

TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRRLIGI

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

A. Meredow

Elektrik maşynlary

Hünärler: “Elektrik üpjünçiligi”,
“Senagat desgalarynyň we tehnologiki
toplumlaryň elektrohereketlendirilişi
hem-de awtomatlaşdyrylyşy”.
Elektroenergetiki ugurlary.

Aşgabat 2010

SÖZBAŞY

Hormatly Prezidentimiz döwlet başyna geçen ilkinji gününden bilime, ylma giň ýol açdy, Türkmenistan ýurdumyzda milli bilim ulgamyny kämilleşdirmek boýunça düýpli özgertmeler geçirmäge girişdi.

Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň “Türkmenistanda bilim ulgamyny kämilleşdirmek hakynda” 2007-nji ýylyň 15-nji fewralyndaky Permany bilim ulgamyndaky düýpli özgertmeleriň başyny başlady.

Häzirki zaman milli bilim ulgamyndaky döwrebap özgertmeler ýaş nesliň ýokary derejede bilim almagyna we terbiýelenmegine, giň dünýägaraýyşly, edep- terbiýeli, tämiz ahlakly, kämil hünärmenler bolup ýetişmeklerine uly ýardam edýär.

Hormatly Prezidentimiz Döwlet maslahatlarynda milli maksatnamada göz önünde tutulan meseleleriň çözülişleri, durmuşa geçirilişini esasy üns merkezinde saklaýar. Milli maksatnamada ilaty elektrik energiýasy bilen üpjün etmegi gowulandyrmak barada öňde goýulan wezipeleri üstünlikli durmuşa geçirmek üçin, energetika ulgamlarynda işlejek ýokary bilimli hünärmenleri dünýä derejesinde taýýarlamak esasy mesele bolup durýar. “Elektrik üpjünçiligi”, “Senagat desgalarynyň we tehnologiýa toplumlaryň elektrohereketlendirilişi hem-de awtomatlaşdyrylyşy” hünärleri we beýleki energetiki ugurlar boýunça bilim alýan talyp ýaşlaryň Türkmenistanyň syýasy – ykdysady ösüşlerini göz önünde tutup, Watanymyzyň gülläp ösmegi, halkymyzyň hal – ýagdaýynyň gowulanmagy üçin ýokary derejeli hünärmenleri taýýarlamagyň esasy bolup durýanlygy aýdyňdyr.

Hususy soraglardan energiýany ösdürmegiň häzirki zaman çeşmeleriniň, ulgamlarynyň işleýşi, ulanylyşy, olary kämilleşdirmek baradaky meseleleri çözmäge mümkinçilik

berýän talyplaryň nazary pikirlerini ösdürmek meselesi dersiniň esasy bolup durýar.

Energetiki ulgamlaryň sazlaşykly işlemekleri, halk hojalygynda ýerlikli peýdalanmak, energiýany hasaba almak, energetiki resurslary ulanmaklygyň ähmiýetliligini, tygşytlylygyny talyplara öwretmek dersiniň esasy tutýar. Häzirki döwürde ekologiki taýdan arassa, ykdysady taýdan arzan, konstruksiýasy boýunça ýönekeý energetiki enjamlary gurmaklygyň, peýdalanmaklygyň tehniki usulyýeti öwredilýär.

Kitap elektroenergetika we elektromehanika ugurlary üçin niýetlenen. Kitapda transformatorlaryň, üýtgeýän toguň maşynynyň umumy soraglar nazaryýetiniň, asinhron maşynlary, hemişelik toguň maşynlaryň hem-de sinhron maşynlaryň umumy maglumatlary giňden yzygiderli getirilen.

Elektrik maşynlaryň nazaryýeti, olaryň konstruktiv aýratynlyklary, häsiýetnamalary we ýüklenmä bolan ukyplyklary görkezilen.

Häzirki döwrüň tehniki progressiniň talabyna laýyklykda ýazylan kitap.

GIRIŞ

Transformatorlar diýip, iki ýa-da ondan hem köp induktiw birleşdirilen sargylardan ybarat bolan we üýtgeýän toguň bir ýa-da birnäçe ulgamlaryny elektromagnit induksiýasy arkaly üýtgeýän toguň başga bir ýa-da birnäçe ulgama geçirýän statiki elektromagnit gurnama aýdylýar.

Transformatorlaryň kömegi bilen napraženiýe ýokarlandyrylýar ýa-da peseldilýär, faza sanyny üýtgedip bolýar, kä halatlarda bolýa üýtgän toguň ýygylgyny üýtgedýärler. Bir sargydan beýleki sarga özara induksiýalary arkaly elektrik signallary geçirmeklik ukybyny 1831-nji ýylda M.Faradeý açyp berdi. Muny polat magnitgeçirijisine saralan sarymy birinde tok üýtgände, beýleki sarymda bolsa elektrik hereketlendirji güýç induksirlenen ýagdaýynda amala aşyrylýar. Ýöne ilkinji işläp duran transformatorlary 1976-nji ýylda meşhur oýlap tpyjy P.N.Ýabloçkow I.F.Usagin bilen bilelikde dörettdi. Bu açyk magnitgeçirijili ikisargyly transformator dy.

Soňa bak ýapyk magnitgeçirijili birfazaly transformatorlaryň birnäçe gurluşlary wengyr elektrotehnikleri O.Blati, M.Deri we K.Siperkowskiý arkaly döredildiler. Transformator gurluşynyň we asla elektrik maşynlaryň gurluşynyň ösmeginiň poladyň magnit häsýetlerini derňemek we magnit zynjyrlarynyň hasabyny çykarmak boýunça prof. A.G.Stoletowyňeden işleri uly orna eýe.

Elektrotehnikanyň ösmeginde M.O.Doliwo-Dobrowskiý uly goşandyny goşdy. Ol köp fazaly we esasan üç fazaly üýtgeýän koklaryň nazarýetiniň esasy dörettdi, ilkinji üç fazaly elektrik maşynlaryny we transformatory dörettdi. Häzirki zaman daş görnüşli bir tekizlikde ýerleşen paralel sterženli üç fazaly transformatory 1891-nji ýylda döredildi. Şondan bäri transformatorlaryň gurluşy özgerdip başlady, olaryň göwrümi ölçegi kiçeldildi, tassyklylygy ýokarlandy.

Elektrotehnik enjamlaryň dürli görnişlerini senagat elektroenergiýasynda ulgamda, oba hojalygynda we halk hojalygynda hokmany ulanmak. Bu enjamlaryň esasy görnişleriniň biri elektrik maşynydyr, ýagny mehaniki energiýany elektrik energiýa öwürmek üçin hem-de tersine-elektrik energiýany mehaniki energiýa, mundan başga-da elektrik energiýanyň bir görnişinden beýlekä özgertmek üçin.

Elektrik maşynlaryň kömegi bilen mehniki energiýanyň elektrik energiýa özgermegine- elektrik generatory aýdylýar. Bugyň, gidro we gaz turbinaň, dwigatelň içki otlanmasynyň we beýleki ilkinji dwigatelleriň kömegi bilen generatorlar herekete getirilýär.

Elektrik stansiýalarda öndirilýän elektrik energiýalaryň köpüsi ýene-de mehaniki energiýa öwrülýär, ýagny dürli maşyn we mehanizmleri hereketlendirmekde ulanylýarlar. Elektrik maşynlaryň bu işine dwigatel aýdylýar.

Häzirki zaman elektrostansiýalarda ütgeýän togy öndirýärler, elektrik energiýany kabul edijilere ýetirmek üçin, elektrik geçiriji liniýalarda naprýaženiýanyň toguny üýtgetmekde transformatorlar ulanylýar.

Statik elektromagnit apparat,üýtgeýän toguň birinji ulgamy ikinjä öwürmek üçin niýetlenen şol bir ýygylkda, umumy ýagdaýda başga häsiýetnamaly, başga naprýaženiýesi we togy bolana, transformator diýip aýdylýar. İşleýiş prinsipleri we gurluşlary boýunça aýlanýan elektrik maşynlar maşynlar bilen umumylygy bar, şol sebäpli transformatorlaram elektrik maşynlaryna degişlidir. Elektrik maşynlaryň ýene dürli görnüşleri hem bardyr.

Elektrotehniki enjamlaryň dürli görnüşlerini senagat elektroenergiýasynda, ulgamda , oba hojalygynda we halk hojalygynda hokmany ulanmak. Bu enjamlaryň esasy görnüşleriniň biri elektrik maşynydyr, ýagny mehaniki energiýany elektrik energiýa öwürmeküçin hem-de tersine elektrik energiýany mehaniki energiýa, mundan başgada elektrik energiýanyň bir görnüşinden beýlekä özgertmek üçin.

Elektrik maşynlaryň kömegi bilen mehaniki energiýany elektrik energiýa –elektrik generatora aýdylýar. Buguň, gidro we gaz turbinaň,dwigateliň içki otlamasynyň we beýleki ilkinji dwigatelleriň kömegi bilen generator herekete getirilýär.

Elektrik stansiýalarda öndürilýän elektrik energiýalaryň köpüsi ýenede mehanik energiýa öwrülýär, ýagny dürli maşyn we mehanizmleri hereketlendirmekde ulanylýar. Elektrik maşynlaryň bu işine dwigatel aýdylýar.

Häzirki zaman elektrostansiýalarda üýtgeýän togy öndürýärler, elektrik energiýany kabul ediljere ýetirmek üçin, elektrik geçiriji liniýalarda naprýaženiýaniň toguny üýtgetmekde ýa-da transformirlemekde, üýtgeýän togy özgertmekde transformator ulanylýarlar.

Statiki elektromagnit apparat üýtgeýän toguň birinji ulgamyny ikinjä öwürmek üçin niýetlenen şol bir ýygylykda, umumy ýagdaýda başga hžsiýetnamaly, başga naprýaženiýesi we togy bolanda, transformator diýip aýdylýar. İşleýiş prinsipleri we gurluşlary boýunça aýlanýan elektrik maşynlar bilen umumylygy bar, şol sebäpli transformatoram elektrik maşynlaryna degişlidir. Elektrik maşynlaryň ýene dürli görnüşleri hem bardyr.

