

**O'zbekiston Respublikasi oliy va o'rta maxsus
ta'lim vazirligi**

Toshkent Davlat Aviatsiya Instituti

N.B. Pirmatov., N.O. Adilov.

AVIATSIYA ELEKTR MASHINALARI

o'quv qo'llanma

Toshkent-2006

Taqrizchi: N.M. Usmonxo`jayev –Toshkent temir yo`l muxandislari instituti professori, texnika fanlari doktori.

Ushbu o`quv qo`llanma aviatsiyaga ixtisoslashgan “Elektro-texnika, elektromexanika va elektrotexnologiyalar” yo`nalishida o`qitiladigan “Aviatsiya elektr mashinalari” fanining dasturi asosida tayyorlangan. Qo`llanmada aviatsiya sohasida ishlatiladigan o`zgarmas tok mashinalari, transformatorlar, asinxron va sinxron mashinalarga oid mavzular yoritilgan.

O`quv qo`llanma barcha aviatsiya sohasida elektr jihozlarga xizmat ko`rsatish va ulardan foydalanish yo`nalishi bo`yicha bilim oladigan talabalarga mo`ljallangan. Undan aviatsiya sohasidagi kasb-hunar kollejlari talabalari ham foydalanishlari mumkin.

O`quv qo`llanma Toshkent Davlat Aviatsiya instituti uslubiy kengashi tomonidan ko`rib chiqildi va chop etishga ruxsat etildi.

KIRISH

Aviatsiyada samolyot va vertolyotning elektr qurilmalarini harakatga keltirishda elektr energiyasi ishlatiladi. Elektr energiyasi boshqa energiyalarga nisbatan oddiy ravishda boshqa energiyaga aylanadi. Bundan tashqari elektr energiyani iste'molchilarga uzatish va taqsimlash ham oson amalga oshiriladi.

Elektr energiyani mexanik energiyaga aylantirishda elektr motorlari, mexanik energiyani elektr energiyaga aylantirishda esa generatorlar ishlatiladi.

Elektr energiyani iste'molchilarga uzatish va taqsimlashda transformatorlar ishlatiladi.

Aviatsiya tizimining elektr ta'minoti samolyot tipiga, uning vazifasiga va texnik qiymatlariga bog'liq bo'ladi.

1950 yillargacha samolyotlarda kuchlanishi 28.5 V bo'lgan o'zgarmas tok tizimi ishlatilgan. Bu tizim xavfsiz, oddiy hamda kichik va o'rta kattalikdagi samolyotlarning texnik ko'rsatgichlari talabiga javob bergan. Lekin o'zgarmas tok tizimida kollektor va cho'tkalarining borligi bunday tizimning kamchiligi hisoblanadi.

Aviatsiya o'zgarmas tok generatorlarining quvvati 25 kVt gacha bo'ladi. Bu generatorlar aviatsiya motorlari yordamida aylantiriladi shu sababli ularning aylanish chastotasi $4000 \div 9000 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$ bo'ladi.

Aviatsiya elektr qurilmalarida turli xil transformatorlar qo'llaniladi. Ularning quvvati 30 kVA gacha etadi. Elektr motorlari va to'g'rilagich qurilmalarida esa undan ham katta quvvatli transformatorlar ishlatiladi.

Xozirgi vaqtda samolyotlar elektr ta'minotida o'zgaruvchan tok tizimi ishlatilmoqda .

Bunday tizimda ishlaydigan generatorlar va motorlarning massasi o'zgarmas tok tizimida ishlaydigan shunday quvvatdagi generatorlar va motorlar massasidan 3 marta kam bo'ladi. O'zgaruvchan tok generatorlarining quvvati 100 kVA va undan katta bo'ladi.

Hozirgi vaqtda samolyotlarning elektr ta'minot tizimida kuchlanishi 208/120 V chastotasi 400 Gts bo'lgan o'zgaruvchan tok tizimi optimal hisoblanadi.

Aviatsiya elektr mashinalari yerdagi elektr mashinalariga nisbatan noqulay sharoitda ishlaydi, ya'ni atrof muhit temperaturasi -60°C dan $+80^{\circ}\text{C}$ va undan ortiq, juda katta namgarchilikda, vibratsiya katta, zarbiy yuk, katta tezlik va boshqalar.

Shu sababli aviatsiya elektr mashinalariga juda qattiq talablar qo'yiladi: mustahkamlikning katta bo'lishi, gabarit o'lchamlari va massasi kichik bo'lishi, mexanik va elektr mustahkamligi yuqori bo'lishi, termik va kimyoviy chidamlik va boshqalar.

BIRINCHI BO'LIM.
O'ZGARMAS TOK AVIATSIYA ELEKTR
GENERATORLARI VA MOTORLARI

BIRINCHI BOB.
O'ZGARMAS TOK AVIATSIYA ELEKTR
MASHINALARINING TUZILISHI VA ISHLASH
PRINTSIPI

1.1. O'zgarmas tok aviatsiya elektr mashinalarining tuzilishi

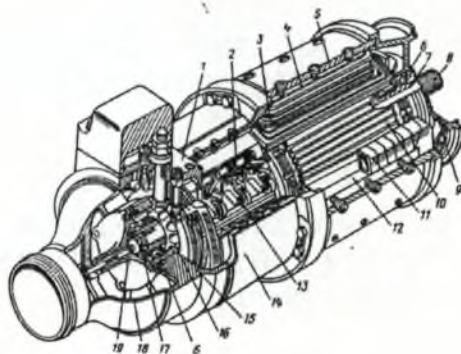
O'zgarmas tok mashinasi ikki qismdan iborat: qo'zg'almas qism - stator va aylanuvchi qism - yakor (rotor) dan tuzilgan.

Stator va yakor orasida havo bo'shlig'i bo'ladi.

Quyida kollektorli aviatsiya o'zgarmas tok mashinasining tuzilishini ko'rib o'tamiz.

Samolyotlarda ishlatiladigan GS-18T tipdagi generator (1.1 - rasm) 6 qutbli bo'lib, uning quvvati 18 kVt ga teng. Generator korpus 5, yakor 10, kollektor shiti 15 va yuritma ulanadigan tomondagi shit 9 dan iborat. Asosiy qutb po'lat o'zagi 12 alohida bo'lgan elektrotexnik po'lat plastinalardan yig'iladi. Har bir qutb o'zagida 6 tadan paz bo'lib, unga kompensatsiyalovchi chulg'am joylashtiriladi. Qo'shimcha qutblar o'zagi 4 quyma bo'ladi.

Asosiy qutblarda parallel qo'zg'atish chulg'ami g'altaklari 11 joylashtirilgan bo'ladi. Bu g'altaklar ftoroplast va shisha lenta bilan izolyatsiyalangan. Asosiy qutb pazlariga joylashtirilgan kompensatsiyalovchi chulg'am 20 po'lat klinlar yordamida mahkamlanadi.

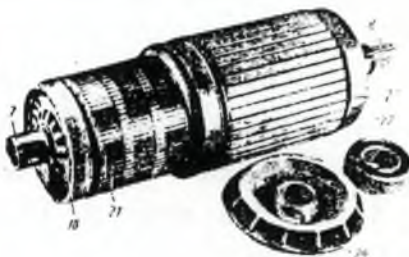


1.1 - rasm. GS - 18T generatori.

1 - klemma paneli; 2 - cho'tka; 3 - qo'shimcha qutb chulgami; 4 - qo'shimcha qutb; 5 - korpus; 6 - sharikli podshipnik; 7 - kavak ichli val; 8 - moslanuvchan val; 9 - yuritma ulanadigan tomondagi shit; 10 - yakor; 11 - paralel qo'zg'atuvchi chulg'am g'altagi; 12 - asosiy qutb; 13 - cho'tka ushlagich; 14 - himoya lentasi; 15 - kollektor shiti; 16 - gubchak; 17 - gayka; 18 - qisqa quvur; 19 - flanets.

Qo'shimcha qutb chulg'ami 3 o'zakdan shishamikanit va ftoroplast yordamida izolyatsiyalangan.

Yakor (rotor) (1.2 - rasm) val 7, kollektor 21, yakor o'zagi 22 va yakor chulg'ami 23 dan iborat. Ichki val 8 qotiruvchi gayka 17 (1.1 - rasm) yordamida qotiriladi.



1.2 - rasm. GS - 18T generator yakori.

21 - kollektor; 22 - yakor o'zagi; 23 - yakor chulg'ami; 24 - ventilyator.

Kollektor 21 xromli bronzadan yasalgan. Kollektor vtulkasi plastinalardan mikanit manjetlar va shisha mikanit yordamida izolyatsiyalangan.

Aviatsiya o'zgarmas tok motorlari (1.3-rasm) esa quyidagi asosiy elementlardan tuzilgan: stanina 3, unga 2ta podshipnik shiti 1 va 4 lar ikkita shpil'kalar 8, yordamida mahkamlanadi. Staninaga qutblar mahkamlanadi. Stanina ichida yakor 2 joylashtiriladi va u podshipniklar yordamida aylanadi. Korpusning kollektor tomonida darchalar (ochiq joy) bo'ladi va u lenta 5 bilan himoyalanganadi. Elektr motori ventilyator 7 yordamida sovitiladi.



1.3- rasm. O'zgarmas tok aviatsiya elektr dvigatelining detallari va yigma elementlari.

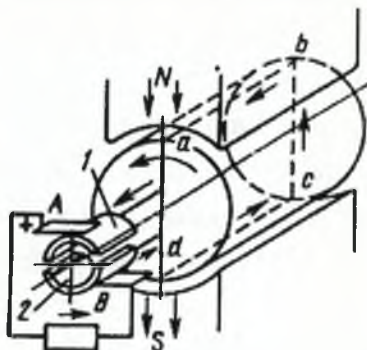
1 - podshipnik shiti; 2 - yakor; 3 - stanina (korpus); 4 - kollektor podshipnik shiti; 5 - kolpak; 6 - chetkalar; 7 - ventilyator; 8 - shpil'kalar.

1.2. O'zgarmas tok mashinasining ishlash va qaytarlik printsipi. Quyida o'zgarmas tok generatori va motorining ishlash printsipini ko'rib o'tamiz

O'zgarmas tok generatori boshqa elektr mashinalari kabi elektromagnit induksiya qonuniga asosan ishlaydi.

Bu qonunga asosan tokli o'tkazgich magnit maydoniga kiritilsa va magnit kuch chiziqlariga nisbatan perpendikulyar

joylayshirilib harakatlantirilsa, o'tkazgichda elektr yurituvchi kuch (EYK) e hosil bo'ladi:



1.4- rasm. O'zgarmas tok generatorning printsipl sxemasi.

$$e = Blv, \quad (1.1)$$

bu erda B - magnit induktsiya, Tl; l - o'tkazgichning aktiv qismi uzunligi, m; v - o'tkazgichning maydonga nisbatan tezligi, m/s.

EYK e ning yo'nalishi o'ng qo'l qoidasiga asosan aniqlanadi.

1.4 - rasmda o'zgarmas tok generatorining printsipl sxemasi ko'rsatilgan. Generator ikkita doimiy magnitlar (qutblar)dan, a b c d o'ramdan iborat bo'lib, o'ram

uchlari plastina 1 va kollektor 2 ga ulangan. Doimiy magnitlar asosiy magnit oqimni hosil qiladi. Bu maydonning kuch chiziqlari shimoliy qutb N dan janubiy qutb S ga yo'nalgan.

Generator tashqi motor yordamida n aylanish chastotasi bilan aylantiriladi.

Tashqi zanjir toki A cho'tkadan B cho'tkaga tomon yo'nalgan.

Yakor 180° ga burilganda o'ramdagi EYKning yo'nalishi qarama-qarshi tomonga o'zgaradi. Bunda cho'tkalarning qutbiyligi (ishorasi) va zanjirning tashqi qismida, tok o'z yo'nalishini o'zgartirgan paytda, cho'tkalar tagidagi kollektor plastinalarining joyi ham almashinadi.

Shunday qilib, A cho'tka tagida hamma vaqt N qutb ta'siridagi o'tkazgich ulangan plastina, V cho'tka tagida esa qutb ta'siridagi o'tkazgich ulangan plastina turadi. Natijada, o'zgarmas

tok generatorida yakor chulg'amining har bir o'tkazgichidagi o'zgaruvchan EYK(yoki tok) kollektor va cho'tkalar vositasida zanjirning tashqi qismidagi pulsatsiyalanadigan EYKga (yoki tokka) o'zgartiriladi.

Agar tokli o'tkazgichni magnet maydoniga joylashtirilsa va magnet oqim kuch chiziqlariga perpendikulyar qilib o'rnatilsa, u holda tokli o'tkazgichga elektromagnet kuch F_{em} (1.5-rasm) ta'sir qiladi va bu kuch ta'sirida tokli o'tkazgich harakatga keladi.

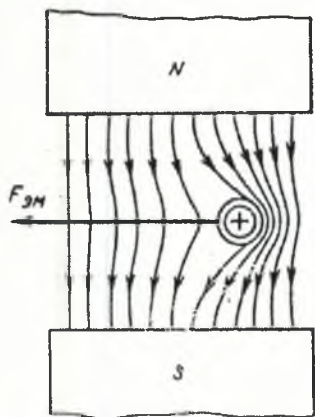
Elektromagnet kuch F_{em} quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$F_{em} = BIl , \quad (1.2)$$

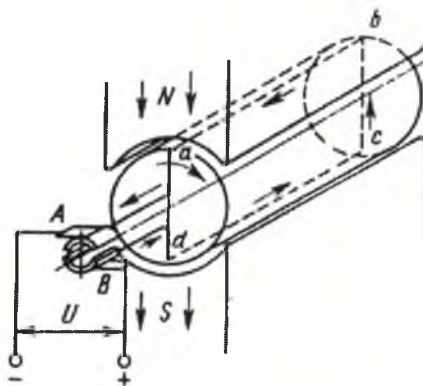
bu erda I - o'tkazgichdagi tok, A;

Elektromagnet kuch F_{em} ning yo'nalishi chap qo'l qoidasi bo'yicha aniqlanadi.

Motorning ishlashi uchun cho'tkalar A va B larga (1.6 rasm)



1.5- rasm. Magnet maydoni va tokli o'tkazgichning o'zaro ta'siri.



1.6- rasm. O'zgarmas tok dvigatelining printsipl sxemasi.

o'zgarmas kuchlanish U beriladi. Bunda yakor (rotor) o'tkazgichlarida tok oqadi, ana shu rotor toki bilan magnit maydon (asosiy qutb hosil qiladi) ta'sirlashib, elektromagnit kuch F_{em} ni hosil qiladi va rotor aylanadi.

Har qanday elektr mashinasi qaytarlik xususiyatiga ega, ya'ni u generator va motor rejimlarida ishlaydi.

Elektr mashanalarining bu xususiyatini rus olimi E'.X. Lents 1883 yilda aniqlagan.

1.3. O'zgarmas tok mashinasida elektromagnit moment

Yakor chulg'ami tokining mashina asosiy magnit maydoni bilan ta'sirlashishi natijasida yakor chulg'aming magnit maydon ta'siridagi har bir o'tkazgichida Amper qonuniga asosan, elektromagnit kuch F_{em} ta'sir qiladi.

F_{em} o'zgarmas tok mashinasi generator rejimida ishlaganida yakorni harakatga keltirayotgan birlamchi motor aylantiruvchi momenti teskari yo'nalgan bo'ladi.

Elektromagnit moment quyidagicha topiladi:

$$M = F_{em} \left(\frac{D_a}{2} \right) N = B l I \left(\frac{D_a}{2} \right) N, \quad (1.3)$$

bunda N - yakor chulg'aming magnit maydon ta'siridagi o'tkazgichlari soni;

$$D_a = \tau \cdot \frac{2p}{\pi} - \text{yakor diametri.}$$

Bu kattalikni (1.3) ga qo'yib, elektromagnit momentning quyidagi formulasiga ega bo'lamiz:

$$M = B l \tau \left[N / (2a) \right] \left(\frac{P}{\pi} \right) \cdot I, \quad (1.4)$$

ya'ni

$$M = C_M \Phi I, \quad (1.5)$$

Bunda $C_M = N/(2a)(P/\pi)$ - tayyor mashinada o'zgarmas kattalik;
 $\Phi = Bl\tau$ - magnit oqimi.

Demak, o'zgarmas tok mashinasining elektromagnit momenti asosiy magnit oqimga va yakor tokiga to'g'ri mutanosib ekan.
 (1.4) (1.5)

1.4. Aviatsiya o'zgarmas tok generatorining xarakteristikallari

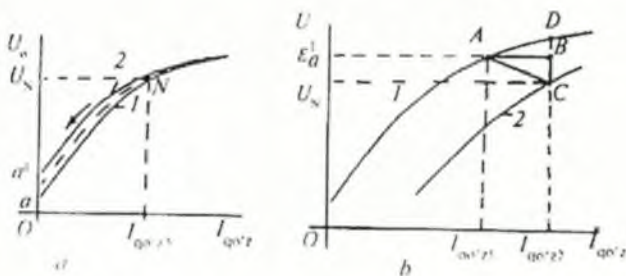
O'zgarmas tok generatorining barcha xarakteristikallari yakorning aylanish chastotasi $n = n_n = const$ bo'lganda olinadi.

Salt ishlash xarakteristikasi (SIX). Bu xarakteristika yakor toki $I_a = 0$ bo'lganda, uning chiqish klemmlaridagi kuchlanish U_0 (E_0) ning qo'zg'atish toki $I_{qo'z}$ ga bog'liqligini ifodalovchi egri chiziqdır, ya'ni $U_0 = E_0 = f(I_{qo'z})$.

SIX 1.7 - rasmda ko'rsatilgan. SIX ni tashriba o'tkazilayotgan paytda generator kuchlanishining qiymati $U_0 = (1.15 \div 1.2)U_N$ ga teng bulgunga qadar qo'zg'atish toki 0 dan oshirib boriladi, so'ngra yana 0 gacha kamaytiriladi.

Yuklanish xarakteristikasi - yakor toki $I_a = I_N = const$ bo'lganda generator chiqish klemmlaridagi kuchlanish U_a ning qo'zg'atish toki $I_{qo'z}$ ga bog'liqligi $U_a = f(I_{qo'z})$ ni ifodalovchi egri chiziq (1.7- rasm ,2.).

