila boradi). Tokning ortishi generator qismalaridagi kuchlanish nominal kuchlanishdan 20% ortguncha davom etadi. SHundan keyin rostlash reostatining qarshiligi asta-sekin oshiriladi (uyg'otish toki I_u kamaytiriladi) va uni maksimumgacha etkazib, ulagich R_u uziladi.

Salt yurish xarakteristikasini olishda uyg'otish tokini rostlashga mo'ljallangan uyg'otish zanjiridagi reostatni, kuchlanishni oshirishda faqat bir tomonga, kuchlanishni kamaytirishda qarama-qarshi tomonga surish mumkin.

Agar salt yurish xarakteristikasi to'g'ri olingan bo'lsa, grafikda ikkita tarmoq hosil bo'ladi: biri pasayuvchi — pastga qarab tushadi, ikkinchisi ko'tariluvchi — yuqoriga ko'tariladi. Salt yurish xarakteristikasi sinxron mashina magnit zanjiri gisterezis sirtmog'ining bir bo'lagini yaqqol ko'rsatadi.

Sinxron mashinalar nazariyasida qarshiliklar ham nisbiy birliklarda ifodalanadi. Masalan, stator chulg'amining nisbiy birlikdagi sochilma induktiv

qarshiligi shu qarshilikdagi kuchlanish pasayishining generatorning nominal kuchlanishiga nisbati bilan ifodalanadi:

$$x_{c1}^* = \frac{I_{1H} \cdot x_{c1}}{U_{1H}} \text{ yoki } x_d^* = \frac{I_{1H} \cdot x_d}{\dot{U}_{1H}}$$

NAZORAT SAVOLLARI.

1. to'yinish ko'effitsienti.
2. Salt ishlash xarakteristikasi
3. salt ishlash rejimining asosiy tenglamalari.

Tayanch iboralar. Qo'zg'otish toki, to'yinish ko'effitsienti, bo'ylama induktiv qarshilik, ko'ndalang induktiv qarshilik.

20—MA'RUZA. SINXRON MASHINADA YAKOR REAKTSIYASI

mavzu rejasi.

1. induktiv yuklamada yakor reaksiyasi.
2. sig'im yuklamada yakor reaksiyasi
3. aktiv yuklamada yakor reaksiyasi

Foydalanilgan adabiyotlar:

7. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
8. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
9. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energija», 1974 g.

Sinxron generator statorining ayrim faza chulg'amlariga qiymatlari teng va bir xil xarakterdagi yuklama ulansa, chulg'amlarning bir-biriga nisbatan 120° ga siljigan uch fazali toklar o'ta boshlaydi. Bu toklar stator ichida aylanish chastotasi n_1 bo'lgan aylanma magnit maydonini hosil qiladi. Sinxron mashinalarda aylanma magnit maydonining aylanish chastotasi n_1 rotorning aylanish chastotasiga teng ($n_1=n_2$). YUklama toki yakor magnit oqimi F_a ni hosil qiladi. Bunda yakorning magnit oqimi F_a va qo'zg'atish chulg'aming F_0 magnit oqimi bir-biriga nisbatan qo'zg'almas bo'lib, bu oqimlar birgalikda mashinaning yig'indi F_y magnit oqimini va sochilma oqimini F_{ci} hosil qiladi.

Umuman, yuklamali generatorlarda yig'indi magnit oqimi F_y qo'zg'atish chulg'aming magnitlovchi kuchi F_0 bilan yakor chulg'aming magnitlovchi kuchlari F_a ning birgalikda ta'siri natijasida hosil bo'ladi. Qo'zg'atish chulg'aming magnitlovchi kuchi generatorning yuklamasiga bog'liq bo'lmaydi. YAKorning magnit oqimi yuklama qiymati va xarakteriga bog'liq. SHuning uchun ham yuklamali generatorlarda hosil bo'ladigan yig'indi magnit oqimi mashina salt ishlaganda faqat qo'zg'atish chulg'ami tomonidan hosil qilinadigan magnit oqimidan ancha farq qiladi. YAKor magnit oqimi F_a ning qo'zg'atish chulg'ami hosil qiladigan magnit oqimi F_0 ga ta'siri yakor reaksiyasi deyiladi.

Aktiv yuklamada yakor' reaksiyasi magnidizlantiruvchi ta'sir ko'rsatadi. Bunda, yakor reaksiyasi asosiy magnit maydonga ko'ndalang holatda bo'ladi. Umumiy magnit maydon bir muncha kamayadi. Magnit maydon aylanish yo'nalishiga teskari tomonga kuchayadi.

Induktiv va sig'im xarakterdagi yuklamada yakor' reaksiyasi umumiy magnit maydonga nisbatan bo'ylama ta'sirda bo'ladi va umumiy magnit maydonga salbiy ta'sir ko'rsatmaydi.

Aralash xarakterdagi yuklamada yakor reaksiyasi quyidagicha ta'sir ko'rsatadi. Agar, natijaviy tok faza jihatdan EYUK dan orqada qolsa, magnit maydon kamayadi. Agar, natijaviy tok faza jihatdan EYUK danilgarlanma fazada bo'lsa, magnit maydon kuchayadi.

Sinxron generatorni parallel ishlashi. Sinxron generatorni boshqa sinxron generator bilan parallel ishlashga yoki tarmoq bilan parallel ishlashga ulash uchun quyidagi ishlarni bajarish lozim:

- ulanadigan generator chiqishlaridagi kuchlanish ishlayotgan generator yoki tarmoq kuchlanishiga teng bo'lishi lozim;
- ulanadigan generator chastotasi tarmoq chastotasiga teng kelishi kerak;
- ulanadigan generator hamma fazalarining EYUK ishlayotgan generator yoki tarmoqning tegishli fazalaridagi kuchlanishlarga (faza bo'yicha) qarama-qarshi bo'lishi kerak;

- parallel ishlashga ulangan generatorning – fazalari ishlayotgan generator fazalaridek tartibda joylashtirish kerak, ya'ni ishlayotgan generatorning A fazasidan keyin V faza, undan keyin S faza joylashsin.

Parallel ishlashga ulashdan oldin generator birlamchi motor yordamida aylantirib olinadi, keyin uyg'otish toki ulanadi, voltmeter va chastotometr yordamida ulanadigan generatorning EYUK va chastotasi tarmoq kuchlanishi va chastotasiga to'g'rilanadi. EYUK uyg'otish zanjiridagi reostat bilan, chastota esa birlamchi motor aylanish tezligini (chastotasini) o'zgartirish bilan rostlanadi. Parallel ishlashga ulashning uchinchi va to'rtinchi shartlari sinxronoskop va nolinchii voltmeter yordamida bajariladi. Sinxronoskop—sinxron generatorlarni sinxronlashga mo'ljallangan, uchinchi shartning bajarilishini tekshiradigan va ulanadigan generatorning aylanish tezligini (chastotasini) qaysi tomonga o'zgartirish kerakligini ko'rsatadigan maxsus asbob. Nolinchii voltmeter generator parallel ishlashga ulanadigan momentni aniq belgilash imkonini beradi. Nolinchii voltmeter strelkasi bu holda nolda turishi kerak.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. induktiv yuklamada yakor reaksiyasi.
2. sig'im yuklamada yakor reaksiyasi
3. aktiv yuklamada yakor reaksiyasi

tayanch iboralar. YAKor reaksiyasi, sinxron generatorni parallel ishlashi. sinxronoskop.

21—MA'RUZA. SINXRON GENERATORNING ASOSIY

XARAKTERISTIKALARI.

Mavzu rejasi.

1. Qisqa tutashish xarakteristikasi
2. Sinxron generatorning tashqi xarakteristikasi
3. Rostlash xarakteristikasi

Foydalanilgan adabiyotlar:

10. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.

11. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
12. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energiya», 1974 g.

Sinxron mashinalarning ishlashini tadqiq qilishda ularning asosiy xarakteristikalaridan foydalaniladi. Generatorning xarakteristikalarini, uning ishlash xususiyatlarini xarakterlaydigan kattaliklarni o'zaro bog'lanishini ko'rsatadigan egri chiziqlardir. Sinxron generatorning asosiy xarakteristikalarini uning aylanish chastotasi tokning nominal chastotasiga mos va o'zgarmas, ya'ni $n=n_{IH}=const$ bo'lganda olinadi. Xarakteristikalar tajriba yo'li bilan generatorning asosiy parametrlarini aniqlashga va uning o'ziga xos muhim xususiyatlarini o'rganishga imkon beradi. Xarakteristikalarini tajriba o'tkazish yo'li bilan yoki grafik usulda qurish mumkin.