B I R I N J I B A P

TRANSFORMATORLAR

1.1. Transformatorlaryň ýerine ýetirýän işleri we ulanylýan ýerleri

Transformatorlar şu maksatlar üçin giňden ulanylýar:

1. Elektrik energiýasyny geçirmek we paýlamak üçin. Hemişe bolşy ýaly elektrik stansiýalarynyndaky üýtgeýän tokly generatorlary 6-24 kW naprýaženiýeda elektrik energiýasyny alýarlar. Elektrik energiýasyny uzak aralyklara ýokary naprýaženiýeda ibermek amatly. Şonuň üçin her elektrik stansiýasynda naprýaženiýäny ýokarlandyrmak üçin transformatorlar oturdylýar.
2. Özgerdiji gurnamalarda wentilleri işe girizmekligiň gerek bolan shemasyny üpjün etmek üçin we özgerdijileriň girelgesindäki we çykalgasyndaky naprýaženiýäny sazlamak üçin. Üýtgeýän togy göneldýän ýa-da ony hemişelik toga (inwentora) geçirýän wentil özgerdijileriniň girelgesindäki we çykalgasyndaky naprýaženiýeleryň deňşiligi wentilleriň işe girizme shemalaryna bagly bolup durýar.
3. Dörli tilsimatly ugurlar üçin: Kebşirleme (kebşirleýji transformatorlar), elektroýylyk gurnamalaryny iýmitlendirmek (elektrik peçli transformatorlar) we başgalar. Olaryň kuwwaty 10 kW çenli naprýaženiýede on müň kW·A çenli barabar bolýar; olar köplenç 50 Gs ýygýlykda işleýär.
4. Radio we telewizion esbaplarynyň dürli zynjyryny iýmitlendirmek üçin; aragatnaşyk, awtomatika we telemehanika gurnamalary, senagat elektrik enjamlary niýetlendirmek üçin bu gurnamalaryň dürli elementleriniň

- elektrik zynjyryny bölmek üçin naprýaženiýäni sazlamak üçin we ş.m.
5. Elektrik ölçëýji enjamlara käbir esbaplary işe girizmek üçin, meselem: releni ölçëýiş çäklerini giňeltmek we elektrik howpsyzlygyny üpjün etmek üçin uly tok akdyrylýan zynjyrlara ýa-da ýokary naprýaženiýeli elektrik zynjyrlaryna birikdirýärler. Bu maksat üçin ulanylýan transformatorlara ölçëýji diýip atlandyryýarlar.

Esasy kesgitlemeler

Umumy ýagdaýda başga häsiýetnamaly, aýratynda başga naprýaženiýeli we başga tokly, birinji üýtgeýän toguň ulgamyny ikinjä üýtgetmek üçin niýetlenen, şol ýygylkda, statiki elektromagnit aýlanmaýan enjama, transformator diýip aýdylýar.

Transformator şulardan durýar: magnit akymalaryny geçirmek üçin polat özen we iki ýada ondan köp bolan sarymlardan durýar, özara elektrik magnit baglanşygy bolan, hem-de elektrik baglanşygy bolan – awtotransformator aýdylýar.

Iki sarymly bolana, iki sarymly, üç ýada ondan köp sarymly bolana, üç sargyly we köp sarymly transformatorlar diýilýär.

Toga laýyklykda birfazaly, üçfazaly we köpfazaly transformatorlar bolýar.

Haýsy sarma üýtgýän tok birikdirilse, oňa birinji sarmy diýilýär, emma sarymdan energiýa alynsa, oňa ikinji sarmy diýilýär. Köp ýagdaýda naprýaženiýeler deň däl. Şonuň üçin birinjiden az bolsa, oňa peseldiji sarym diýilýär, emma tersine köpeldiji sarm diýilýär. Egerde sarmy ýokary naprýaženiýä birikdirilse, ol sarma ýokary naprýaženiýe sarmy diýilýär, emma tersine aşakky naprýaženiýanyň sarmy diýilýär. Ýörite sarmda şaha aýrylan bolsa oňa şaha aýrylan transformator diýilýär. Eger transformatoryň sarymlary magnit ulgamy bilen

ýagly çelege ýerleşdirilse oňa ýagly transformator diýilýär. Ol ýazgylar bolsa oňa gury transformator diýilýär

Nominal ulylyklar

Transformatoryň zawod pasportyna erkin baryp görer ýaly bolmaly ýagny kuwwaty, naprýaženiýesi, togy, ýygylgy we ş.m.

Transformatoryň zawod pasportynyň belgisine, transformatoryň kada nominaly diýilýär.

Ikinji sarymdaky kuwwata, transformatoryň kuwwatynyň nominaly diýilýär. Ölçeg birligi kWA $S_{1n}=U_{1n} \cdot I_{1n}$ sarymlaryň kawwatlary öz-ara deňdir $S_{1n}=S_{2n}=S$ Transformatoryň birinji sarymyna naprýaženiýe berilse ol naprýaženiýäň birinji nominaly diýilýär. Transformatoryň boş işlemesinde birinji sarma naprýaženiýäň birinji nominaly berilse we ikinji sarymda naprýaženiýe bolsa transformatorda naprýaženiýäň ikinji nominaly diýilýär.

Transformatoryň kuwwaty we naprýaženiýänyň nominaly boýunça kesgitlep, transformatoryň birinjisinden ikinji togunyň nominaly tapylýar.

Bir fazaly transformatoryň toklary.

$$I_{1n} = \frac{S_{1n}}{U_{1n}} \quad I_{2n} = \frac{S_{1n}}{U_{2n}} \quad (1.1)$$

Üç fazaly transformatoryň liniýaly toklary

$$I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{1n}}; I_{2n} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{2n}} \quad (1.2)$$

Üç fazaly transformatorlaryň fazaly toklary

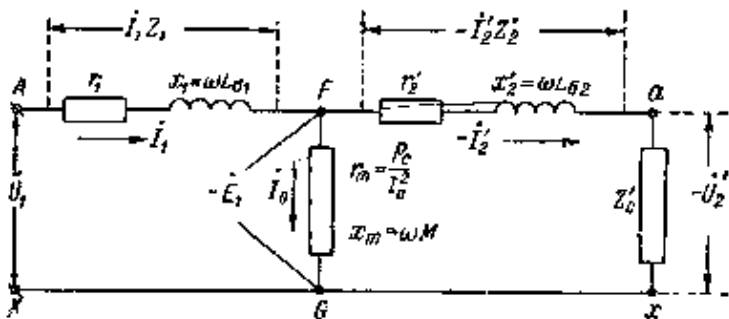
$$I_{1n} = \frac{S_n}{3U_{1n}}; I_{2n} = \frac{S_n}{3 \cdot U_{2n}} \quad (1.3)$$

Bir fazaly transformatorlaryň toklary

$$I_{1n} = \frac{S_n}{U_{1n}}; I_{2n} = \frac{S_n}{U_{2n}} \quad (1.4)$$

1.2. Transformatoryň işleýiş prinsipi

Bir birine özgelere gazanda gymyldamaýan iki we umumy ýagdaýda bir näçe konturdan bolan özara elektromagnit täsir prinsipine transformatorlaryň işleýşi diýilýär. Egerde haýsam bolsa bir kontury elektrik energiýa bilen iýmitlendirsek (A-X), ikinji konturda üýtgeýän elektrik hereketlendiriji güýç döreýän magnit akymyň konturdaky täsiri astynda, eger-de ikinji kontury ýüklendirsek onda üýtgeýän tok akýar. Şeýlelikde, birinji konturdaky üýtgeýän toguň energiýasy, ikinji konturyň üýtgeýän togunyň energiýasyna öwrülýär (transformirlenýär). Sarymlaryň arasyndaky elektromagnit baglanşygy güýçlendirmäge serdeçnik ulanylýar, elektrotehniki polatdan ýygnaýan.



1.1-nji çyzgy. Transformatorıyň esasy elementleri we konstruksiýalary.

Transformator esasy şu elementlerden durýar:

- özen, polat ok (serdeçnik)
- sarym
- ýagly çelek, - ýagly transformator
- aýryjy (izolýator) birikdiriji çykaryjylar.

Transformatoryň polat oky diýip hemme bölümleri bilen magnit zynjyryny emele getirýän we onuň konstruksiýasyna aýdylýar.

Polat okuň görnüşleri:

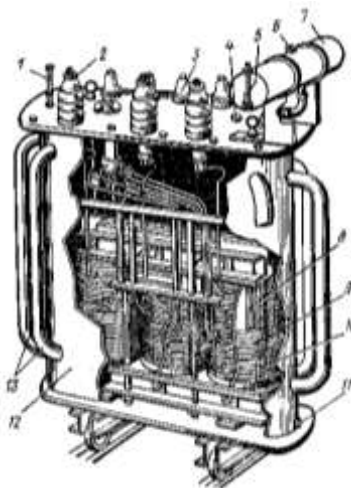
- sterženli transformatorlar sarymlary polat okny doly tutýarlar.
- Bronewoý transformatorlar, sarymlary polat okyny doly tutanok.

Transformatoryň sarymlary:

- Konsentrik (umumy merkesli) sarymlaryň umumy merkezi bolup, her bir kese kesikde aýlawy bolan sarym.
- Gaýtalanýan sarymlar – gezek gezegine kiçi napraženiýeli we uly napraženiýeli sarymlar polat okuň beýikligine görä, gaýtalanýar.

Konsentrik sarymlaryň görnüşi:

1. Gatlakly silindir görnüşli
2. Burumly we üýtgeýän görnüşli
3. Arakesmesiz yzygider



a)

b)

1.2-nji çyzgy. Gury (a) we ýagly (b) transformatorlar.

Transformatorlar – kuwwaty $1600-2500 \text{ kW} \cdot \text{A}$

Çelekli transformatorlarlar ýagly çelekte ýag gyzyp içinde aýlanyp tebigy sowadyş emele gelýär. Ýagny transformatorlaryň çelegi süýrüntik bolýar. Çelekte mehaniki tarapdan basyş $0,5$ at saklamaly.

