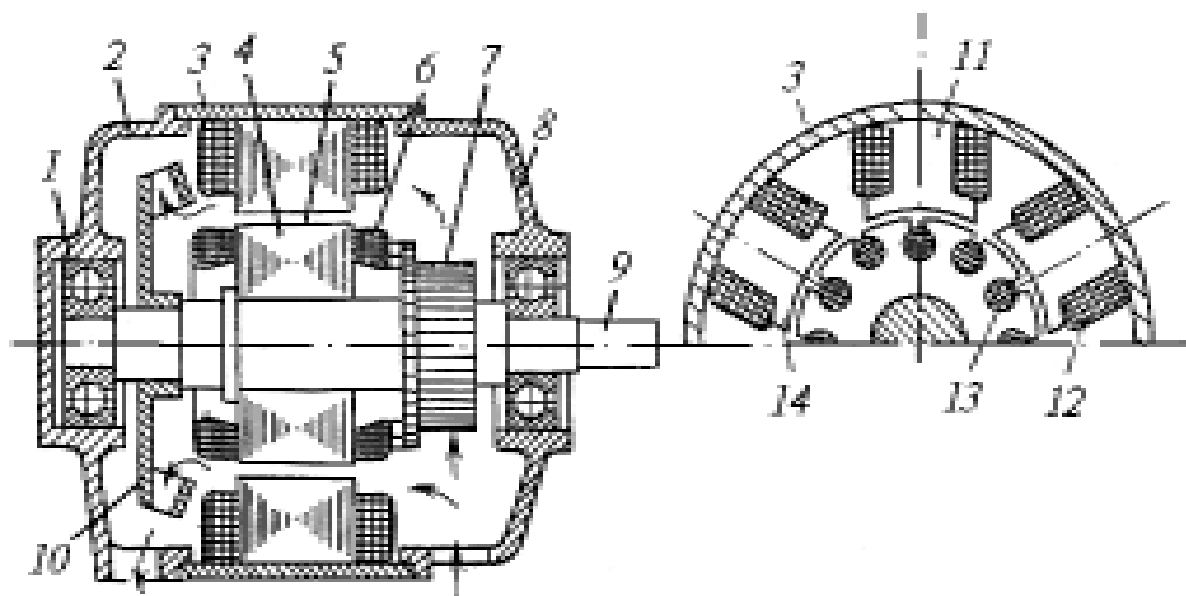


- REJA:** 1. Elektr motorlar haqida umumiy tushunchalar.
 2. Generatorlar.
 3. O'zgarmas tok motorlari.
 4. Rivojlangan mamlakatlarda elektr motor va generatorlarni ishlatilish sohasi.
 5. Nazorat savollari.

1. Elektr motorlar haqida umumiy tushunchalar

Elektr motorlarning (113-rasm) qo'zg'almas qismini stator deb, aylanuvchi qismini rotor deb atash qabul qilingan. Stator bilan rotor bir-biridan havoli tirqish (5) bilan ajratilgan. O'zgarmas tok motorida tarmoqqa kollektor (7) va cho'tkalar orqali rotor chulg'ami tutashtiriladi, shu sababli uning rotori yakor deb yuritiladi.



113-rasm. Elektr motor konstruksiyasining elementlari.

Qutb o'zak (11) va uchlik (14) dan tashkil topgan. Uchlik (14) qutbning havoli tirqish tomonga qaragan kengaytirilgan qismdan iborat. O'zak (4), ventilator (10), kollektor va podshipniklar (1) val (9) ga o'tqaziladi.

Ma'lum izchillikda ulangan o'tkazgichlar chulg'am (6) ni hosil qiladi, u rotor o'zagi (4) ning ariqchalari (13) ga joylashtiriladi. Magnit maydonni elektr magnitlar yoki doimiy magnitlar hosil qiladi. Uyg'otish chulg'amlari deb ataladigan elektr magnitlar (12) chulg'amlari qutblar o'zaklari (11) ning atrofida joylashtiriladi.

Elektr motorlardagi o'zaklar va chulg'amlar bevosita energiyani o'zgartirish uchun xizmat qiladi, shu bois, ular konstruktiv qismlar (aktiv

qismlar mahkamlanadigan korpuslar, shchitlar, vallar, hamda boshqa yig'ish birliklari va detallar) dan farqli o'laroq, aktiv qismlar deb ham ataladi.

Elektr motorlar o'zaklarini doimiy yoki o'zgaruvchan magnit oqimi kesib o'tadi. YAKorlar o'zaklaridan doim o'zgaruvchan magnit oqimi kesib o'tib turadi. SHu sababli, uyurma toklardan yuzaga keladigan magnit isroflarini kamaytirish uchun ular elektrotexnika po'lati listlaridan yig'ish usulida tayyorlanadi. O'zgarmas tok mashinalari va sinxron mashinalar qutblari zalvorli qilib ishlanishi mumkin.

Statorning asosiy konstruktiv elementi korpus (3) (stanina) bo'lib, unga chulg'amli qutb yoki o'zak mahkamlanadi. Nisbatan kichik o'lchamli mashinalarda korpus quyma qilib tayyorlanadi. Katta o'lchamli mashinalarda esa korpusni payvandlab tayyorlash arzonroqqa tushadi va uning og'irligi engil bo'ladi. Korpusga chetlaridan podshipnik to'siqlari (2) va (8) podshipniklar (1) bilan birga mahkamlangan, podshipniklarda rotor aylanadi.

Motor odatda ventilator (10) bilan sovitib turiladi. Havo rotor, stator va kollektordagi shamollatish kanallari orqali o'tib, chulg'amlar, o'zaklar va boshqa qizigan qismlarni sovitadi.

Elektr motorlar generator rejimida ham, motor rejimida ham ishlay oladi. Ammo ko'p hollarda ular shu rejimlardan birida ishlaydigan qilib tayyorlanadi. Bu hol motorni talab etilgan ish sharoitiga moslash, uning og'irligini, o'lchamlarini kamaytirish va FIK ni oshirish imkonini beradi.

Elektr motorlarning ishonchli ishlashi ularning konstruksiyasi va ishlanish variantida ularning tashqi muhitning iqlimiy omillariga qarshilik ko'rsatishi qanchalik ko'zda tutilganligiga ko'p darajada bog'liq. Iqlim omillariga quyidagilar kiradi: havoning harorati, namligi, havo yoki gaz bosimi (dengiz sathidan balandligi), quyosh radiatsiyasi, yomg'ir, shamol, tuzli tuman, qirov va h.k. Har xil iqlimli hududlar uchun motorlarning ishlanish varianti davlat standartlarida belgilangan. Motor rusum-o'lchami harf-raqamli shartli belgisining oxiriga motorning qanday iqlim uchun ishlanganligini ko'rsatuvchi harf yoziladi: *O* - mo'tadil iqlim uchun; *OE* - sovuq iqlim uchun; *OA* - tropik nam iqlim uchun; *ON* - tropik quruq iqlim uchun; *O* - ham quruq, ham nam tropik iqlim uchun; *I* - quruqlikdagi barcha hududlar uchun (hamma iqlimlarga mo'ljallab ishlangan); *M* - mo'tadil sovuq dengiz iqlimi uchun; *TM* - tropik dengiz iqlimi uchun; *OM* - cheklanmagan miqdordagi suzib yuriladigan hududlar uchun (barcha dengiz iqlimlari uchun); *A* - quruqlik va dengizdagi barcha hududlar uchun.

Elektr motorlar belgisida harfdan keyin raqam yozilishi mumkin, u motorning qaerga qo'yib ishlatilishiga bog'liq holda ishlanish toifasini bildiradi: 1 - ochiq havoda ishlash uchun, 2 - tashqaridan havo bemalol kirib turadigan ochiq xonalar uchun, 3 - yopiq xonalar uchun, 4 - isitiladigan va shamollatib turiladigan xonalar uchun, 5 - zax xonalar uchun.

Umumiy ishlarga mo'ljallangan motorlar mo'tadil iqlimli hududlarda ishlashga mo'ljallab tayyorlanadi - ishlanish varianti *O*, joylashtirish toifalari 3 va 4 (*O3* va *O4*).

Elektr motorlarga doir Davlat standartlarida mashina ichidagi tok o'tkazuvchi yoki harakatlanuvchi qismlarga tegib ketishdan, mashinani begona qattiq jismlar va suv tushishidan himoya qilish darajalari belgilab beriladi. Umumiy ishlarga mo'ljallangan motorlar himoyalash darajasi ikki xil qilib tayyorlanadi: *IP23* (yoki o'zgarmas tok motorlari uchun *IP22*) va *IP44*. Ulardan birinchisi himoyalangan motorlarni, ikkinchisi yopiq qilib ishlangan motorlarni bildiradi.