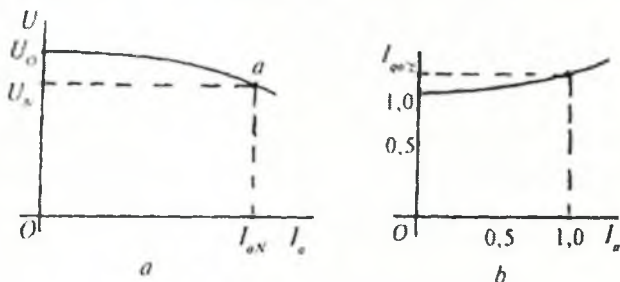
Yuklanish xarakteristikasi yakor zanjiridagi qarshiliklarda kuchlanishning pasayishi va yakor reaksiyasining magnitsizlovchi ta'siri tufayli SIX ga nisbatan pastda joylashadi.



1.7 - rasm. Mustaqil qo'zg'atishli generatorning salt ishlash (a) va yuklanish (b) harakteristikalari.

Tashqi xarakteristika - generatorni ishlatish jarayonini belgilovchi asosiy ish xarakteristikadir.

Bu xarakteristika - qo'zg'atish toki $I_{qo'z} = I_{qo'zN} = const$ bo'lganda generatorning chiqish klemmlaridagi kuchlanish U_a bilan yakordan o'tayotgan yuklama toki orasidagi bog'lanish $U_a = f(I_a)$ ni ifodalaydi (1.8 - rasm).



1.8-rasm. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorning tashdi (a) va rostlash (b) harakteristikalari.

Generatorning kuchlanishi U_a , natijaviy magnit oqimiga bog'liq ravishda o'zgaradigan EYK E_a va yakor zanjiridagi (I_{ra})

hamda cho'tkalaridagi (U_r) kuchlanish pasayishlari bilan aniqlanadi:

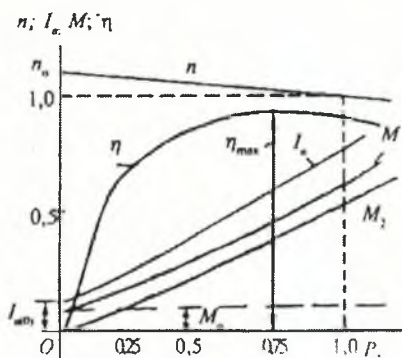
$$U_a = E_a - I_a r_a - U_r$$

Rostlash xarakteristikasi deb $U = U_N = const$ bo'lganda $I_{qo'zg} = f(I_a)$ bog'liqlikka aytiladi (1.8 - rasm, b).

Yuklama toki oshirilganda kuchlanish kamayadi, shartga binoan $U = const$, shu sababli magnit maydoni oshirish lozim, ya'ni qo'zg'atish tokini oshirish kerak bo'ladi.

1.5. Aviatsiya o'zgarmas tok motorining ish xarakteristikalari

Parallel qo'zg'atishli motorning $U_a = U_N = const$ va $I_{aN} = I_{aN} = const$ bo'lgandagi $n, M, I_a, \eta = f(P_2)$ bog'liqlik bilan ifodalanuvchi ish xarakteristikalarini ko'rib chiqamiz (1.9 - rasm).



1.9- rasm. Parallel qo'zg'atishi motorning ish xarakteristikalari.

Parallel qo'zg'atishli motorning aylanish chastotasi n ga faqat ikkinchi darajali ikki omil, ya'ni yakor zanjiridagi kuchlanish

pasayishi $I_a \sum r_a$ va yakor reaksiyasi qarama - qarshi ta'sir e'tadi, ya'ni elektr motor validagi yuklamaning ortishi bilan I_a hamda $\sum I_a r_a$ ning qiymati oshishidan motorning aylanish chastotasi n pasaysa, ko'ndalang yakor reaksiyasining magnitsizlovchi ta'siri tufayli natijaviy magnit oqimi kamayib, motorning aylanish chastotasi n biroz ortadi.

Elektr motor foydali momenti M_2 ning kattaligi uning validagi foydali quvvat P_2 ga to'g'ri mutanosib bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$M_2 = 9,55 \frac{P_2}{n} .$$

Yuklamaning oshishi bilan elektr motorning aylanish chastotasi n biroz kamayadi, shuning uchun ham M_2 P_2 ga nisbatan tezroq o'sadi (1.9- rasm.).

$I_a = P_2 / (C_M \Phi_n)$ ifodadan ko'rinib turibdiki, P_2 quvvat oshishi bilan n biroz pasayadi, yakor reaksiyasi ta'sirida esa magnit oqimi biroz kamayadi, shu sababli $I_a = f(P_2)$ bog'liqlik $M = f(P_2)$ egri chiziqqa nisbatan ordinatalar o'qi tomonga ko'proq og'adi.

FIK (η) ning o'zgarishi quyidagicha tushuntiriladi. O'zgarmas tok motoridagi isroflar o'zgarmas (magnit va mexanik isroflar) hamda yuklanmaga bog'liq ravishda o'zgarib turadigan elektr isroflarning yig'indisidan iborat bo'ladi, ya'ni:

$$P = P_M + P_{Mex} + P_E .$$

O'zgarmas tok motorining FIK quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta = 1 - \sum P / P_1 .$$

O'zgarmas va o'zgaruvchan isroflar o'zaro teng bo'lganda η maksimum qiymatga erishadi.

Ketma - ket qo'zg'atishli motorda $I_{qo'z}$ va I_a toklari bir biriga teng ($I_{qo'z} = I_a$) va u bilan bir vaqtda o'zgaradi. $I_{qo'z}$ ning yuklamaga nisbatan bunday mutanosib ravishda o'zgarishi ketma - ket qo'zg'atishli motor ish xarakteristikalarining parallel ko'zg'atishli motor ish xarakteristikalaridan keskin farq qilishiga sabab bo'ladi.

Aralash qo'zg'atishli motorda magnit oqim Φ_o parallel va ketma - ket qo'zg'atish chulg'amlari MYK larining birgalikdagi ta'siridan vujudga keladi.

Mos ulangan aralash qo'zg'atishli motorda parallel va ketma - ket qo'zg'atish chulg'amlari hosil qilgan MYK larning yo'nalishi bir xil bo'lib, ular qo'shiladi ($\Phi = \Phi_{sh} + \Phi_s$). Amalda shu hol ko'p qo'llaniladi.

Mos ulangan aralash qo'zg'atishli motorning ish xarakteristikalari parallel qo'zg'atishli motorning ish xarakteristikalariga yaqinlashadi.

Nazorat savollari

1. Aviatsiya elektr mashinalariga qanday talablar qo'yiladi?
2. O'zgarmas tok generatorining ishlash printsipini gapiring.
3. Kollektorning vazifasi nima?
4. Elektromagnit moment formulasini yozib bering.

IKKINCHI BOB.

O'ZGARMAS TOK ELEKTR MASHINALARIDA YAKOR CHULG'AMLARI

2.1. Umumiy tushunchalar

Elektr mashinasining eng asosiy qismi yakor chulg'amidir. Shu sababli yakor chulg'amiga juda katta talablar qo'yiladi:

- kerak bo'lgan EYK ning hosil bo'lishini ta'minlash;
- mexanik mustahkamligi yuqori;
- izolyatsiya qarshiligi va elektr mustahkamligining katta bo'lishi;
- yuqori temperaturaga chidamlilik;
- texnologik jihatdan qulay bo'lishi lozim.

Yakor chulg'amining asosiy elementi sektsiyadir, ular bir - biridan izolyatsiyalangan bir yoki bir necha o'ramdan iborat. Sektsiyalarning pazlarda yotgan qismi aktiv, ularni birlashtiruvchi qismi esa pazlardan tashqi qismi deb ataladi.

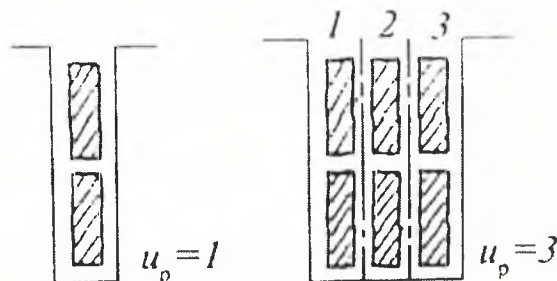
Chulg'amning pazlardan tashqi qismlarini joylashtirish qulay bo'lishi uchun yakor chulg'ami ikki qatlamli qilib tayyorlanadi. Bunda har qaysi sektsiyaning chapdagi aktiv tomoni bir pazning yuqorigi qatlamida, o'ng tomondagisi esa chulg'am qadami y_1 ga teng masofadagi boshqa pazning pastki qatlamida joylashtiriladi. Chulg'am qadami y_1 taxminan qutb bo'linmasining eni τ ga teng bo'ladi ($y_1 = \tau$).

Qutb bo'linmasi - qo'shni qutblarning o'qlari orasidagi yoki qo'shni geometrik neytral chiziqlar orasidagi, yakor aylanasi bo'yicha o'lchangan masofadir, ya'ni

$$\tau = \frac{\pi D_o}{2p} [M] .$$

Sxemalar tuzish, ularni o'qish va yakor chulg'omini tayyorlash qulay bo'lishi uchun elementar paz tushunchasi kiritilgan.

Elementar paz - real pazda yuqori va pastki qatlamlarda ustma - ust joylashgan turli sektsiyalarning ikkita aktiv qismi. Real pazda bitta (2.1 - rasm, a) yoki bir necha (2.1 - rasm, b) elementar paz (U_p) bo'lishi mumkin.



2.1- rasm. O'zgarmas tok mashinalarida elementar paz sxemasi.

Sektsiyada ikkita aktiv tomon bo'lganligi sababli, har qaysi sektsiya S ga bitta elementar paz Z_E to'g'ri keladi. Eng oddiy holda real pazda bitta elementar paz $U_p = 1$ turadi, demak, yakorning real z va elementar Z_E pazlari soni o'zaro teng bo'lganligidan

$$z = Z_E = S = k \quad (2.1)$$

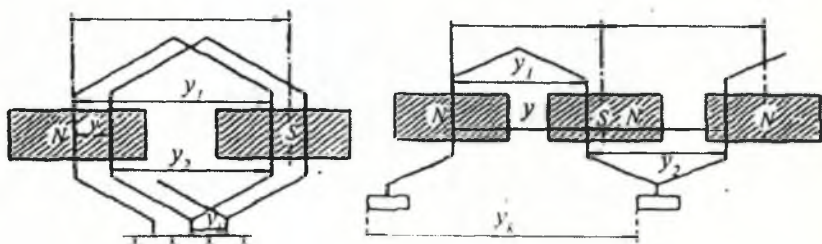
Biroq to'g'rilangan kuchlanish va tokning pulsatsiyalanishini qamaytirish maqsadida pazning har qaysi qatlamida yonma - yon tarzda sektsiyalarning bir necha ($U_p = 2 \div 5$) tomoni

joylashtiriladi. Bunda elementar pazlar va kollektor plastinalari soni real pazlar soniga qaraganda U_p marta ko'payadi.

Chulg'amlarni hisoblashda mashina qutb bo'linmasi τ ni elementar pazlari soni orqali ifodalash qulay, ya'ni

$$\tau = z_E / 2p. \quad (2.2)$$

Sektsiyalarning shakli va ularning kollektorga biriktirilish usullariga ko'ra, sirtmoqsimon va to'lqinsimon (2.2- rasm) hamda aralash yakor chulg'amlari bo'ladi. Sirtmoqsimon va to'lqinsimon chulg'amlar oddiy va murakkab ko'rinishda tayyorlanishi mumkin. Aralash chulg'am - murakkab to'lqinsimon va oddiy sirtmoqsimon chulg'amlarning parallel ulanishidan hosil bo'ladi.



2.2- rasm. O'zgarmas tok mashinasi sirtmoksimon va to'lqinsimon yakor chulg'amlarining elementlari va qadamlari.

Sirtmoqsimon chulg'amning birinchi qadami (y_1) chulg'am sektsiyasining ikkita aktiv qismi orasidagi masofa (sektsiya eni) ga teng va u butun son bo'lishi shart:

$$y_1 = \frac{z_E}{2p} \pm \varepsilon = C_1, \quad (2.3)$$

bunda C_1 - butun son; $\mathcal{E}$ - birdan kichik son bo'lib, butun son hosil qilish uchun sektsiyaning eni $y_1\mathcal{E}$ songa kamaytiriladi, yoki uzaytiriladi. $(y_1 + \mathcal{E})$ bo'lganda chulg'am uzaytirilgan, $(y_1 - \mathcal{E})$ bo'lganda qisqartirilgan qadamli, $(y_1 < \tau)\mathcal{E} = 0$ bo'lganda esa to'la qadamli $(y_1 = \tau)$ chulg'am deyiladi.

Qisqartirilgan qadamli chulg'amning pazlardan tashqari qismlarining uzunligi to'la qadamlinikiga nisbatan kam bo'ladi, demak, mis kamroq sarflanadi, shuning uchun ham amalda qisqartirilgan qadamli chulg'am ishlatiladi.

Chulg'amning ikkinchi qadami y_2 chulg'am bitta sektsiyasining ikkinchi tomoni bilan shu sektsiyaga ketma - ket ulangan navbatdagi sektsiyaning birinchi aktiv qismi orasidagi masofaga teng:

$$y_2 = y_1 - y. \quad (2.4)$$

Chulg'amning natijaviy qadami u ketma - ket ulangan ikkita sektsiyaning birinchi aktiv qismlari orasidagi masofaga teng, ya'ni oddiy (a) va murakkab (b) sirtmoqsimon chulg'amlar uchun

$$\left. \begin{array}{l} a) \quad y = y_k = \pm 1; \\ b) \quad y = y_k = \pm m; \end{array} \right\} \quad (2.5)$$

bunda m - chulg'amlar soni.

Chulg'amning kollektor bo'yicha qadami y_k bir sektsiyaning boshi va oxiri ulangan kollektor plastinalari orasidagi masofaga teng va (2.5) formula bo'yicha hisoblanadi. Bu tengliklarda "+"

ishora o'ng yo'lli chulg'amga, "-" ishora esa chap yo'lli chulg'amga taalluqlidir.

Amalda chulg'am sektsiyalari yakor aylanasi bo'yicha chapdan o'ngga qarab joylashtiriladi, ya'ni o'ng yo'lli chulg'am ishlatiladi (bunda mis biroz tejaladi).

Yakor chulg'am sektsiyalarini pazlarga joylashtirib, kollektorga ulangandan keyin, tenglashtiruvchi ulanishlarni bajarish maqsadida, teng potentsialli nuqtalarni aniqlash kerak bo'ladi. Buning uchun tenglashtiruvchi ulanishlar qadami Y_{TENG} topiladi, Y_{TENG} parallel shoxobchalarning bir jufti "a" ga mos keladigan sektsiyalar yoki kollektor plastinalari soni bilan o'lchanadi.

2.2. Yakor chulg'amining simmetriklik shartlari

Mashina yaxshi ishlashi uchun chulg'am hamma parallel shoxobchalarining EYK lari va ularning qarshiliklari bir xil bo'lishi zarur, bunda barcha parallel shoxobchalarning toki i_a ham bir xil bo'ladi.

Yakor chulg'amlarining simmetriklik shartlari quyidagi nisbatlarda aniqlanib, natijalar butun son (C_2, C_3, C_4 va C_5) bo'lishi kerak:

- yakorda pazlar bir tekis taqsimlanishi hamda har qaysi pazda teng sonli o'tkazgichlar joylashtirilishi kerak:

$$\frac{S}{z} = \frac{K}{z} = C_2; \quad (2.6)$$

- ko'p qutbli mashinalarda chulg'amning har qaysi parallel shoxobchalari tarkibida butun songa teng bo'lgan bir xil sektsiyalar va kollektor plastinalari bo'lishi zarur:

$$\frac{S}{a} = \frac{K}{a} = C_3; \quad (2.7)$$

- har qaysi parallel shoxobchalarning sektsiyalari yakorda bir xil sondagi pazlarni egallashi shart:

$$\frac{z}{a} = C_4; \quad (2.8)$$

- chulg'amning simmetrik joylashgan parallel shoxobchalari magnit maydonda bir xil vaziyatda bo'lishi kerak, ya'ni

$$\frac{2p}{a} = C_5. \quad (2.9)$$

(2.6)÷(2.9) ifodalar o'zgarmas tok mashinalari yakor chulg'amlarining simmetriklik shartlaridir.

Yuqorida aytib o'tilgan simmetriklik shartlari bajarilmasa, chulg'am nosimmetrik bo'lib, undan mashinaning ishiga salbiy ta'sir etuvchi tenglashtiruvchi toklar o'tadi.

Nazorat savollari

1. Qutb bo'linmasi nima?
2. Elementar paz tushunchasi nima?
3. Chulg'amning simmetriklik shartlari nimalardan iborat?
4. Yakor chulg'amining turlari nimalarga asosan tanlanadi?

**O'ZGARMAS TOK AVIATSIYA ELEKTR
MASHINALARIDA KOMMUTATSIYA**

3.1. Umumiy tushunchalar

Kollektor plastinalari qo'zg'almas holatdagi cho'tkadan sirpanib o'tib, yakor chulg'amininig sektsiyalari bitta parallel shoxobchadan uzilib ikkinchisiga ulangan paytdagi tokning o'zgarish jarayoni kommutatsiya deyiladi. Bu jarayonda mexanik, potentsial va kommutatsion sabablarga ko'ra kollektorda uchqun chiqishi mumkin.

Mexanik - sabablarga cho'tkalarining kollektorga bo'shroq tegishi, cho'tkalarining kollektor sirtiga tekis joylashmasligi, cho'tkalarni bosib turuvchi prujinaning bo'shligi, kollektor sirtining yomon tekislanganligi va boshqalar kiradi.

Potentsial sabablar kollektordagi qo'shni plastinkalar orasida sezilarli potentsiallar farqi sodir bo'lganda hosil bo'ladi.

Kommutatsion (elektromagnit) sabablarni yakor chulg'ami sektsiyalarining bir parallel shoxobchadan boshqa parallel shoxobchaga o'tish vaqtida sektsiya va cho'tkalar tagida bo'ladigan fizik jarayonlar keltirib chiqaradi.

**3.2. O'zgarmas tok aviatsiya elektr mashinalarida
kommutatsiya**

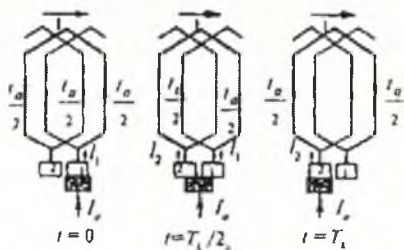
Kommutatsiya sodir bo'ladigan sektsiya kommutatsiyalanuvchi sektsiya, kommutatsiya jarayoni sodir bo'lishiga sarflangan vaqt esa kommutatsiya davri T deyiladi. Kommutatsiya

jarayonini tahlil qilishda cho'tkalar geometrik neytralda joylashgan va kommutatsiyalanayotgan sektsiyada butun kommutatsiya davri davomida EYK induktsiyalanmaydi deb, cho'tkaning kengligini esa kollektor bo'linmasiga teng $\delta_{ch} = \delta_k$ deb qabul qilinadi.