Qisqa tutashish xarakteristikasi. Stator chulg'amidagi qisqa tutashish tokining (I_{1K}) generatorning qo'zg'atish tokiga (I_K) bog'lanishi $I_{1K} = f(I_K)$ qisqa tutashish xarakteristikasi deyiladi. Xarakteristikani $n=const$ va $U_1=0$ bo'lganda olinadi. Qisqa tutashish xarakteristikasini olish uchun 161-rasmdagi sxema asosida qisqa tutashish tajribasi o'tkaziladi. Bunda generatorning stator chulg'amlari qisqa tutashtiriladi va rotor nominal tezlikda aylantiriladi. Qisqa tutashish xarakteristikasi grafigini qurish uchun generatorning qo'zg'atish toki noldan boshlab, statorning qisqa tutashish toki uning nominal tokidan 25% oshgunga qadar ($I_{1K} = 1,25I_{IH}$) oshirib boriladi. Qisqa tutashish sharoitida generatorning EYUK juda kichkina bo'ladi. Magnit oqimi ham kichkina bo'lgani uchun generatorning magnit zanjiri to'yinmagan bo'ladi. SHuning uchun ham qisqa tutashish xarakteristikasi to'g'ri chiziqli bo'ladi. Odatda, stator chulg'amining aktiv qarshiligi (R_1) uning induktiv qarshiligidan ancha kichkina bo'ladi, shuning uchun (R_1) e'tiborga olinmaydi. Demak, qisqa tutashishda sinxron generatorning yuklamasi induktiv xarakterda bo'ladi. Statorning qisqa tutashish toki induktiv tok bo'lgani uchun generatorda yakor' reaksiyasi bo'ylama magnitizlovchi xarakterda bo'ladi. YAKor' reaksiyasining magnitlovchi kuchi F_a qo'zg'atish chulg'amining magnitlovchi kuchi F_0 ga teskari yo'naladi. Mashinaning yig'indi magnitlovchi

kuchi F_u yuqoridagi magnitlovchi kuchlarning ayirmasi bilan aniqlanadi. SHuning uchun uning qiymati va u hosil qiladigan magnit oqimi ham kichkina bo'ladi. Mashinaning magnit qutblarida qoldiq magnit induksiyasining mavjudligi sababli bu xarakteristika ham aslida noldan boshlanmaydi. generatorning qisqa tutashish tajribasida uning bitta fazasiga tegishli vektor diagramma ko'rsatilgan. Bu sharoitda stator chulg'amida hosil bo'ladigan E_{1K} EYUK yakorning bo'ylama reaksiyasi EYUK $E_{ad} = -jI_1 x_{ad}$, hamda sochilma EYUK $E_{cl} = -jI_1 x_{cl}$ bilan to'la muvozanatlashadi, ya'ni $E_{1K} = E_{ad} + E_{cl}$.

Sochilma oqimning magnitlovchi kuchi F_{cl} mashinaning umumiy magnitlovchi kuchi F_0 bilan to'la muvozanatlashmaydi, chunki sochilma magnit oqimining kuch chiziqlari rotorning magnit qutblaridan o'tmaydi.

Salt ishlash va qisqa tutashish xarakteristikalarini yuqorida qayd qilingan magnitlovchi kuchlarga mos keladigan qo'zg'atuvchi tok ulushlarining qiymatlarini aniqlashga imkon beradi. SHu maqsadda bu xarakteristikalar bir koordinata sistemasida quriladi. Ordinata o'qiga kuchlanish masshtabida sochilma EYUK $E_{cl} = -jI_1 x_{cl}$ OV chizig'i qo'yiladi. So'ngra V nuqtadan avstsisga o'qiga parallel o'tkaziladi va B' nuqta aniqlanadi va avstsisga o'qigacha $B'D$ chiziq o'tkaziladi. Bunda D nuqta qisqa tutashishda nominal qo'zg'atish tokini (I_{qgn} ni) ikki qismga bo'ladi. Birinchisi $-jI_1 x_{cl}$ kuchlanish pasayishini kompensatsiyalash uchun lozim bo'lgan qo'zg'atish toki; ikkinchisi I_{qa} bo'ylama magnitlovchi yakor reaksiyasini kompensatsiyalash uchun lozim bo'lgan qo'zg'atish tokidir.

Sinxron generatorning tashqi xarakteristikasi. Sinxron generatorning stator klemmlaridagi kuchlanishning yuklama toki bilan bog'lanishi uning tashqi xarakteristikasi deyiladi va u quyidagi sharoitda tekshiriladi:

$$U_1 = f(I_1); \quad n = const, \quad I_K = const; \quad \cos \varphi = const$$

Odatda, generatorning tashqi xarakteristikasi yuklama xarakteriga qarab har xil bo'ladi. SHuning uchun bu bog'lanish aktiv, induktiv va sig'im qarshilikli yuklamada tekshiriladi. Tashqi xarakteristikani qurish uchun 160-rasm, a da keltirilgan sxemadan foydalaniladi. Oldin generator yurgiziladi, so'ngra qo'zg'atish toki nominal qiymatgacha oishirilib, generator klemmlarida $U_1 = U_{1H}$

kuchlanish hosil qilinadi. Sinxron generatorning tashqi xarakteristikasi uning yuklama orta borganda yoki kamaya borganda tekshirish mumkin. Generator kuchlanishi $U_1 = U_{1H}$ bo'lganda yuklama toki asta-sekin nominal qiymatgacha ko'paytirib boriladi. Tokning bir necha qiymatlari uchun o'lchov priborlarining ko'rsatayotgan qiymatlari yozib olinadi va masshtabda tashqi xarakteristika grafigi quriladi (163-rasm). Xarakteristika uchun priborlarning ko'rsatishini, oldin yuklama qiymatini $I_1 = I_{1H}$ gacha etkazib, so'ngra uni sekin-asta kamaytirib olish ham mumkin.

Aktiv qarshilikli yuklamada yuklama toki ortgani sari generatorning kuchlanishi kamaya boradi (1-egri chiziq). Bunda yuklama toki ortib borganda stator chulg'amida kuchlanish pasayishi ortadi va yakor' reaksiyasining ko'ndalang o'q bo'yicha yo'nalgan oqimi ham ortadi. Induktiv qarshilikli yuklamada yuklama toki ortgan sari kuchlanish ko'proq kamayadi, chunki bunda yakor' reaksiyasining bo'ylama oqimi ko'payadi, natijada uning magnidizlovchi ta'siri ortadi. Sig'im qarshilikli yuklamada yuklama toki ortgan sari generatorning kuchlanishi ortadi. Bunda yakor' reaksiyasining sig'im qarshilikli yuklama hosil qiladigan magnitlovchi ta'siri ko'payadi.

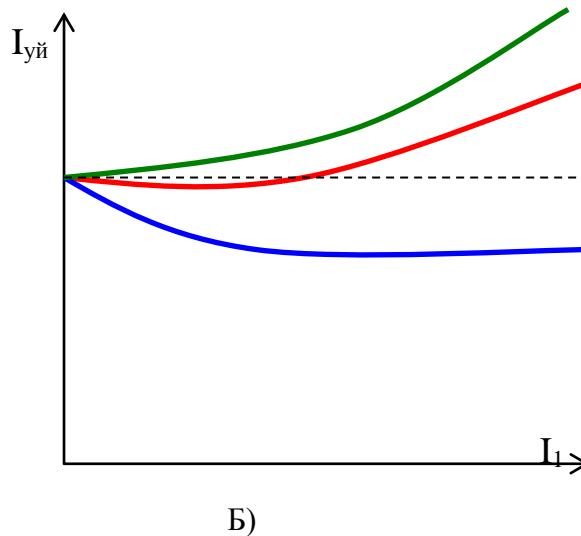
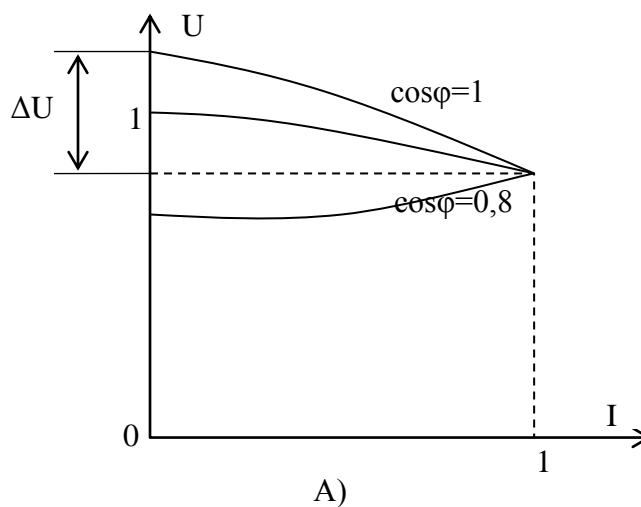
Sinxron generatorning kuchlanishi yuklama o'zgarishiga qarab doimo o'zgarib turadi. Generator kuchlanishining salt ishlashdan to nominal yuklama bilan ishlaguncha o'zgarishi kuchlanishning nominal o'zgarishi deyiladi. Kuchlanishning nominal o'zgarishini tashqi xarakteristika yordamida aniqlash mumkin. Kuchlanishning bunday o'zgarishini nominal kuchlanishga nisbatan protsent hisobida aniqlanadi:

$$\Delta u\% = \frac{E_0 - U_{1H}}{U_{1H}} \cdot 100\%$$

Odatda, sinxron generatorlar aktiv – induktiv xarakterli yuklama bilan ishlaydi. Bunda $\cos\varphi = 0,9 \dots 0,85$ bo'ladi. Bu holda kuchlanishning nominal o'zgarishi $\Delta i\% = 25 \dots 35\%$ bo'lishi kerak. Generatorga ulangan iste'molchilarda nominal kuchlanish bo'lishi uchun u kuchlanishni avtomatik rostlaydigan qurilmaga ega bo'lishi kerak. $\Delta i\%$ ning kichik bo'lishi maqsadga muvofiqdir. Uning qiymatini kamaytirish uchun ayonmas qutbli mashinalarda sinxron induktiv qarshilik x_s qiymatini; ayon qutbli mashinalarda x_d va x_q qiymatlarini kamaytirish

lozim. Buning uchun rotor bilan stator orasidagi havo oralig'i kattaroq bo'lishi kerak. Bu o'z navbatida qo'zg'atish chulg'aming magnitlovchi kuchini oshirishga olib keladi, bu esa mashinani qimmatlashtiradi.

Rostlash xarakteristikasi. Generatorning kuchlanishi $U_1 = U_{1H} = const$ bo'lganda uning qo'zg'atish toki I_q ni yuklama toki I_l ga bog'lanishi, ya'ni $I_q = f(I_l)$ generatorning rostlash xarakteristikasi deyiladi. Bu xarakteristika $n = const$ va $\cos\varphi = const$ bo'lganda tekshiriladi.



28-rasm. Sinxron generatorning (a) tashqi va (b) rostlash tavsiflari.

Iste'molchilarda kuchlanish qiymati doim bir xil bo'lishi lozim. Sinxron generatorning yuklama o'zgariganda uning kuchlanishi o'zgarib turadi. Kuchlanish o'zgarmasligi uchun qo'zg'atish tokining qiymatini yuklama o'zgarishi bilan o'zgartirib turish kerak. Generatorning rostlash (28-rasm). Aktiv qarshilikli

yuklama qiymati ortgan sari generatorning kuchlanishi kamaya boradi. Kuchlanish kamaymasligi uchun qo'zg'atish tokini ko'paytirish kerak (1-egri chiziq). Induktiv qarshilikli yuklama ortgan sari kuchlanish tezroq kamayadi. YAKor' reaksiyasining bo'ylama magnidizlovchi ta'sirini kamaytirish uchun, ya'ni kuchlanish bir xilda qolishi uchun qo'zg'atish tokini yanada ko'proq oshirish lozim bo'ladi (2-egri chiziq). Sig'im qarshilikli yuklama ortgan sari yakor' reaksiyasining bo'ylama magnitlovchi ta'siri natijasida umumiy magnit oqimi, generatorning kuchlanishi ko'payadi. Bunda kuchlanish bir xilda qolishi uchun qo'zg'atish tokini kamaytirish lozim bo'ladi (3-egri chiziq).

Uch fazali tok sinxron generator chulg'amlarida EYUK induksiyanadigan, yakor rolini bajaradigan stator hamda chulg'amida asosiy uygotuvchi magnit oqimi hosil qiladigan indikator deb ataladigan rotor bor, Statorning uch fazali chulg'amiga uzatiladigan sinusoidal EYUK bir-biriga nisbatan faza bo'yicha $2\pi/3$ radian burchakka siljigan va yuklama ulanganda tegishli ish toklari hosil bo'ladi. Rotor g'altaklaridan o'zgarimas tok o'tadigan elektromagnitdan iboratdir. Sinxron generatorlarga o'zgarimas tok kichikroq o'zgarimas tok generatoridan — sinxron generator bilan bir valga o'rnatilgan uyg'otgichdan yoki to'g'rilagichdan keladi. Statoriing har bir fazasi chulg'amlarida hosil bo'ladigan EYUK elektromagnit induksiyasi qonuniga asosan quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$E = 4,44 \omega k_{ayl} / F.$$

bunda ω — stator bir fazasining chulg'amidagi o'ramlar soni; k_{ayl} — chulg'am koefitsienti; f — o'zgaruvchan tok chastotasi, Gs; F — uyg'otish chulg'amida hosil bo'ladigan magnit oqim, Vb.

O'zgaruvchan tok sinxron motorining chastotasi rotorning aylanish tezligi (chastotasi) ga borlik. Generatorning EYUKni o'zgartirish uchun keltirilgan formulaga muvofiq rotor chulg'amidagi uyg'otish tokiga bog'liq bo'lgan magnit oqimi F ni o'zgartirish lozim.

Sinxron generatorga ulangan yuklamalarning ortishi bilan generator chiqishlarida kuchlanish kamayadi. Tashqi xarakteristika olish tajribasini o'tkazishda rotorning aylanish tezligini (chastotasini), quvvat koefitsientini $\cos\phi$ va uyg'otish toki I_u ni o'zgarishsiz saqlash lozim. YUklama ortishi bilan generator

chiqishlaridagi kuchlanishning kamayishini generator yuqori chulg'amlaridagi aktiv va induktiv qarshiliklarida kuchlanishning ichki isrofi sodir bo'lishi, shuningdek, yakorning magnit maydoni rotorning asosiy magnit maydonini magnidizlantirishi (aktiv va induktiv yuklamalarda) bilan tushuntirish mumkin. Agarda sinxron generatorga sig'im yuklamasi ulansa, generator chiqishlaridagi kuchlanish orta boradi.

Generator chiqishlaridagi kuchlanish U ning yuklama toki I ga bog'liqligi generatorning tashqi xarakteristikasi deyiladi. Generatorning aylanish tezligini (chastotasini) nominal holatda saqlash lozim. Uyg'otish zanjirida rostlash reostati yordamida shunday uyg'otish toki I_y hosil qilinadiki, bu tok to'la yuklamada generator qismalaridagi kuchlanishning nominal bo'lishini ta'minlasin, shundan keyin generator yuklamasi asta-sekin oshira boriladi.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Qisqa tutashish xarakteristikasi
2. Sinxron generatorning tashqi xarakteristikasi
3. Rostlash xarakteristikasi

Tayanch iboralar. Qisqa tutashish xarakteristikasi, Sinxron generatorning tashqi xarakteristikasi, Rostlash xarakteristikasi

22- MA'RUZA. SINXRON MOTORNI ASOSIY TAVSIFLARI.

Mavzu rejasi.

1. Sinxron mashinaning burchak tavsifi.
2. Sinxron mashinaning U -simon tavsifi.
3. Sinxron mashinaning ishchi tavsifi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

13. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
14. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
15. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energija», 1974 g.

Sinxron mashinaning quvvati va elektromagnit momenti stator va induktor magnit maydonlari o'qlari orasidagi burchak $-\theta$ ga mutanosib o'zgaradi. Sinxron mashina aktiv quvvati va elektromagnit momentining Ushbu burchakga bogg'likligiga burchak tavsif deyiladi.