Himoya darajasining harf-raqamli belgisi lotin harflari *IP* (inglizcha International Protection so'zlarining bosh harflari) va ikkita raqamdan iborat. Bu raqamlardan birinchisi kishilarni motor ichidagi tok o'tkazuvchi va aylanuvchi qismlarga tegib ketishdan himoyalash darajasini, shuningdek, motorning o'zini qattiq begona narsalar tushishidan himoyalash darajasini bildiradi; ikkinchi raqam motorning ichiga suv kirishidan himoyalash darajasini ifodalaydi.

IP23 belgidagi 2 raqami motorda kishi barmoqlarini tok o'tkazuvchi va harakatlanuvchi qismlarga tegib ketishdan va motor ichiga diametri 121,5 mm dan kichik bo'lmagan begona qattiq narsalar tushishidan himoyalash ta'minlanganligini bildiradi. 3 raqami motorga vertikalga nisbatan 60° qiyalikda tushuvchi yomg'irdan himoyalash ta'minlanganligini, *IP22* belgidagi ikkinchi raqam esa vertikalga nisbatan ko'pi bilan 15° qiyalikda tushuvchi suv tomchilardan himoyalash ta'minlanganligini bildiradi.

IP44 belgidagi birinchi 4 raqami asbob, sim va 1 mm dan qalin bo'lgan boshqa shunga o'xshash narsalarni motor ichidagi tok o'tkazuvchi qismlarga tegib ketishdan, shuningdek, motor ichiga 1 mm dan kichik bo'lmagan narsalar tushishidan himoyalash ta'minlanganligini bildiradi. Ikkinchi 4 raqami istalgan yo'nalishda suv tomchilari tushishidan yoki *L* - staninasining uzunligiga ko'ra o'rnatish o'lchami, 2 (yoki 4, 6, 8, 10, 12) - qutblar soni, *O3* - qanday iqlimga mos ishlanganligi (*O*) va joylashtirish toifasi (3).

Birinchi *A* harfidan keyin ikkinchi *A* harfi yozilishi mumkin (masalan, *4AA63*), u stanina va to'siqlar aluminiy qotishmasidan tayyorlanganligini bildiradi yoki bo'lmasa, birinchi *A* harfidan keyin *X* harfi yozilishi mumkin, u stanina alyuminiydan, to'siqlar esa cho'yandan yasalganini ko'rsatadi; bu harflarning yo'qligi stanina va to'siqlar cho'yan yoki po'latdan ishlanganligini bildiradi.

Fazali rotori bo'lgan asinxron motorlar belgisida *K* harfi yoziladi, masalan, *4AIE*.

Asinxron motorlarning rotori bilan statori orasidagi havoli tirqish katta bo'lmaydi. Masalan, aylanish o'qining balandligi 56-90 mm bo'lgan to'rt, olti va sakkiz qutbli motorlarda bu tirqish 0,25 mm.

Tuzilishiga ko'ra elektr motorlarni kollektorli va kollektorsiz xillarga ajratish qabul qilingan. Kollektorli motorlardan ko'pincha o'zgarmas tokda ishlash uchun generator va motorlar sifatida foydalaniladi. O'zgaruvchan tokda ishlaydigan kollektorli motorlar kamroq, asosan, nisbatan kichik quvvatli elektr motorlar sifatida qo'llaniladi.

O'zgaras tok motorlari tayyorlanishi jihatidan murakkab kollektorga ega bo'lib, bunday kollektorlar ishlatish vaqtida sinchiklab qarov o'tkazishni talab etadi va motorni qimmatlashtirib yuboradi. Ular aylanish tezligi keng oraliqda ravon rostlash, tez-tez ishga tushirish va reversivlash (revers-aylanish yo'nalishining o'zgarishi) hollarida, ishga tushirish momenti katta bo'lganda qo'llaniladi. O'zgaras tok motorlari metallurgiya sanoatida prokat stanlarini yurgizish, shuningdek, shaxta ko'targichlari, ekskavatorlar, metropoliten, tramvaylar, trolleybuslar, teplovozlarni yurgizish uchun keng ko'lamda ishlatiladi.

Asinxron motor elektr energiyasini mexanikaviy energiyaga aylantirib beradi. Asinxron motorlar tuzilishiga ko'ra eng sodda bo'lib, motorlar sifatida eng keng tarqalgan. Ular quvvati o'n vatt dan yuzlab va minglab kilovattga etadigan qilib tayyorlanadi. Asinxron motorlar hozirgi zamon motorlarining eng ko'p tarqalgan xildir.

YUksak iqtisodiy rivojlangan davlatlarda texnikaviy va iqtisodiy ko'rsatgichlar asinxron motorlarning keng miqyosda ishlab chiqarishda qo'llanilishi bilan belgilanadi. Hozirgi vaqtda sanoatda ishlatiladigan motorlarning 95% ni asinxron motorlar tashkil qiladi. Bu o'z navbatida AM ning tuzilishi va ishlashga qulayligi bilan belgilanadi, hamda boshqa motorlardan farkini ko'rsatadi.

Demak, asinxron motorlar boshqa elektr motorlar singari motor, generator va elektromagnitaviy tormoz rejimlarida ishlay oladi, ammo ular amalda asosan motor sifatida keng qo'llaniladi.

Konstruksiyaşining soddaligi, narxining arzonligi, ishlashda ishonchliligi, shu kabi afzalliklari bilan o'zgaras va sinxron motorlardan farq qiluvchi asinxron motorlar sanoatda, qishloq xo'jaligi va qurilishda foydalaniladi.

Asinxron motor asosan ikkita qismda tuzilgan:

- qo'zg'almas qism – stator;

- qo'zg'aluvchan qism – rotor,

hamda har birining alohida-alohida chulg'amlari va fazalaridan iborat.

Asinxron motorlarning ishlatilishi quyidagicha bo'ladi.

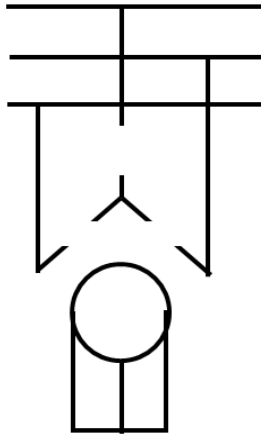
Uch fazali o'zgaruvchan tok stator chulg'amlaridan o'tganda $n_1 = \frac{60 \cdot f}{P}$

bo'lgan aylanuvchi magnit maydon oqimi kuch chiziqlari rotor chulg'amlarini kesib o'tadi va uni induksiyalaydi. CHulg'am yopiq berk bo'lganligi sababli tok oqa boshlaydi. Demak stator chulg'amlarida hosil bo'lgan aylanuvchi magnit maydon oqimi aylangan tomon rotor ham aylana boshlaydi, ya'ni ($n_1 \neq n_2$) tezlik orqali.

Demak asinxron motorlarda stator chulg'amlarida hosil bo'lgan aylanuvchi magnit oqim tezligi bilan rotorning tezligi bir xil bo'lmaydigan motorlar *asinxron* va aksi bo'lsa *sinxron* deb ataladi.

YAngi yuklamaga bog'liq bo'lgan holda rotor tezligi o'zgaradi va shu holda ishlaydi. YA'ni rotorning aylanish tezligi magnit maydonning aylanish tezligiga teng bo'lmagan xolda ishlaydi.

Asinxron motorning ishlash prinsipi 114-rasmda ko'rsatilgan.



114-rasm. Asinxron motorning ishlash prinsipi sxemasi

Buning uchun elektr tarmoqdan stator chulg'amlariga uch fazali tok beramiz. Ikki qutbli taqasimon magnit o'zgarmas n_0 tezlik bilan o'q atrofida aylanmoqda deb faraz qilaylik. Magnitning qutblari o'rtasiga $B-B_1$ o'qda aylanadigan baraban-rotor joylashtirilgan. Magnit maydonning kuch chiziqlari rotorning a , v , s va d sterjenlarini kesib o'tadi va unda I_a , I_b , I_c va I_d elektr yurituvchi kuchlarni hosil qiladi. Bu sterjenlar bo'ylab i_a , i_b , i_c va i_d toklar (uyurma) yo'naladi. Bu uyurma toklar bilan doimiy magnitni magnit maydonining o'zaro ta'siri natijasida diskni aylantiruvchi kuch hosil bo'ladi.

Joul-Lens qonuniga asosan har qanday induksion tok uni hosil qiluvchi sababga qarshilik qiladigan tomonga yo'nalgan bo'ladi. SHu sababli diskda hosil bo'lgan uyurma toklar magnitning aylanishini to'xtatishga intiladi, lekin to'xtata olmaydigan magnitga ergashib aylana boshlaydi.

Bunda diskning aylanish tezligi magnit maydonning aylanish tezligidan doimo kam bo'ladi. Agar biror sabab bilan bu tezliklar teng bo'lib qolganda edi, diskni kesib o'tgan magnit maydon oqimlari o'zgarmagan, natijada unda hech qanday uyurma toklar hosil bo'lmagan va nihoyat diskni aylanma harakatiga keltiruvchi kuchlar vujudga kelmagan bo'lardi.