Bunday paytdagi tokning o'zgarishi $\frac{i_1}{i_2} = \frac{r_{ch1}}{r_{ch2}}$ tenglik orqali ifodalanadi, bunda i_1, i_2 tegishlicha, 1 va 2 - plastinalardagi tok bo'lib, bu tok o'tkinchi aktiv qarshiliklar (r_{ch1} va r_{ch2})ga teskari mutanosibdir. Kommutatsiyalanuvchi sektsiyadagi tok $i = i_1 - i_2$ bo'ladi. 1 - plastina bilan cho'tka orasidagi kontakt yo'qola borgan sari r_{ch1} qarshilik ortib, i_1 kamayadi. Cho'tka 2 - plastinaga o'ta borgan sari oldin katta qiymatga ega bo'lgan r_{ch2} qarshilik kamaya borib, tok i_2 ortadi. Cho'tkaning yuzasi ikkala plastinaga teng tegib turgan paytda (3.1 - rasm, b) o'tkinchi aktiv qarshilik $r_{ch1} = r_{ch2}$, kommutatsiyalanuvchi sektsiyadagi tok $i_1 - i_2 = 0$ bo'ladi.

Shunday qilib, kommutatsiya davrida kommutatsiyalanayotgan sektsiyadagi tok $+i$ dan $-i$ gacha o'zgaradi, tokning o'zgarish grafigi esa to'g'ri chiziqli bo'ladi. Bunday kommutatsiya to'g'ri chiziqli kommutatsiya deyiladi va u mashina uchun hech qanday salbiy oqibatlar vujudga keltirmaydi (3.1 - rasm, a).

Ta'kidlash lozimki, o'zgarmas tok mashinasining real ish sharoitlarida kommutatsiya jarayoni ancha murakkab kechada, chunki kommutatsiya davri juda qisqa, ya'ni $10^{-4} - 10^{-5}$ s. ni tashkil qiladi. Sektsiyada tokning bunday tez o'zgarishi natijada katta



3.1- rasm. Kommutatsiyalanuvchi sektsiyada tok yunalishining o'zgarishi.

qiymatli o'z - induksiya EYK e_L , qo'shni sektsiyada o'zaro induksiya EYK e_M hosil bo'lib, ularning yigindisi esa reaktiv EYK deyiladi:

$$\left. \begin{aligned} e_L &= -L_s \left(\frac{di}{dt} \right) \\ e_M &= -M_s \left(\frac{di}{dt} \right) \\ e_r &= e_L + e_M \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

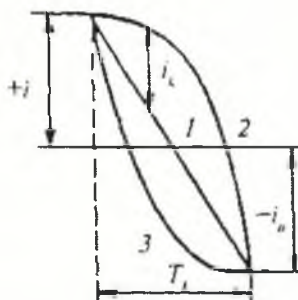
bunda L_s - sektsiyaning induktivligi; i - sektsiyadagi tok; M_s - bir vaqtda kommutatsiyalanuvchi sektsiyalarning o'zaro induktivligi.

Bu EYK Lents qoidasiga binoan kommutatsiyalanuvchi sektsiyada tokning o'zgarishiga to'sqinlik qiladi, shu sababli uni reaktiv EYK deyiladi.

Bundan tashqari, yakor reaksiyasi ta'sirida kommutatsiya zonasida (geometrik neytralda) magnit induksiya biror B_K qiymatga etadi va bu induksiya ta'sirida ham kommutatsiyalanuvchi sektsiyada tashqi maydon tufayli EYK

hosil bo'ladi. Shunday qilib, kommutatsiyalanuvchi sektsiyada natijaviy EYK $\sum e = e_e + e_k$ hosil bo'ladi.

Kommutatsiyalanuvchi tokni reaktiv EYK hosil qiladi, reaktiv EYK hosil qilgan tok esa, ma'lumki, Lents qoidasiga binoan, elektr zanjirida tokning o'zgarishiga to'sqinlik qiladi. Shu sababli cho'tka ikkita plastinani bir xil qoplaganda ham kommutatsiyalanuvchi sektsiyadagi tok nolga teng bo'lmaydi. Tok kommutatsiyaning ikkinchi yarim davridagina nolga tushadi, natijada kommutatsiya egri chiziqli sekinlashgan bo'ladi (3.2 - rasm, 2).



3.2- rasm. O'zgarmas tok mashinasida tok kommutatsiyasi:

1 - to'g'ri chiziqli; 2 - sekinlashgan; 3 - tezlashgan.

Mashina ortiqcha yuklama bilan ishlaganda cho'tkaning tok zichligi katta bo'lgan tomoni qiziydi va kollektor bilan cho'tka orasida uchqun chiqa boshlaydi. Kommutatsiyalanuvchi sektsiyaning qarshiligi r_s ancha kichik bo'lgani uchun uni etiborga olmay, kommutatsiyaning asosiy tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$e_r + e_k = i_1 r_{ch1} - i_2 r_{ch2} . \quad (3.2)$$

3.3. Kommutatsiyani yaxshilash yo'llari

O'zgarmas tok mashinalarida qoniqarsiz kommutatsiyaning asosiy sababi kommutatsiyaning qo'shimcha tokidir:

$$i_k = \frac{\mathcal{E}e}{r_{ch}} \quad (3.3)$$

Bu tokni kamaytirish uchun kichik quvvatli mashinalarda katta qarshilikli cho'tkalardan foydalanish mumkin. Pasaytirilgan kuchlanishli katta quvvatli mashinalarda esa mis - grafitli yoki bronza - grafitli cho'tkalardan foydalaniladi.

Kompensatsiyalovchi chulg'am vositasida yakor reaksiyasining ta'siri kamaytiriladi. Kommutatsiya zonasida tashqi magnit maydon yaratilib, bu maydon kommutatsiyalovchi seksiyalarda reaktiv EYK e_r ga kattaligi jihatidan teng va qarama - qarshi yo'nalgan EYK e_k ni hosil qiladi. Bu holda kommutatsiyalovchi seksiyada $e_r + e_k = 0$ va kommutatsiya to'g'ri chiziqli bo'lib qoladi (3.2 - rasm, 1).

Kommutatsiya zonasida bunday tashqi magnit induksiyaning hosil qilish uchun quvvati 1 kW dan ortiq bo'lgan mashinalarda qo'shimcha qutblar, 150 kW va undan katta quvvatli mashinalarda esa kompensatsiyalovchi chulg'amlar yakor chulg'amiga ketma - ket ulanadi. Agar ko'shimcha qutblar MYK ning qiymati yakor chulg'aminikidan katta bo'lsa, $e_k > e_r$ bo'ladi, natijada ish toki i ga qarama-qarshi yo'nalgan kommutatsiya toki i_k paydo bo'lishi tufayli kommutatsiya egri chiziqli tezlashgan bo'ladi (3.1-rasm, 3).

Agar $e_k < e_r$ bo'lsa, kommutatsiya sekinlashib qoladi (2.4-rasm, 2).

Kommutatsiya jarayonida yuqori chastotali elektromagnit

to'liqlar hosil bo'ladi. Ular radio va televidion qurilmalar ishiga xalaqit beradi. Shovqinni kamaytirish uchun yakorga kondensatorni parallel ulash yo'li bilan yuqori chastotali kuchlanish va toklar filtrlanadi.

Aviatsiya elektr mashinalari ananaviy elektr mashinalariga nisbatan juda og'ir sharoitda ishlaganligi sababli, ularda kommutatsiya jarayoni murakkab o'tadi.

Shu sababli kollektor va cho'tkalarining ishdan chiqishini oldini olish uchun maxsus cho'tkalar ishlatiladi va ular maxsus moy qavati hosil qilib ishlaydi.

Samolyotlarning baland uchish va qizish temperaturasiga qarab, ularda quyidagi cho'tka turlari ishlatiladi:

1. Cho'tkalar 180°C gacha qiziganda:

a) 12 km balandlikkacha - mis - grafit, elektr-grafitli, kumush-grafit, grafitli va mis-grafit - qo'rg'oshinli;

b) 15 km balandlikkacha - mis - grafit, mis - grafit - qo'rg'oshin va elektr-grafitli;

c) 18 km balandlikkacha - mis - grafit -qo'rg'oshin-qalayli.

2. Cho'tkalar 250°C gacha qiziganda va balandlik 25 km gacha bo'lganda molibden disulfatli cho'tka ishlatiladi.

Nazorat savollari

1. Kommutatsiya deb nimaga aytiladi?
2. Nima sababdan kommutatsiya sekinlashgan bo'ladi?
3. Ko'shimcha qutblarning vazifasi nimalardan iborat?
4. Tezlashgan kommutatsiya deb nimaga aytiladi?
5. Kommutatsiyani yaxshilash usullari haqida nimalarni bilasiz?

TO'RTINCHI BOB.

O'ZGARMAS TOK AVIATSIYA ELEKTR MASHINALARIDA QUVVAT ISROFLARI, FOYDALI ISH KOEFFITSIENTI VA MASHINANING SOVISHI

4.1. Quvvat isroflarining turlari

Elektr mashinalarining foydali quvvati unga berilgan quvvatdan kam, chunki ularda elektr energiyaning mexanik energiyaga yoki mexanik energiyaning elektr energiyaga aylanishida energiyaning bir qismi issiqlik energiyasiga aylanib, isrof bo'ladi va mashina qismlarini qizdiradi.

Elektr isroflar: Elektr mashinaning har qaysi chulg'am o'tkazgichlaridan tok o'tganda tokning kvadratiga va chulg'am qarshiligiga mutanosib bo'lgan asosiy quvvat isroflari vujudga keladi.

Chulg'amlardagi elektr isroflar Joule - Lents qonuni bo'yicha topiladi

$$P_E = I^2 R , \quad (4.1)$$

bu erda I - chulg'amdagi tok; R - chulg'amning qizigandagi qarshiligi:

$$R = R_0 (1 + \alpha \theta) .$$

bunda R_0 - chulg'amning normal temperaturadagi aktiv qarshiligi; α - chulg'am (mis) qarshiligining temperatura koeffitsienti; θ - chulg'amning qizish temperaturasi.

Cho'tka kontaktlarida vujudga keladigan isroflar quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{e,r} = 2\Delta U_r I_a, \quad (4.2)$$

bunda ΔU_r - bitta cho'tka kontaktida kuchlanish tushishi.

Magnit isroflar. Yakor po'lat o'zagida magnit isroflar hosil bo'ladi.

Yakor po'lat o'zagidagi va tishlardagi gisterezis va uyurma toklar hosil qilgan isroflar quyidagicha aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} P_{ya, p, o'} &= P_{1/50} KB^2 \left(\frac{f}{50} \right)^{1.3} m_{ya, p, o'}, \\ P_{p, o', t} &= P_{1/50} KB^2 \left(\frac{f}{50} \right)^{1.3} m_{p, o', t} \end{aligned} \right\} \quad (4.3)$$

bunda $P_{ya, p, o'}$ - yakor po'lat o'zagidagi isrof; $P_{p, o', t}$ - yakor po'lat o'zagi tishlaridagi isrof; $P_{1/50}$ - solishtirma isrof; $K = 2 \div 3$ texnologik koeffitsient; B_{ya} - yakor po'lat o'zagidagi induksiya; $B_{p, o'}$ - yakor po'lat o'zagi o'rtacha yuza bo'yicha tishlardagi induksiya; $m_{ya, p, o'}$ - yakor po'lat o'zagining massasi; $m_{p, o', t}$ - yakor po'lat o'zagi tishlarining massasi.

Mexanik isroflar. Bu isroflar faqat rotorning aylanish chastotasiga bog'liq bo'ladi:

$$P_{mex} = K_n \left(\frac{n}{1000} \right)^2 \cdot (10D_a), \quad (4.4)$$

bu erda K_n - ishqalanish koeffitsienti; D_a - rotorning diametri.

Quvvati $10 \div 500$ kW bo'lgan o'zgarmas tok mashinalarida mexanik isroflar mashina nominal quvvatining tegishli $2 \div 0,5\%$ ni tashkil qiladi.

Qo'shimcha isroflar. O'zgarmas tok mashinalarida ko'ndalang yakor reaksiyasi ta'sirida qutb uchligi chekkalarida va uning ro'parasidagi yakor o'zagi tishlarida magnit oqimining notekis taqsimlanishi magnit isroflarni oshirsa, sirt e'ffekti natijasida o'tkazgichlarda tokning notekis taqsimlanishi esa elektr isroflarni oshiradi. Kompensatsion chulg'ami bo'lmagan o'zgarmas tok mashinasida qo'shimcha isrof foydali quvvatning 1 % ni tashkil e'tadi deb qabul qilinadi. Kompensatsion chulg'ami bo'lgan mashinalarda esa foydali quvvatning 0,5% tashkil e'tadi.

Quvvati 300 Vt gacha bo'lgan o'zgarmas tok aviatsiya elektr mashinalarida qo'shimcha isroflar qolgan barcha quvvat isroflarining 10 ÷ 15% ni tashkil qiladi.

4.2. Foydali ish koeffitsienti

Elektr mashinasining foydali ish koeffitsienti (FIK) η quyidagicha aniqlanadi:

generator uchun

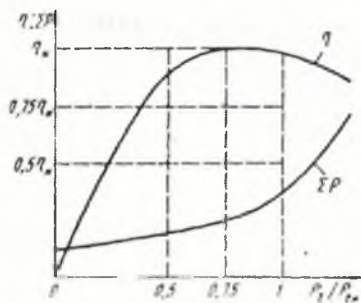
$$\eta = \left[1 - \frac{\sum P}{P_2 + \sum P} \right] \cdot 100, \quad (4.5)$$

motor uchun

$$\eta = \left(1 - \frac{\sum P}{P_1} \right) \cdot 100, \quad (4.6)$$

bu erda $\sum P$ - yig'indi quvvat isrofi; P_2 - foydali quvvat; P_1 - motorga berilayotgan quvvat.

FIK yuklamaga bog'liq bo'ladi (4.1 - rasm).



4.1- rasm. O'zgarmas tok mashinasida FIK va isroflarining yuklamaga bog'liqligi.

Mashina yuklamasiz ishlayotganda $\eta = 0$, chunki $P_2 = 0$. Yuklama oshishi bilan η ham oshib boradi. Hamma elektr mashinalarda o'zgaruvchan isroflar o'zgarmas isroflarga teng bo'lganda η maksimal qiymatga erishadi. Yuklamaning keyingi oshishi η ni pasayishiga olib keladi, chunki elektr isroflarining oshishi foydali quvvat o'sishidan katta bo'ladi.

$\Sigma P = f\left(\frac{P_2}{P_{20}}\right)$ bog'lanish noldan boshlanmaydi, chunki salt ishlash rejimida o'zgarmas isroflar $(P_p + P_{MEX})$ bo'ladi.

Quvvati $3 \div 18$ kW bo'lgan o'zgarmas tok aviatsiya generatorlarning FIK $\eta = 0,74 \div 0,78$ ga teng bo'ladi.

Quvvati $5 \div 100$ W bo'lgan o'zgarmas tok aviatsiya motorlarining FIK $\eta = 0,2 \div 0,5$; quvvati 2000 W gacha bo'lgan motorlarda esa $\eta = 0,65$ gacha etadi.

4.3. Aviatsiya elektr mashinalarining sovutilishi

Aviatsiya elektr mashinalari havo zichligi kichik bo'lgan atmosferada ishlaydi, bu esa mashina sovishini qiyinlashtiradi. Shuning uchun aviatsiya elektr mashinalarini sovutilishi muhim ahamiyatga ega.

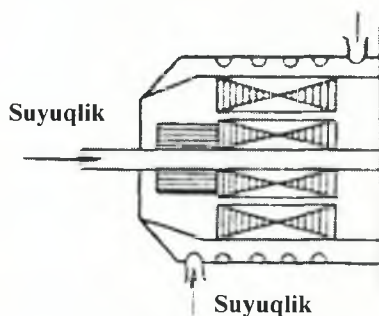
Agar mashinada maxsus sovitish qurilmasi bo'lmasa, bunday sovutilish tabiiy sovutilish deyiladi.

Rotorda ventilyator bo'lsa, bunday sovutilish o'z - o'zini sovitish deyiladi. Bunday sovutilish ikki xil bo'ladi:

-ichki ventilyatsiya(havo oqimi mashinaning ichidan o'tadi);

-tashqi ventilyatsiya (havo oqimi mashina korpusining qovurg'asimon yuzasidan o'tadi).

Juda baland, katta tezlik bilan uchuvchi samolyotlardagi elektr generatorlarini sovitish uchun suyuqlik (4.2 rasm) va suyuqlik bug'lanishi qo'llaniladi. Suyuqlik sifatida suv, spirt va suv aralashmasi, kerosin va moy ishlatilishi mumkin.



4.2- rasm. Aviatsiya generatorini suvlik bilan sovitish

Nazorat savollari

1. Elektr mashinalarda quvvat isroflarining turlarini ayting?
2. Elektr isroflar qayerdan sodir bo`ladi?
3. Magnit isroflar haqida tushuntiring.
4. Mexanik va qo`shimcha isroflar nima?
5. Elektr mashinasining foydali ish koeffitsiyenti nima?
6. Aviatsiya elektr mashinalarida qanday sovitish usullarini bilasiz?

IKKINCHI BO'LIM.

AVIATSIYA TRANSFORMATORLARI

BESHINCHI BOB.

BIR FAZALI VA UCH FAZALI TRANSFORMATORLAR

5.1. Transformatorlarning samolyotlarda ishlatilishi

O'zgaruvchan tok kuchlanishining qiymatini o'zgartirib beruvchi statik elektromagnit apparatga transformator deyiladi.

Bir fazali transformatorida ikkita chulg'am bo'lib, kuchlanish beriladigan chulg'ami birlamchi va yuklamaga ulanadigan chulg'am esa ikkilamchi chulg'am deb ataladi.

Agarda birlamchi chulg'am o'ramlar soni W_1 ikkilamchi chulg'am o'ramlar soni W_2 dan katta ($W_1 > W_2$) bo'lsa, transformator pasaytiruvchi, agarda $W_1 < W_2$ bo'lsa, oshiruvchi transformator deyiladi.

Aviatsiya transformatorlari odatda pasaytiruvchi bo'lib, ularning quvvati 50 V dan 15000 V gacha bo'ladi. Ular 208/120 V kuchlanishni kerakli qiymatgacha pasaytirib beradi.