Transformatorlar içki kuwwatlary $20-30 \text{ kVA}$ çelegi ýylmanak, kuwwatlary $1800 \text{ kW} \cdot \text{A}$ çenli çelegi turbaly bolýar

Kuwwatlary $10000 \text{ kW} \cdot \text{A}$ çenli çelegiň iki gapdal tarapyna sowadyjy-radiator berkidilýär. Kuwwatlary $1000 \text{ kW} \cdot \text{A}$ uly bolanlara üfleýji radiatorly bolýar.

Çelegiň gapagynda şular ýerleşýär: kiçi napraženiýany we uly napraženiýany çykaryjy we giriziji izolýatorlar ýerleşýär.

Ýagly transformatorynyň –kuwwaty $25 \text{ kW} \cdot \text{A}$ we

ýokaryda ulanylýar.

Goraýjy turba –1000 kW·A we ýokaryda ulanylýar.

Transformator ýagy-goramak we sowatmak üçin niýetlenendir.

1.3. Transformatoryň magnit hereketlendiriji güýjüň we elektrik hereketlendiriji güýjüň deňlemesi

Transformatoryň işleýşini bilmek üçin esasy deňlemeleri öwrenmeli. Şonuň üçin birinji we ikinji sarymlaryň magnit hereketlendiriji güýç we elektrik hereketlendiriji güýç deňlemesi bilmeli.

Bize belli – U , f , i_1 , i_2 – toklar i_1 , i_2 magnit hereketlendiriji güýç döredýär $i_1 w_1$; $i_2 w_2$

$w_1 : w_2$ – birinji we ikinji sarymlaryň sarymynyň sany
Kirhgofuň ikinji kanuny boýunça

$$i_1 w_1 + i_2 w_2 = i_0 w_1 \quad (1) \quad \text{ýa-da} \quad i_1 w_1 = i_0 w_1 - i_2 w_2 \quad (1.5)$$

Transformatoryň birinji we ikinji sarymynda esasy magnit akym elektrik hereketlendiriji güýç döredýär

$$e_1 = -w_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad (3) \quad e_2 = -w_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad (1.6)$$

(pytyrama)

i_0 – magnitlendiriji tok, esasy magnit akymyny Φ döredýär.

Magnit hereketlendiriji güýç $i_1 w_1$, $i_2 w_2$ mundan başgada birinji we ikinji sarymlarda seçelenýän elektrik hereketlendiriji güýji döredýär, şeýlelikde

$$e\delta_1 = -l_{\delta 1} \frac{di_1}{dt} \quad (1.7)$$

$$e\delta_2 = -l_{\delta 2} \frac{di_2}{dt} \quad (1.8)$$

Kirhgofuň ikinji kanunyna görä birinji sarymyň elektrik hereketlendiriji güýç deňlemesi

$$U_1 + e_1 + e_{\delta 1} = i_1 r_1 \quad (1.9)$$

bu ýerde: $i_1 r_1$ – birinji sarymyň aktiw naprýaženiýesiniň peselmesi ýa-da

$$U_1 = -[e_1 + e_{\delta 1} + (-i_1 r_1)] \quad (1.10)$$

Ikinji sarymyň elektrik hereketlendiriji güýç deňlemesi

$$e_2 + e_{\delta 2} + (-i_2 r_2) = U_2 \quad (1.11)$$

$e_1, e_{\delta 1}, e_2, e_{\delta 2}$ bahalaryny (8, 9) deňlemelere goýalyň.

$$U_1 = W_1 \frac{d\Phi}{dt} + L_{\delta 1} \frac{di_1}{dt} + i_1 \tau_1 = \frac{d\psi_{10}}{dt} + L_{\delta 1} \frac{di_1}{dt} + i_1 \tau_1 = \frac{d\Psi_1}{dt} + i_1 \tau_1 \quad (1.12)$$

$$0 = W_2 \frac{d\Phi}{dt} + L_{\delta 2} \frac{di_2}{dt} + i_2 \tau_2 + U_2 = \frac{d\psi_{20}}{dt} + L_{\delta 2} \frac{di_2}{dt} + i_2 \tau_2 + U_2 = \frac{d\Psi_2}{dt} + i_2 \tau_2 + U_2;$$

bu ýerde :

$$w_1 \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d\psi_{10}}{dt}; \quad w_2 \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d\Psi_{20}}{dt} \quad (1.13)$$

Ψ_{10} we Ψ_{20} - esasy magnit akymyna laýyklykda Φt tirkeme akymy;

Ψ_1 we Ψ_2 - doly tirkeme akymy.

$$\Psi_1 = L_1 i_1 + M_{12} i_2 \quad \text{we} \quad \Psi_2 = L_2 i_2 + M_{21} i_1 \quad (1.14)$$

L_1, L_2 – doly induktiwlik;

$M_{12} = M_{21} = M$ – sarymyň induktiwlik baglylygy.

Hereket ediji bahany: $\dot{U}_1, \dot{E}, \dot{I}$ kompleksde alalyň

$$\dot{I}_1 W_1 + \dot{I}_2 W_2 = \dot{I}_0 W_1 \quad \text{ýa-da} \quad \dot{I}_1 W_1 = \dot{I}_0 W_1 - \dot{I}_2 W_2 \quad (1.15)$$

$$\dot{U}_1 = -[\dot{E}_1 + \dot{E}_{\delta 1} + (-\dot{I}_1 \tau_1)] \quad (1.16)$$

$$0 = \dot{U}_2 - \dot{E}_2 - \dot{E}_{\delta 2} + \dot{I}_2 \tau_2 \quad (1.17)$$

Toguň sinusoldal üýtgemeginde seçelenme EHG $i_1 = I_{1m} \sin \omega t$;
 $x = wL = 2\pi f \cdot L$

$$e_{\delta 1} = -L_{\delta 1} \frac{di_1}{dt} = -L_{\delta 1} \frac{d(I_{1m} \sin \omega t)}{dt} = -I_{1m} L_{\delta 1} \omega \cos \omega t = -I_{1m} X_1 \cos \omega t \quad (1.18)$$

Şeýlelikde pyramak EHG $I_{\delta 1}$ fazasy boýunça dörediji tokdan i_1 90° yza galýar, şunlukda hereket edijiniň manysy şeýle

$\dot{E}_{\delta 1} = -j \dot{I}_1 X_1$ şeýlelikde $\dot{E}_{\delta 2} = -j \dot{I}_2 X_2$
 bu ýerde X_1, X_2 – pytyrama garşyly induktiw deňlemä goýup tapýarys.

$$\dot{U}_1 = -(\dot{E}_1 - j \dot{I}_1 X_1 - \dot{I}_1 \tau_1) = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 (j X_1 \tau_1) = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \check{Z}_1 \quad (1.19)$$

$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2 - j \dot{I}_2 X_2 - \dot{I}_2 \tau_2 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 (j X_2 \tau_2) = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 \check{Z}_2 \quad (1.20)$$

Transformatoryň teoriýasynda giňden ulanylýan EHG deňlemeler.

$$K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad (1.21)$$

$$E_2^1 = K E_2 = \frac{W_1}{W_2} E_2 = E_1 \quad E_{\delta 2}^1 = E_{\delta 1} \quad (1.22)$$

2) Ikinji getirilen tok I_2^1 üçin $E_2^1 I_2^1 = E_2 I_2$

$$I_2^1 = \frac{E_2 I_2}{E_2^1} = \frac{E_2 \cdot I_2}{E_2 \cdot k} = \frac{I_2}{k} \quad (1.23)$$

3) Ikinji sarymyň aktiw garşylygynyň getirilişi r_2^1 I_2^1
 $r_2^1 = I_2^1 r_2$

$$r_2^1 = \frac{I_2^2 r_2}{I_2^1} = \frac{I_2^2 \cdot r_2}{\left(\frac{I_2}{K}\right)^2} = K^2 r_2 \quad (1.24)$$

4) Ikinji sarymyň induktiw garşylygy üçin X_2^1

$$X_2^1 = \left(\frac{w_1}{w_2}\right)^2 X_2 = K^2 X_2 \quad \mathbf{X} = \mathbf{c} \mathbf{L} = 2\pi \mathbf{f} \cdot \mathbf{L}, \quad \omega = 2\pi \mathbf{f} \quad (1.25)$$

5) Doly ikinji sarymyň garşylygy

$$\check{Z}_2^1 = K^2 \check{Z}_2 = r_2^1 + r_2^1 + j x_2^1; \quad (1.26)$$

Daşky doly garşylyk $\check{Z}_c^1 = K^2 \check{Z}_c$

Transformatoryň getirilen elektrik hereketlendiriji güýç we magnit hereketlendiriji güýç deňlemesi

$$\dot{I}_2 W_1 + \dot{I}_2 W_2 = \dot{I}_0 W_1 \quad \dot{I}_1 W_1 = -\dot{I}_2 W_1 + \dot{I}_0 W_1$$

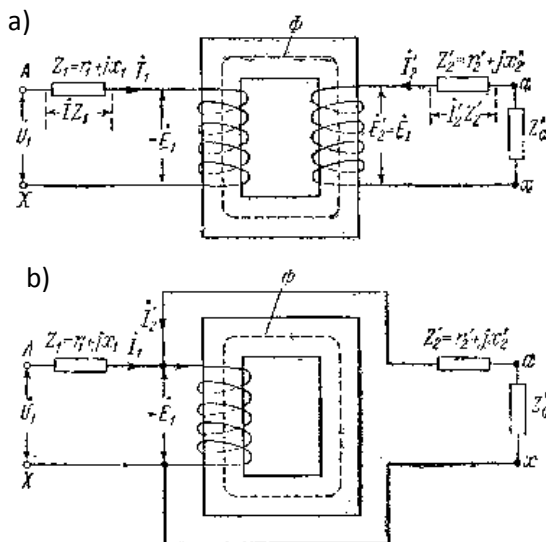
$$\begin{aligned} I_1 &= -I_2 + I_0 & U_1 &= -E_1 + I_1 r_1 \\ &\vdots & & \\ E_1^1 &= E_1 = I_1^1 \check{Z}_2^1 + U_1^1 & U_1^1 &= E_1^1 - I_1^1 \check{Z}_2^1 \end{aligned}$$

1.4. Transformatoryň çalşyrmagyň shemasy

Transformatoryň hasabynyň we elektromagnit prosesleriniň barlagynyň ýenede bir görnüşleri transformatoryň çalşyрма shemasydyr. Elektromagnit shemany elektrik shema çalyşmak. Transformatoryň teoriýasynda "T" görnüşli çalşyrmasy ulanylýar, asinhron maşynlarda "T" görnüşli. Transformator getirlende sarymlaryň sany $w_2 = w_1$ şonuň üçin iki sarymy birikdirse bolýar, şol sargydan magnitlenen tok akýar $I_0 = I_1 + I_1^1$. Birikdirilen sarym magnitlenen kontur bolup hyzmat edýär, olam esasy magnit akymyny Φ döredýär, transformatoryň ýapyk polat okundan akýar.

$$-E_1 = I_0 \check{Z}_m = I_0 (r_m + jx_m)$$

$$r_m = \frac{P_n}{I_0^2}; X_m = \omega M \quad (1.27)$$



1.3-nji çyzgy. Transformatoryň orun-çalyşma shemasy.