Asinxron motorlarda aylanuvchi doimiy magnit o'rniga aylanuvchi magnit maydoni olinadi: bu maydon statorning uch fazali chulg'amidan uch fazali o'zgaruvchan tok o'tganda hosil bo'ladi.

Statorning aylanuvchi magnit maydoni rotor chulg'ami simlarini kesib o'tib, ularda EYUK induksiyalaydi. Agar rotor chulg'ami uchlari bilan qarshilik orqali yoki o'zaro qisqa tutashtirilsa, bu induksion EYUK rotor chulg'amida tok hosil qiladi. Rotor chulg'amidagi tok bilan stator chulg'aming aylanuvchi magniti magnit maydonining o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'lgan aylantiruvchi moment rotorni aylanma harakatiga keltiradi. Demak rotor aylanish tezligi doimo magnit maydonning aylanish tezligidan kichik bo'ladi.

Agar biror paytda rotorning aylanishlar soni statorning aylanishlar soniga teng bo'lib qolsa, bu paytda rotor chulg'aming sirtlarini stator maydonining magnit chiziqlari kesmaydigan bo'lib qoladi va rotorda tok bo'lmaydi. Bu holda

aylantiruvchi moment nolga teng bo'lib qolib, bu paytda rotorning aylanish tezligi statorning aylanish tezligiga nisbatan kattalashib ketadi.

Sinxron motorlar generator va motorlar sifatida ishlatiladi. Quvvati 1 mVt va undan katta bo'lgan sinxron generatorlar - issiqlik elektr stansiyalaridagi turbogeneratorlar va gidroelektr stansiyalaridagi gidrogenerator - elektr energiyasining asosiy manbai hisoblanadi. Birdan o'nlarcha kilovattli kam quvvatli generatorlardan ichki yonuv motorli ko'chma elektr stansiyalari uchun foydalaniladi. Quvvati bir necha yuz kilovatt dan bir necha o'n ming kilovattga etadigan sinxron motorlar turli turbomexanizmlar (kompressorlar, nasoslar, ventilatorlar va h.k.) ni harakatga keltirish uchun mo'ljallangan. Ular reaktiv quvvatni tarmoqqa berib, yuklanish quvvat koeffitsienti - $\cos\varphi$ ni oshirish xususiyatiga ega, bu esa quvvat yuz kilovatt va undan ortiq bo'lganda elektr energiyasini anchagina tejashga imkon beradi.

Elektr motorlarga xizmat ko'rsatish. Elektr motorlarni uzoq muddatga ishga yaroqli holatda saqlash uchun ta'mirlar oraliq'ida ularga texnik xizmat ko'rsatish katta ahamiyatga ega. Uning vazifasiga motorning harorati rejimini, uning cho'tkalari kontakti, kollektori va kontakt halqalarining ahvolini, vibratsiyani, podshipniklar ahvolini va ularda moy borligini kuzatish kiradi.

Ishchi mexanizm va motorlarning ishlashi davomida navbatchi xodim ularning motorlarini bir marta ko'zdan kechirib chiqadi va motorni chang hamda iflosliklardan tozalaydi, bunda u ish rejimi og'ir bo'lgan (tez-tez ishga tushiriladigan va to'xtatiladigan, mexanizmi o'qiga katta yuklanish tushadigan, atrof-muhit harorati yuqori bo'lgan) motorlarga alohida ahamiyat beradi.

Elektr motorlarning davomli normal ishlashini ta'minlash maqsadida vaqti-vaqti bilan tarmoqdan o'chiriladi, xodim motorni siqilgan havo bilan tozalaydi, podshipniklarda moy bor-yo'qligini tekshiradi, kollektor va kontakt halqalarini tozalaydi, cho'tka tutqichlarining ishini, izolatsiya ahvolini tekshiradi va zaminlovchi qurilmalarni ko'rib chiqadi, cho'tkalarni neytral holatga o'rnatadi va shamollatish kanallarini tozalaydi.

Motorlarning harorati rejimini tekshirish. Izolatsiyalovchi materialning sinfiiga qarab, atrof-muhit harorati 40°C ligida motorlar uchun ruxsat etilgan haroratlarning oshish chegarasi turlicha (60 dan 125°C) bo'ladi.

Elektr motorlarning qizib ketishi birinchi navbatda chulg'amlarning izolatsiyasi uchun xavflidir, chunki bu holda ularning ishlash muddati qisqaradi, ba'zan esa elektr motorlar batamom ishdan chiqadi.

Motorning qizishi yuklanish va ish rejimiga bog'liq. Qizib ketishning asosiy sababi, motorlarning tok bilan o'ta yuklanishidir. Bu hodisa uzoq muddatli rejimda o'zgaruvchan tok motorlari uchun stator zanjiridagi, o'zgarmas tok motorlari uchun yakor zanjiridagi tokni nazorat tarzda o'lchab ko'rib aniqlanadi.

Qisqa muddatli takrorlanuvchan rejimda ishlaydigan motorlarda tok doimo o'zgarib turadi, shuning uchun ularning yuklanishini shchitga o'rnatilgan o'lchov asboblari yordamida emas, balki maxsus asboblari (ossillograflar)

yordamida tokning vaqt bo'yicha o'zgarishi diagrammasi olinadi va uning asosida mexanizmning ish sikli uchun tokning ekvivalent qiymati aniqlanadi.

YUklanish normal bo'lganda motorning qizib ketishiga uning yomon sovitilishi (ventilator qanotlarining shikastlanishi, shamollatish kanallari va tuynuklarning to'lib qolishi) yoki atrof-muhit harorati 40°C dan ortib ketishi sabab bo'lishi mumkin.

Quvvati 100 kVt va undan kam bo'lgan motorlarning qizish darajasi termometr bilan aniqlanadi. Termometr bo'lmaganda motorning qizish darajasi odatda qo'lni tekkizib tekshiriladi. Agar u juda issiq bo'lsa, ko'chma, yaxshisi spirtli termometr bilan o'lchanadi, chunki u magnit maydon ta'sirida xatoga yo'l qo'ymaydi. Termometarning aktiv qismi alyuminiy folga bilan zich qilib o'raladi va motor sirtidagi o'lchanadigan joyga siqib qo'yiladi, ustidan esa izolatsiyalangan joyi issiqlikni izolatsiyalovchi paxta bilan o'raladi.

2. Generatorlar.

Mexanik energiyani elektr energiyaga aylantirib beradigan motorlar *generator* deyiladi. Generatorlarni harakatga keltiradigan birlamchi mexanik energiya manbai bo'lib, bular sifatida bug' yoki gaz turbinalari, ichki yonuv motorlari (masalan, dizel) xizmat qiladi. Generatorlar asosan elektr stansiyalarida ishlatiladi.

Generatorlar ishlab chiqaradigan yoki motorlar iste'mol qiladigan tok turi jihatidan, o'zgaruvchan tok generatori yoki motori deyiladi. Barcha elektr motorlar qaytuvchanlik xossasiga ega, ya'ni qaytar jarayonida ishlay oladi. Masalan, elektr motori generator rejimida va generator esa motor rejimida ishlashi mumkin.

Asinxron motorlar generator rejimida ham ishlashi mumkin. Umuman asinxron motorlarning generator rejimida ishlashi texnik-iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas, ammo oxirgi yillarda o'tkazilgan ilmiy-tadqiqotlar asinxron motorlarning generator sifatida ishlatilishining bir qator ustunliklari borligini ko'rsatdi. Hozirgi vaqtda asinxron motorlari asosan uch fazali motorlar sifatida ishlatiladi.

Hozirgi zamon elektr stansiyalarida elektr energiyasi hosil qilish uchun uch fazali o'zgaruvchan tok sinxron generatorlari ishlatiladi. Sinxron generatorlar turbogeneratorlar (birlamchi dvigateli - bug' yoki gaz turbinasi) va gidrogeneratorlarga (birlamchi dvigateli - gidroturbina) bo'linadi.

Sinxron elektr mashinalari uchun normal ish holatida agregatning aylanish davr tezligi (ayl/min) bilan tarmoq davr tezligi (Gs) orasida aniq muvofiqlik bor:

$$n = \frac{60f}{p}$$

bu erda r - generator statori chulg'amlarining juft qutblari soni.

Bug' va gaz turbinalari aylanish davr tezligi katta (3000 va 1500 ayl/min) qilib ishlab chiqariladi, chunki shunda turbogeneratorlar eng yuqori texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarga ega bo'ladi. Organik yoqilg'ida ishlaydigan IES larda

agregatlarning aylanish davr tezligi, odatda, 3000 ayl/min ni tashkil etib, ikkita qutb bo'ladi. AES da aylanish davr tezligi 1500 va 3000 ayl/min bo'lgan agregatlar ishlatiladi.