Turli xil transformatorlar samolyotlardagi asbob-uskunalarda, avtomatik boshqarish sxemalarida va himoya sxemalarida keng qo'llaniladi.

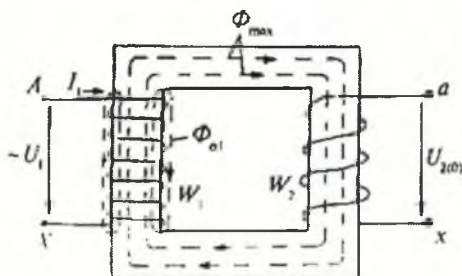
5.2. Transformatorning tuzilishi va ishlash printsiipi

Transformator aktiv va konstruktiv qismlardan tuzilgan. Aktiv qismiga po'lat o'zak va chulg'amlar kiradi. Konstruktiv

qismiga esa aktiv qismini himoya qilib turuvchi korpus va boshqa elementlar kiradi.

Aviatsiya transformatorlari an'anaviy transformatorlarga qaraganda yuqori chastotali (400 Gts) tokka mo'ljallangan bo'lib, bir xil quvvatda ularning massasi va o'lchamlari kichik bo'ladi.

Transformatorning ishlash printsipi elektromagnit induksiya hodisasiga asoslangan. Buni oddiy bir fazali ikki chulg'amli kuchlanishni pasaytiruvchi transformator misolida ko'rib chiqamiz (5.1 - rasm).



5.1- rasm. Bir fazali transformatorning elektromagnit sxemasi.

Ikkilamchi chulg'amiga yuklama ulanmagan transformatorning birlamchi chulg'ami o'zgaruvchan tok manbaiga ulansa, birlamchi chulg'amdan salt ishlash toki $I_1 = I_0$ o'tadi. Uning reaktiv tashkil etuvchisi $I_0 \approx I_{0r}$ shu chulg'amda magnit yurituvchi kuch (MYK) $I_0 W_1$ ni vujudga keltirib, u esa o'z navbatida, asosiy magnit oqim Φ va tarqoq oqim $\Phi_{\delta 1}$ larni hosil qiladi.

Asosiy magnit oqimi Φ ning kuch chiziqlari birlamchi va ikkilamchi chulg'am o'ramlari bilan deyarli to'la ilashib elektromagnit induksiya qonuniga asosan birlamchi chulg'amda o'zinduksiya EYK e_1 ni, ikkilamchi chulg'amda esa o'zaro

induktsiya EYK e_2 ni hosil qiladi. Ularning oniy qiymatlari Maksvell tomonidan elektromagnit induktsiya hodisasini yangicha ta'riflab kiritgan formulasi bo'yicha aniqlanadi, ya'ni:

$$e_1 = W_1 \left(\frac{d\Phi}{dt} \right); e_2 = W_2 \left(\frac{d\Phi}{dt} \right), \quad (5.1)$$

Bunda W_1, W_2 - tegishli birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar o'ramlari soni; Φ - ikkala chulg'am uchun umumiy bo'lgan magnit oqimi.

Agarda ikkilamchi chulg'amga yuklama ulansa, u holda bu chulg'amdan tok o'tadi.

5.3. Bir fazali transformatorning salt ishlash va qisqa tutashuv rejimlari

Salt ishlash tajribasi ikkilamchi chulg'amga yuklama ulamasdan ($I_2 = 0$) o'tkaziladi. Transformatorning bitta chulg'amiga rostlagich vositasida beriladigan kuchlanish U_1 ni 0 dan $1,2U_N$ qiymatgacha oshirib, elektr o'lchash asboblari yordamida kuchlanish U_1 , salt ishlash toki I_0 va salt ishlash quvvati P_0 o'lchab olinadi va quvvat koeffitsienti $\cos \varphi_0$ hisoblanadi.

Bular asosida qurilgan $I_0 = f(U_0)$; $P_0 = f(U_1)$ va $\cos \varphi_0 = f(U_1)$ bog'lanishlar salt ishlash xarakteristikallari deyiladi.

Quvvati 0,05 kV dan 10 kV gacha bo'lgan aviatsiya transformatorlarida salt ishlash toki $I_0 = (0,2 \div 0,02)I_N$ bo'ladi.

Transformatorning asosiy parametrlaridan biri transformatsiyalash koeffitsienti K_T bo'lib, u quyidagicha aniqlanadi:

$$K_T = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} \quad (5.2)$$

Birlamchi chulg'ami nominal kuchlanishga ulangan transformator ikkilamchi chulg'aming qisqa tutashuvi avariya rejimi hisoblanadi. Bunday rejimda chulg'amlardan o'tadigan tok nominal tokka nisbatan bir necha o'n marta katta bo'ladi.

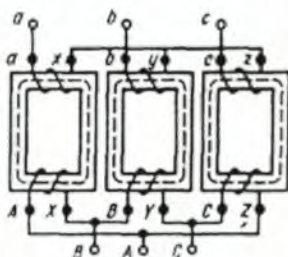
Qisqa tutashuv tajribasini o'tkazish uchun ikkilamchi chulg'amni qisqa tutashtirib birlamchi chulg'amga pasaytirib beriladigan kuchlanish U_{qt} . O dan boshlab, chulg'amdagi tokning qiymati nominalga etguncha oshiriladi. Qisqa tutashuv toki $I_{qt} = I_{IN}$ bo'lgandagi kuchlanish qisqa tutashuv kuchlanishi U_{qt} deb ataladi va u transformatorning muhim parametrlaridan biri hisoblanadi.

Aviatsiya transformatorlarida $U_{qt} = (2 \div 10\%)U_{IN}$ ni tashkil qiladi.

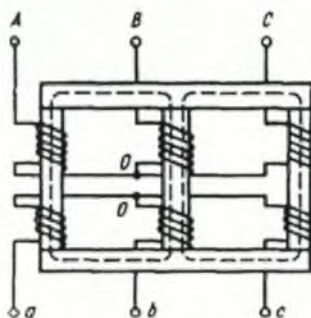
5.4. Uch fazali transformatorlar

Uch fazali transformatorlar guruhli (5.2 - rasm) va uch sterjenli (5.3 - rasm) turlarga bo'linib, ularning chulg'amlari yulduz (Y) va uchburchak (Δ) usullarda ulanadi.

Uch fazali ikki chulg'amli transformatorlarda yuqori kuchlanish YuK faza chulg'amlarining bosh va oxirgi uchlari tegishli - "A", "B", "C" va "X", "Y", "Z", past kuchlanish PK



5.2- rasm. Guruhli uch fazali transformator.



5.3- rasm. Uch sterjenli uch fazali transformator.

fazaviy chulg'amlarining bosh uchlari - "a", "b", "c" va oxirgi uchlari tegishli - "x", "y", "z" harflari bilan belgilanadi.

Transformator chulg'amlarining ulanish sxemasi Y/Δ , Δ/Δ , Y/Y , Δ/Δ bo'lishi mumkin. Suratda YK chulg'amining ulanish sxemasi, maxrajda esa PK chulg'amining ulanish sxemasi ko'rsatilgan bo'ladi.

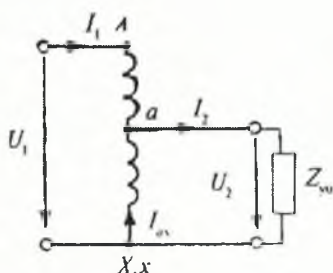
Uch fazali transformatorlarda chulg'amlarning ulanish guruhlari YK va PK chulg'amlariga tegishli bir xil liniya (bir fazali transformatorlarda esa faza) kuchlanishlari vektorlarining o'zaro siljish burchagini ifodalaydi.

5.5. Avtotransformatorlar

Samolyotlarda bir fazali avtotransformatorlar qo'llaniladi. Ularning quvvati 0,5; 1,0; 1,5; 3 kV bo'ladi.

Chulg'amlari elektromagnit bog'lanishdan tashqari elektr bog'lanishga ham ega bo'lgan transformator turi avtotransformator deb ataladi.

Agar avtotransformator chulg'amining "AX" uchlarini tarmoqqa ulab, "ax" qismiga iste'molchi ulansa, pasaytiruvchi avtotransformator (5.4 - rasm), agarda "ax" qismini tarmoqqa ulab, "AX" uchlariga iste'molchi ulansa, oshiruvchi avtotransformator bo'ladi.



5.4- rasm. Chulg'amining bir qismi ikkilamchi chulg'am vazifasini bajaradigan bir fazali pasaytiruvchi avtotransformatorning printsipl sxemasi.

Yuklama ulangan pasaytiruvchi avtotransformatorning "AX" chulg'amiga (o'ramlar soni W_{AX}) o'zgaruvchan kuchlanish U_1 berilganda, undan salt ishlash toki $I_{o.A.}$ o'tib, transformatoridagi singari o'zinduktsiya EYK E_{AX} hosil bo'ladi.

Salt ishlashda shu chulg'amning yuklama ulanadigan (o'ramlar soni W_{ax}) qismidagi EYK E_{ax} kelib chiqishiga ko'ra o'zinduktsiya EYK bo'lib, u E_{ax} ning bir qismini tashkil e'tadi.

Avtotransformatorning transformatsiyalash koeffitsienti K_A quyidagicha aniqlanadi:

$$K_A = E_{ax} / E_{AX} = W_{ax} / W_{AX} \approx U_1 / U_2. \quad (5.3)$$

Salt ishlash rejimidan avtotransformatorning transformatsiyalash koeffitsienti K_A , salt ishlash toki I_{ONA} , isroflari P_{ONA} va parametrlarini aniqlash mumkin.

Pasaytiruvchi avtotransformatorga yuklama ulanganda chulg'amning birlamchi zanjiridan I_1 , ikkilamchi zanjiridan esa $I_2 > I_1$ tok o'tadi.

Pasaytiruvchi avtotransformator chulg'amining umumiy qismi "a-x" bo'yicha o'tayotgan tok I_{ax} .

$$I_{ax} = I_2 - I_1, \quad (5.4)$$

birlamchi zanjir toki I_1 ga teskari, ikkilamchi zanjir toki I_2 bilan esa mos yo'nalgan bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Aviatsiya transformatorlari haqida tushuncha.
2. Transformatorning ishlashi nimaga asoslangan?
3. Transformatorlarda o'zaro induksiya va o'zinduksiya EYK lari qanday aniqlanadi?
4. Transformatsiyalash koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
5. Chulg'amlarning vazifasi nimalardan iborat va ularning qanday turlari mavjud?
6. Uchish apparatlarida qanday transformatorlar ishlatiladi?

OLTINCHI BOB.

TRANSFORMATORLARNING PARALLEL ISHLASHI TRANSFORMATORDAGI QUUVVAT ISROFLARI VA FOYDALI ISH KOEFFITSIENTI

6.1. Transformatorlarni parallel ishlashga ulash shartlari

Transformatorlar parallel ishlaganda ularning birlamchi chulg'ami umumiy tok manбайдan energiya oladi va ikkilamchi chulg'amlari umumiy iste'molchini energiya bilan ta'minlaydi.

Transformatorlarni parallel ishlatish iste'molchilarni elektr energiya bilan uzluksiz ta'minlash imkonini beradi.

Transformatorlarni parallel ishlashga ulash uchun quyidagi shartlar bajarilishi lozim:

- birlamchi nominal kuchlanishlari o'zaro teng $U_{1N(I)} = U_{1N(II)}$ va ikkilamchi nominal kuchlanishlari ham teng bo'lishi, ya'ni liniya transformatsiyalash ko'effitsientlari bir xil bo'lishi:

$$K_{1,I} = K_{1,II} = \dots = K_{1,n}; \quad (6.1)$$

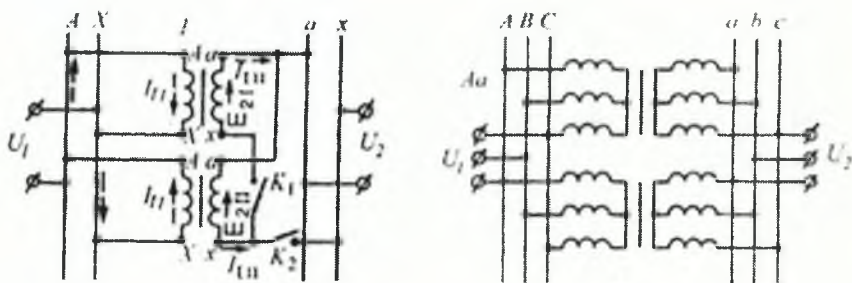
- chulg'amlar ulanish jihatidan bitta guruhga taalluqli bo'lishi lozim;

- qisqa tutashuv kuchlanishlari ham bir xil bo'lishi:

$$U_{q1,I} = U_{q1,II} = \dots = U_{q1,n} \quad (6.2)$$

Ikkita bir fazali kuch transformatorlarini parallel ishlashga ulash sxemasi 6.1 - rasm, a da va parallel ishlashga ulangan ikkita uch fazali transformatorning sxemasi 6.1 - rasm, b da ko'rsatilgan.

Transformatsiyalash koeffitsientlari K_T ularning o'rtacha arifmetik qiymalaridan $\pm 0,5\%$ gacha, qisqa tutashuv kuchlanishlari U_{QT} esa $\pm 10\%$ gacha farq qilganda ham transformatorlarni parallel ishlatish mumkinligi standartda belgilangan.



6.1- rasm. Bir fazali kuch transformatorlarini parallel ishlashga ulash (a), parallel ishlashga ulangan ikkita uch fazali kuch transformatori (b); I - birinchi transformator; II - ikkinchi transformator.

Chulg'amlarning ulanish guruhlarini har xil bo'lganda transformatorlarni parallel ulash mumkin emas, chunki bunda ularning chulg'amlaridan qiymati qisqa tutashuv toki qiymatiga etadigan tenglashtiruvchi tok o'tadi. Bu esa transformatorlar uchun xavflidir.

Agarda $K_{1,I} \neq K_{1,II}$ bo'lsa, transformatorning birlamchi chulg'am EYK shartga ko'ra teng bo'lsa, unda ikkilamchi chulg'am EYK transformatsiyalash koeffitsientlari $K_{1,I} < K_{1,II}$ da $E_{2,I} > E_{2,II}$ bo'ladi. Natijada, $\Delta \dot{E} = \dot{E}_{2,I} + \dot{E}_{2,II}$ bo'lib, uning

ta'sirida transformatorlar chulg'amlari orasida tenglashtiruvchi tok I_r vujudga keladi:

$$I_r = \Delta E / (Z_{QT.I} + Z_{QT.II}), \quad (6.3)$$

bunda Z_{QT} - har bitta transformatorning to'la qisqa tutashuv qarshiligi. Tenglashtiruvchi tok I_r ning ta'siri tufayli transformatorlarda toklar tengsizligi ($I_{2.I} > I_{2.II}$) hosil bo'ladi. Bunday sharoitda transformator T_I o'ta yuklanib, T_{II} niki me'yoridan kam bo'ladi.

Agarda $U_{QT.I} \neq U_{QT.II}$ bo'lsa, qisqa tutashuv kuchlanishi kam bo'lgan transformator ikkinchisiga nisbatan birinchi navbatda nominal quvvatiga erishadi.

Umuman, parallel ishlayotgan transformatorlar orasida yuklama ularning qisqa tutashuv kuchlanishlariga teskari mutanosibda taqsimlanadi, ya'ni

$$(S_I / S_{I.N}) : (S_{II} / S_{II.N}) = U_{QT.II} / U_{QT.I}. \quad (6.4)$$

6.2. Quvvat isroflari va foydali ish koeffitsienti

Ikkilamchi chulg'amdan iste'molchiga berilayotgan aktiv (foyдали) quvvat P_2 ning transformator birlamchi chulg'ami elektr manbaidan oladigan aktiv quvvat P_1 ga nisbati FIK η deyiladi. U quyidagicha topiladi:

$$\eta = P_2 / P_1 = P_2 / (P_2 + \sum P) = 1 - \sum P / (P_2 + \sum P) \quad (6.5)$$

bunda $\sum P$ - quvvat isroflari yig'indisi.

Transformatoridagi quvvat isroflari ($\sum P$) ga po'lat o'zakning qayta magnitlanishi tufayli hosil bo'lgan magnit isroflar va chulg'am o'tkazgichlaridan tok o'tganda Joule - Lents qonuniga binoan vujudga keladigan elektr isroflar kiradi:

$$\sum P = P_0 + K_{YK}^2 \cdot P_{EL}. \quad (6.6)$$

Asosiy va qo'shimcha elektr isroflar tokning kvadratiga mutanosib ravishda o'zgaradi. Ularni nominal tokda olingan qisqa tutashuv isroflari orqali ifodalash oson:

bunda K_{YK} - yuklanish koeffitsienti

$$P_{EL} = (I_2 / I_{2N})^2 \cdot P_{Q.T.N} = K_{YK}^2 \cdot P_{Q.T.N} \quad (6.7)$$

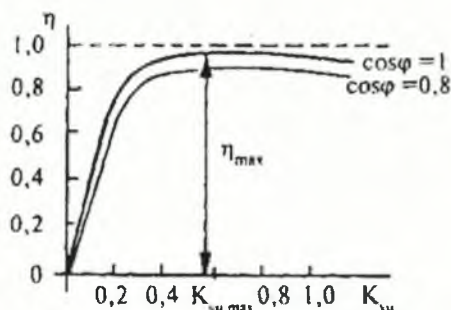
P_2 quvvat quyidagicha topiladi:

$$P_2 = m U_2 I_2 \cos \varphi_2 = K_{YK} S_N \cos \varphi_2. \quad (6.8)$$

(6.6) va (6.7) lar (6.5) ga qo'yilsa, transformatorning FIK ni hisoblash formulasi kelib chiqadi:

$$\eta = 1 - \frac{P_{ON} + K_{YK}^2 P_{Q.T.N}}{K_{YK} S_N \cos \varphi_2 + P_{ON} + K_{YK}^2 P_{Q.T.N}}. \quad (6.9)$$

6.2 - rasmda $\eta = f(K_{YK})$ bog'liqlik keltirilgan. FIK ning maksimum qiymati $\frac{\partial \eta}{\partial K_{YK}} = 0$ shartidan aniqlanadi. Bunda transformatorning o'zgarmas isroflari P_{ON} uning o'zgaruvchan isroflari ($K_{YK}^2 P_{Q.T.N}$) ga teng bo'ladi:



6.2- rasm. Transformator FIK ning yuklama qiymati va harakteriga bog'lik holda o'zgarishi.

$$P_{ON} = K_{YK}^2 P_{Q.T.N} \quad (6.10)$$

bundan FIK ning maksimum qiymatiga to'g'ri kelgan yuklama koefitsienti $K_{YK.max}$ ni aniqlash mumkin:

$$K_{YK.max} = \sqrt{\frac{P_{O.N}}{P_{Q.T.N}}} \quad (6.11)$$

$K_{YK.max} = 0,5 \div 0,75$ bo'lganda η maksimal qiymatga ega bo'ladi.