Egerde U_2 -ikinci sarymyň iýmitleýän naprýaženiýe bolsa, \dot{Z}_c^1 -daşky doly garşylyk.

$$\dot{U}_2 = \dot{I}_2 \dot{Z}_c^1$$

Şonda

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_1 = \dot{I}_2 \dot{Z}_2^1 + \dot{U}_2 \quad \text{bu ýerden} \quad (1.28)$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_2}{\dot{Z}_2^1 + \dot{Z}_c^1} = \frac{\dot{E}_1}{\dot{Z}_2^1 + \dot{Z}_c}$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_o = \frac{-\dot{E}_1}{\dot{Z}_2^1 + \dot{Z}_c^1} + \frac{-\dot{E}_1}{\dot{Z}_m} \quad (1.29)$$

bu ýerde

$$-\dot{E}_1 = \dot{I}_1 \frac{1}{\frac{1}{\dot{Z}_m} + \frac{1}{\dot{Z}_2^1 + \dot{Z}_c}} \quad (1.30)$$

$U_1 = -E_1 + I_1 \check{Z}_1$ deňlemä bahalaryny goýup

$$\dot{I}_1 = \dot{U}_1 \frac{1}{z_1 + \frac{1}{\frac{1}{Z_m} + \frac{1}{Z_2^1 + Z_c}}} = \frac{U_1}{Z_3} \quad (1.31)$$

$$Z_3 = Z_1 + \frac{1}{\frac{1}{Z_m} + \frac{1}{Z_2^1 + Z_c}}$$

Transformator üç şahanyň birikmeginde durýar.

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_1 = \dot{I}_2 \check{Z}_2^1 + \dot{U}_2^1$$

$$\dot{E}_1 = -\dot{I}_2 \check{Z}_2^1 - \dot{U}_2^1$$

1.5. Transformatoryň birikdirilmeginiň shemalary we toparlary

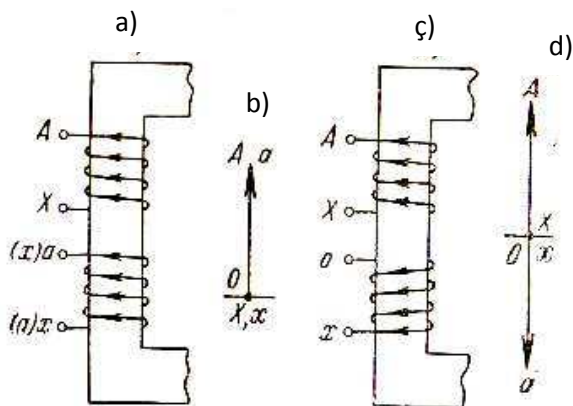
Ilki ýokary sarymyň EN soň aşaky sarymyň AN aralygyndaky dik kese çyzyk goýulýar.

- | | | |
|--------------------|---------|-------------------|
| 1) Y/Yo ýa-da Y/Y; | 2) Y/Δ; | 3) Y/Z ýa-da Y/Zo |
| 4) Δ/Y; | 5) Δ/Δ; | 6) Δ/Z ýa-da Δ/Zo |

Birinji we ikinji sarymlaryň liniýa naprýaženiýesiniň arasyndaky üýtgeме burça transformatoryň gurppasy diýilýär.

α-şulara bagly

- 1) sarymyň haýsy tarapa saralany
 - 2) Sarymlaryň birikdişiniň belgisi, markirovkasy sarymlary
 - 3) üç fazaly transformatorynyň sarymynyň birikdirlişi.
- Mysal üçin, transformator bir fazaly



1.4-nji çyzgy. Esasy gruppalar.

	Схемы соединения обмоток		Диаграммы векторов		Условные обозначения
	В. Н.	Н. Н.	В. Н.	Н. Н.	
a)					$Y/Y_0 - 12$
б)					$Y/\Delta - 11$
в)					$Y_0/\Delta - 11$

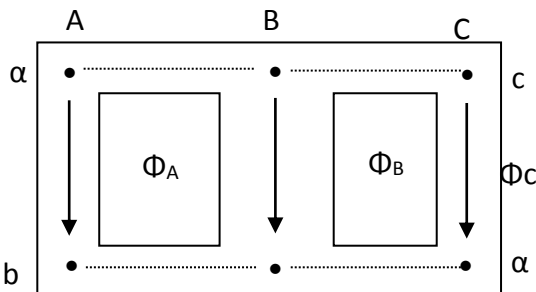
1.5-nji çyzgy. Transformatoryň birikdirilmeginiň shemalary we toparlary.

Üç fazaly transformatorlaryň magnit ulgamlarynyň bölünişi

Magnit ulgamlary boýunça: 1) magnit ulgamlary özara bagly däl transformatorlar. 2) magnit ulgamlary bagly däl transformatorlar.

Magnit ulgamlary bagly däl transformatorlar kärhanalarda az ulanylýar.

Magnit ulgamlary özara bagly transformatorlar (sterženli) esasy ulanylýarlar.



1.6-njy çyzgy. Üç sterženli transformatoryň magnit ulgamy.

Üç sterženli transformatoryň magnit ulgamlary simmetrik däl. Steržende magnit akymynyň uzunlygy deň däl $B < A$ we C . O_1 we O_2 burçda üç zynjyr birikýärler, Kirhgofuň 1-nji kanuny görä.

$$\Phi_A + \Phi_B + \Phi_C = 0 \quad (1.32)$$

Transformator ýönekeý diýen hasaplaryň we oňa sin-däl simmetrik napryaženiýe berilen.

O_1 ab O_2 meýdan boýunça Φ_A magnit akymy akanda magnit potensialyň düşmesi ýüze çykýar.

$\Phi_A (R_{CT} + R_{Я})$ R_{CT} -steržiniň magnit garşylygy

$R_{\text{я}}$ – aşaky we ýokarky ýarmoň her ýarysynyň magnit garşylygy

C steržen üçin $\Phi_c(R_{\text{CT}} + R_{\text{я}})$

B steržen üçin $\Phi_B R_{\text{CT}}$

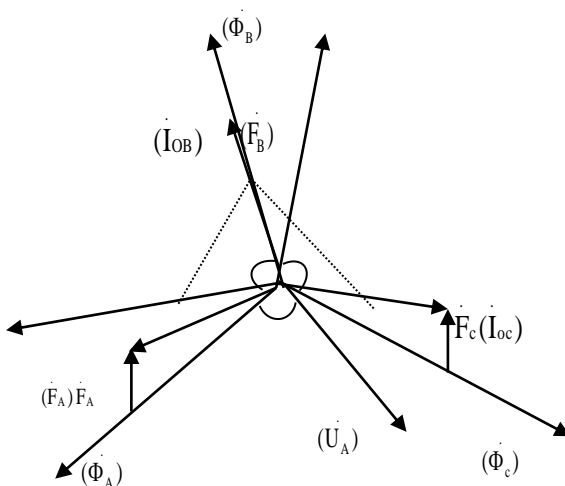
Kirhgofyň 2-nji kanuny boýunça a-b-O₂-O₁ zynjyr üçin.

$$\Phi_A (R_{\text{CT}} + 2R_{\text{я}}) - \Phi_B R_{\text{CT}} = \dot{F}_A - \dot{F}_B$$

$$c-d-02-01 \quad (1.33)$$

$$\Phi_C (R_{\text{CT}} + 2R_{\text{я}}) - \Phi_B R_{\text{CT}} = \dot{F}_C - \dot{F}_B$$

$$\dot{F}_A + \dot{F}_B + \dot{F}_C = 0 \quad (1.34)$$



1.7-nji çyzgy. Üç sterženli transformatoryň boş işleme toklarynyň diagrammasy.