Turbogeneratorlar tez aylanishi sababli o'ziga xos tuzilishga ega bo'ladi. Bu generatorlar vali gorizonta joylashadigan qilib tayyorlanadi. Turbogeneratorning katta mexanik va issiqlik yuklamalarida ishlovchi rotori magnit, hamda mexanik xossalari yuqori bo'lgan maxsus (xrom-nikelli yoki xrom-nikel-molibdenli) po'latdan tayyorlanadi.

Rotorning aylanish davr tezligi katta bo'lganligi uchun, mexanik mustahkamlikni ta'minlash nuqtai nazaridan diametri 3000 ayl/min uchun 1,1-1,2 m dan ortmaydi. Rotor bochkasining uzunligi ham ma'lum chegaraga ega bo'lib, 6-6,5 m ga teng bo'ladi. U val statik egilishining ruxsat etiladigan kattaligi va ma'qul titrash xarakteristikasini hosil qilish shartiga ko'ra aniqlanadi. Rotorning har ikki tomonidan uning valiga mashinadagi sovituvchi gazning aylanib yurishini ta'minlaydigan ventilyator o'rnatiladi.

Turbogenerator statori korpus va o'zakdan iborat. Korpus payvandlab tayyorlanadi. Stator o'zagi qalinligi 0,5 mm li po'latdan tayyorlangan, izolyasiyalangan listlardan yig'iladi. Listlar paket ko'rinishida yig'ilib, ular orasida ventilyasiya kanallari qoldiriladi. O'zak ichidagi pazlarga uch fazali, odatda ikki qatlamli chulg'am joylanadi.

Gidravlik turbinalarning aylanish davr tezligi, odatda, nisbatan kichik (60-600 ayl/min) bo'ladi. Suv bosimi qanchalik past, turbina quvvati qanchalik katta bo'lsa, aylanish davr tezligi shunchalik kichik bo'ladi. Aylanish davr tezligi qanchalik kichik bo'lsa qutblari soni shunchalik ko'p bo'ladi.

Gidrogeneratorlar ayon qutbli rotorli qilib va vali asosan vertikal joylashadigan qilib tayyorlanadi. Yuqori quvvatli gidrogeneratorlar rotorlarining diametri 14-16 m ga, statorlarining diametri esa 20-22 m ga etadi.

Generatorlarning nominal parametrlari. Generatorni ishlab chiqaruvchi zavod uni ma'lum ruxsat etilgan uzoq muddatli ish holatiga mo'ljallaydi va bu holat nominal holat deb ataladi. Bu ish holati generatorning nominal ma'lumotlari degan nom bilan yuritiladigan va mashina pasportida ko'rsatiladigan parametrlar bilan xarakterlanadi.

Generatorning nominal kuchlanishi - nominal holatda stator chulg'amining liniya (fazalararo) kuchlanishidir.

Normal sovitish parametrlari (sovituvchi gaz va suyuqlikning harorati, bosimi, hamda sarfi) da va generator pasportida ko'rsatilgan quvvat, hamda kuchlanishning nominal qiymatlarida generatorning uzoq muddat normal ishlashiga ruxsat etiladigan tok qiymati generator statorining nominal toki deb ataladi.

Har kanday generator nominal yuklama va nominal quvvat koeffitsienti ta'minlanganda eng katta FIK bilan ishlaydi. Hozirgi generatorlarda nominal FIK 96,3-98,8% atrofida o'zgarib turadi.

Sinxron generatorlarning ishlashi vaqtida uning chug'amlari va po'lati qiziydi. Stator va rotor chulg'amlarining yo'l qo'yiladigan qizish harorati

birinchi navbatda, foydalaniladigan izolyasiya materiali va sovituvchi muhit haroratiga bog'liq.

3. O'zgarmas tok motorlari

O'zgarmas tok motorlari hozirgi vaqtda asosan elektr transportlarida - metro, trolleybus, tramvayda keng qo'llaniladi, chunki barcha elektr motorlar orasida faqat o'zgarmas tok motorlarini aylanish tezligini ravon, bir tekis boshqarish mumkin. O'zgarmas tok motorlar kuchlanishini ravon boshqariladi, shu xossasiga muvofiq, bu motorlar avtomatika va telemexanika zanjirlarida keng qo'llaniladi. O'zgarmas tok motorlari qaytaruvchan xossasiga ega.

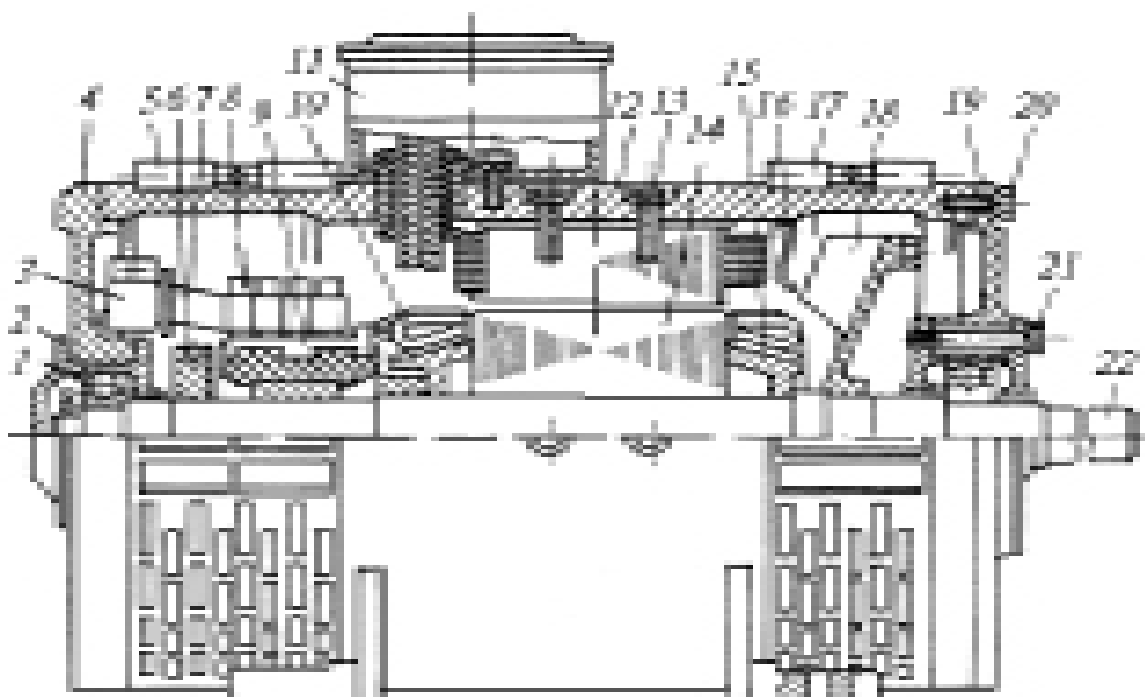
O'zgarmas tok motori uchta asosiy qismdan tuzilgan: motorning qo'zg'almas qismi - induktorda bosh qutblar joylashgan bo'lib, bu qutblarning o'zagi elektrotexnik po'lat tunukasimon varaqlardan tuzilgan. Bosh qutblarda uyg'otish chulg'amli joylashtirilgan bo'lib, ular ketma-ket ulanadi va asosiy magnit maydonni yaratadi. Bosh qutblar oralig'ida yordamchi qutblar joylashtiriladi. Yordamchi qutblar faqat katta quvatli motorlarda bo'ladi va cho'tkalar ostidagi uchqunni kamaytirish uchun qo'shimcha magnit maydon yaratadi.

Motorning aylanuvchi qismi - yakor deyiladi. Yakorning o'zagi ham elektrotexnik po'lat tunukasimon varaqlardan silindr shaklida tuzilgan. Yakorning ariqchalarida chulg'am joylashtiriladi. Chulg'am ayrim seksiyalardan iborat bo'lib, chulg'am sxemasiga muvofiq ketma-ket ulanuvchi ikki seksiyani tutashtiradigan uchlari kollektor plastinkalariga ulanadi.

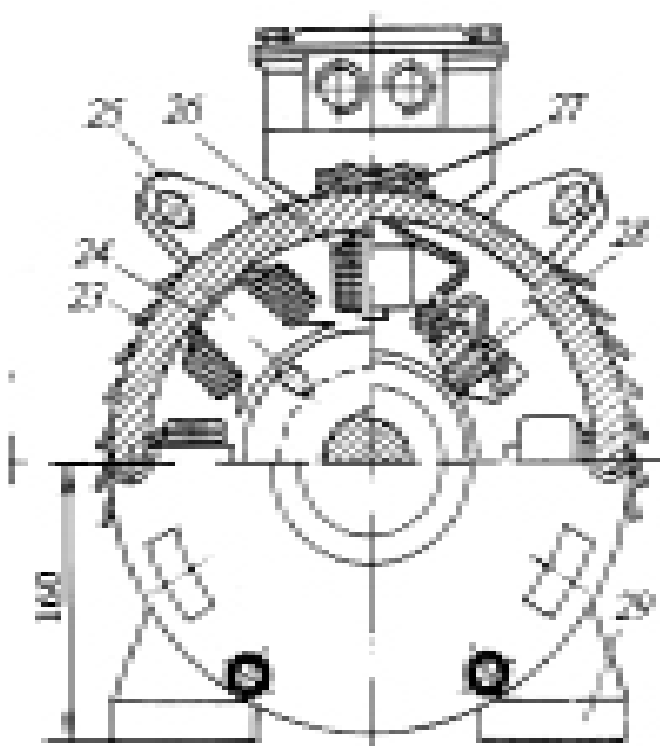
Kollektor alohida mis plastinkalardan silindr shaklida yasaladi. Har bir kollektor 50-80 ta plastinkadan tuzilgan. Kollektor generatorda mexanikaviy to'g'rilagich vazifasini bajaradi, ya'ni yakor chulg'amli induksiya EYUK ta'sirida oqayotgan o'zgaruvchan sinusoidal tokni, o'zgarmas tokga aylantirib tashqi elektr zanjirga (tarmoqqa) beradi.