Ayonmas qutbli sinxron mashinaning aktiv quvvati:

$$P_{\text{эм}} = \frac{m \cdot U \cdot E_0}{x_c} \sin \theta;$$

Ayon qutbli sinxron mashinaning aktiv quvvati

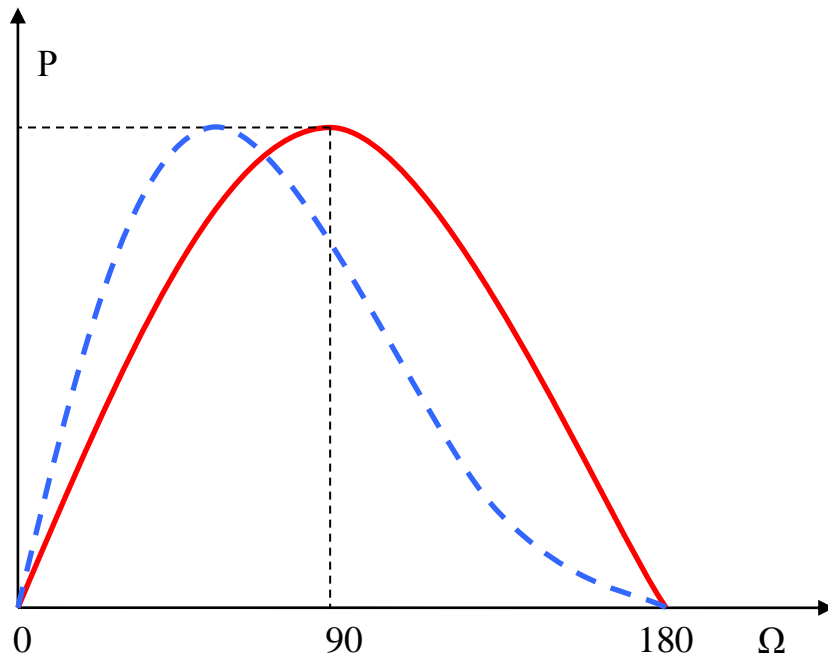
$$P_{\text{эм}} = \frac{m \cdot U \cdot E_0}{x_d} \sin \theta + \frac{m \cdot U^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \cdot \sin 2\theta;$$

Ayonmas qutbli sinxron mashinaning elektromagnit momenti

$$M_a = \frac{m \cdot U \cdot E_0}{\omega \cdot x_c} \sin \theta;$$

Ayon qutbli sinxron mashinaning aktiv quvvati

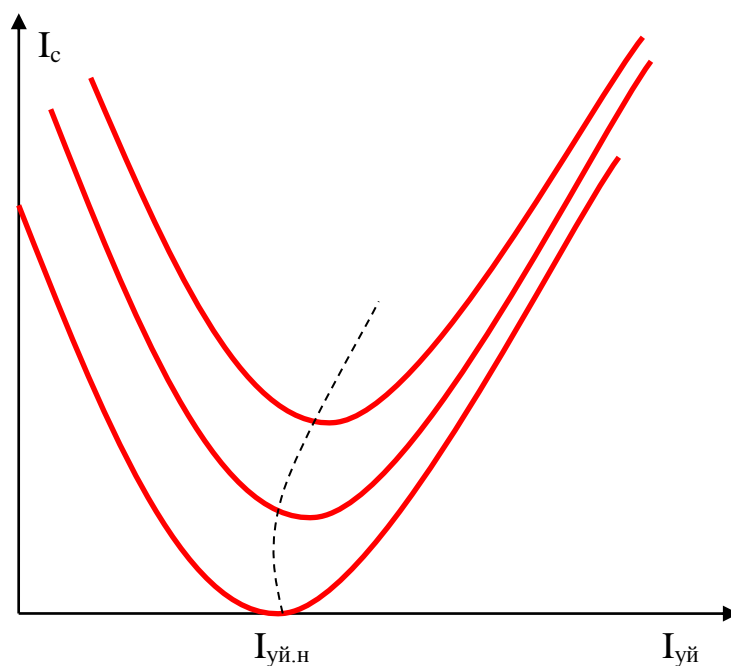
$$M_a = \frac{m \cdot U \cdot E_0}{\omega \cdot x_d} \sin \theta + \frac{m \cdot U^2}{2 \cdot \omega} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \cdot \sin 2\theta;$$



-rasm. Sinxron motorni burchak tavsifi.

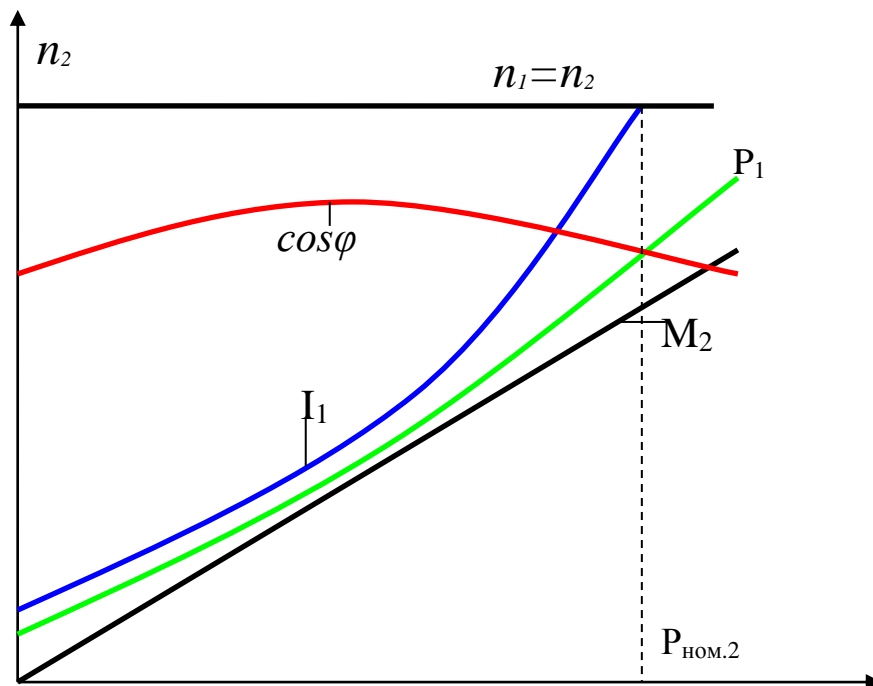
29-rasmda. Uzluksiz chiziqda ayonmas qutbli va punktir chiziqda ayon qutbli sinxron mashinaning burchak tavsiflari ko'rsatilgan.

Sinxron mashinaning quvvati uyg'otish tokini qiymatiga bog'liq. Uyg'otish toki nafaqat quvvatning qiymatiga balki xarakteriga ham ta'sir ko'rsatadi. Agar, uyg'otish toki nominal qiymatdan kam bo'lsa, sinxron mashina reaktiv quvvat istemol qiladi. Agar, uyg'otish toki nominal qiymatdan katta bo'lsa, sinxron mashina reaktiv quvvat generatsiyalaydi. –rasmda. Uyg'otish tokini stator tokiga bog'liklik grafigi ko'rsatilgan. Ushbu bog'liklik lotin imlosidagi U harfiga o'xshagani uchun Ushbu tavsifni U-simon tavsif deb ataladi. SHunday qilib sinxron mashina motor rejimida ishlab turib reaktiv quvvati istemolchisi ham, manbai ham bo'la oladi. Uning bu xossasidan reaktiv quvvatni qoplash uchun foydalanishadi. Reaktiv quvvatni qoplash uchun maxsus mashinalar ham qo'llaniladi. Bu mashinalar sinxron kompensatorlar deb aytiladi. Sinxron kompenstaorlar podstantsiyalarga o'rnatilib uyg'otish toki boshqarilib tarmoq kuchlanishi rostlanib turiladi.



30-rasm. Sinxron motorni U – simon tavsiflari.

Sinxron mashinaning ishchi tavsifi deb foydali quvvatni motor toki, quvvati, quvvat koeffitsienti, momenti va aylanish tezligiga bog'liklik grafigiga fytiladi.



31-rasm. Sinxron motorni ishchi tavsiflari.

Nazorat savollari.

1. Sinxron mashinaning burchak tavsifi nima?
2. Sinxron mashinaning U-simon tavsifi nima?.
3. Sinxron mashinaning ishchi tavsifi nima?.

Tayanch iboralar: burchak tavsifi, U-simon tavsif, ishchi tavsifi, ayon qutbli mashina, ayonmas qutbli mashina.

4-bo'lim. O'ZGARMAS TOK MASHINALARI.

23-MA'RUZA. O'ZGARMAS TOK MASHINALARINING TUZILISHI VA ISHLASH PRINTSIPI.