Bu deňlemäni işläp

$$(\dot{\Phi}_A + \dot{\Phi}_C)(R_{CT} + 2R_{\mathcal{I}}) \cdot 2\dot{\Phi}_B R_{CT} = \dot{F}_A + \dot{F}_C - 2\dot{F}_B \quad (1.35)$$

$$-\dot{\Phi}_B(R_{CT} + 2R_{\mathcal{I}}) - 2\dot{\Phi}_B R_{CT} = -3\dot{F}_B \quad \dot{F}_A + \dot{F}_C = -\dot{F}_B \quad (1.36)$$

$$3\dot{\Phi}_B R_{CT} + 2\dot{\Phi}_B R_{\mathcal{I}} = 3\dot{F}_B \quad \dot{\Phi}_A + \dot{\Phi}_C = -\dot{\Phi}_C \quad (1.37)$$

$$\dot{F}_B = \dot{\Phi}_B R_{CT} + 2/3\dot{\Phi}_B R_{\mathcal{I}} = \dot{\Phi}_B(R_{CT} + 2/3R_{\mathcal{I}}) \quad (1.38)$$

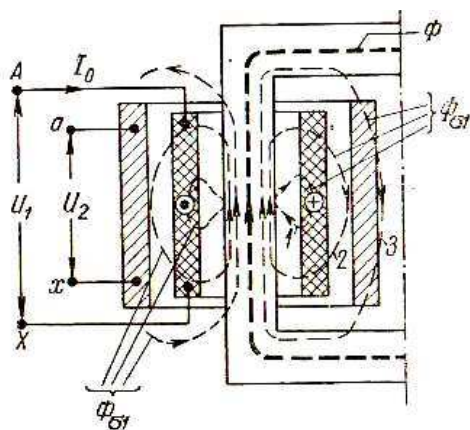
$$\dot{\Phi}_A(R_{CT} + 2R_{\mathcal{I}}) - \dot{\Phi}_B R_{CT} = \dot{F} - \dot{\Phi}_B(R_{CT} + 2/3R_{\mathcal{I}}) \text{ bu ýerde} \quad (1.39)$$

$$\dot{F}_A = \dot{\Phi}_A(R_{CT} + 2R_{\mathcal{I}}) + \dot{\Phi}_B 2/3R_{\mathcal{I}} \quad (1.40)$$

$$\dot{F}_C = \dot{\Phi}_C(R_{CT} + 2R_{\mathcal{I}}) + \dot{\Phi}_H 2/3R_{\mathcal{I}} \quad \dot{F}_B = \dot{\Phi}_B(R_{CT} + 2/3R_{\mathcal{I}}) \quad (1.41)$$

1.6. Boş işleme düzgüninde bir fazaly transformatoryň işleýşi

Transformatoryň boş işlemesi diýip haçanda ikinji sargyň zynjyry açyk bolup, birinji sarga ~ togy birkidirilende transformator boş işlände esasy ýitgi polatda bolýar. Boş işlände pytrama EHG, aktiw garşylyk ($I_0 r$) örän kiri bolýar, hem-de boş işlände ýitgi.



1.8-nji çyzgy. Transformatoryň boş işlemesinde magnit akymlyry.

Haçanda ($r_1 = 0$, $x_1=0$, $P_o=0$) bolsa ýönekeý transformator diýilýär.

Bu ýagdaýda transformatoryň işleýşini ulylyk gatnaşykda tapmak kyn däl. Şeýlelikde EHG deňliginiň deňlemesi. Diýeli $U_1 \sin$ -däl üýtgeýär.

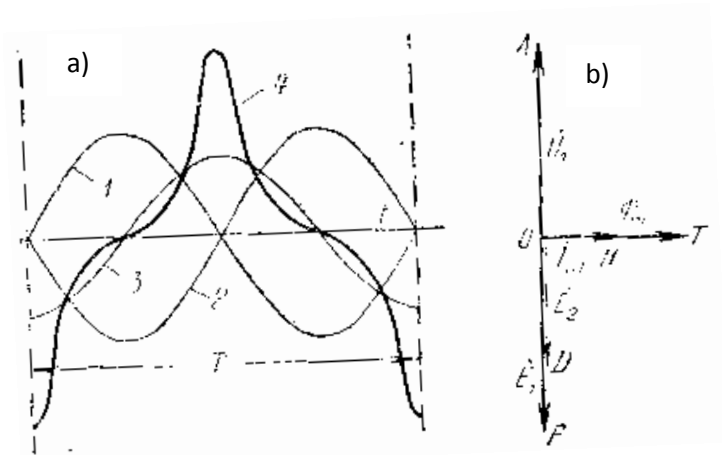
$$I_1 = -W_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{ýa-da} \quad U_1 = -I_1 \quad (1.42)$$

$$U_1 = U_{1m} \sin \omega t = U_1 \sqrt{2} \sin 2\pi f t$$

U_m -berilen naprýaženiýaň amplitudasy

U_1 - hereket ediji manysy

$\omega = 2\pi f$ -ýygylýk burçy



1.9-njy çyzgy. Ýönekeý bir fazaly transformatoryň EHD güýji we toguň diagrammasy: a) gönüburçly kordinatda; b) wektor häsiýetnamasy.

Meňzeşlikde I_1 üçin

$$I_1 = E_{1m} \sin(\omega t - \pi) = E_1 \sqrt{2} \sin(\omega t - \pi) \quad (1.43)$$

ýa-da

$$I_1 = E_{1m} \sin(\omega t - \pi) = E_1 \sqrt{2} \sin(\omega t - \pi) \quad (1.44)$$

deňligiň iki tarapynam integrirläp

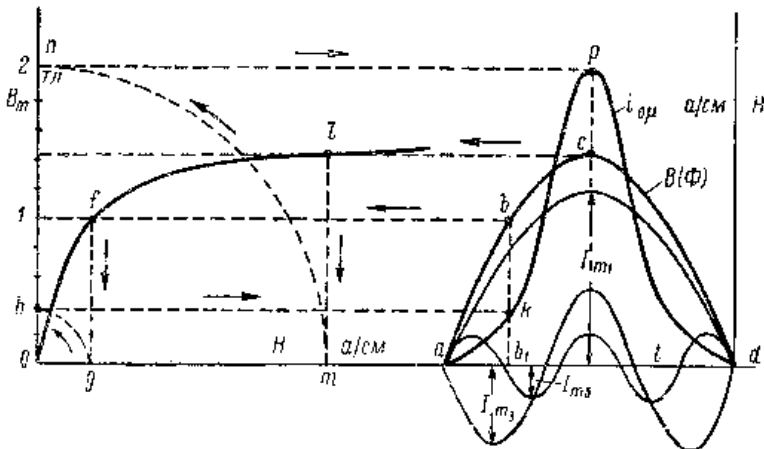
$$\int d\Phi t = \frac{E_1 \sqrt{2}}{W_1} \int \sin(\omega t - \pi) dt \quad (1.45)$$

bu ýerden:

$$\Phi_t = -\frac{E_1 \sqrt{2}}{W_1 \omega} \cos(\omega t - \pi) = \frac{E_1 \sqrt{2}}{W_1 \omega} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \quad (1.46)$$

diýmek, magnit akym Φ_t birinji sargyň EHG 90°C öňe gidýär.

$$\Phi_t = \Phi_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$



1.10-njy çyzgy. $i_{ou} = f(t)$ egriniň gurluşy we olaryň esasy we ýokary garmonikalara bölünişi.

Hany

$$\Phi_m = \frac{E_1 \sqrt{2}}{W_1 \cdot \omega} = \frac{E_1 \sqrt{2}}{W_1 2\pi f} = \frac{E}{\pi \sqrt{2} f W_1} \quad (1.47)$$

Magnit akymynyň amplitudasy diýmek

$$\begin{aligned} E_1 &= \pi \sqrt{2} f W_1 \Phi_m = 4,44 f W_1 \Phi_m \\ E_2 &= \pi \sqrt{2} f W_2 \Phi_m = 4,44 f W_2 \Phi_m \end{aligned} \quad (1.48)$$

ýa-da

$$E_1 = \pi\sqrt{2}fW_1\Phi_m = Ce\Phi_m \quad (1.49)$$

ýa-da sarymyň EHG

$$E_{BT} = E_{Bs} = \frac{E_1}{W_1} = \frac{E_2}{W_2} = 4,44f\Phi_m \quad (1.50)$$

Hakyky bir fazaly transformatoryň boş işleýşi

Hakyky transformatoryň boş işinde tok iki düzümden durýar, magnit akymy bilen gabat gelýän magnitlendiriji tok I_{om} we aktyw düzümden I_{ca} birinji tok bilen kwadrata durýar.

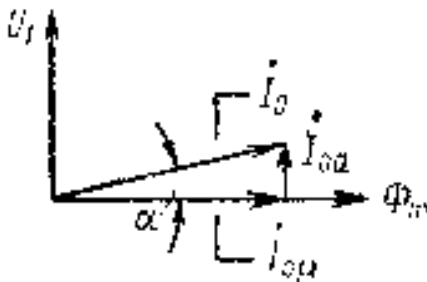
Düzüjileri geometriki goşup, tapýarys $I_o = \sqrt{I_{om}^2 + I_{oa}^2}$
Asla tok

$$I_{oa} \leq 10\% \text{ kiçi } I_{om} - \text{dan} \quad (1.51)$$

Goşup biz magnit akymynyň Φ tokdan I_o yza galýanyňy görýäris, oňada magnititň yza galma burçy diýip aýtýarys. $\alpha = \alpha$

$$\dot{U}_1 = -E_1 + I_o Z_1 = -E_1 + I_o (jx_1 + r_1) \quad (1.52)$$

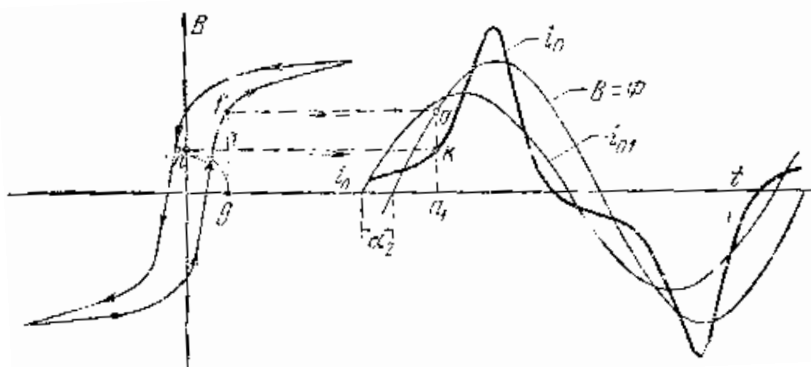
deňlemäň esasynda diagramma wektoryny gurýarys.



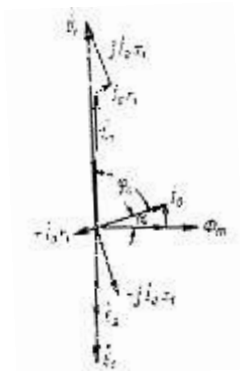
1.11-nji çyzgy. Transformatoryň boş işleme togy we olaryň düüjileri.