O'zgarmas tok generatorining ishlash prinsipi elektr magnit induksiya qonuniga asoslangan. Induktorda joylashgan uyg'otish chulg'amli o'zgarmas tok o'tganda, bu tok bir jinsli o'zgarmas magnit maydon hosil qiladi. Yakor birlamchi motor yordamida magnit maydonda aylantirilganda uning chulg'amli har bir seksiyalarida EYUK lar hosil bo'ladi. Bu erda har bir seksiya EYUK lari kollektor va cho'tkalar orqali bir tomonga yo'nalgan pulatsiyalanuvchi tok hosil qiladi. Seksiyalar soni, demak kollektordagi plastinkalar soni, ko'p bo'lgani tufayli EYUK ning qiymati etarli darajada katta bo'lib, tokning pulsatsiyalanishi pasayadi.

O'zgarmas tok motorining statori stanina (12) chulg'amli bosh (24) va qo'shimcha (26) qutblardan tashkil topgan. Kam quvvatli motorlarda qo'shimcha qutblar bo'lmasligi mumkin. Rotor (yakor) val (22), chulg'am (10) li o'zak (14) kollektor (9) dan tuzilgan (115-116 rasmlar).



115-rasm. O'zgaras tok motorining kesma qirqim tasviri



116-rasm. O'zgaras tok motorining yon tomondan ko'rinishi

Stanina (12) motor korpusi hisoblanadi. Ayni paytda u bosh va qo'shimcha qutblarning magnit oqimlarini o'tkazuvchi magnit tizimining bir qismi hamdir. Stanina silindr shaklida bo'lib, po'lat quvurdan tayyorlanadi; quvurning pastki qismiga panjalar (29) payvandlanadi. Korpusning yuqori qismiga, motorni tashish uchun rim-bolt burab qo'yiladi yoki zo'g'atlar (25) payvandlanadi, staninaning chetlarida podshipnik to'siqlari (4) va (19) uchun

markazlovchi kertiklar qilingan, podshipnik to'siqlari vintlar (20) bilan mahkamlab qo'yilgan.

Qo'shimcha qutblar (26) kommutatsiyani yaxshilashga (cho'tkalar ostidan chiqadigan uchqunlarni kamaytirishga) mo'ljallangan bo'lib, yaxlit qilib yoki listlardan valga yig'iladi. Qutblar chulg'amining g'altaklari dumaloq yoki to'rtburchak kesimli simlardan ishlangan. Bosh va qo'shimcha qutblar staninaga boltlar (13) bilan mahkamlanadi.

YAKor o'zagi 0,5 mm qalinlikdagi elektrotexnika po'lati listlaridan valga yig'iladi. Qisish shaybalari (15) ayni paytda chulg'am (10) ning bandaj o'ralgan ro'para qismlari uchun tayanch vazifasini ham o'taydi. CHulg'am seksiyalarining uchlari kollektor plastinalariga ulangan. Kollektor (9) bir-biridan mikanit qistirmalar bilan ajratilgan mis plastinalardan iborat. Podshipniklar ikkala tomonidan qopqoqlar bilan berkitilgan.

Old to'siq (4) ga braketlar (6) li cho'tkalar traversasi (3) mahkamlangan, braketlarga cho'tka tutqichlar (28) cho'tkalar (8) bilan birga o'rnatilgan. Kollektorni ko'zdan kechirish va cho'tkalarga qo'lni olib borish uchun motorda tuynuklar bor, ular qopqoqlar yoki teshik-teshik tasmalar (5, 17) bilan berkitiladi.

Motorni yuqoridan va vertikalga nisbatan burchak ostida tushuvchi suv tomchilaridan himoyalash uchun yuqori qismdagi teshiklar jalyuzlar (23) ko'rinishida ishlangan.

YAKor chulg'amidan va bosh qutblarning uyg'otish chulg'amidan chiqarilgan simlar staninadagi teshiklardan o'tkazilib, quti (11) dagi qisqichlar chuqurchasiga ulangan.

O'zgarmas tok motorining podshipnikli tayanchlari asinxron motorlarning tayanchlariga o'xshaydi. Aylanish o'qining balandligi 80-200 mm bo'lgan o'zgarmas tok motorlarida odatda yuritma tomondan va bunga qarama-qarshi tomondan ham sharikli podshipniklar (1), aylanish o'qining balandligi 225-315 mm li motorlarda yuritma tomondan rolikli podshipniklar, qarama-qarshi tomondan esa sharikli podshipniklar o'rnatiladi. Podshipnik qopqoqlari (2) boltlar (21) bilan mahkamlanadi, buning uchun boltlar to'siqlardagi teshiklardan o'tkazilib, ichki qopqoqlardagi rezkali teshiklarga burab kirgiziladi. Boltlar prujinalovchi shaybalar bilan konrlab qo'yiladi.

O'zgarmas tok motorlarining tok oluvchi qurilmasi cho'tkalar (8), cho'tka tutqichlar (28) ni, cho'tka tutqichlar mahkamlangan braketlar (6) ni va braketlar o'rnatilgan traversa (3) ni o'z ichiga oladi. Aylanish o'qining balandligi 355-500 mm bo'lgan motorlarda traversa bo'lmasligi mumkin. Bunday motorlarda braketlar to'g'ridan to'g'ri podshipnik to'sig'iga mahkamlanadi. CHo'tkalarni kollektor (9) ga prujinalar qisib turadi.

Motor himoyali qilib ishlangan bo'lib, aksial shamollatish tizimiga ega. Motorga sovituvchi havo ventilator (18) yordamida tasma (5) dagi darchalar orqali kollektor tomondan so'riladi va yuritma tomondagi tasma (17) ning teshiklari orqali chiqib ketadi. Havo oqimlari eng ma'qul tarzda taqsimlanishi

uchun diffuzor (16) o'rnatiladi. Diffuzor havo oqimini motor yakorining sirtiga yo'naltiradi.

Rotorni muvozanatlash maqsadida kollektor tomondan halqa (7) ga va ventilator (18) dagi ariqchaga «qaldirg'och dumi» ko'rinishidagi yuklar o'rnatiladi. Kichik motorlarda muvozanatlash ventilator va kollektorda teshiklar parmalash yo'li bilan amalga oshiriladi.

O'zgarmas tok motorlari ishlayotganda yakor chulg'ami hosil qilgan yakor maydoni bosh qutblar maydoniga qo'shilib uni buzadi, qutblar chetlaridagi magnit induksiyasi bir xil bo'lmay qoladi. YAKor chulg'aming sekiyalarida EYUK ning har xilligi tufayli motor kommutatsiyasi yomonlashadi va ayrim kollektor plastinalari orasidagi kuchlanish ortadi, bu esa plastinalar izolatsiyasining teshilishiga olib keladi.

O'zgarmas tok motorlaridagi chulg'amlarning tashqariga chiqarilgan uchlari quyidagi harflar bilan belgilanadi: *YA* - yakor chulg'ami, *K* - kompensatsiyalovchi chulg'am, *QQ* - qo'shimcha qutblar chulg'ami, *K-KU* - ketma-ket uyg'otish chulg'ami, *SH* - parallel uyg'otish chulg'ami, *IT* - ishga tushirish chulg'ami, *T* - tenglashtiruvchi chulg'am va tenglashtiruvchi sim. Harfli belgilarga raqamlar qo'shib yoziladi: 1 - chulg'amning boshi, 2 - chulg'amning oxiri; masalan, *YA1* - chulg'amning boshi, *YA2* - uning oxiri.