Mavzu rejasi:

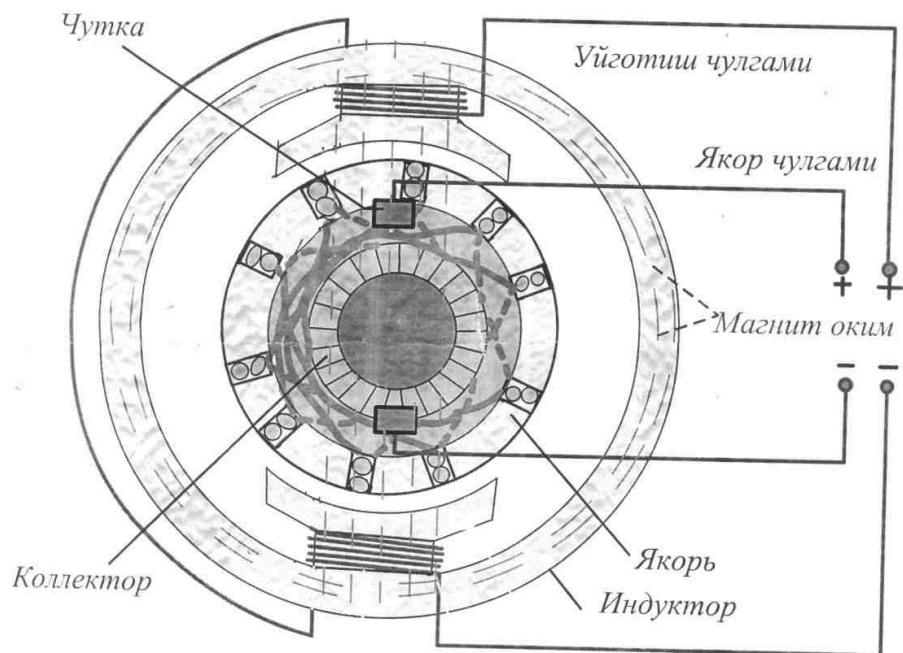
1. o'zgarmas tok mashinalarini qo'llanish sohasi.
2. o'zgarmas tok mashinalarini tuzilishi.
3. o'zgarmas tok mashinalarini ishlash printsipi.
4. o'zgarmas tok mashinalarini turlari.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
2. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
3. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energiya», 1974 g.

O'zgarmas tok elektr yuritmalarining qo'llanish sohasi. O'zgarmas tok motorlari hozirgi vaqtda asosan elektr transportlarida: metro, trolleybus, tramvayda keng qo'llaniladi, chunki barcha elektr motorlar orasida faqat o'zgarmas tok dvigatellarini aylanish tezligini ravon, bir tekis boshqarish mumkin. O'zgarmas tok generatorlarini kuchlanishi ravon boshqariladi, shu xossasiga muvofiq, bu motorlar avtomatika va telemexanika zanjirlarida keng qo'llaniladi. O'zgarmas tok mashinalari qaytaruvchan xossasiga ega. Barcha o'zgarmas tok motorlari generator rejimida va generatorlar dvigatel rejimida ishlay oladi.

Mashinaning aylanuvchi qismi – yakor deyiladi. YAkorning o'zagi ham elektrotexnik po'lat tunukasimon varaqlardan tsilindr shaklida tuzilgan. YAkorning ariqchalarida chulg'am joylashtiriladi. CHulg'am ayrim sektsiyalardan iborat bo'lib, chulg'am sxemasiga muvofiq ketma – ket ulanuvchi ikki sektsiyani tutashtiradigan uchlari kollektor plastinkalariga ulanadi.



32-rasm. O'zgarmas tok motorini tuzilishi.

Kollektor alohida mis plastinkalardan tsilindr shaklida yasaladi. Har bir kollektor 50-80 ta plastinkadan tuzilgan. Kollektor tashqi manbadan elektr energiyasini yakorga uzatishni ta'minlaydi. O'zgarmas tok motorining ishlash printsipti Amper qonuniga asoslangan. Induktorda joylashgan uyg'otish chulg'amlaridan o'zgarmas tok o'tganda, bu tok bir jinsli o'zgarmas magnet maydon hosil qiladi. YAKor zanjiriga o'zgarmas tok kuchlanishini berganimizda yakor toki hosil bo'ladi. Fizika kursidan ma'lumki o'zgarmas magnet maydonga tokli ramkani kiritganimizda u aylana boshlaydi. O'zgarmas tok motorining ishlash printsipti ham shunga asoslangan. YAKor toki bilan o'zgarmas magnet maydon o'zaro ta'sirlashib elektromagnet moment hosil qiladi.

Motor korpusida joylashgan uyg'otish chulg'ami (u.ch.) mustaqil manbadan tok oladi. YAKor birlamchi mashina yordami bilan u.ch. hosil qilgan magnet maydonda aylantiriladi. Barcha o'zgarmas tok motorlari tuzilishiga ko'ra bir xil bo'lib, unda ikkita: ketma-ket va parallel uyg'otish chulg'ami, hamda yakor chulg'ami bo'ladi. Bundan tashqari qo'shimcha va qoplovchi (kopensatsiyalovchi) chulg'amlar bo'ladi. CHulg'amlarni ulanishiga qarab o'zgarmas tok mashinalari 5 xil bo'ladi:

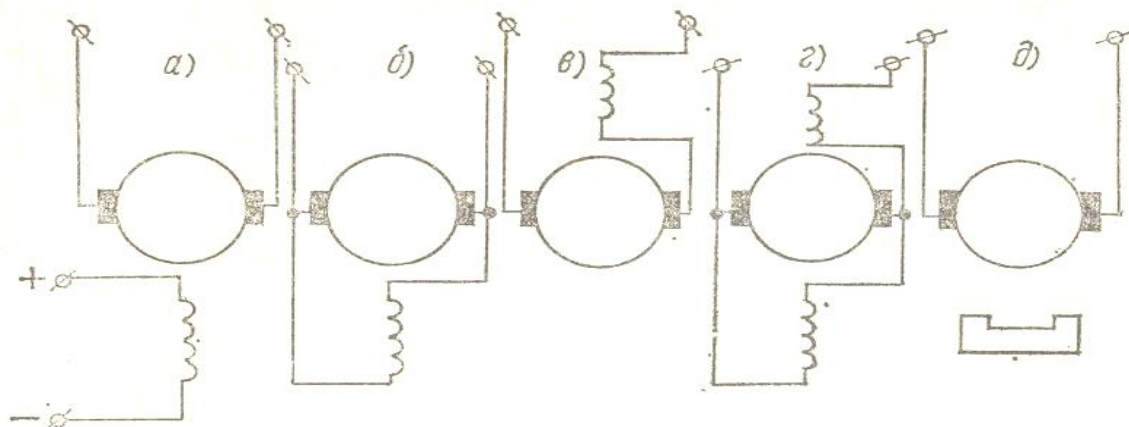
1. Mustaqil uyotishli o'zgarmas tok motorlari. Bunda faqat parallel uyg'otish chulg'ami mustaqil manbadan ta'minot oladi (a).

2. Parallel uyg'otishli o'zgarmas tok motorlari. Bunda parallel uyg'otish chulg'ami yakor chulg'amiga parallel ulanib bitta manbaga ulanadi (b).

3. Ketma-ket uyg'otishli o'zgarmas tok motorlari. Bunda faqat ketma-ket uyg'otish chulg'ami yakor zanjiriga ketma-ket ulanib tarmoqga ulanadi (v).

4. Aralash uyg'otishli o'zgarmas tok motorlari. Bunda ikkala uyg'otish chulg'amiga ulanib, motorni imkoniyatlaridan to'la foydalanish mumkin (g).

5. Doimiy magnit bilan uyg'otiladigan o'zgarmas tok motori (d).



33-rasm. O'zgarmas tok motorini ulash usullari.

O'zgarmas tok generatori mexanik aylanma harakatni (energiyani) elektr energiyaga aylantirib beradi, u qo'zg'almas qism — o'zgarmas tok elektr magnitli mashina asosidan, mexanik energiya keltiriladigan va unda o'zgaruvchan EYUK induksiyalanadigan aylanidigan yakordan hamda o'garuvchan EYUK ni o'zgarmas EYUKga aylantirib beradigan cho'tkalari bo'lgan kollektordan iborat. Parallel uyg'otishli generator shunisi bilan xarakterlanadiki, uning uyg'otish chulg'ami asosiy qismlariga parallel, ya'ni yakor chulg'amiga parallel ulangan.

O'zgarmas tok motorlari hozirgi vaqtda asosan elektr transportda – metro, trolleybuss, tramvayda qo'llaniladi, chunki barcha elektr motorlar orasida, faqat o'zgarmas tok motorlarini aylanish tezligini ravon, bir tekis boshqarish mumkin.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. o'zgarmas tok mashinalarini qo'llanish sohasi.
2. o'zgarmas tok mashinalarini tuzilishi.
3. o'zgarmas tok mashinalarini ishlash printsipi.
4. o'zgarmas tok mashinalarini turlari.

Tayanch iboralar. YAkor, stanina, yakor chulg'ami, mustaqil uyg'otiladigan mashina, parallel uyg'otiladigan mashina, ketma-ket uyg'otiladigan mashina, Aralash uyg'otiladigan mashina,

24--MA'RUZA. O'ZGARMAS TOK GENERATORLARI.