Bir fazali quvvati $S_2 = 0,05 \div 10$ kV bo'lgan aviatsiya transformatorlarida $K_{YK} = 0,7 \div 0,74$; uch fazali aviatsiya transformatorlarida esa $K_{YK} = 0,56 \div 0,6$ bo'ladi.

Magnit va elektr isroflar aviatsiya transformatorlarida ananaviy transformatorlarga nisbatan katta bo'lganligi sababli, aviatsiya transformatorlarining FIK kichikroq bo'ladi ($\eta = 85 \div 97\%$).

Nazorat savollari

1. Transformatsiyalash koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
2. Salt ishlash va qisqa tutashuv tajribalarini o'tkazib transformatorning qanday parametrlari aniqlanadi?
3. Transformatorning tashqi xarakteristikasidan nima aniqlanadi?
4. Asosiy elektr isroflar tok bilan qanday bog'lanishda bo'ladi?

TRANSFORMATOR CHULG'AMLARINING ULANISH
GURUHLARI. TRANSFORMATORLARNING PARALLEL
ISHLASHI

7.1. Transformator chulg'amlarining ulanish guruhini
aniqlash

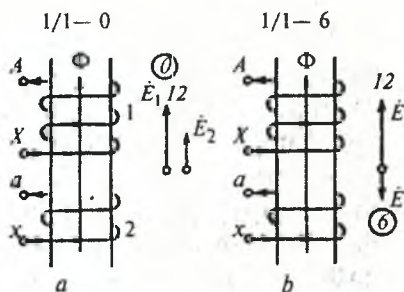
Bir fazali transformator chulg'amlarining ulanish guruhini aniqlash. 7.1 –rasmda bitta o'zakda joylashtirilgan ikkita 1 va 2 chulg'amni bir xil magnit oqimi Φ ning kuch chiziqlari kesib o'tayotgan hol ko'rsatilgan. Agar chulg'amlarning o'ralish yo'nalishi va uchlarining belgilanishi bir xil bo'lsa (7.1 rasm, a), ularda hosil bo'lgan EYK bir xil yo'nalgan bo'ladi va, demak, faza bo'yicha mos tushadi.

Agar shu chulg'amlardan bittasida, masalan, PK chulg'ami 2 uchlarining belgilanishi almashtirilsa, unda hosil bo'lgan EYK ning chulg'am uchlariga nisbatan yo'nalishi teskariga o'zgaradi, ya'ni "a" dan "x" ga yo'nalib, YK va PK chulg'amlar EYK lari E_1 va E_2 faza bo'yicha 180° ga siljilgan bo'ladi.

Chulg'am uchlarini o'zgartirmay bironta (masalan, PK) chulg'amning o'ralish yo'nalishini o'zgartirganda ham E_1 va E_2 EYK ning o'zaro siljish fazali 180° bo'ladi.

Shunday qilib, YK va PK faza chulg'amlari EYK lari orasidagi faza siljishi shu chulg'amlar uchlarining belgilanishiga hamda o'ralish yo'nalishiga bog'liq ekan. Mazkur chulg'amlar bitta o'zakda joylashtirilganda, bu siljish 0 yoki 180° ga teng bo'lishi mumkin. Ularni ulanish guruhining birligi (30°) ga bo'lsak, 0 yoki 6 – guruh kelib chiqadi (7.1 – rasm, b).

Uch fazali transformator chulg'amlarining ulanish guruhini aniqlash. Uch fazali transformatorlarda chulg'amlarning ulanish guruhlari YK va PK chulg'amlariga tegishli bir xil liniya (bir fazali transformatorlarda esa faza) kuchlanishlari vektorlarining o'zaro siljish burchagini ifodalaydi. Chulg'amlarning ulanish guruhini oddiy soatdan



7.1 - rasm. Stator chulg'aminin o'rami (a) va g'altagi (b).

foydalanib aniqlash oson usul hisoblanadi. Buning uchun avval soatni tasvirlovchi doira chizib, aylanaga uning raqamlari qo'yiladi. Uch fazali transformatorning ulanish guruhi YK va PK chulg'amlarning liniya EYK vektorlari orqali aniqlanganligidan doiraga YK chulg'ami uchun EYK vektor diagrammasi chiziladi.

Buni quyidagi sxemalar uchun ko'rib chiqamiz:

a) Y/Y sxema (usuli) uchun transformator chulg'amlarining ulanish guruhini aniqlash. Ma'lumki, yulduz sxemasida ulangan YK chulg'am faza EYK ining vektor diagrammasi bir – biridan faza jihatdan 120° ga siljigan uchta bir xil vektordan iborat bo'lib, ularning uchlari o'zaro to'g'ri chiziqlar bilan tutashtirilganda tomonlari liniya (fazalararo) kuchlanishni beradigan teng tomonli uchburchak hosil qiladi.

Uchburchakning bitta (masalan, AB) tomoni YK chulg'amingining liniya EYK vektoriga modul jihatdan teng ($AB = E_{AB}$) va soatning 12 raqamiga doim yo'nalgan bo'lishi kerak. Shu sababli YK chulg'amingining vektor diagrammasiga oid uchburchak doiraning markazidan 12 raqamga yo'naltirilgan AB radiusni chizishdan boshlanadi (8.2 rasm, b). Uchburchak boshqa ikki tomonining holatini aniqlash uchun uzunligi AB radiusga teng BC vatarni B niqtadan o'tkazamiz. A , B va C nuqtalarni o'zaro birlashtirib, teng tomonli uchburchak hosil qilinadi. Bu uchburchak medianalarining kesishgan nuqtasidan uning uchlarigacha bo'lgan masofa YK chulg'ami faza EYK ni beradi.

Yuqori kuchlanishli chulg'am uchun aniqlangan faza EYK vektorlari transformatorning PK chulg'ami uchun vektor diagrammani qurish uchun zarur. Bunda YK va PK chulg'amlarining o'ralish yo'nalishi hamda faza chulg'amlari uchlarining belgilanishi bir xil bo'lganda bir o'zakka joylashtirilgan chulg'amlarni bitta faza magnit oqimining kuch chiziqlari kesib o'tadi. Bunda faza chulg'amlarining oxiridan boshiga bir xil yo'nalganligi tekshiriladi.

Ikkilamchi chulg'am liniya EYK vektori E_{ob} (bir fazali transformator faza EYK vektori E_{xa}) YK chulg'amingining liniya EYK vektori E_{AB} ga nisbatan 0 dan 360° gacha oraliqdagi burchaklarga siljigani uchun 360° ni 12 ga bo'lgandan chiqqan natija (30°) ulanish guruhining birligi qilib qabul qilinadi. Yulduz sxemasida ulangan past kuchlanishli chulg'am EYK vektor diagrammasini qurish uchun YK chulg'amingining A faza chulg'ami EYK vektori E_{xa} bilan mos tushadigan yo'nalishda yordamchi MN punktir chiziq chiziladi va uning doiradan yuqori qismida

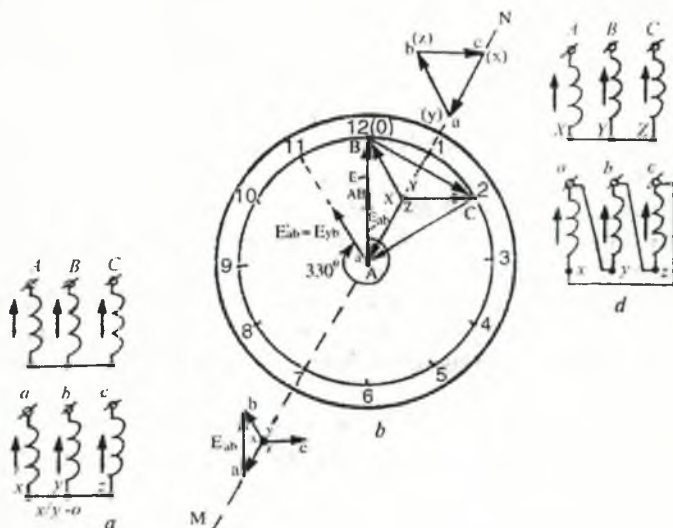
birorta nuqtani belgilab, shu nuqtadan PK chulg'aming faza EYK vektorlari (E_{xa} va E_{yb}) YK chulg'am A va B fazalarining tegishli EYK vektorlari (E_{xA} va E_{yB}) ga mos ravishda yo'naltiriladi. Ularning uchlarini to'g'ri chiziq bilan birlashtirib, liniya EYK vektori E_{ab} hosil qilinadi. Guruhni aniqlash uchun shu vektorning yo'nalishini bilish kifoya.

Past kuchlanishli chulg'am liniya EYK vektori E_{ab} ning YK chulg'am liniya EYK vektori E_{AB} ga nisbatan siljishini aniqlash maqsadida PK chulg'am uchun qurilgan vektor diagrammaning E_{ab} vektorini o'ziga parallel ravishda doiraning ichidagi YK chulg'ami uchun qurilgan vektor diagramma tomon shunday siljitish lozimki, bunda uning "a" nuqtasi E_{AB} vektorning "A" nuqtasi ustiga tushsin.

E_{xA} va E_{xa} faza EYK vektorlar MN chizig'i ustida yotganligidan "a" nuqtani "A" ning ustiga qo'yishda mazkur yordamchi chiziq juda qo'l keladi.

Chulg'amlar Y/Y sxemasi bo'yicha ulangan hol uchun qurilgan vektor diagrammalar shu tartibda birlashtirilganda PK chulg'aming liniya EYK vektori E_{ab} YK chulg'aming liniya EYK vektori E_{AB} bilan ustma – ust tushadi. Ularning orasidagi siljish burchagi 0 bo'lgani uchun chulg'amlarning ulanish guruhi 0 ($0 \div 30^\circ = 0$) bo'ladi (mazkur usulda sanoq sistemasi 0 dan boshlangani uchun 12 ni 0 bilan almashtirish tavsiya qilinadi). Uch fazali transformatorning ulanish guruhini soat yordamida aniqlash usulida past kuchlanishli chulg'am liniya EYK vektori

(E_{ab}) soatning kichik mili bilan belgilanadi va chulg'amning ulanish guruhlariga qarab, bu mil 12 (0)dan 11 gacha bo'lgan butun sonlarni ko'rsatishi mumkin (7.2 - rasm).



7.2 - rasm. Sirtmoqsimon (a) va to'liqinsimon (b) chulg'amlarning sektiysiyalari.

b) "Yulduz - uchburchak" sxema uchun transformator chulg'amlarining ulanish guruhini aniqlash.

Transformatorning YK chulg'ami yulduz, PK chulg'ami esa uchburchak sxemasi (7.2 – rasm, d) do'ycha ulanganda YK chulg'amida o'zgarish bo'lmagani uchun vektor diagramma 7.2-rasm b dagi bilan bir xil bo'ladi.

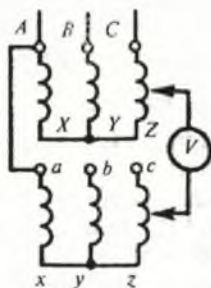
Chulg'amlari bir xil yo'nalishda o'ralgan, faza chulg'amlari uchlarining belgilanishi va bu chulg'amlardagi EYK ning yo'nalishlari ham bir xil bo'lgan PK chulg'amida liniya EYK E_{ab}

miqdor jihatdan shu chulg'am fazaviy EYK E_{ub} ga teng ($E_{ab} = E_{yb}$) bo'ladi.

7.2- rasm, d dagi PK chulg'am uchun vektor diagrammani qurishda yordamchi MN chiziqning doiradan yuqori qismida bironta nuqtadan YK chulg'amining B faza EYK vektori E_{yb} ga parallel qilib, unga mos yo'nalishda $E_{ab} = E_{uy}$ vektori chiziladi. Boshqa fazalarga oid EYK vektorlarini ham shunday tartibda chizish mumkin. So'ngra PK chulg'am liniya EYK vektori E_{ab} ni o'ziga parallel qilib, "a" nuqtasi YK chulg'ami liniya EYK vektori E_{AB} ning N chizig'i ustidagi nuqtasi bilan ustma – ust tushgunga qadar siljiriladi. Bunda E_{ab} vektor soatning 11 raqamiga yo'nalgan holatni egallaydi. Demak, transformator chulg'amlarining ulanish guruhi 11 ekan. E_{AB} vektordan boshlab soat milining aylanishi bo'yicha burchakni o'lchab, uni cxemaga bo'lgada ham shu natija ($330^\circ + 30^\circ = 11$) olinadi.

Uch fazali transformator chulg'amlarining ulanish guruhini tajriba yo'li bilan voltmetr usulida aniqlash. Bu usulda chulg'amlarning liniya kuchlanishi (yoki EYK) orasidagi siljish burchagi o'lchanmaydi. Demak, u bilvosita usul bo'lib, YK va PK chulg'amlarining bir xil nomli uchlariaro kuchlasnish (yoki EYK) ni o'lchashga asoslangan.

Agar Y/Y (7.3 - rasm) ulanish sxemasi tekshirilsa, YK va PK chulg'amlarining "A" va "a" uchlari ulab, U_{Bb} ("B" va "b" uchlariaro) va U_{Cc} ("C" va "c" uchlariaro) kuchlanishlar o'lchanadi. O'lchangan kuchlanishlar quyidagi tenglamani



7.3 –rasm. Transformatorning ulanish guruhini tajriba yo'li bilan voltmeter usulida aniqlash.

$$U_{Bb} = U_{Cc} = U_{ab} (k_i - 1) \quad (7.1)$$

qanoatlantirsa (bu tenglamada $k_i = U_{AB} / U_{ab}$ - liniya kuchlanishlarini transformatsiyalash koeffitsiyenti), 0 – guruhga mos keladi.

Agar Y/Y sxemada tajribadan o'lchab olingan qiymatlar

$$U_{Bb} = U_{Cc} = U_{a'b'} (k_i + 1) \quad (7.2)$$

tenglamani qanoatlantirsa, unda 6 – guruhga mos keladi.

Yulduz- uchburchak sxemada tajribadan o'lchab olingan qiymatlar

$$U_{Bb} = U_{Cc} = U_{ab} \sqrt{1 - \sqrt{3} + k_i + k_i^2} \quad (7.3)$$

tenglamani qanoatlantirganda Y/ Δ -11 guruhga mos keladi, agar

$$U_{Bb} = U_{Cc} = U_{a'b'} \sqrt{1 + \sqrt{3} + k_i + k_i^2} \quad (7.4)$$

tenglamani qanoatlantirsa, Y/ Δ -5 guruhga mos keladi.

7.2, 7.3 va 7.4 tenglamalarda U_{av} va $U_{a'v'}$ - PK chulg'ami liniya kuchlanishlaridir.

Agar o'lchangan kuchlanishlar keltirilgan formulalarni qanoatlantirmasa, transformator chulg'amlarining uchlari noto'g'ri belgilanganligidan dalolat beradi.

Transformator chulg'amlari ulanish guruhlarining qo'llanish sohalari.

Y/Y₀ – 0. Yuqori kuchlanishli chulg'ami yulduz, past kuchlanishli chulg'ami esa neytral (0) simi tashqariga chiqarilgan, yulduz sxemasida ulangan 0 guruhli, quvvati katta bo'lmagan, kuchlanishi esa 10/0, 4 kV yoki 6/0, 4 kV bo'lgan transformatorlar elektr iste'molchilari yorug'lik va kuch elektr jihozlaridan iborat bo'lgan aralash yuklamalar uchun ishlatiladi.

Bunda elektr motor liniya kuchlanishi, yorug'lik, uy – ro'zg'or hamda maishiy xizmat korxonalaridagi elektr asboblari, asosan, faza kuchlanishiga ulanadi. Bu sxemani $\Delta/Y - 11$ guruhli ulanish sxemasi bilan almashtirish mumkin. Transformatorning chulg'amlari bu sxemaga ulanganda, fazalarining yuklamasi nosimmetrik bo'lganda ham nisbatan yaxshi ishlaydi. Bu esa mazkur ulanish guruhining afzalligi hisoblanadi.

Y/ Δ -11. Yuqori kuchlanishli chulg'ami yulduz, past kuchlanishli chulg'ami esa uchburchak sxemasiga binoan ulangan 11 – guruhli transformatorlar past kuchlanishi 400 V dan katta bo'lgan (6/0, 525; 10/0, 525; 35/10; 35/6 kV) hollarda ishlatiladi.

Y₀/ Δ -11. Yuqori kuchlanishli chulg'ami, neytral (0) simi tashqariga chiqarilgan yulduz, past kuchlanishli chulg'ami esa uchburchak sxemasida ulangan 11- guruhli transformatorlar kuchlanishi 110 kV va undan yuqori bo'lgan hollarda ishlatiladi.

Yuqori kuchlanishlarda chulg'amni yulduz (Y) sxemasida ulash qulay, chunki chulg'amga beriladigan faza kuchlanishi (U_f) liniya kuchlanishi (U) dan $\sqrt{3}$ marta kichik bo'ladi. Bunda

chulg'amni tayyorlashda izolatsiyalovchi material kam sarflanib, transformatorning tannarxi pasayadi.

Past kuchlanishli chulg'amlar ko'pincha uchburchak (Δ) sxemasida ulanadi. Bunday sxemada transformator fazalaridagi yuklama notekis bo'lsa ham yaxshi ishlaydi, undan tashqari, chulg'amning faza toki I_f liniya tok I dan $\sqrt{3}$ marta kam bo'ladi. Bunda chulg'am tannarxi nisbatan arzon bo'ladi.

Y/Y -0 ulanish guruhida magnit oqimining asosiy tashkil etuvchisi $\Phi_{(1)}$ dan tashqari uning 3 – garmonikasi $\Phi_{(3)}$ ham vujudga keladi. Transformatorning konstruktiv elementlarida $\Phi_{(3)}$ hosil qilgan uyurma tok uni me'yoridan ortiqcha qizdirib yuboradi. Shu kamchiliklariga ko'ra Y/Y -0 sxema kam qo'llaniladi.

Ehtiyojlarga ko'ra, sanoatda, asosan, Y/Y₀ – 0; Δ /Y -11; Y/ Δ -11; Y₀/ Δ -11 ulanish guruhlari tayyorlanadi. Bulardan Y/ Δ yoki Δ /Y sxemaga oid ulanish guruhlari afzal hisoblanadi. Shu sababli davlat standarti Δ /Y -11 ulanish guruhini qo'llashni tavsiya etadi.