4. Rivojlangan mamlakatlarda elektr motor va generatorlarni ishlatilish sohasi

AC kuchlanish avlod. qanday elektr tizimlari ish tasvirlab, ikki jismoniy qonunlar asosan bor. (Gravity jismoniy qonun bir misoldir.) Bir qonun o'zgaruvchan magnit maydon bir kuchlanish ishlab bilan aloqasi bor, va boshqa bir sim orqali oqib yotgan joriy magnit maydon yaratish bilan aloqasi bor. Har ikki jismoniy qonunlari uzatish, taqsimlash va iste'mol orqali avlod butun elektr tizimi qo'llanilmoqda. Bu ikki qonun uyg'unligi bizning elektr tizimlari ish qiladi. bu ikki jismoniy qonunlarni tushunish to'liq tushunish uchun o'quvchi imkon va qanday elektr tizimlari ish qadriga etadi.

Jismoniy qonun # 1. AC kuchlanish Faraday qonuni deb ataladi juda fundamental fizik qonun bilan elektr tizimlarida hosil bo'ladi. Faraday qonuni o'girib qanday elektr motorlar ortida va qanday elektr generatorlar, elektr ishlab chiqarish hodisalarini ifodalaydi. Faraday qonuni elektr tizimlari uchun asos hisoblanadi.

Faraday qonuni davlatlar, "A kuchlanish o'zgaruvchan magnit maydon har qanday dirijyor ustida ishlab chiqariladi." Bu birinchi da, deb bayonot to'liq ma'nosini tushunish qiyin bo'lishi mumkin. Biroq, oson grafiklar, rasmlar va ko'rsatuvlar orqali bu bayonotda ma'nosini va ahamiyatini tushunish, deb.

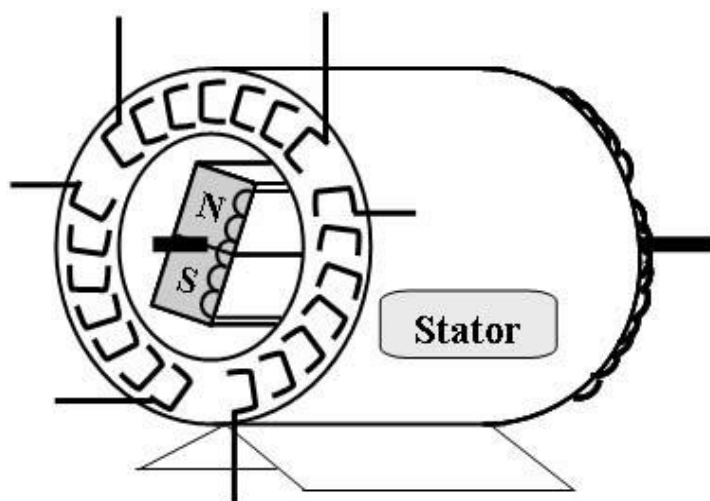
Aslida, bu bayonot bir sim bir bobini oladi va harakatlanuvchi yoki aylanuvchi magnitlangan uchun keyingi uni qilsa, bir o'lchanadigan kuchlanish deb doka ishlab chiqariladi, deb hisoblanadi. Generatorlar, masalan, kuchlanish ishlab chiqarish keyingi simlar bir bobini bir yigiruv magnitlangan (ya'ni, rotor) foydalaning. Bu kuchlanish keyin elektr tizimi bo'ylab taqsimlanadi.

Biz endi bir generator qanday ishlashini ko'rib chiqamiz. deyarli xizmat barcha generatorlar bugun sim halqalari kuchlanish tufayli yigirish kamerasining taqdim magnit maydon ishlab chiqariladi statsionar uylar, deb nomlangan statorlar, o'rnatilgan ega ekanligini yodda tuting. Bu ummatlar tor magnit maydon qismi uchun javobgar, chunki rotor ba'zan maydon deyiladi. Rotor kuchli magnit maydon SHunday qilib, ishlab chiqarish yoki Faraday qonuni asoslangan muqobil kuchlanish (AC) ishlab, stator oqargan (halqalari) o'tadi. Bu tamoyil ko'rsatilgan va quyidagi bo'limlarda ta'rif qilinadi.

Jenaratörü chiqish kuchlanish amplitudasi Rotor magnit maydon kuch o'zgaruvchan tomonidan o'zgartirilishi mumkin. SHunday qilib, jeneratör chiqish kuchlanish Rotor magnit maydon kuch kamaytirish tushirib mumkin. Jismoniy qonun # 2 muhokama bo'lsa rotor magnit maydon aslida bu kitobda keyinchalik muhokama qilinadi o'zgardi qaysi tomonidan vositalari.

Uch fazali AC generator. stator, rotor, va Ogohlantiruvchi: elektr tizimiga ulangan, katta va kichik generatorlar uchta asosiy komponentlarini bor. Ushbu bo'limda ushbu uch asosiy qismlariga bayon etilgan.

Stator. A uch fazali AC generator uch fazali oqargan ega. Bu uch oqargan stator deb nomlangan generator statsionar qismida, ustiga o'rnatilgan qilingan. Har bir o'rash haqida o'zgaruvchan magnit maydon mavjud boshqa simlarning bilan bosqichi amalga 120° shunday oqargan jismonan joylashgan. Uch fazali generatorning soddalashtirilgan sxemasi 117-rasmda ko'rsatilgan.



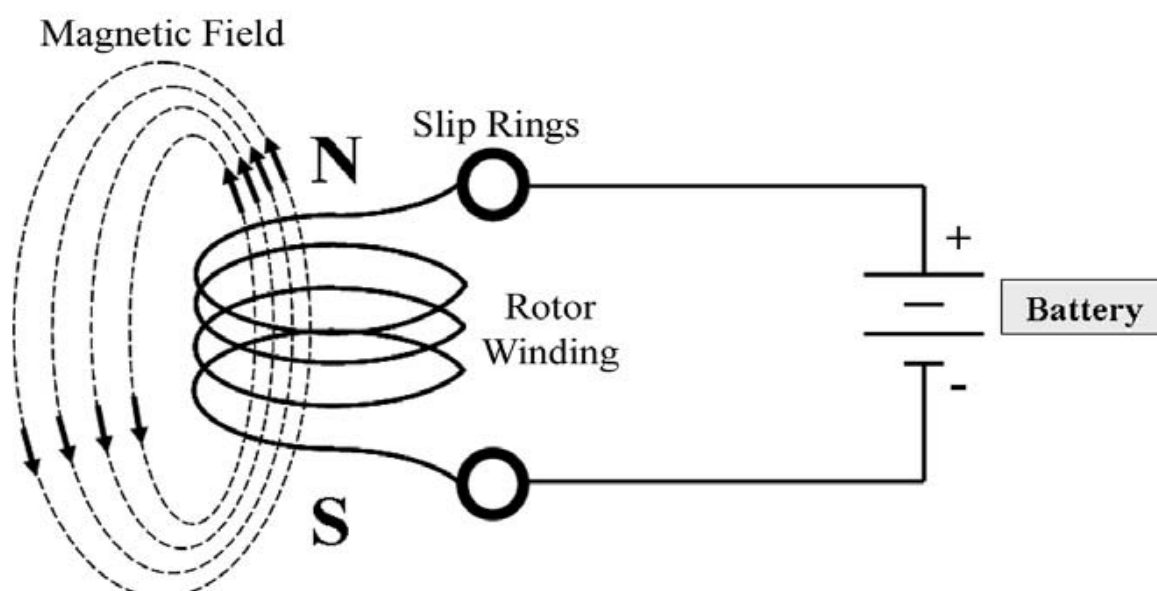
117-rasm. Uch fazali generator-stator.

Rotor. rotor ochilganda magnit maydonini harakat deb markazi tarkibiy qismi hisoblanadi. A rotor doimiy magnit yoki elektr bor va hali ham generator sifatida faoliyat mumkin. magnit maydon turli bo'lishi mumkin, shunday qilib katta stansiya generatorlar elektromagnatishligi foydalaning. avlod nazorat qilish tizimlari rotor magnit maydon kuch beradi turli yuk talab va tizim bedarak ko'ra chiqish kuchlanish rostlash uchun. bir elektr bilan chizilgan elektromagnatish operatsiya jismoniy qonun # 2 tasvirlangan shakl 118. ko'rsatilgan.