Mavzu rejasi.

1. o'zgarmas tok generatorini tuzilishi va ishlash printsipi.
2. o'zgarmas tok generatori afzalliklari.
3. o'zgarmas tok generatorining asosiy tenglamalari.

Foydalanilgan adabiyotlar:

4. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
5. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
6. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energiya», 1974 g.

O'zgarmas tok generatorlarini kuchlanishi ravon boshqariladi, shu xossasiga muvofiq, bu generatorlar avtomatika va telemexanika qurilmalarida keng qo'llaniladi. O'zgarmas tok mashinalari qaytaruvchan xossasiga ega. Barcha o'zgarmas tok motorlari, generator rejimida va generotorlar motor rejimida ishlay oladi. O'zgarmas tok mashinasi (UTM) uch asosiy qismidan tuzilgan: mashinaning qo'zg'almas qismi - induktorda bosh qutblar va yordamchi qutblar joylashgan bo'lib, bu qutblarning o'zagi elektrotexnik po'lat tunukasimon varaqlardan tuzilgan. Bosh qutblarda uyg'otish cho'lg'amlari joylashtirilgan bo'lib, ular ketma-ket ulanadi va asosiy magnit maydonni yaratadi. Bosh qutblar oralig'ida yordamchi qutblar joylashtiriladi. YOrdamchi qutblar faqat katta quvvatli mashinalarda buladi va cho'tkalar ostidagi uchqunni kamaytirish uchun qo'shimcha magnit maydoni yaratadi. Mashinaning aylanuvchi qismi – yakor' deyiladi. YAkorning o'zagi ham elektrotexnik po'lat tunukasimon varaqlardan tsilindr shaklida tuzilgan. YAkorni ariqchalarida cho'lg'am joylashtiriladi. CHo'lg'am ayrim sektsiyalardan iborat.

CHO'lg'am sxemasi muvofiq ketma-ket ulanuvchi ikki sektsiyani tutashtiradigan uchlari kollektor plastinkalariga ulanadi.

Kollektor alohida mis plastinkalardan tsilindr shaklida yasaladi. Har bir kollektor 5080 ta plastinkadan tuzilgan. Kollektor generatorda mexanikaviy to'g'rilagich vazifasini bajaradi, ya'ni yakor' cho'lg'amlarida induktsiyalangan EYUK ta'sirida okaengan o'zgaruvchan sinusoidal tokni, o'zgaras tokga aylantirib, tashqi elektr zanjirga (tarmoqqa) beradi.

O'zgaras tok generatorining ishlash printsipli elektromagnit induksiya qonuniga asoslangan. Statorida joylashgan uyg'otish cho'lg'amlaridan o'zgaras tok o'tganda, bu tok bir jinsli o'zgaras magnit maydon hosil qiladi. YAKor' tashqi mashina orqali magnit maydonda aylantirilganda uning cho'lg'aming har bir sektsiyalarida EYUK lar hosil bo'lib, bu EYUK – lar quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$E=B \cdot V \cdot l \cdot \sin \alpha$$

Har bir sektsiya EYUK – larni kollektor va cho'tkalar orqali bir tomonga yo'nalgan pul'satsiyalanuvchi tok hosil qiladi. Sektsiyalar soni, demak kollektordagi plastinkalar soni ham ko'p bo'lgani tufayli EYUK ning qiymati etarli darajada katta bo'lib, tokning pul'satsilanishi pasayadi. YUqoridagi EYUK formulasidagi chizig'i tezlikni quyidagicha ifodalashi mumkin:

$$V = 2 \cdot P \cdot r \cdot \frac{n}{60}$$

Bunda:

$2 P$ - qutblar soni.

r – qutblar markazlari orasidagi masofa (radiusi)

n – yakorning aylanish tezligi.

Agar magnit oqimi $\varphi = \frac{B}{r}$ nazarda tudak, yakorning EYUK formulasini

quyidagicha yozish mumkin: $E=c \cdot n \cdot F$.

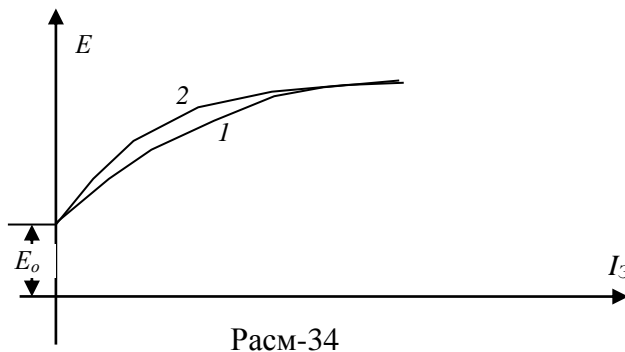
Bunda $C = \frac{P \cdot W}{60 \cdot x}$ EYUK doimiysi, ya'ni konstruktiv o'zgaras kattalik

bo'lib, bunda:

W – yakor' cho'lg'amidagi o'ramlar soni,

2 a – parallel shoxalar soni

7.5-rasmda mustaqil uyg'otishli generatorning elektr sxemasi ko'rsatilgan. Induktorda joylashgan uyg'onish cho'lg'ami (u.4) hosil qilgan magnit maydonida



yakor' aylantiriladi. Yakor' toki

$\frac{\tau}{R} = 0$ bo'lib, $n - const$, ya'ni

yakorning aylanish tezligi

o'zgarmas bo'lganda yakor'

EYUK ning uyg'otish tokidan

bog'liq grafigi, mustaqil

uyg'otish generatorining salt yurish xarakteristikani sharxlashdan oldin uyg'otish toki magnit oqimga proporsionalligini eslatish kerak: Endi uyg'otish toki noldan oshirib borilsa, EYUK formulasiga muvofiq, salt yurish rejimi bo'lgani uchun oshib boriladi va birinchi egri chiziq yasaladi. O'yg'otish tokini kamaytirib borganda ikkinchi egri chiziq yasaladi.

Bu grafikning to'g'ri chizikli qismi yakorning o'zagi to'yinmagan holatiga, egri chizikli qismi esa. Uning to'yingan holatini bildiradi. O'yg'otish toki nolga baravar bo'lganda, formulaga muvofiq EYUK ham nolga teng bo'lishi kerak. Lekin xarakteristikada EYUK nolga teng emas. Bu barcha elektrotexnik materiallarga xos bo'lgan, qoldik magnit maydon ta'siridir.

NAZORAT SAVOLLARI.

1. o'zgarmas tok generatorini tuzilishi va ishlash printsiipi.
2. o'zgarmas tok generatori afzalliklari.
3. o'zgarmas tok generatorining asosiy tenglamalari.

Tayanch iboralar: generatorni to'yinishi, salt ishlash tavsifi, kollektor, cho'tka, yakor kuchlanishi.

25-MA'RUZA. O'ZGARMAS TOK GENERATORINING TURLARI.

Mavzu rejasi.

1. o'zgarmas tok generatorni asosiy tenglamalari.
2. mustaqil uyg'otiladigan o'zgarmas tok generatori
3. parallel uyg'otiladigan o'zgarmas tok generatori

4. ketma-ket uyg'otiladigan o'zgarmas tok generatori

5. aralash uyg'otiladigan o'zgarmas tok generatori

Foydalanilgan adabiyotlar:

7. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.

8. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.

9. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energija», 1974 g.

Generatorning yakor' zanjiri uchun Kirxgofning ikkinchi qoidasiga binoan elektr muvozanat tenglamasini yozamiz:

$$U = E - I_{YA} \cdot R_{YA} \quad E = I_{YA} \cdot R_{YA} + I_{YA} \cdot R_{YA} = V_G + I_{YA} \cdot R_{YA}$$

Bu tenglama generatorlarning asosiy tenglamasi deyiladi.

Tenglamada: $E = S \cdot n \cdot \phi$

$$U_G = S \cdot n \cdot \phi - I_{YA} \cdot R_{YA}$$

Agar uyg'otish toki $I_y = \phi$ yoki yakorning aylanish tezligining ravon (silliq) o'zgartirsak, generatorning kuchlanishi, demak iste'molchining toki $I_n = I_{YA}$ ham ravon o'zgartiriladi.

Asosiy tenglamaning har ikki tomonini yakor' tokiga ko'paytirsak: $U_G \cdot R_{YA} = E \cdot I_{YA} - I_{YA}^2 \cdot R_{YA}$ yoki quvvat:

$$R_e = R_2 - \Delta R_{ya}$$

bunda:

R_e – generatorning elektromagnit quvvat

R_2 – iste'molchining quvvati

ΔR – yakordagi quvvat isrofi.