X u l o s a: 1) chulg'am fazalarining bak qopqog'idagi standart bo'yicha belgilanish tartibi ("A-B-C" va "a-b-c") o'zgartirilmaganda Y/Y -0 sxema 0 yoki 6 guruhni beradi;

2) moyli transformator chu'g'amlarining bak ichida ulangan Y/Y -0 sxemasini o'zgartirmagan holda, PK faza chulg'amlarining uchlarini chapdan o'ngga ("a-b-c", "c-a-b", "b-c-a") siljitib belgilash orqali 0- guruhdan 4 va 8 – guruhlarini hosil qilish mumkin.

7.2. Transformatorlarning parallel ishlashi

Transformatorlar *parallel ishlaganda* ularning birlamchi chulg'ami umumiy tokmanbayidan yoki elektr tarmog'idan energiya oladi va ikkilamchi chulg'amlari umumiy iste'molchini energiya bilan ta'minlaydi.

Transformatorlarni parallel ishlatish iste'molchilarni elektr energiya bilan uzluksiz ta'minlash imkonini beradi.

Masalan, parallel ishlayotgan transformatorlardan birortasida avariya sodir bo'lsa yoki ta'mirlash uchun uni manbadan ajratganda ham energiya ta'minoti uzilmaydi, chunki iste'molchilar elektr energiyani parallel ishlayotgan boshqa transformatordan oladilar.

Podstansiyaning umumiy yuklamasi oshganda parallel ishlayotgan transformatorlarning soni oshirilib, yuklama kamayganda esa bir qismi tarmoqdan ajratib qo'yiladi. Transformatorlar yuklamasidan shu tarzda foydalanish, ularning energetik ko'rsatkichlari (FIK va $\cos\alpha$) ni yaxshilaydi.

Transformatorlarni parallel ishlashda ulash shartlari.

Transformatorlarni parallel ishlashga ulashda ularning chulg'amlarida tenglashtiruvchi tok vujudga kelmasligi va umumiy yuklama parallel ulangan transformatorlarning quvvatiga mos holda taksimlanishi uchun quyidagi shartlar bajarilishi kerak, ya'ni: parallel ulanadigan va ishlash turgan transformatorlarning:

- birlamchi nominal kuchlanishlari ham teng ($U_{1.N(I)} = U_{1.N(II)}$) va ikkilamchi nominal kuchlanishlari ham teng bo'lishi, ya'ni liniya transformatsiyalash koeffitsientlari bir hil bo'lishi:

$$k_{1,I} = k_{1,II} = \dots = k_{1,n} ; \quad (7.5)$$

- qisqa tutashuv kuchlanishlari ham bir hil bo'lishi:

$$u_{qt,I} = u_{qt,II} = \dots = u_{qt,n} ; \quad (7.6)$$

- chulg'amlar ulanishi jihatidan bitta guruhga taalluqli bo'lishi lozim.

Ikkita bir fazali kuch transformatorlarini parallel ishlashga ulash sxemasi 7.4 - rasm, a da va parallel ishlashga ulangan ikkita uch fazali kuch transformatorining sxemasi 7.4 - rasm, b da ko'rsatilgan.

Transformatsiyalash koeffitsienlari k_i , ularning o'rtacha arifmetik quymatlaridan

$\pm 0,5 \%$ gacha, qisqa tutashuv kuchlanishlari U_{qt} esa $\pm 10 \%$ gacha farq qilganda ham transformatorlarni parallel ishlatish mumkinligi standartda belgilangan. Undan tashqari, parallel ishlaydigan transformatorlar nominal quvvatlarining farqi uch martadan oshmasligi kerak, chunki transformatorning qisqa tutashuv kuchlanishi U_{qt} uning nominal quvvati va kuchlanishi oshgan sari oshib boradi.

Chulg'amlarining ulanish guruhlari har xil bo'lganda transformatorlarni parallel ulash mumkin emas, chunki bunda ularning chulg'amlaridan qiymati qisqa tutashuv toki qiymatiga yetadigan tenglashtiruvchi tok o'tadi. Bu esa transformatorlar uchun xavflidir.

Yuqorida ko'rsatilgan shartlardan birortasi bajarilmagan hol uchun transformatorlarning parallel ishlashini ko'rib chiqamiz.

$k_{I,I} \neq k_{I,II}$ **bo'lgan transformatorlarning parallel ishlashi.**

Agar transformatorlarning birlamchi chulg'am EYK i shartga ko'ra teng bo'lsa, unda ikkilamchi chulg'am EYK i transformatsiyalash koefitsiyentlari $k_{I,I} < k_{I,II}$ da bo'ladi. Natijada, $\Delta \vec{E} = \vec{E}_{2I} + \vec{E}_{2II}$ bo'lib, uning ta'sirida transformatorlar chulg'amlari orasida tenglashtiruvchi tok I_{teng} vujudga keladi:

$$I_{teng} = \Delta E / (Z_{qt,I} + Z_{qt,II}), \quad (7.7)$$

bunda Z_{qt} - har bitta transformatorning to'la qisqa tutashuv qarshiligi.

Tenglashtiruvchi tok I_{teng} ning ta'siri tufayli transformatorlarda toklar tengsizligi ($I_{2I} > I_{2II}$) hosil bo'ladi. Bunday sharoitda transformator T_I o'ta yuklanib, T_{II} niki me'yoridan kam bo'ladi.

$u_{qII} \neq u_{qIII}$ **bo'lgan transformatorlarning parallel ishlashi.**

Agar transformatsiyalash koefitsienti teng va chulg'amlarining ulanish guruhlarini bir xil bo'lib, qisqa tutashuv kuchlanishlari teng bo'lmagan ikkita transformatorni parallel ishlashga ulaganda yuklama oshirilsa, qisqa tutashuv kuchlanishi kam bo'lgan transformator ikkinchisiga nisbatan birinchi novbatda nominal quvvatiga erishadi. Umuman, parallel ishlayotgan kuch transformatorlari orasida yuklama ularning qisqa tutashuv kuchlanishlariga teskari mutanosibda taqsimlanadi, ya'ni

$$(S_I / S_{I,N}) : (S_{II} / S_{II,N}) = U_{qt,II} / U_{qt,I}. \quad (7.8)$$

Demak, qisqa tutashuv kuchlanishlari har xil bo'lgan transformatorlarni parallel ishlatishda ularning o'rnatilgan quvvatidan to'la foydalanib bo'lmas ekan.

Nazorat savollari

1. Transformator chulg'amlarining ulanish guruhi deganda nimani tushunasiz?
2. Uch fazali transformatorida ulanish guruhi qanday aniqlanadi?
3. Ulanish guruhi tajriba yo'li bilan qanday aniqlanadi?
4. Qanday shartlar bajarilganda transformatorlarni parallel ulash mumkin?
5. $u_{qI} \neq u_{qII}$ bo'lganda parallel ishlayotgan transformatorlarda yuklama qanday taqsimlanadi?

UCHINCHI BO'LIM.

O'ZGARUVCHAN TOK AVIATSIYA ELEKTR GENERATORLARI VA MOTORLARI

SAKKIZINCHI BOB.

O'ZGARUVCHAN TOK ELEKTR MASHINALARI TO'G'RISIDA UMUMIY MA'LUMOT

8.1. O'zgaruvchan tok elektr mashinalarining turlari

O'zgaruvchan tok elektr mashinalari asinxron va sinxron mashinalarga bo'linadi.

Asinxron mashinalar o'z navbatida kollektorsiz va kollektorli turlarga bo'linadi.

Aviatsiya elektr qurilmalarida faqat kollektorsiz asinxron mashinalar qo'llaniladi.

Samolyotlarda asosiy elektr manbai bo'lib, uch fazali sinxron generatorlar keng qo'llaniladi.

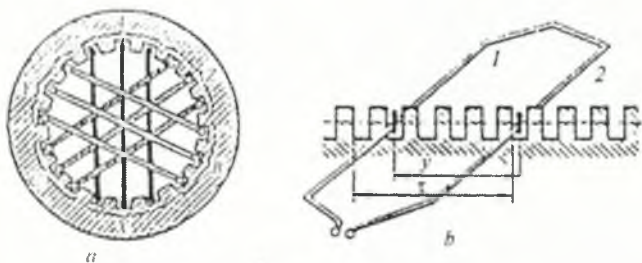
Asinxron mashinalarda statorda hosil bo'lgan aylanuvchi magnit maydonining tezligi n_1 rotorning tezligi n_2 ga teng bo'lmaydi ($n_1 \neq n_2$). Ular orasidagi farq sirpanish S deyiladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\% \quad (8.1)$$

Sinxron mashinalarda esa aylanuvchi magnit maydoni tezligi n_1 rotorning aylanish tezligi n_2 ga teng ($n_1 = n_2$) bo'ladi.

8.2. O'zgaruvchan tok elektr mashinalarining yakor chulg'amlari

O'zgaruvchan tok mashinalarida stator (yakor) chulg'ami po'lat o'zak pazlariga ma'lum tartibda joylashtiriladi. Bir xil pazlarda joylashgan o'ramlar bir - biri bilan ketma - ket ulanib, g'altaklarni (seksiyalarni) hosil qiladi (8.1 - rasm) qo'shni pazlarda joylashgan g'altaklar ketma - ket ulanib, g'altaklar guruhini hosil qiladi. Ular mashinaning bitta fazasi va juft qutbiga to'g'ri keladi.



8.1 - rasm. Stator chulg'aming o'rami (a) va g'altagi (b).

Chulg'amning har bir AX, BY, CZ fazasi bir necha parallel yoki ketma - ket ulangan g'altaklar guruhidan tashkil topadi.

Chulg'amning eng oddiy elementi o'ram (8.1 - rasm, b) hisoblanadi. O'ram bir - biridan yakor aylanasi chulg'am qadami y ga teng bo'lgan masofadagi pazlarda joylashgan ikkita o'tkazgich (sim)ning ketma - ket ulanishidan hosil bo'ladi. Bu masofa taxminan qutb bo'linmasiga teng, $y \approx \tau = \frac{\pi D}{2p}$ bunda D - statorning ichki diametri; $2p$ - qutblar soni.

Qutblar bo'linmasini pazlar soni orqali ham aniqlash mumkin, bu holda chulg'am qadami

$$y = \tau = \frac{z}{2p}, \quad (8.2)$$

bunda Z - stator pazlari soni.

Qo'shni pazlarda joylashgan bitta g'altak guruhidagi g'altak tomonlari q ta pazni egallab, burchak α

$$\alpha = 2\pi \cdot pq/z \quad (8.3)$$

orqali faza zonasini hosil qiladi:

$$q = z/2p \cdot m, \quad (8.4)$$

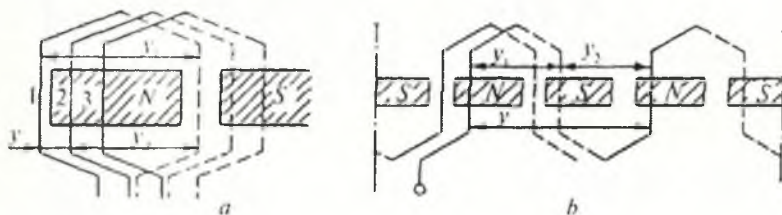
bunda m - fazalar soni.

(8.1 - rasm, a) da ko'rsatilgan stator chulg'aming har bir fazasi AX, BY, CZ uchta g'altakdan tashkil topgan bo'lib, tomonlari uchta pazda joylashgan, ya'ni $q = 3$. Umuman uch fazali chulg'amda bitta qutb bo'linmasida $3q$ paz joylashgan bo'ladi, $q = 1$. bo'lganda esa, har bir qutb tagida bir fazaning bitta g'altagi joylashadi.

Sektsiya tomonlarining pazlarda joylashishiga qarab, bir qatlamli va ikki qatlamli chulg'amlar bo'ladi.

Fazalar soniga qarab, o'zgaruvchan tok elektr mashinalarining chulg'amlari bir, ikki va uch fazali bo'lishi mumkin.

Sektsiyalarning shakli va ulanishiga qarab, chulg'amlar sirtmoqsimon va to'lqinsimon turlarga bo'linadi. 8.2 - rasmda sirtmoqsimon (a) va to'lqinsimon (b) chulg'amlarning sektsiyalari ko'rsatilgan.



8.2 - rasm. Sirtmoqsimon (a) va to'lqinsimon (b) chulg'amlarning sektsiyalari.

Nazorat savollari

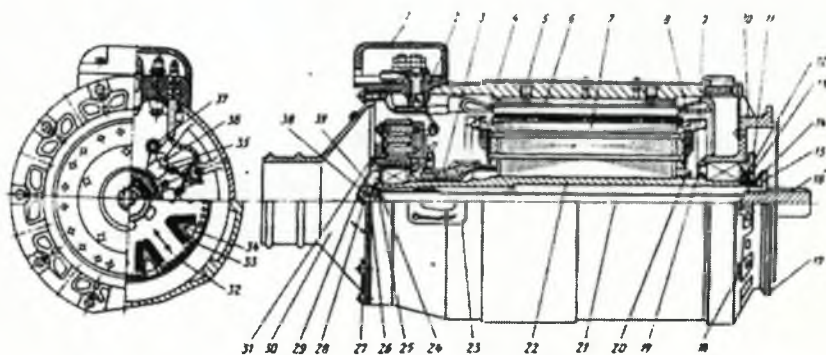
1. Sinxron generatorning salt ishlash rejimi to'g'risida nimalarni bilasiz?
2. Sinxron generatorning tuzilishi nimalardan iborat?
3. Sinxron generatorni rostdash va tashqi xarakteristikalari nima uchun o'rganiladi?
4. Qo'zg'atish tokining o'zgarish darajasi qanday aniqlanadi?
5. Kontaktsiz sinxron generatori nechta mashinadan iborat?
6. Qo'zg'atishni qo'zg'atuvchi mashina nimalardan iborat?

TO'QQIZINCHI BOB.

O'ZGARUVCHAN TOK AVIATSIYA ELEKTR GENERATORLARI

9.1. Sinxron generatorning tuzilishi va ishlash printsiipi

9.1 - rasmda aviatsiya generatorning tuzilishi ko'rsatilgan. Generator quyidagi asosiy va konstruktiv qismlardan iborat: korpus, korpusga mahkamlangan stator va tokni olib ishlatish uchun uzal, kontakt halqasi bo'lgan rotor, yuritma ulanadigan tomondagi shit, patrubka.



9.1 - rasm. SGS - 30 generatori.

1 - qopqoq; 2 - klemma paneli; 3 - kontakt halqalari; 4 - korpus; 5,18,27,31 - vintlar; 6 - stator o'zagi; 7 - rotor o'zagi; 8 - yakor chulg'ami; 9 - balansirlovchi halqa; 10 - shit; 11,19,29 - flanets lar; 12,24 - qotiruvchi shayba; 13,25,26,28 - gaykalar; 14 - tarelkasimon prujina; 15,20 - vtulkalar; 16 - shlits; 17 - shtif; 21 - egiluvchan val; 22 - yarim val; 23 - tiqin; 35 - cho'tka ushlagich; 36 - cho'tka; 37 - spiral prujina; 38 - prujinali shayba; 39 - shayba.

Korpus 4 alyuminiy qotishmasidan tayyorlangan. Korpusning ichki qismida bo'ylama qovurg'alar bo'lib, unga vint 5 yordamida stator po'lat o'zagi 6 qotirilgan. Stator po'lat o'zagi alohida plastinalardan tayyorlanadi. Po'lat o'zak pazlariga uch fazali ikki qatlamli yakor chulg'ami 8 joylashtirilgan. Korpus ichida 7 ta radial qovurg'alar bo'lib, ularga sharikli podshipniklar joylashadi. Ikkita qovurg'aga ikkitali cho'tka tutqichlar 35 mahkamlanadi. Cho'tka 36 ni spiral prujina 37 bosib turadi.

Korpusning yuqori qismida vint yordamida chiqish klemmalari mahkamlangan. Chiqish klemmasi yuqori tomondan qopqoq 1 yordamida yopilgan bo'ladi.

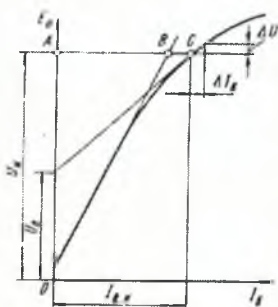
Rotor yarim val 22 dan va unga qotirilgan rotor o'zagi 7 dan iborat. Rotor po'lat o'zagi 8 ta ayon qutbdan iborat bo'lib, ularga qo'zg'atish chulg'ami 33 o'ralgan . Kontakt halqa 3 lar xromli bronzadan tayyorlangan. Rotorda tinchlantiruvchi chulg'am 32 ham joylashtirilgan.

Yarim val 22 ichida 26 va 28 gaykalar yordamida yumshoq val 21 mahkamlangan.

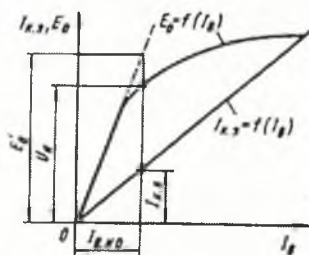
Sinxron generator ishlash uchun uning qo'zg'atish chulg'amiga o'zgarmas tok beriladi va uning rotori birlamchi mexanizm yordamida aylantiriladi. Natijada qo'zg'atish chulg'ami hosil qilgan asosiy magnit maydon stator chulg'amlarini kesib o'tib, unda EYK hosil qiladi. Agarda stator chulg'ami tashqi zanjirga ulangan bo'lsa, undan o'zgaruvchan tok o'tadi . Sinxron generator shu tariqa mexanik energiyani elektr energiyaga aylantirib beradi.

9.2. Sinxron generatorning xarakteristikalari

Salt ishlash xarakteristikasi. Bu xarakteristika stator toki $I_1 = 0$ va rotor aylanish chastotasi $n = \text{const}$ bo'lganda generator qismlaridagi kuchlanishyoki EYK E_0 ning qo'zg'atish toki I_q bilan qanday bog'langanligini ko'rsatadi, ya'ni $E_0 = f(I_q)$. Bu xarakteristikaning ko'rinishi 9.2 - rasmda ko'rsatilgan. Bu xarakteristika yordamida magnit to'yinish foizini μ_p va magnit to'yinish koeffitsienti μ_f ni aniqlash mumkin.



9.2- rasm. Sinxron generatorning salt ishlash harakteristikasi.



9.3 - rasm. Sinxron generatorning uch fazali qisqa tutashuv va salt ishlash harakteristikalari.