Güýçli transformatorlarda boş işlände naprýaženiýaň düşmesi 0,5% esasy U_1 transformatoryň boş işde ýitgisi polat oka gidýär.

$$\begin{aligned}
 P_o &= p_{M1} + p_{go} + p_{go} \\
 P_{m1} &= I_o^2 r_1 - \text{misiň kuwwaty} \quad (1.53) \\
 P_G &= p_{po} + p_{go} = p_p \\
 p_{ro} &= (15 \div 20\%) P_{po}
 \end{aligned}$$



1.12-nji çyzgy. Boş işleme togunyň egrisine gisterezisiň täsiri.



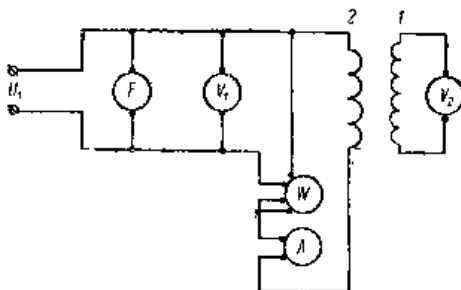
1.13-nji çyzgy. Transformatoryň boş işlemesinde wektor diagrammasy.

1.7. Bir fazaly transformatoryň boş işlemesiniň tejribesi

Köpülenç sarymyň ikinjisini KN iýmitlendirilýär. Şeýlelikde shemaň kömegi bilen bu gatnaşykda grafik gursa bolýar.

$$I_o, P_o, Z_1(r_1 + jx_1) \neq f(U_1) \quad (1.54)$$

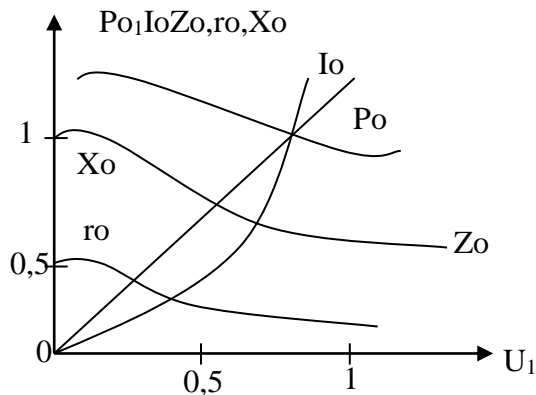
tapyp bolýar



1.14-nji çyzgy. Transformatoryň boş işleme barlagynyň shemasy.

$$\frac{U_1}{I_o} = Z_o = Z_1 + Z_m = (r_1 + jx_1) + (r_m + jx_m) = r_o + jx_o \quad (1.55)$$

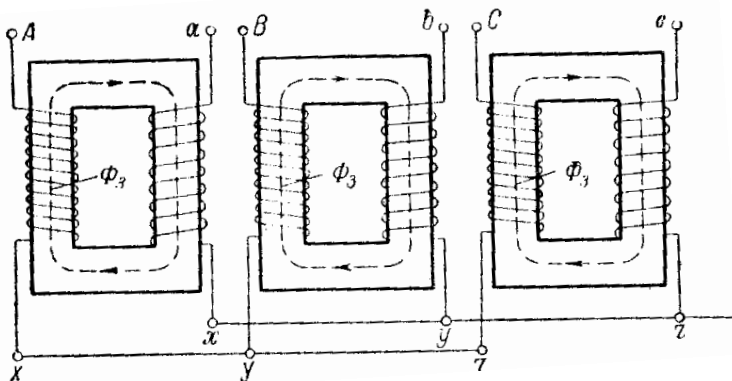
$$r_m = r_o = \frac{P_o}{I_o^2}; \quad X_o = \sqrt{Z_o^2 - r_o^2} = \sqrt{\left(\frac{U_1}{I_o}\right)^2 - \left(\frac{P_o}{I_o^2}\right)^2} \quad k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2}$$



1.15-nji çyzgy. Üç fazaly transformatoryň boş işleýşi

Y/Y₀-12

Bir fazaly transformator boş işlände, ol bir garmonik tokdan başgada, üçünji garmonik togy bar. Bir üç fazaly toporlaýyn transformatora garalyň Y/Y₀-12

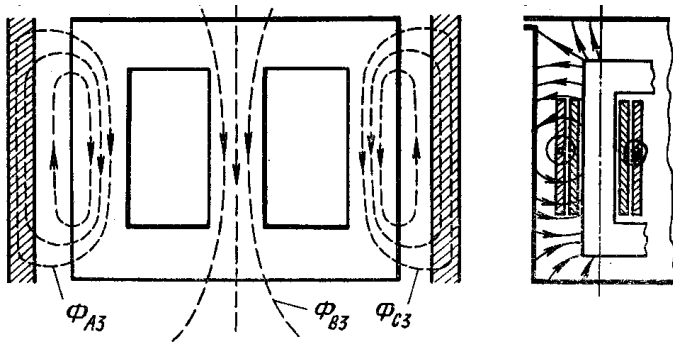


1.16-njy çyzgy. Y/Y₀-12 görnüşde transformatoryň birikmesi.

Bu shemaň näme tapawudy bar. Bir fazaly transformatordan, munda üçünji garmonik tok ýok

$$\begin{aligned}
 i_{oA3} &= I_{03m} \sin 3\omega t \\
 i_{oB3} &= I_{03} \sin 3(\omega t - \frac{2\pi}{3}) = I_{03m} \sin 3\omega t \\
 I_{oC3} &= I_{03m} \sin 3(\omega t - \frac{4\pi}{3}) = I_{03m} \sin 3\omega t
 \end{aligned} \quad (1.56)$$

Bäşinji garmonik tok bar.



1.17-nji çyzgy. Üç sterženli transformatoryň 3-nji garmoniki magnit akymy.

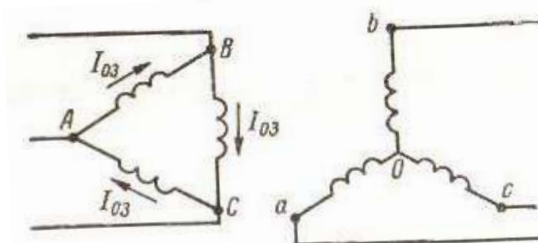
Görşümüz ýaly transformatorynyň her bir fazasy özüniň magnit sistemasy bar, diýmek Φ_3 magnit akymy. Şol ýol bilen gidýär, edil Φ_1 magnit akymy bilen gabat gelýär, sebäbi kiçi magnit garşylyk bar. Şeýlelikde 3 fazasy toparly transformatorlarda Φ_3 ululygy käbir ýagdaýda Φ_1 -15-20% deňdir. Φ_3 magnit akymy 1-nji we 2-nji sarymda elektrik hereketlendiriji güýç I_{13} we I_{23} döredýär, ol $f_3=3f_1$ ýygylýk bilen üýtgeýär. Şeýlelikde onuň döredýän elektrik hereketlendiriji güýç 45-60% ýetýär $\rightarrow I_1$ we I_2 -den. Beýle elektrik hereketlendiriji güýç köpeltmege gowy däl. Şol sebäpli ýokary kuwwatly transformatorlar Y/Y görnüşde ulanylanok.

Çyzykly naprýaženiýe sin-al ütgýär faza naprýaženiýä

garamazdan, sebäbi Y birikdirilende 3-nji garmoniki EHG ýitýär çyzyk maprýażeniýe.

Transformator üç sterženlisinde başgaça sebäbi magnit zynjyrlary özara bagly her fazada 3-nji garmonik magnit akymy şeýle toklar wagt boýunça gabat gelýärler. Bu diýmek, ululygy boýunça 3-nji garmonik magnit akymy özara fazalarda deňdirler we steržende hemmesi bir tarapa ugrukdyrlan.

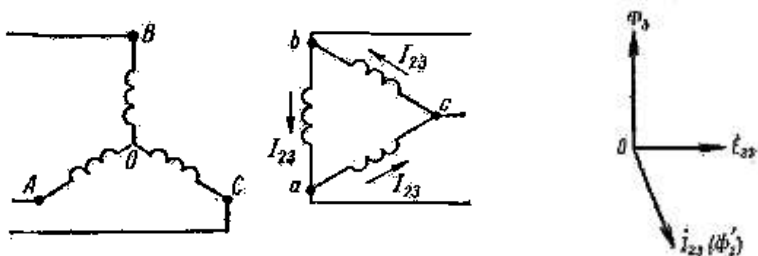
Üç fazaly transformatoryň Δ/Y ýa-da Y/Δ birkmesi



1.18-nji çyzgy. Δ/Y görnüşli transformatoryň boş işleme togunyň 3-nji garmonikasy.

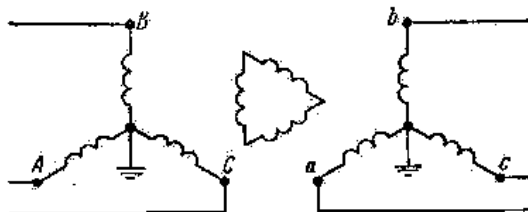
Transformatoryň Δ -r birikmesinde ýapyk zynjyr emele gelýär, 3-nji garmonik tok bir tarapa akýarlar. Egerde transformatoryň boş işinde 3-nji garmonik tok bar bolsa olaryň döredýän EHG 1-nji we 2-nji sarymda sin-da golaýlaýar. Şol sebäpli transformatorlar Δ/Y , Y/Y gowy hasaplanýar.

Y/Δ birikmesi hem köp ulanylýar.



1.19-njy çyzgy. Y/Δ görnüşli transformatoryň boş işleme togunyň 3-nji garmonikasy.

Bu şekilde, Φ_3 magnit akym edil I_{23} toguň garşysynda ýerleşen, şonuň üçin 3-nji garmoniki toguň täsiri astynda Φ_3 magnit akymy dörän. Ol esasy Φ_3 kompensirleýär, şoňa laýyklykda döreýdän elektrik hereketlendiriji güýç sim-da golaýdyr. Diýmek transformatorlar Δ/Y ýa-da Y/Δ biriginde olar gowy işleýärler, sebäbi magnit akymyna weelektrik hereketlendiriji güýç, toga zyýan beriji häsiýetleri ýok.