Generatorning elektromagnit momenti: $M = \frac{P_e}{\omega}$;

Bu moment generatorning yuqoridagi tashqi mashina yordami bilan hosil qiluvchi momentga nisbatan tormozlovchi momentdir.

Elektromagnit moment, yakorning EYUK formulasini hisobga olsak:

$$M_e = S_1 \cdot \phi \cdot I_2$$

bunda:

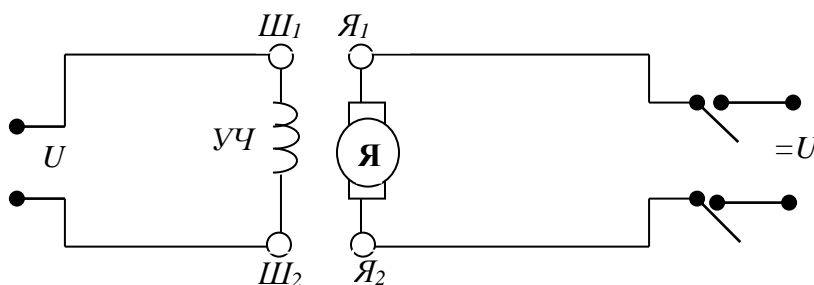
$$C_1 = \frac{c \cdot n}{\omega} - \text{o'zgarmas kattalik.}$$

Demak, generatorning momenti magnit oqim va yakor' tokiga proporsional ekan.

O'zgarmas tok generatorining turkumlarga bo'linishi

Generatorlar uyg'otish usuliga binoan ikki turga bo'linadi:

1. Uyg'otish cho'lg'ami tashqi o'zgarmas tok manbaiga ulangan. Bunday generatorlar mustaqil uyg'otish generatorlari deyiladi. Yuqorida generatorning bu turini sxemasi va salt yurishiga tavsif. Berilgan hamda egrigini ko'rib chiqqan edik (rasm-34).

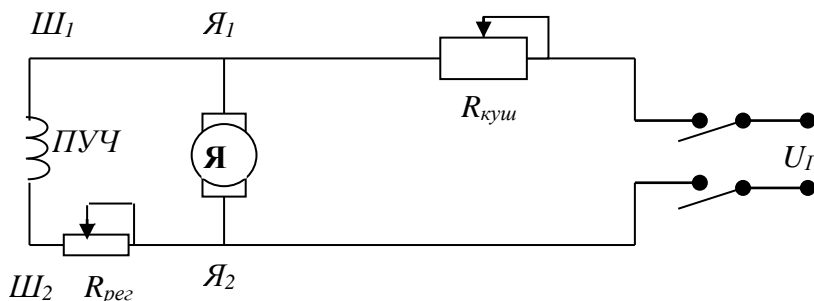


Rasm-35.

2. O'z-o'zidan uyg'otish generatorlar. Generatorlarning bu turining uyg'otish cho'lg'ami shu generatorning o'zidan tok oladi. Bunda generatorni uyg'otish uchun yakorning o'zagidagi qoldiq magnit maydondan foydalanadilar.

O'z-o'zidan uyg'otish generatorlari 3 xil bo'ladi.

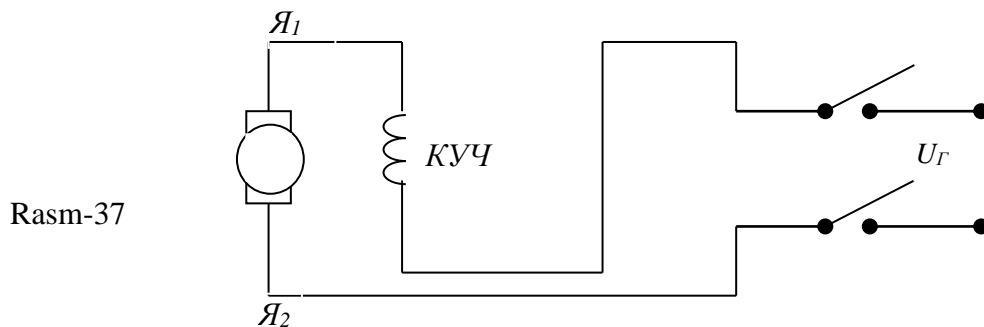
A) parallel uyg'otish generatorlari. Bunda generatorni uyg'otish uchun yakorga parallel ulanadi va parallel uyg'otish cho'lg'ami (p.u.ch) deyiladi. bu cho'lg'amning qutblari 7.6-rasmda P.U.CH. harflari bilan belgilanadi.



Rasm-36.

B) ketma-ket uyg'otishli o'zgarmas tok generatori. Bunda uyg'otish cho'lg'ami (K.U.CH) yakorga ketma-ket ulanadi va ketma-ket uyg'otish

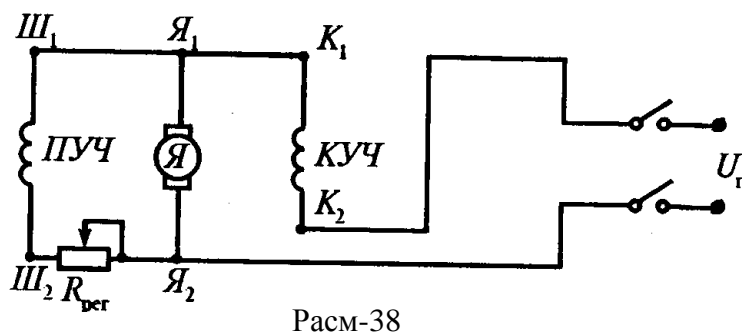
cho'lg'ami deyiladi. Bu cho'lg'ami (36 - rasm) da K.U.CH. harflar bilan belgilanadi.



Rasm-37

V) aralash uyg'otishli o'zgarmas tok generatori. Bunda generatorning ikkita uyg'otish cho'lg'ami bo'lib, biri yakorga parallel ulanadi, biri esa ketma-ket ulanadi (7.8-rasm). Bu cho'lg'amlar mos ravishda parallel va ketma-ket ulangan uyg'otish cho'lg'ami deyiladi va belgilanadi.

O'z-o'zidan uyg'otish generatorlarida, yakor' nominal aylanish tezlik bilan



qoldiq magnit oqimini kesib o'tganda, yakorda kichik qiymatli E.YU.K. va demak uyg'otish toki oqa boshlaydi, shunday qilib uyg'otish toki nominal

qiymatgacha o'sib boradi. Generator o'z-o'zidan uyg'otishi uchun uchta shart bajarilishi kerak:

1. YAkorning o'zagida qoldik magnit maydon bo'lishi shart.
2. Qoldik magnit oqimining yo'nalishi, uyg'otish toki hosil qilingan magnit oqim yo'nalishi mos kelishi shart.
3. Uyg'otish cho'lg'amining qarshiligi o'ntadan katta bo'lmasligi kerak.

Nazorat savollari.

1. o'zgarmas tok generatorni asosiy tenglamalari.
2. mustaqil uyg'otiladigan o'zgarmas tok generatori
3. parallel uyg'otiladigan o'zgarmas tok generatori

4. ketma-ket uyg'otiladigan o'zgarmas tok generatori
5. aralash uyg'otiladigan o'zgarmas tok generatori

Tayanch iboralar. O'z-o'zidan uyg'otish generatorlari, yakor toki, uyg'otish toki, salt ishlash tavsifi.

26—MA'RUZA. O'ZGARMAS TOK MOTORLARI.

Mavzu rejasi.

1. mustaqil uyg'otiladigan o'zgarmas tok motori
2. parallel uyg'otiladigan o'zgarmas tok motori
3. ketma-ket uyg'otiladigan o'zgarmas tok motori
4. aralash uyg'otiladigan o'zgarmas tok motori

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Ibrohimov U. Elektr mashinalari. O'qituvchi, 1989 y.
2. Majidov A.T. «Elektr mashinalari va elektr yuritmalari». Toshkent, O'qituvchi, 2003 y.
3. Vol'dek A.I. Elektricheskie mashini. L.: «Energija», 1974 g.

O'zgarmas tok mashinalari qaytuvchan xossasiga ega. O'zgarmas tok generatorining kuchlanishini asta- sekin qamaytirsak, mashina o'zgarmas tok elektr tarmoqdan elektr energiyasi iste'mol qila boshlaydi va motor rejimiga o'tadi, ya'ni mashinali yakordagi aylanish momenti tormozlovchi emas, balki o'zi elektromagnit moment hosil qilib, tashqi mashinani aylantira boshladi.