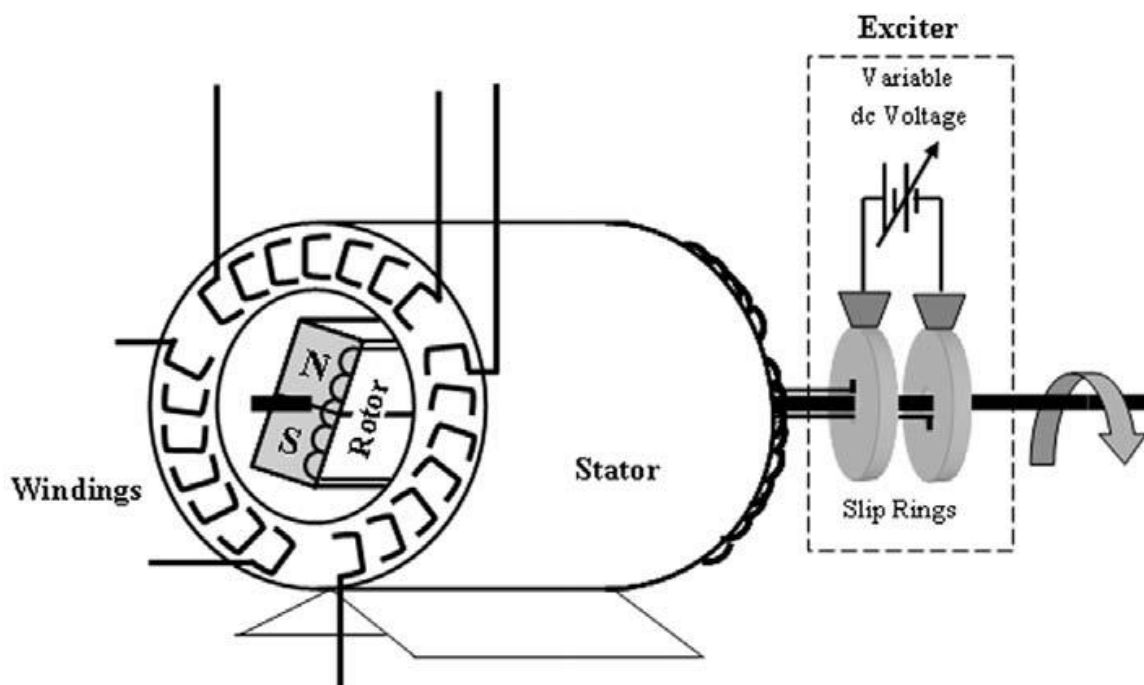
Jismoniy qonun # 2 (Amper va Lenz qonuni) elektr tizimlari ish bir tolasiga oqib hozirgi magnit maydon ishlab chiqaradi haqiqatdir qanday

tushuntiradi ikkinchi asosiy jismoniy qonun. Amper va Lenz qonuni "a joriy bir tolasiga oqib sim atrofida magnit maydon ishlab chiqaradi." Deyilgan Ushbu qonun munosabatlar bir tolasiga oqib magnit maydonlarni va elektr toki ishlab chiqarish o'rtasida morfo kerak ta'riflaydi. a joriy bir sim orqali oqadi qachon YUragida, bir magnit maydon tel qoplaydi.

Elektromagnatlardan. sim bir bobini bir kuchlanish (masalan, batareya) qo'llash magnit maydon ishlab chiqaradi. kuchlanish yoki magnit maydonini oshiradi o'rash ham navbat sonini oshirish, shakl 118. ko'rsatilganidek bobini magnit maydoni SHimoliy va Janubiy qutbga ega bo'ladi. Aksincha, o'rash ichida navbat kuchlanish yoki sonini kamaytirish magnit maydonini kamayadi. SHakl 118 va shakl 119 ko'rsatilgandek slip uzuk, qaytib rotor statsionar batareyani ulash uchun ishlatiladi elektr kontaktlar bor.



118-rasm. Elektromagnit va slip uzuk.



119-rasm. Uch fazali kuchlanish generator qismlariga

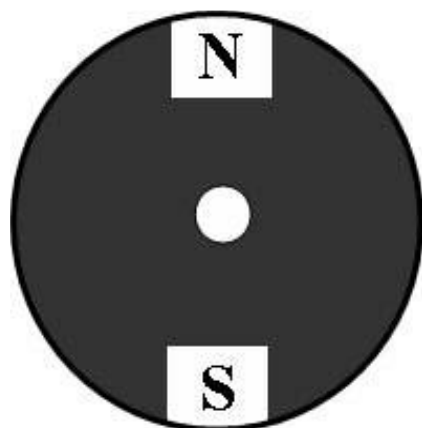
Qo'zatgich. oxir-oqibat Rotor magnit maydonini yaratadi rotor, uchun kuchlanish manbai, tebranish deb ataladi, va rotor ustiga doka faoliyat deyiladi. stator, rotor va Ogohlantiruvchi: ko'rsatkich 119 uch fazali AC generator uch asosiy komponentlarini ko'rsatadi. Eng generatorlar statsionar Ogohlantiruvchi kuchlanish manbai va elektromagnit, SHimoliy va Janubiy ustunlari ishlab chiqaradi rotor qaytib lasan o'rtasidagi tutashuv bajarish uchun kolektörler foydalaning. Eslatma: generator ning stator simlarning uchun yuk qo'shilishi, chunki stator magnit maydon orasidagi qaytarib kuchlari rotor tezligi kamaytiradi, va har ikki simlarning beri Rotor magnit maydon elektr joriy ular orqali oqib bor. Aksincha, generator dan yuk olib tashlash rotor tezligi ortadi. SHuning uchun, rotor ip uchun mas'ul bo'lgan bosh Mover mexanik energiya turli yuk sharoitida rotor tezligi yoki chastotasini saqlab qolish uchun sozlash kerak.

Rotor polyaklar. Rotor magnit qutblari sonini oshirish sekin bo'lishi va hali ham bir xil elektr chiqish chastotasi saqlab qolish uchun rotor tezligi beradi. to'g'ri ishlashi uchun sekin rotor tezligi talab generatorlar ko'p qutbli rotorlari foydalaning. Bosh mover (ya'ni, suv) engil vazn bug 'dan nazorat qilish juda zich va qiyin, chunki, masalan, gidroenergetika o'simliklar bir necha qutbli rotorlari bilan generator foydalaning.

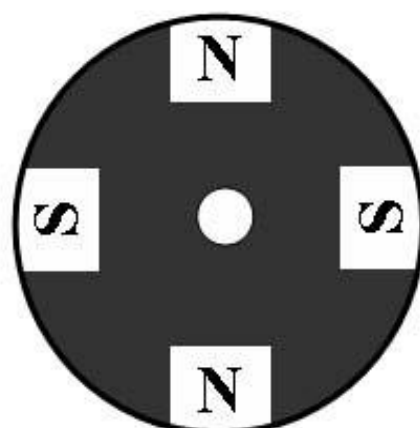
Rotor va mil tezligiga qutblar soni o'rtasidagi munosabatlar quyidagi matematik formula yordamida aniqlanadi:

$$\text{Qutblar daqiqasiga inqiloblar} = 7200 / \text{soni}$$

Ko'rsatkich 120 a generator rotor necha qutblar tushunchasini ko'rsatadi. Bu ustunlari elektromagnat olingan, chunki, bir rotor ustiga bir necha oqargan ega bir necha xodalarni mumkin.



2 Poles



4 Poles

120-rasm. Rotor qutblari

Misol 1: A ikki qutb rotor 60 Xertz uchun 3600 rpm o'g'irib edi.

Misol 2: Las-Vegas, Nevada yaqin Hoover to'g'oni da generatorlari ba'zilar, 40-ustun rotorlari foydalaning. SHuning uchun, rotor tezligi 180 rpm yoki soniyasiga uch inqiloblar emas, hali elektr chastota 60 davrlarini / ikkinchi (yoki 60 Hz) hisoblanadi. Bir aslida yog'och, bu nisbatan sekin aylanish tezligida o'girib ko'rish mumkin.

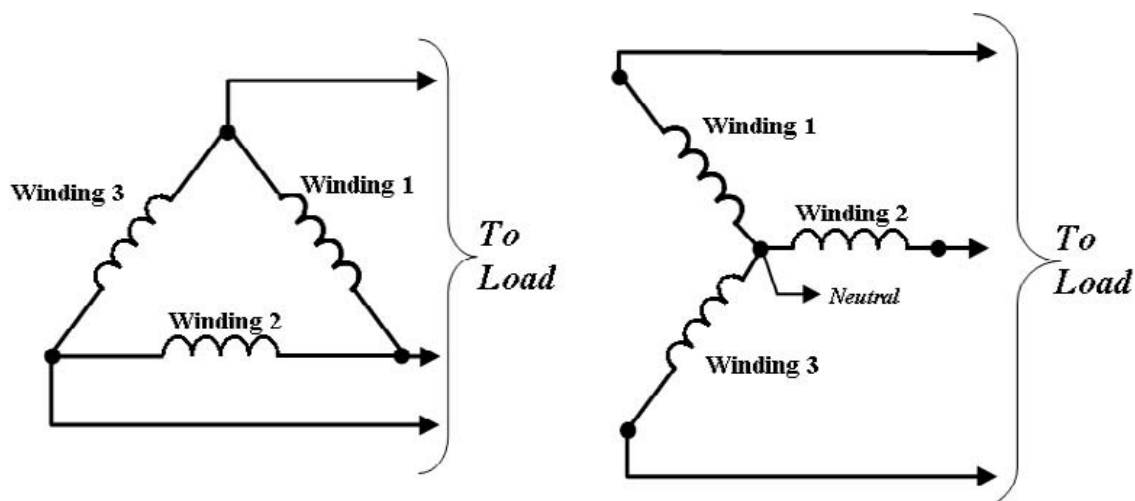
Real-vaqti avlod. Power o'simliklar bir real vaqt asosida elektr energiya ishlab chiqarish. Eng gaz yoki suv tizimlari nima kabi elektr tizimlari energiya saqlash emas. a toster yoqilgan va tizimdan elektr energiyasi chizilgan Masalan, bog'liq ishlab o'simliklar darhol bu kabi yangi yuk ko'rish va biroz pasaytirishi. ko'proq va ko'proq yuk (ya'ni, tushdi, chiroqlar, motorlar, va hokazo) yoqilgan bo'lsa, avlod chiqishi va bosh mover qaytib, mil energiya sifatida tizimiga yuk talabni muvozanatli ko'paydi kerak. real vaqt talab xizmat qilish tepaliklar yoki baland bo'yli tuzilmalariga yuqori joylashgan tanklar suv saqlash suv kommunal tizimlari farqli o'laroq, elektr tizimlari talab yuk muvozanat avlodni nazorat kerak. idishda suv darajasi past bo'lsa, suv nasoslari, yuqori va past talab davrlarida o'chirish imkonini beruvchi, tank pompalanir. Elektr avlod har doim "deb zarur" asosida elektr ishlab chiqaradi. Eslatma: Ba'zi avlod ta engil yuk sharoitida off-line olinishi mumkin, ammo har doim nur va og'ir yuk sharoitida chastotasini saqlab qolish uchun onlayn etarli avlod bo'lishi kerak. U erda, batareyalar kabi elektr energiya saqlash tizimlari bor, lekin bir-biriga bog'liq, AC kuch tizimlari topilgan elektr a real vaqt energiya bilan ta'minlash emas, balki energiya saqlash tizimi hisoblanadi.