1.20-nji çyzgy. 3-ji sarymly transformatoryň shemasy.

Transformatoryň peýdaly täsiririniň koeffisiýenti

Peýdaly kuwwatyň getirilen kuwwata bolan gatnaşygyna transformatoryň peýdaly täsir koeffisiýenti aýdylýar.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \text{ ýa-da } \eta = \frac{P_2}{P_1} 100\% \quad (1.57)$$

P_2 - peýdaly kuwwat

P_1 - getirilen kuwwat

PtK başga usul bilen tapsa bolýar.

P_n – transformatorynyň polatyndaky ýitgi

P_M - sargydaky ýitgi

$$P_1 = P_2 + P_{\Pi} + P_M$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + p_p + p_m} 100\% = \left(1 - \frac{P_p + P_m}{P_2 + p_p + p_m}\right) 100\%$$

bu ýerde: P_2 – transformatoryň hasaplaýyş kuwwaty;
 K_y – transformatoryň ýük koeffisiýenti;
 P_r – gysga utgaşma ýitgi;

$$p_2 = K_y p_p \cos \varphi^2$$

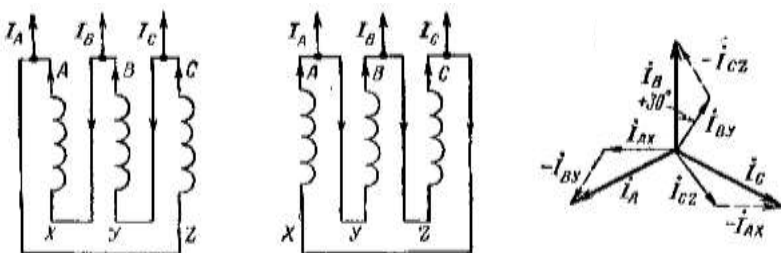
$$p_p = p_o = \text{const} \quad p_m = K_y^2 p_r \quad (1.58)$$

$$p_o \equiv B^2 \equiv E^2 \text{ bu ýerde } E_1 = -U_1 + I, Z,$$

$$r = \left(1 - \frac{p_o + k_y^2 p_r}{K_y p_p \cos \varphi^2 + p_o + K_y^2 p_r}\right) \cdot 100\%$$

$P_0 = P_M = K_y^2 P_r$ Haçanda, üýtgeýän ýitgi üýtgemeýän
 ýitgä deň bolsa,
 şol ýagdaýda peýdaly täsir koeffisienti
 ýokary derejä ýetýär.

1.8. Transformatoryň üç fazaly sarymynyň elektrik hereketlendirijisi



1.21-nji çyzgy. Üç fazaly transformatoryň sarymynyň üçburç birikdirilişi.

Üç fazaly transformatoryň sarymynyň elektrik hereketlendiriji

Umumy ýagdaýda fazaly sarymlaryň A, B we C elektrik hereketlendiriji güýç I_A, I_B, I_C sim-däl däl. Şonuň üçin başdaky fazany $\Psi = 0$ hasaplap täk garmonikeler bar diýeliň onda faza A üçin

$$e_A = E_{m1} \sin \omega t + E_{m3} \sin \omega t + E_{m5} \sin 5\omega t \quad (1.59)$$

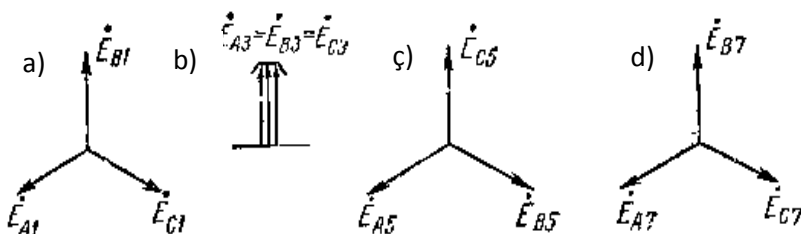
$$e_B = E_{m1} \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) + E_{m3} \sin 3(\omega t - \frac{2\pi}{3}) + E_{m5} \sin 5(\omega t - \frac{2\pi}{3}) =$$

$$= E_{m1} \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) + E_{m3} \sin 3\omega t + E_{m5} \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3}) +$$

$$I_c = E_{m1} \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3}) + E_{m3} \sin 3(\omega t - \frac{4\pi}{3}) + E_{m5} \sin 5(\omega t - \frac{4\pi}{3}) +$$

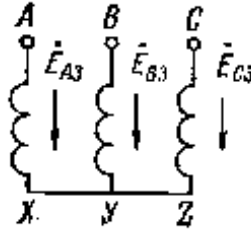
$$E_{m1} \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3}) + E_{m3} \sin 3\omega t + E_{m5} \sin(5\omega t - \frac{2\pi}{3}) + \dots$$

Bu deňlemelere görä



1.22-nji çyzgy. Üç fazaly sarymyň EHG-niň 1-nji, 3-nji, 5-nji we 7-nji garmonikasy.

Üç fazaly transformatoryň sarymynyň (Y) ýyldyz birkdirilşi



1.23-nji çyzgy. Üç fazaly transformatoryň sarymynyň (Y) ýyldyz görnüşi.

Y-z görnüşinde islendik üç zynjyr
üçin deňleme

$$e_{AB} = e_A - e_B$$

$$e_{CA} = e_C - e_A$$

$$e_{BC} = e_B - e_C$$

Bahalaryny ýerine goýup tapýarys

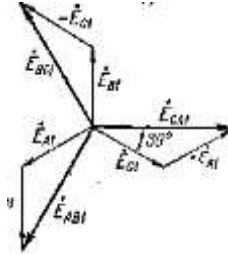
$$e_{AB} = e_A - e_B = E_{m1} \sin \omega t - E_{m1} \sin(\omega t - 2\pi/3) + E_{m3} \sin 3\omega t - E_{m3} \sin 3\omega t + E_{m5} \sin 5\omega t - E_5 \sin(5\omega t - \frac{4\pi}{3}) + \dots \quad (1.60)$$

$$\begin{aligned} 2 \sin\left(\frac{\omega t - \omega t + \frac{2\pi}{3}}{2}\right) \cos\left(\frac{\omega t + \omega t - \frac{2\pi}{3}}{2}\right) &= \sqrt{3} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{2}\right) \\ &= \sqrt{3} \sin\left(\omega t + \frac{-2\pi + 3\pi}{6}\right) = \sqrt{3} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right) \end{aligned} \quad (1.61)$$

$$e_{AB} = E_{m1} \sqrt{3} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right) + E_{m5} \sqrt{3} \sin\left(5\omega t - \frac{\pi}{6}\right) + \dots \quad (1.62)$$

$$e_{BC} = e_B - e_C = E_{m1} \sqrt{3} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6} - \frac{2\pi}{3}\right) + E_{m5} \sqrt{3} \sin\left(5\omega t - \frac{\pi}{6} + \frac{2\pi}{3}\right) + \dots$$

$$e_{CA} = e_C - e_A = E_{m1} \sqrt{3} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6} - \frac{4\pi}{3}\right) + E_{m5} \sqrt{3} \sin\left(5\omega t - \frac{\pi}{6} + \frac{4\pi}{3}\right) + \dots$$



1.24-nji çyzgy. Üç fazaly transformatoryň sarymynyň EHG-niň wektor diagrammasy.

$$\begin{aligned} \dot{E}_{mvL} &= \sqrt{3} \dot{E}_{mvf} & \dot{E}_L &= \sqrt{3} \dot{E}_f & \dot{I}_L &= \dot{I}_f \\ P &= 3E_f I_f \cos \varphi_f = \sqrt{3} E_L I_L \cos \varphi \end{aligned} \quad (1.63)$$

φ -burc E_f bilen I_f aralygyndaky

1.9. Gysga utgaşma düzgünde transformatoryň işleýşi

1. Gysga utgaşma iki hili bolup bilýär:

- a)Ekspluatasiýa, ýa-da awariýa gysga utgaşmasy doly naprýaženiýede.
- b)Barlag gysga utgaşmasy.

2. Transformatoryň gysga utgaşmasynyň tejribesi.

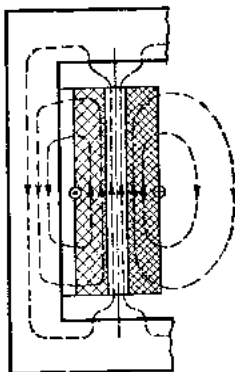
Diýeliň, gysga utgaşma barlag görnüşinde geçýär, ikinji sarymy gysga utgaşma edip, birinji sarymy iýmitlendirýäris. Sargylardan tok I_1 we I_2 akýar, MHG döreýär $F_1=I_1W_1$, $F_2=I_2W_2$ şeýlelikde magnit akymy Φ_r döreýär. Φ_k 1-nji we 2-nji sarymda E_{1K} we E_{2K} ,
Deňleme

$$\dot{U}_{ik} = -(\dot{E}_{ik} - j\dot{I}_1 X_1 - \dot{I}_1 r_1) = -\dot{E}_{ik} + \dot{I}_1 Z_1 \quad (1.64)$$

$$\dot{E}_{2k} - \dot{I}_2 (r'_2 + jx'_2) = \dot{E}_{2k} - \dot{I}_2 = 0 \quad (1.65)$$

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 0 \quad \dot{I}_1 = -\dot{I}_2 \quad (1.66)$$

ýa-da



1.25-nji çyzgy. Transformatoryň gysga utgaşmasynda magnit akymlyary.

$$\dot{E}_{1k} = \dot{E}_{2k}$$

$$\dot{U}_{1k} = \dot{I}_1 Z_1 + \dot{I}_1 Z'_2 = \dot{I}_1 [(r_1 + jx_1) + (r'_2 + jx'_2)] =$$

$$\dot{I}_1 [(r_1 + r'_2) + j(x_1 + x'_2)] = \dot{I}_1 (r_k + x_k) = \dot{I}_1 Z_k \quad (1.67)$$

Bu ýerde

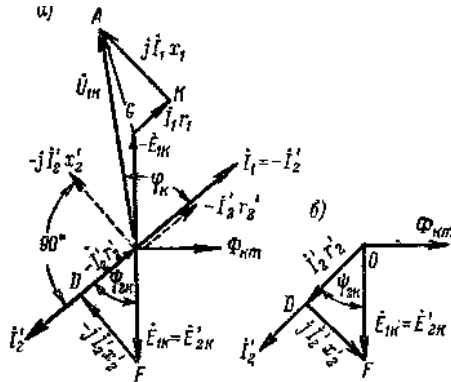
$$r_k = r_1 + r'_2 : x_k = x_1 + x'_2 \text{ we } Z_k = \sqrt{r_k^2 + x_k^2} \quad (1.68)$$

Deňlemeleriň esasynda (wektor) wektor diagramma gurup bolýar.