Bu aylanish momenti yakorning tokli o'tkazgichlari, uyg'otish cho'lg'ami qilgan magnit maydon o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladi. Bunda o'zgarmas tok motorini elektr muvozanat tenglamasi quyidagicha yoziladi.

$$U = E + I_{YA} \cdot R_{YA}$$

Tenglamada $E = C \cdot n \cdot \phi$ ekanligini hisobga olsak:

$$U = C \cdot n \cdot \phi + I_{YA} \cdot R_{YA}$$

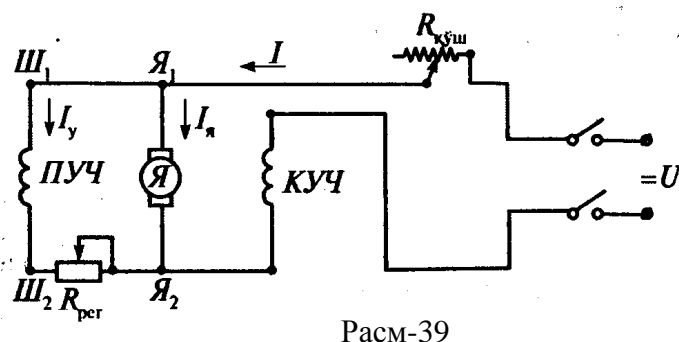
$$\text{Bundan: } n = \frac{U - I \cdot R_{YA}}{C \cdot \phi};$$

Agar magnit oqimi uyg'otish tokiga proporsionalligini $I_{\eta} = \phi$ nazarda tudak, bu formuladan yakorning aylanish tezligini uyg'otish tokini o'zgartirish yo'li bilan ravon, bir tekis boshqarish imkoniyati ko'rinib turibdi.

Asosiy tenglama yakor' tokiga nisbatan echilsa, quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$I = \frac{U - C \cdot n \cdot \phi}{R_{Я}}$$

Motorni yurgizish paytida yakorning aylanish tezligi $n = 0$ bo'ladi, demak yakorning kuchlanishiga qarshi yo'nalgan E.YU.K. $E = c \cdot n \cdot \phi$ ham nolga teng buladi. YAKor' cho'lg'amining qarshiligi juda kichik bo'lgani tufayli, motorni toki nominal tokdan (10 + 20) marotaba katta bo'ladi. Katta tok o'tgani natijasida yakorning cho'lg'ami qo'yib ketishi mumkin, ya'ni bunday rejim shikast (avariya) rejimi bo'lib bunday rejimlarga yo'l qo'ymaslik lozim. SHu sababali motorni tarmoqqa ulanish zanjiriga qo'shimcha qarshilik kiritiladi (7.9-rasm).



Motor elektr tarmoqqa qo'shilgan paytda qo'shimcha qarshilik eng katta qiymatga ega tezligi oshib borgan sari, qarshi E.D.S ning kattaligi osha boradi, yakor' toki kamayadi va qo'shimcha qarshilik kamaytiriladi.

O'zgaras tok motorlari ham generatorlar kabi uyg'otish usuliga binoan mustaqil va o'z-o'zidan uyg'otuvchi motorlarga bo'linadi.

Motorni aylanuvchi moment formulasi: $M_{YA} = K \cdot F \cdot I_a$ demak, momentning tokka bog'lanishi to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi.

Motorni FIK: $\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$

bu erda

P_1 - motorning elektr tarmoqdan olinadigan quvvati

Yakorning aylanish tezligi formulasini yuqorida tahlil qilgan edik.

O'zgaras tok motori tarmoqdan keltirilgan elektr energiyani uning validan olinadigan mexanik energiyaga aylantirib beradi. Bu motor mashinaning asosiy magnit oqimini hosil kiladigan o'zgaras tok elektromagnitlari mahkamlangan

staninadan hamda chulg'amida EYUK vujudga keladigan yakordan iborat. Motor valida cho'tkalar orqali o'zgaras tok keltiriladigan kollektor joylashgan.

O'zgaras tok elektr motorini ishga tushirish uchun uning chulg'amlarini ikki qutbli ulagich R bilan tarmoqqa ulanadi (41- rasm). Parallel uyg'otish chulg'amida maksimal uyg'otish toki I_y hosil kilinadi, natijada maksimal magnit oqimi F ta'minlanadi. Buning uchun parallel uyg'otishli motorlarning uyg'otish chulg'ami zanjiriga ulangan reostat r qarshiligi nolga teng qilib olinadi.

Parallel uyg'otishli motor yakori chulg'amidagi tok Om qonuni bo'yicha aniqlanadi:

$$I = \frac{U - E}{r_a + r_{u.m.}}; \quad (1)$$

bunda (U —tarmoq kuchlanishi, V; E — yakorning aylanishi vaqtida unda hosil bo'ladigan qarama-qarshi elektr yurituvchi kuch, V; r_{ya} — yakor chulg'aming elektr qarshiligi, Om; $r_{i.t.}$ — ishga tushirish reostatining Elektr qarshiligi, Om.

Elektr motorni ishga tushirishda, yakor qo'zgalmasdan turganda $E=0$ bo'ladi, chunki $\Omega = 0$ va

$$E = k\Omega F. \quad (2)$$

Motorga beriladigan tarmoq kuchlanishi yakor chulg'aming teskari EYUKi hamda yakor zanjiriga ulangan qarshilikdagi kuchlanish tushishi yig'indisiga teng bo'ladi;

$$E = E + I_{ya} R_{ya}, \quad (4)$$

bunda I_{ya} — yakor zanjiridagi tok kuchi, A; r_{ya} — yakor zanjiridagi elektr qarshilik, Om.

E (2) ifoda bilan aniqlanganligi hamda (4) tenglamani hisobga olib, motorning tezlik xarakteristika tenglamasini hosil qilish mumkin:

$$\Omega = \frac{E}{k\Phi} = \frac{U - I_a r_a}{k\Phi} \quad (5)$$

yoki formula (3) dan

$$\omega = \frac{U - I_a r_a}{C\Phi},$$

bunda Ω — motor valining aylanish tezligi (chastotasi), 1/sek; p —motor valining aylanish tezligi (chastotasi), ayl/min.

Bundan shunday xulosa chiqadi, magnit oqimi qancha kam bo'lsa, motor yakorining aylanish tezligi (chastotasi) shuncha katta bo'ladi.

Motorni to'xtatish uchun yuklama olinadi, uyg'otish chulg'amiga parallel bo'lgan zanjirdagi reostat qarshiligi r_u kamaytiriladi, bu esa uyg'otish tokining ortishiga, magnit oqimining kamayishiga hamda aylanish chastotasining (tezligining) pasayishiga olib keladi, shundan keyin ishga tushirish reostati ulanadi va ulagich yoki avtomat bilan motor tarmoqdan ajratiladi. Elektr motor aylanish yo'nalishini o'zgartirish uchun parallel uyg'otish chulg'amidagi tok yo'nalishini o'zgartirmay faqat yakor chulg'amidagi tok yo'nalishini o'zgartirish yoki yakor chulg'amidagi tok yo'nalishini o'zgartirmay faqat uyg'otish chulg'amidagi tok yo'nalishini o'zgartirish mumkin. Odatda uyg'otish zanjirini ajratish vaqtida juda katta uzinduksiya EYUK hosil bo'lganidan kontaktlardan uchqun chiqadi, yakor chulg'amidagi tokning yo'nalishi o'zgaradi.

Elektr motor ishlayotganida yuklama R_2 ortishi bilan motor validagi iste'mol quvvati R_1 aylanish tezligi (chastotasi) Ω , aylantiruvchi moment M , yakor toki I_{ya} va foydali ish ko'effisienti (FIK) o'zgaradi. Motor validagi quvvat o'zgarishi bilan bu kattaliklarni o'zgarishini ifodalovchi bog'lanishlar ish xarakteristikalari deb ataladi. SHuni esda saqlash kerakki, FIK, R_2 va R_1 quvvat quyidagi bog'lanishga ega:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}; \quad R_2 = M\Omega,$$

bunda R_1 — Elektr motor iste'mol qiladigan quvvat, Vt; R_2 — valdagi quvvat, Vt; M — aylanish momenta, N·m; Ω — aylanish chastotasi, 1/sek.

Elektr motorning asosiy xarakteristikasi bo'lib, mexanik xarakteristika, ya'ni motor valining aylanish tezligi (chastotasi) p (ayl/min) yoki Ω (1/sek) ning aylantiruvchi moment kattaligi M (N·m) ga bog'liqligidir. Parallel uyg'otishli motorlarning bunday bog'liqligi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$\Omega = \frac{U}{k\Phi} - M \frac{r}{(k\Phi)^2}, \quad (7)$$