Generator ulanishlar. nosimmetrik olti bosqichlari (o'rash simlari uchlari) jami uchta oqargan ulanish uchun ikki yo'l bor. uch fazali generator (yoki motor) ikki simmetrik aloqa konfiguratsiyalar delta va uchta deyladi. Rasm

121 bu ikki ulanish turlarini ko'rsatadi. Generatorlar, odatda, ularning stator oqargan bir deltasida yoki uchtalik konfiguratsion ham ichki bog'langan mavjud.

Generator plitalari konfiguratsiyani o'rash stator ishlatiladi hujjatlarida belgilanadi.

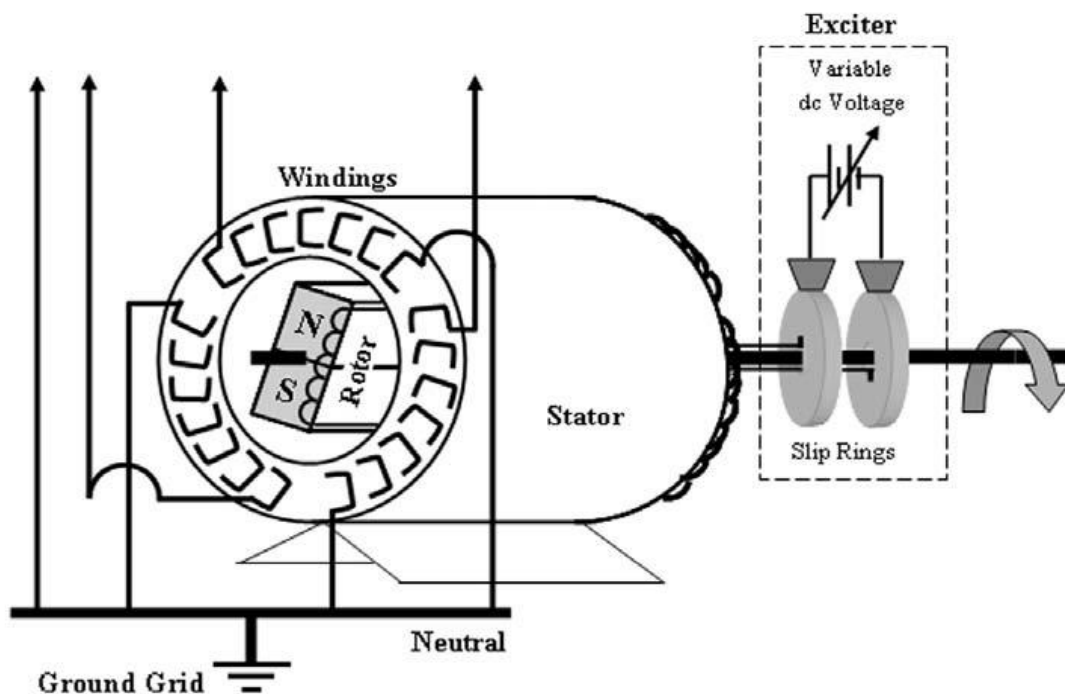
Delta. Rasmda 121. bosqichi nima keng tarqalgan uchta ochko ulangan ko'rsatilganidek oqargan qo'shildi qaerda Delta konfiguratsiyalar barcha uch oqargan, ketma-ket ulangan bo'lishi.



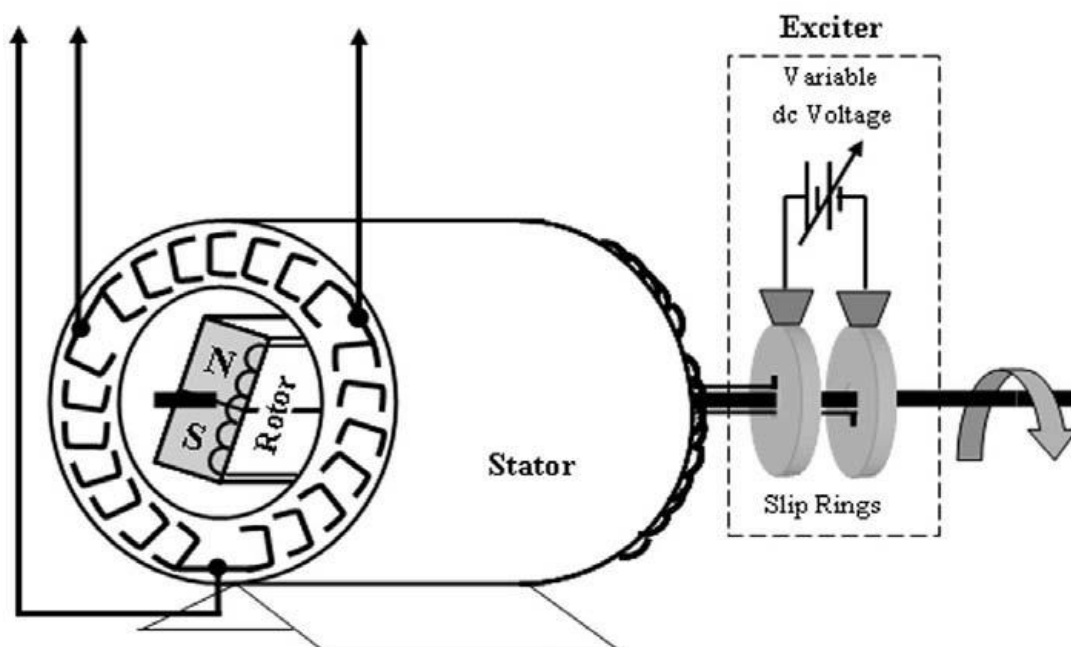
121-rasm. Delta va uchtalik konfiguratsiyalar.

We. uchtalik konfiguratsiya neytral deb nomlangan umumiy nuqtaga shakllantirish uchun o'rash har bir qo'rg'oshin ulanadi. Boshqa uch bosqichi nima tashqi tizimi aloqasi uchun alohida-alohida generator chiqib olib bormoqda. neytral ko'pincha kuchlanish mos yozuvlar va barqarorlik uchun stantsiyasi zamin panjara topraklanmish. Neytral Topraklama keyinchalik muhokama qilinadi.

We va delta stator ulanishlar. Elektr stansiya generatorlar kolba yoki delta ulanishlarni yo foydalaning. generator dan bosqichi nima generator chiqish kuchlanish elektr energiya samarali tashish uchun uzatish kuchlanish darajasiga sezilarli darajada ortadi (hali ko'rsatilgan) zavodning qadam-up transformator ulangan. Bosqichma-up transformatorlar bu kitobda keyinchalik muhokama qilinadi. 122 va 123 show kolba, ham va delta generator ulanishlarni raqamlar.



122-rasm. We ulangan generator.



123-rasm. Delta-ulangan generator

Foydalangan adabiyotlar

1. Qodirov T.M., Alimov H.A. «Sanoat korxonalarining elektr ta'minoti», O'quv qo'llanma, Toshkent sh., 2006.
2. Imomnazarov A. «Sanoat korxonalarida elektr jihozlariga xizmat ko'rsatish va ta'mirlash», O'quv qo'llanma, Toshkent sh., 2006.
3. Steven W. Blume, Electric power system basics, 2007.
4. Allaev K.R. Elektroenergetika Uzbekistana i mira, T.: «Fan va texnologiya», 2009.