Magnit to'yinishi foizi μ_p quyidagicha aniqlanadi :Bu erda

$$\mu_p = \frac{U_0}{U_n} \cdot 100\%, \quad (9.1)$$

Bu erda U_0 - salt ishlash kuchlanishi ; U_n - nominal kuchlanish.

Aviatsiya sinxron generatorlarida ($f = 400 \text{ Hz} = \text{const}$) $\mu_p > 40\%$, agarda generatordagi chastota $f = 400 \text{ Hz} = \text{Var}$ bo'lsa u holda $\mu_p < 40\%$ bo'ladi.

Magnit to'yinish ko'effitsienti esa quyidagicha topiladi :

$$\mu_q = \frac{\Delta I_q}{I_{qn}} \cdot \frac{\Delta U}{U_n}, \quad (9.2)$$

Bunda ΔU - kuchlanish pasayishi ΔI_q - qo'zg'atish tokining o'zgargan qiymati; I_{qn} - qo'zg'atish tokining nominal qiymati.

Chastotasi $f = 400 \text{ Hz} = \text{const}$ bo'lgan aviatsiya sinxron generatorlarida $\mu_k < 1.6$. Chastotasi o'zgarib turuvchi ($f = 400 \text{ Hz} = \text{Var}$) bo'lsa, u holda $\mu_k > 1.6$ bo'ladi.

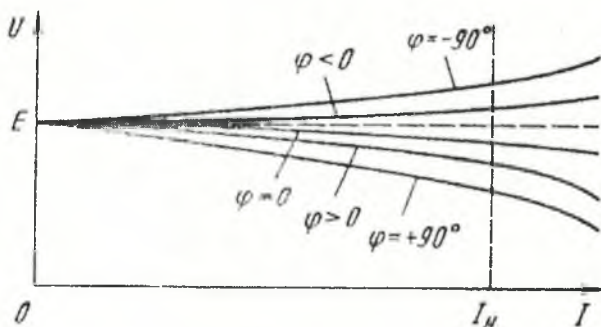
Uch fazali qisqa tutashuv xarakteristikasi. Bu xarakteristikaning ko'rinishi 9.3-rasmda ko'rsatilgan ($I_{qt} = f(I_q)$, bunda $f = \text{const}$ va $U = 0$ bo'ladi). Uch fazali qisqa tutashuv va salt ishlash xarakteristikalari yordamida qisqa tutashuv nisbati (QTN) ni aniqlash mumkin:

$$QTN = \frac{I_{qt}}{I_n}, \quad (9.3)$$

bunda I_{qt} - qisqa tutashuv toki; I_n - nominal tok.

Tinchlantiruvchi chulg'ami bo'lgan ayon qutbli aviatsiya sinxron generatorlarida $QTN = 0,5 \div 0,75$; noayon qutbli mashinalarda esa $QTN = 0,6 \div 0,8$; bo'ladi. QTN katta bo'lgan mashinaning yuklanish qobiliyati yuqori va turg'unligi katta bo'ladi.

Tashqi xarakteristikasi. Bu xarakteristika qo'zg'atish toki $I_{qo'z} = const$; $f = const$; $\cos \varphi = const$ bo'lganda generator qismlaridagi kuchlanishning yuklama toki bilan bog'lanishini ko'rsatadi, ya'ni $U_1 = f(I_1)$. Bu xarakteristikaning ko'rinishi 9.4 - rasmda ko'rsatilgan.



9.4 - rasm. Faza rotorli asinhron motorni ishga tushirish shemasi.

Sinxron generatorning tashqi xarakteristikasi yuklamaning xarakteriga qarab har xil bo'ladi.

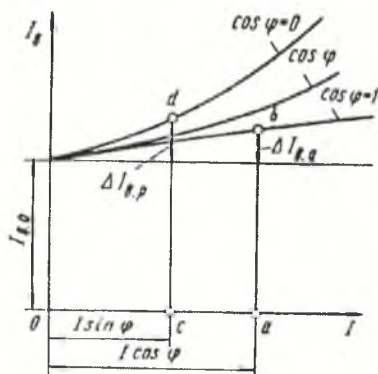
Aktiv - induktiv ($\varphi > 0$) yuklamada mashina yakor reaksiyasining magnitsizlovchi ta'sirida yakor tokining ortishi bilan chiqish uchlaridagi kuchlanish kamayadi.

Aktiv - sig'im ($\varphi < 0$) yuklamada yakor reaksiyasi magnetlovchi ta'sir ko'rsatadi va tok I_1 ning ortishi bilan kuchlanish ham ortadi.

Aktiv ($\varphi = 0$) yuklamada ko'ndalang yakor reaksiyasi biroz magnitsizlovchi ta'sir ko'rsatadi, shuning uchun tok I_1 ning ortishi natijasida kuchlanish bir oz kamayadi.

Rostlash xarakteristikasi.

Bu xarakteristika $U = \text{const}; \cos \varphi = \text{const}$ va $f = \text{const}$ bo'lganda $I_{qo'z} = f(I_1)$ bog'lanishni ifodalaydi.



9.5 - rasm. Rotordan ZHirida aktiv qarshilik o'zgargandagi mehanik xarakteristikalar.

9.5 - rasmda generatorning rostlash xarakteristikasi ko'rsatilgan. Bu xarakteristika yordamida qo'zg'atish tokining o'zgarish darajasi K_f ni aniqlash mumkin:

$$K_f = cd/ab.$$

Induktiv yuklama uchun $K_f > 1$ va sig'im yuklama uchun esa $K_f < 1$ bo'ladi.

9.3. Aviatsiya sinxron generatorlarining parallel ishlashi

Bir fazali sinxron generatorlarni parallel ishga tushirish uchun quyidagi shartlar bajarilishi lozim:

1) parallel ulanadigan generator EYK ning shakli ishlab turgan generator EYK ning shakli bilan bir xil bo'lishi;

2) parallel ulanadigan generatorning EYK $\vec{E}_G$ tarmoq kuchlanishi $\vec{U}_r$ bilan bir xil va qarama - qarshi fazada bo'lishi;

3) parallel ulanadigan generator tok chastotasi f_G tarmoq tok chastotasi f_r ga teng bo'lishi.

Agarda yuqoridagi shartlardan biri bajarilmasa, ya'ni $f_G = f_r$; $E_G < U_r$ u holda EYK lar orasida farq $\Delta E = U_r - E_r$ hosil bo'ladi, natijada zanjirda tenglashtiruvchi tok oqadi:

$$I_r = \frac{\Delta E}{z} \quad (9.4)$$

bunda z - parallel ishlayotgan sinxron generatorlar stator zanjirlarining to'la qarshiligi.

Statordagi induktiv qarshilik uning aktiv qarshiligidan ancha katta bo'lganligi uchun aktiv qarshilikni hisobga olmasak, u holda

$$I_r = \frac{\Delta E}{x_1 + x_2}, \quad (9.5)$$

ga ega bo'lamiz. Bu erdagi x_1 va x_2 lar - generatorlarning induktiv qarshiliklari.

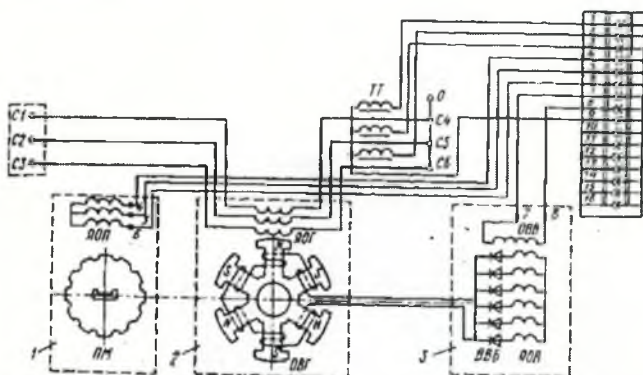
Agarda $E_G = U_r$ va $f_G \neq f_r$ bo'lsa, u holda zanjirga yig'indi EYK $\sum e$ ta'sir qiladi. Uning qiymati 0 dan $2U_r$ gacha o'zgaradi va kuchlanish qiymatini tebranishi vujudga keladi.

Kuchlanish qiymatining bunday o'zgarishi tokning o'zgarishiga olib keladi va birlamchi motorlarga mexanik jihatdan xavf tug'diradi.

Uch fazali sinxron generatorni parallel ulash uchun yuqoridagi shartlardan tashqari parallel ishlab turgan va parallel ulanadigan generatorlarning fazalari ketma - ketligi bir xil bo'lishi lozim.

9.4. Kontaktsiz sinxron generatori

Kontaktsiz sinxron generatori uchta mashinadan - qo'zg'atgichni mashina 1, qo'zg'atgich 3 va asosiy generator 2 (9.6 - rasm). Bu uchta mashina bitta valga ega bo'lib, bitta korpusda joylashtirilgan.



9.6 - rasm. GT60 tipli generatorning printsipl elektr sxemasi.

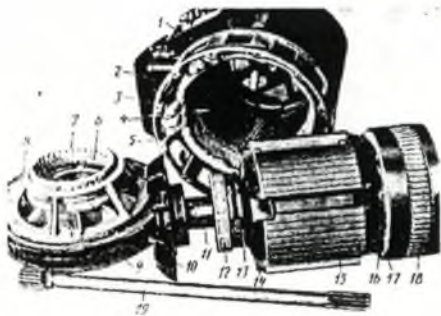
Qo'zg'atgichni qo'zg'atuvchi mashina 1 - bu uch fazali sinxron generatori bo'lib, yakkor chulg'ami qo'zg'almas, rotori aylanuvchi bo'lib 12 ta doimiy magnitli qutbdan iborat. Bu qutblar rotor valiga mahkamlangan. Rotor aylantirilganda induktorning magnit maydoni qo'zg'atgichni qo'zg'atuvchi mashina yakor chulg'amida o'zgaruvchan EYK hosil qiladi. Qo'zg'atgichni qo'zg'atuvchi mashinaning qo'llanilishi generatorni avtonom qo'zg'atish va himoya zanjirlari uchun manbaa vazifasini o'taydi.

Qo'zg'atgich 3 olti fazali sinxron generator bo'lib, o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirib beruvchi blokdan iborat. Qo'zg'atgichning yakor chulg'ami rotorda joylashgan bo'lib, rotor aylanganda unda o'zgaruvchan EYK hosil bo'ladi va to'g'rilash blokida o'zgarmas EYK ga aylantirilib generatorning qo'zg'atish chulg'amiga beriladi.

Shunday qilib, generatorning qo'zg'atish sxemasida kontakt halqalar bo'lmaydi, shu sababli ekspluatatsiya jarayoni yaxshilanadi.

Generator 2 olti qutbli qo'zg'atish chulg'ami bo'lgan aylanuvchi induktor va qo'zg'almas yakordan iborat bo'lib, yakor pazlarida uch fazali yakor chulg'ami joylashgan.

Uch fazali kontaktsiz sinxron generatorning tuzilishi 9.7 - rasmda ko'rsatilgan.



9.7 - rasm. GT60 tipli generatorning detallari.

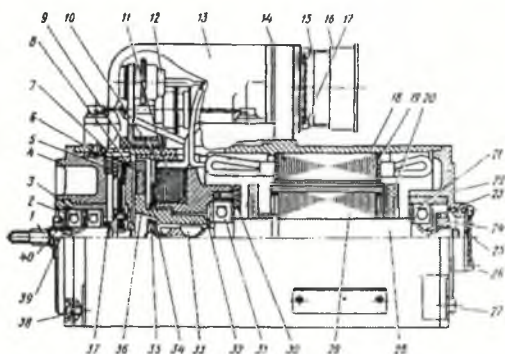
1,2-korobkalar (quti); 3-ko'rpus; 4-generator statori o'zagi; 5-stator chulg'ami; 6-podshipnik; 7-yakor ostqo'zg'atgich chulg'ami; 8-tutqich; 9-podshipnikli shit; 10-ventilyator; 11-yarim val; 12-ostqo'zg'atgich induktori; 13-balansirlovchi halqa; 14-generator qo'zg'atuvchi chulg'ami; 15-generator induktori; 16-aylanuvchi to'g'rilagich diodi; 17-qo'zg'atgich yakor chulg'ami; 18-qo'zg'atgich yakor o'zagi; 19-egiluvchan val.

O'NINCHI BOB.

AVIATSIYA ASINXRON MOTORLARI

10.1. Asinxron motorning tuzilishi va ishlash printsiipi

10.1 - rasmda aviatsiya asinxron - motorining bo'ylama qirqimi ko'rsatilgan. Motorning korpusi 18 alyuminiy qotishmasidan tayyorlangan. Korpus 18 ning ustki qismida chiqish qurilmasi mahkamlangan.



10.1 - rasm. ADS tipli motorning bo'ylama qirqimim:

1 - mufta vali; 2,6 - halqalar; 3,21,31 - podshipniklar; 4 - mufta shiti; 5 - issiqlikka chidamli friktsion disk; 7 - prujina; 8 - yakorcha; 9 - panel; 10 - mufta korpusi; 11 - mufta g'altagi; 12 - diod; 13,25 - qopqoqlar; 14 - qistirma; 15 - shtepsel raz'em; 16 - tiqin; 17,26,27,39 - shaybalar; 33 - shponka; 36 - o'zak.

Chiqish qurilmasida panel 9, diodlar 12 va qistirma 15 lar bo'lib ular qopqoq 13 yordamida yopilgan. Korpus 18 ga vintlar 27 yordamida shit 22 qotiriladi. Korpus 18 ichiga stator 19 mahkamlangan. Rotor 29 podshipnik 21 va 31 lar yordamida

aylanadi. Rotor 29 vali 28 ga po'lat o'zak mahkamlangan. Po'lat o'zak pazlarida qisqa tutashtirilgan chulg'am joylashtirilgan.

Motorda elektromagnit mufta bo'lib, u motorni o'ta yuklanishdan va tezlikning ortib ketishidan saqlaydi.

Uch fazali stator chulg'amidagi tok n , tezlik bilan aylanuvchi magnit maydonini hosil qiladi. Bu maydon rotor chulg'amini kesib o'tib unda EYK hosil qiladi. Rotor chulg'ami qisqa tutashgani sababli unda tok oqadi. Ana shu rotor toki aylanuvchi magnit maydoni bilan ta'sirlashib aylantiruvchi momentni hosil qiladi va rotor n tezlik bilan aylanadi.

Aylanuvchi magnit maydonining aylanish chastotasi bilan rotorning aylanish chastotasi n orasidagi nisbiy farq sirpanish S deyiladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} 100\%. \quad (10.1)$$

Stator magnit maydonining aylanish chastotasi n_1 va rotorning aylanish chastotasi n ga bog'liq holda asinxron mashina motor, generator va elektromagnit tormoz rejimlarida ishlashi mumkin.

Motor rejimida $0 < S < 1$ oraliqda, generator rejimida $-\infty < S < 0$, elektromagnit tormoz rejimida $1 < S < +\infty$ bo'ladi.

10.2. Asinxron motorining aylantiruvchi momenti

Asinxron motorda aylantiruvchi moment statordagi aylanuvchi magnit maydon Φ_m bilan rotor toki I_r ning o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladi. Elektromagnit quvvat quyidagiga teng:

$$P_{E2} = M_1 \omega_1 = M \frac{\pi n_1}{30}, \quad (10.2)$$

$U = const$ va motor validagi yuklama o'zgarmas ($n = const$) bo'lsa, u holda aylantiruvchi moment quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$M = M_0 + M_2, \quad (10.3)$$

bu erda M_0 - salt ishlash momenti; M_2 - yuklama momenti.

Motor validagi foydali va salt ishlash quvvatlari quyidagiga teng:

$$P_2 = M_2 \omega = M_2 \frac{\pi n}{30} = M_2 \frac{n}{9,55}$$

$$P_0 = P_{\text{mex}} + P_{\text{qo'sh}} = M_0 \omega = M_0 \frac{\pi n}{30}$$

To'la mexanik quvvat:

$$P_M = P_2 + P_0 = (M_2 + M_0) \omega = M \omega \quad (10.4)$$

ifoda bilan aniqlanadi.

Rotor chulg'amidagi elektr quvvat isrofi esa quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{E2} = P_{EM} - P_M = M \omega_1 - M \omega = M (\omega_1 - \omega) = M \omega_1 \frac{\omega_1 - \omega}{\omega_1} =$$

$$M \omega_1 S = P_{EM} S,$$

bundan

$$S = \frac{P_{E2}}{P_{EM}} \quad (10.5)$$

ekani kelib chiqadi.

Agarda rotor parametrlari stator parametrlariga keltirilgan bo'lsa, u holda $P_{\Sigma 2}$ quyidagi ifoda orqali topiladi :

$$P_{\Sigma 2} = m_1 (I'_2)^2 R'_2 = M(\omega_1 - \omega) = M\omega_1 S$$

bundan

$$M = \frac{m_1 (I'_2)^2 R'_2 / S}{\omega_1} \quad (10.6)$$

ekanligi kelib chiqadi, bu erda m_1 - fazalar soni; I'_2 - rotor chulg'amidagi keltirilgan tok; R'_2 - rotor chulg'aming keltirilgan aktiv qarshiligi.

Ma'lumki I'_2 tok quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$I'_2 = \frac{U_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{S}\right)^2 + (X_1 + X'_2)^2}} \quad (10.7)$$

(10.7) ni (10.6) ga qo'yib quyidagi formulaga ega bo'lamiz:

$$M = \frac{m_1 U_1^2 \frac{R'_2}{S}}{\omega_1 \left[\left(R_1 + \frac{R'_2}{S}\right)^2 + (X_1 + X'_2)^2 \right]}$$

$$\omega_1 = \pi \frac{n_1}{30} = 2\pi \frac{P n_1}{60} \cdot \frac{1}{P} = 2\pi \cdot \frac{f}{P},$$

u holda

ifodaga ega bo'lamiz.

$$E'_2 = 4,44 f W_1 K_{r1} \Phi_m \text{ va } \omega_1 = \pi \frac{n_1}{30} = 2\pi \cdot \frac{f}{P},$$

ekanligini hisobga olib quyidagini yozish mumkin:

$$\begin{aligned} M_2 &= \frac{m_1 4,44 f W_1 K_{r1} P \Phi_m}{2\pi f} \cdot I'_2 \cos\psi_2 = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} m_1 W_1 K_{r1} P \Phi_m I'_2 \cos\psi_2 = \\ &= C_M \Phi_m I'_2 \cos\psi_2, \end{aligned} \quad (10.9)$$

bu erda $I'_2 \cos\psi_2$ - rotor tokining aktiv tashkil etuvchisi;

$C_M = \frac{1}{\sqrt{2}} m_1 W_1 K_{r1} P$ motor uchun o'zgarmas kattalik.

10.3. Asinxron motorlarni ishga tushirish va aylanish chastotasini rostlash

Asinxron motorni ishga tushirishda unga nisbatan quyidagi talablar qo'yiladi:

- motorning oson, qo'shimcha moslamalarsiz ishga tushirilishi;

- ishga tushirish momenti etarli darajada katta bo'lishi;
- ishga tushirish toki mumkin qadar kichik bo'lishi lozim.

Uch fazali asinxron motor stator chulg'amini $U = U_N$ da tarmoqqa ulab, stator chulg'amiga pasaytirilgan kuchlanish ($U < U_N$) berib va faza rotorli asinxron motorlarning rotor chulg'amiga qo'shimcha qarshilik (reostat) ulash orqali ishga tushiriladi.

Kichik va o'rtacha quvvatli qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlar nominal kuchlanishda ishga tushiriladi. Bunda motorning stator chulg'ami elektr tarmog'iga magnit ishga tushirgich yoki oddiy ulagich vositasida ulanadi va uning tezligi tabiiy mexanik xarakteristika bo'yicha o'sib boradi.

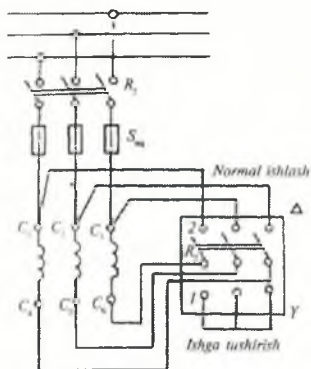
Ishga tushirish toki ancha katta bo'lsa ham, motor uchun xavfli emas, chunki uni ishga tushirish uchun qisqa vaqt talab qilinadi.

Ishga tushirish tokining nominal tokdan $5 \div 7$ marta katta, ishga tushirish momentining kichikroq bo'lishi bu usulning kamchiligi hisoblanadi.

Yuqoridagi kamchiliklariga qaramasdan motorning stator chulg'amini to'g'ridan-to'g'ri elektr tarmog'iga ulab ishga tushirish usuli oddiy, arzon va energetik ko'rsatkichlari yuqori usul hisoblanadi.

Katta quvvatli qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlar tarmoq kuchlanishini pasaytirib ishga tushiriladi. Tarmoq kuchlanishini quyidagi usullar bilan pasaytirish mumkin :

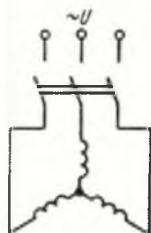
1) stator chulg'amini yulduz (Y) usulidan uchburchak (Δ) usuliga o'tkazib ulash. Bunda asinxron motorning stator chulg'ami fazalariga berilayotgan kuchlanish va faza toklari $\sqrt{3}$ marta , liniya toklari esa 3 marta kamayadi. Statorning faza chulg'amlari uch fazali kontaktor yoki qayta ulagich yordamida ulanadi (10.3-rasm).



10.3 - rasm. Stator chulg'amini yulduz usulidan uchburchak usuliga o'tkazib ishga tushirish.

Bunday usul bilan quvvati 1000 kvt gacha bo'lgan asinxron motorlar ishga tushiriladi. Quvvati undan katta bo'lgan asinxron motorlarning ishga tushirish toki stator chulg'amiga reaktor va avtotransformator ulash orqali pasaytirilgan kuchlanish berib kamaytiriladi. Motor reaktor vositasida ishga tushirilganda ishga tushirish toki kuchlanishi $U_{l(pas)} / U_{lN}$ marta, avtotransformator yordamida ishga tushirilganda esa $U_{l(pas)} / U_{lN}^2$ marta kamayadi.

Faza rotorli asinxron motorlar maxsus uch fazali ishga tushirish reostati yordamida ishga tushiriladi (10.4-rasm). Ishga tushirish reostati rotor chulg'amiga ketma-ket ulanganda , uning aktiv qarshiligi oshib , ishga tushirish toki kamayadi , momenti esa oshadi.

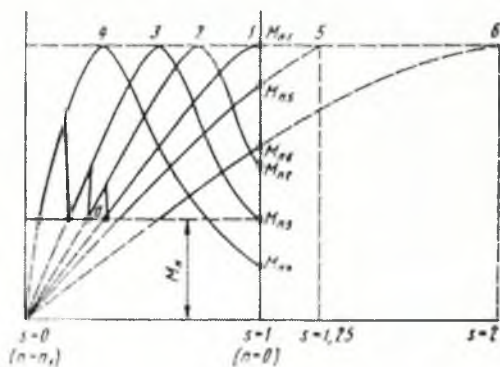


10.4 - rasm. Faza rotorli asinhron motorni ishga tushirish sxemasi.

10.5- rasmda rotor zanjirida har xil aktiv qarshiliklar uchun faza rotorli asinxron motorning mexanik xarakteristikalari ko'rsatilgan.

Bunday motorni ishga tushirish paytida maksimal moment olish mumkin. Buning uchun rotor zanjiriga qo'shimcha aktiv qarshilik ulanadi, bunda $S_K = 1$ (10,5 rasm, 1 egri chiziq). Rotorning har bir aktiv qarshiligiga o'zining mexanik xarakteristikasi $M = f(S)$ to'g'ri keladi.

Rotor zanjiriga reostat ulab, motorning aylanish chastotasini rostlash faza rotorli asinxron motorning aylanish chastotasini bir tekis va keng ko'lamda o'zgartirib beradi. Ammo amalda aylanish chastotasi kichik oraliqlarda o'zgartiriladi, chunki rotor zanjiridagi



10.5 - rasm. Rotor zanjirida aktiv qarshilik o'zgargandagi mexanik harakteristikalar.

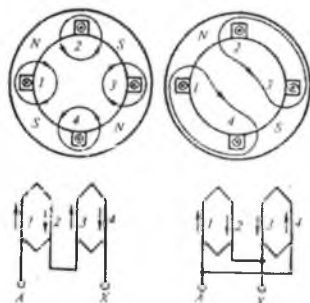
qo'shimcha qarshilik oshirilganda rotordagi elektr isroflar oshib ketadi.

Asinxron motorning aylanish chastotasini tok chastotasini o'zgartirgich vositisida rostlash uchun chastota o'zgartgichlardan foydalaniladi.

Asinxron motorning aylanish chastotasi stator toki chastotasini o'zgartirib rostlaganda uning energetik ko'rsatkichlari o'zgarmaydi, bu uning afzalligi hisoblanadi. Bu usulning murakkabligi va qimmatligi uning jiddiy kamchiligi hisoblanadi.

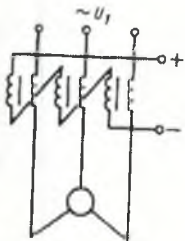
Asinxron motorning aylanish chastotasini stator chulg'ami juft qutblar sonini o'zgartirish vositasida ham rostlash mumkin. Bu $n_1 = 60 f / p$ formuladan yaqqol ko'rinib turibdi.

10.6 - rasmda stator chulg'aming qutblar sonini o'zgartirishning eng oddiy sxemasi keltirilgan. Bu sxema bo'yicha stator chulg'aming har bir fazasi ikkiga bo'linib, ketma - ket ulanishdan parallel ulanishga o'tkaziladi. 1 va 2, 3 va 4 - g'altaklarning parallel ulanishi qutblar sonini ikki marta kamaytirib, motorning aylanish chastotasini ikki marta oshiradi.



10.6 - rasm. Stator faza chulg'ami qutblar sonini o'zgartirishning eng oddiy sxemalari

Aylanish chastotasini induktiv g'altak yordamida ham rostdash mumkin (10.7 - rasm).



Magnitlovchi o'zgarmas tok qiymatini o'zgartirib, g'altakning induktiv qarshiligi o'zgartiriladi. Natijada kuchlanish o'zgaradi va motorning aylanish chastotasi ham o'zgaradi. Bu usulning asosiy kamchiligi motor yuklanish qobiliyatining kamayishi hisoblanadi.

10.7 - rasm. Induktiv g'altak yordamida asinxron motorni tezligini rostdash sxemasi.

10.4. Asinxron motorning ish va ekspluatatsiya xarakteristikalar

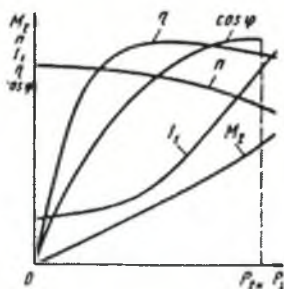
$U_1 = U_n = const$ va $f_1 = f_n = const$ shartlari bajarilganda n , I_1 , M_2 , $\cos \varphi$, $\eta = f(P_2)$ bog'lanish asinxron motorning ish xarakteristikalar deyiladi.

Yuklama oshishi bilan sirpanish S ortadi, rotorning aylanish chastotasi n esa biroz kamayadi.

Yuklama ortishi bilan rotorning aylanish chastotasi n biroz kamayganligi sababli moment M_2 foydali quvvat P_2 ga qaraganda tezroq oshadi.

Yuklamaning o'zgarishi bilan stator toki I_1 ning aktiv tashkil etuvchisi oshib boradi. Tok I_1 ning reaktiv tashkil etuvchisi esa bir xilda qoladi (chunki $U_1 = U_n = const$). Demak, $\Phi = const$ bo'lib, $I_1 = f(P_2)$ bog'lanish deyarli o'zgarmaydi. (10.8 - rasm).

Yuklama oshishi bilan FIK (η) oshib boradi. O'zgaras isroflar, ya'ni yuklamaga bog'liq bo'lmagan mexanik va salt ishlash isroflari hamda o'zgaruvchan isroflar, ya'ni yuklamaga bog'liq holda o'zgaradigan chulg'amlardagi va qo'shimcha isroflar teng bo'lganda η o'zining katta qiymatiga erishadi, yuklama yana ham oshirilganda o'zgaruvchan isroflarning oshishi tufayli η biroz kamayadi.



10.8 - rasm. Asinhron motorning ishchi xarakteristikalar.

Motorda kam yuklama qo'yilganda stator toki tarkibidagi reaktiv tok aktiv tashkil etuvchiga nisbatan katta bo'lib, motorning quvvat koeffitsienti kichik ($\cos \varphi \approx 0,1 \div 0,2$) bo'ladi. Yuklamaning oshishi bilan tokning aktiv tashkil etuvchisi ham oshadi, kuchlanish U_1 va motor toki I_1 vektorlari orasidagi burchak esa kamayib, $\cos \varphi$ o'sadi. Yuklama nominal qiymatdan oshganda, rotorning aylanish chastotasi n kamayadi, sirpanish S va rotorning induktiv qarshiligi x_2 ortishi tufayli biroz kamayadi.

Samolyotlardagi elektr motorlarini ekspluatatsiya (ishlatish) qilish jarayonida kuchlanish va tok chastotasining nominal qiymatlarga nisbatan o'zgarishi, chulg'amlarda temperaturaning o'zgarishi, kuchlanish simmetrikligining buzilishi va boshqa

normal bo'lmagan holatlar sodir bo'lishi mumkin. Yuqoridagi omillar motorning ekspluatatsiya xususiyatlariga ta'sir ko'rsatadi.

Kuchlanishning nominalga nisbatan pasayishi motorni ishga tushirish va maksimal momentlarining kamayishiga olib keladi (chunki $U_1^2 \approx M$).

Kuchlanishning nominalga nisbatan oshishi esa magnit oqimni va shu oqimni hosil qiluvchi magnitlovchi tokning ortishiga olib keladi. Natijada motorda isroflar oshib ketadi.

Asinxron motor normal ishlaganda kuchlanish qiymatining oshishi $\pm 5\%$ dan ortmasligi kerak.

Tok chastotasining oshishi chulg'am induktiv qarshiligining ortishiga va ishga tushirish hamda maksimal momentlarning kamayishiga olib keladi. Shu sababli tok chastotasining o'zgarishi $\pm 5\%$ dan ortmasligi kerak.

Aviatsiya elektr mashinalari atrof muhit temperaturasi har xil bo'lgan sharoitlarda ishlay oladi. Agarda stator chulg'amining temperaturasi oshsa, ishga tushirish momenti va maksimal momentlarning, hamda ishga tushirish tokining kamayishiga olib keladi.

Rotor chulg'ami temperaturasi oshib ketsa, ishga tushirish toki kamayadi va kritik sirpanish ortadi, maksimal moment qiymati esa o'zgarmaydi. Temperaturaning kamayishi esa teskari hodisaga olib keladi.

Kuchlanishning assimmetrik bo'lishi teskari aylanuvchi magnit maydon va tormozlovchi momentning hosil bo'lishiga olib keladi. Natijada motor momenti egri chizig'ida buzilish sodir bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Asinxron mashina qanday qismlardan tashkil topgan?
2. Rotorning tuzilishiga ko'ra qanday asinxron motorlar bo'ladi?
3. Asinxron motorning aylantiruvchi momenti qanday hosil bo'ladi va nimalarga bog'liq?
4. Asinxron motor qanday ishga tushiriladi?
5. Asinxron motorni aylanish chastotasini rostlash haqida gapirring.
6. Asinxron motorning ekspluatatsiya xarakteristikalarini buzilishiga qaysi parametrlar ta'sir ko'rsatadi?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari T.: "O'qituvchi" NMIU, 2005.
2. Комисар М.И. Авиационные электрические машины и источники питания: - 3 – е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990.
3. Копылов И.П. Электрические машины. – М.: Высшая школа, 2002.
4. Основы электрооборудования летательных аппаратов. Ч.1,2/Под ред. Д.Э. Брускина. – М.: Высшая школа, 1978.
5. Токарев Б.Ф. Электрические машины. – М.: Энергоатомиздат, 1990
6. Специальные электрические машины. Источники и преобразователи энергии. В 2 – х кн./А.И. Бертинов, Д.А. Бут, С.Р. Мизюрин и др.; Под ред. Б.Л. Алиевского. – М.: Энергоатомиздат, 1993.
7. Сергеевков Б.Н., Киселев В.М., Акимова Н.А. Электрические машины. Трансформаторы/Под ред. И.П. Копылова. – М.: Высшая школа, 1989.
8. Синдеев И.М. Электроснабжение летательных аппаратов. – М.: Транспорт, 1982.

MUNDARIJA

KIRISH.....	3
-------------	---

BIRINCHI BO'LIM. O'ZGARMAS TOK AVIATSIYA ELEKTR GENERATORLARI VA MOTORLARI

BIRINCHI BOB. O'ZGARMAS TOK AVIATSIYA ELEKTR MASHINALARINING TUZILISHI VA ISHLASH PRINTSIPI	5
--	----------

1.1. O'zgarmas tok aviatsiya elektr mashinalarining tuzilishi	5
1.2. O'zgarmas tok mashinasining ishlash va qaytarlik printsipti. Quyida o'zgarmas tok generatori va motorining ishlash printsiptini ko'rib o'tamiz.....	7
1.3. O'zgarmas tok mashinasida elektromagnit moment.....	10
1.4. Aviatsiya o'zgarmas tok generatorining xarakteristikallari ...	11
1.5. Aviatsiya o'zgarmas tok motorining ish xarakteristikallari ...	13

IKKINCHI BOB. O'ZGARMAS TOK ELEKTR MASHINALARIDA YAKOR CHULG'AMLARI	16
--	-----------

2.1. Umumiy tushunchalar	16
2.2. Yakor chulg'amining simmetriklik shartlari.....	20

UCHINCHI BOB. O'ZGARMAS TOK AVIATSIYA ELEKTR MASHINALARIDA KOMMUTATSIYA	22
--	-----------

3.1. Umumiy tushunchalar	22
3.2. O'zgarmas tok aviatsiya elektr mashinalarida kommutatsiya.....	22
3.3. Kommutatsiyani yaxshilash yo'llari.....	26

T O' R T I N C H I B O B. O'ZGARMAS TOK AVIATSIYA ELEKTR MASHINALARIDA QUVVAT ISROFLARI, FOYDALI ISH KOEFFITSIENTI VA MASHINANING SOVISHI.....	28
4.1. Quvvat isroflarining turlari.....	28
4.2. Foydali ish koefitsienti.....	30
4.3. Aviatsiya elektr mashinalarining sovitilishi.....	31

IKKINCHI BO'LIM. AVIATSIYA TRANSFORMATORLARI

B E S H I N C H I B O B. BIR FAZALI VA UCH FAZALI TRANSFORMATORLAR	34
5.1. Transformatorlarning samolyotlarda ishlatilishi	34
5.2. Transformatorning tuzilishi va ishlash printsipi	34
5.3. Bir fazali transformatorning salt ishlash va qisqa tutashuv rejimlari.....	36
5.4. Uch fazali transformatorlar.....	37
5.5. Avtotransformatorlar	38

O L T I N C H I B O B. TRANSFORMATORLARNING PARALLEL ISHLASHI TRANSFORMATORDAGI QUVVAT ISROFLARI VA FOYDALI ISH KOEFFITSIENTI	41
6.1. Transformatorlarni parallel ishlashga ulash shartlari	41
6.2. Quvvat isroflari va foydali ish koefitsienti	43

E T T I N C H I B O B. TRANSFORMATOR CHULG'AMLARINING ULANISH GURUHLARI. TRANSFORMATORLARNING PARALLEL ISHLASHI...	47
7.1. Transformator chulg'amlarining ulanish guruhini aniqlash ..	47
7.2. Transformatorlarning parallel ishlashi.....	56

UCHINCHI BO'LIM. O'ZGARUVCHAN TOK AVIATSIYA ELEKTR GENERATORLARI VA MOTORLARI

SAKKIZINCHI BOB. O'ZGARUVCHAN TOK ELEKTR MASHINALARI TO'G'RISIDA UMUMIY MA'LUMOT..... 60

- 8.1. O'zgaruvchan tok elektr mashinalarining turlari..... 60
- 8.2. O'zgaruvchan tok elektr mashinalarining yakor
chulg'amlari..... 61

TO'QQIZINCHI BOB. O'ZGARUVCHAN TOK AVIATSIYA ELEKTR GENERATORLARI..... 64

- 9.1. Sinxron generatorning tuzilishi va ishlash printsipi..... 64
- 9.2. Sinxron generatorning xarakteristikalarlari 66
- 9.3. Aviatsiya sinxron generatorlarining parallel ishlashi..... 69
- 9.4. Kontaktsiz sinxron generatori..... 71

O'NINCHI BOB. AVIATSIYA ASINXRON MOTORLARI..... 73

- 10.1. Asinxron motorning tuzilishi va ishlash printsipi 73
- 10.2. Asinxron motorining aylantiruvchi momenti..... 74
- 10.3. Asinxron motorlarni ishga tushirish va aylanish
chastotasini rostlash 78
- 10.4. Asinxron motorning ish va ekspluatatsiya
xarakteristikalarlari 83

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR..... 87