Bize berilen diýeliň Φ_{km} , EHG $E_{1k} = E'_{2k} = 0$ 90°

öňde.

burç boýunça wektor tok I_2^1 ýerleşýär, wektor $E_{\delta 2}^1 = -jI_2^1 X_2^1$ tok I_2^1 90° galýar. Wektor $-I_2^1 r_2^1$ wektor tok I_2^1 garşysynda ýerleşýär. Guralýň

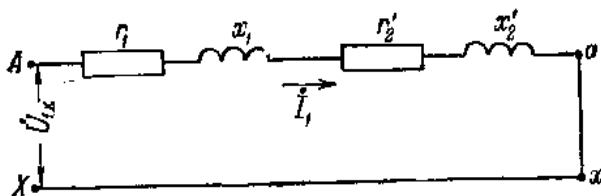


1.26-njy çyzgy. Transformatorynyň gysga utgaşmasynyň wektor diagrammasy.

Gysga utgaşma transformatorynyň çalşyрма shemasy

$$\dot{U}_{1k} = \dot{I}_1(Z_1 + Z_2^1) \text{ Bu ýerden } \dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_{1k}}{Z_1 + Z_2^1} \quad (1.69)$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= r_1 + jx_1 \\ Z_2^1 &= r_2^1 + jx_2^1 \\ r_{gu} &= r_1 + r_2^1 \\ x_{gu} &= x_1 + x_2^1 \end{aligned} \quad (1.70)$$



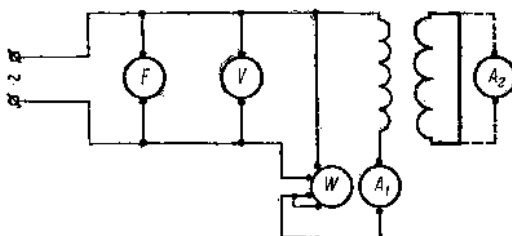
1.27-nji çyzgy. Transformatoryň gysga utgaşmasynyň orun çalyşma shemasy.

Gysga utgaşmada esasy ýitgiler sarga gidýär (mise)

$$P_k = p_{m1} + p_{m2} = I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2 = I_1^2 r_1 + I_1 r_2 = I_1^2 r_k \quad (1.71)$$

Gysga utgaşmasynyň parametrlerini tejribe arkaly tapylyşy

Bir fazaly tr-ry alalyň. Diýeli U_{gu} , I_{gu} , P_{gu} ölçeg edip bolýar.



1.28-nji çyzgy. Transformatoryň gysga utgaşmasyndaky barlag shemasy.

$$Z_{gu} = \frac{U_{gu}}{I_1} : r_{gu} = \frac{P_{gu}}{I_1^2} X_{gu} = \sqrt{Z_{gu}^2 - r_{gu}^2} \quad (1.72)$$

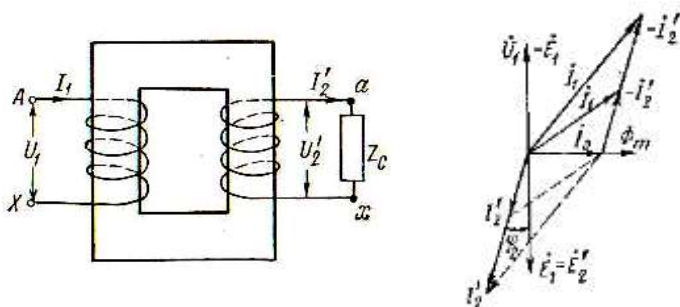
Gysga utgaşmasynyň parametrlerini tapyp naprýaženiýaň düzümini kesgitleýäris U_{gu} , $U_{gu a}$, $U_{gu r}$

$$U_{gu} = \frac{I_n Z_{gu}}{U_n} \cdot 100\% \quad (1.73)$$

$$U_{gua} = \frac{I_H r_a}{U_n} \cdot 100\% = \frac{I_H^2 r_{gu}}{U_n I_n} 100 = \frac{P_{guH}}{10Sn} = \frac{BW}{kW \cdot A} \quad (1.74)$$

$$U_{gur} = \frac{I_n X_{gu}}{U_n} 100\% = \sqrt{U_{gu}^2 - U_{gua}^2} \quad (1.75)$$

1.10. Ýükli transformatoryň işleýşi

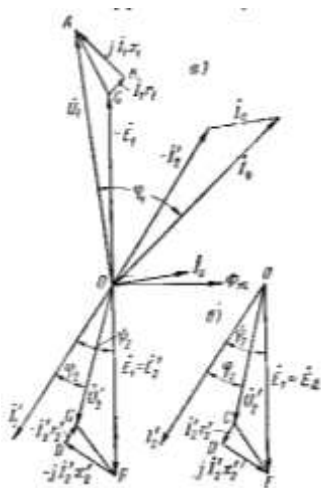


1.29-njy çyzgy. Transformatoryň ýüklenmedäki shemasy we onuň tok diagrammasy.

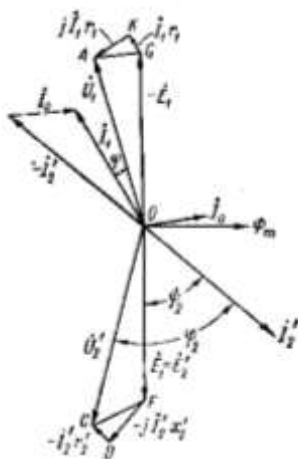
Ikinji sarga ýük birikdirilýär, akiw, induktiw, sygym görnüşli ýükler. Deňlemeler: $U_1 = E_1 + I_1 Z_1$

$$\dot{E}_2 - \dot{I}_2 = \dot{U}_2^1 \quad ýa - da \quad \dot{E}_2 = \dot{U}_2 + \dot{I}_2 Z_2^1 \quad \dot{I}_1 = \dot{I}_o - \dot{I}_2 \quad (1.76)$$

Deňlemeleriň esasynda wektor diagramma gurýarys



a)



b)

1.30-njy çyzgy. Transformatorlaryň ýüklenme wektor diagrammalary: a) induktiv; b) sygym.

Transformatorlaryň parallel işleýşi

Transformatorlary parallel işlemek üçin bu düzgünleri bar:

- 1) Parallel transformatorynyň 1-nji we 2-nji nominal naprýaženiýalary deň bolmaly

$$U_{11}=U_{12}=U_{13}=U_{in};$$

$$U_{21}=U_{22}=U_{23}=U_{24} \quad (1.77)$$

ýa-da $K_1=K_2=K_3=K_n$

koeffisiýentleri deň bolmaly

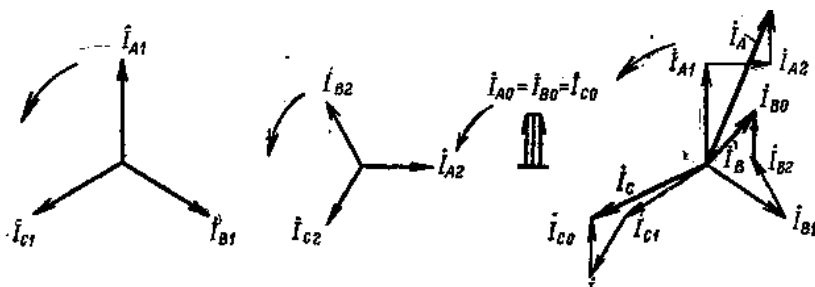
- 2) transformatorlar bir topara degişili bolmaly. Y/Y_{I-0} we Y/Y_{II-0}
- 3) gysga utgaşmaň naprýaženiýesiniň düzümleri deň bolmaly

$$U_{ka1} = U_{ka2} = U_{kan} : U_{k21} = U_{k22} = U_{k2n} : U_{k1} = U_{k2} = U_{kn} \quad (1.78)$$

Üç fazaly transformatorlar simmetrik däl iş düzgüleri Simmetrik düzüminiň metodlary

Elektrik maşynlaryň simmetrik däl iş düzgünlerini simmetrik düzümleriň üsti bilen tapyp bolaýr. Islendik üç fazaly sistemaň simmetrik däl ýagdaýyny üç bölüme bölüp bolýar simmetrik bölüme.

1) göni; 2) tersine; we 3) nula



1.31-nji çyzgy. Toklaryň ulgamy: göni, ters, nul we jemleýji.

②-çyzgynyň esasynda tapýarys

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} \quad (1.79)$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{B1} + \dot{I}_{B2} + \dot{I}_{B0} \quad (1,80)$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{C1} + \dot{I}_{C2} + \dot{I}_{C0} \quad (1,81)$$

Göni toguň sistemasyny tapalyň I_{A1} – wektor togy başlangyç diýeliň. Onda

$$\dot{I}_{B1} = a^2 \dot{I}_{A1} \quad \text{we} \quad \dot{I}_{C1} = a \dot{I}_{A1} \quad (1.82)$$

wektor toklar I_{B1} , I_{C1} bolýarlar

a - öwrüm operatory, diýmek köpeldiji, başlangyç wektora görä, wektoryň aýlanýan tarapyna $120^\circ = 2\pi/3$ burça şu wektory öwürmeli.

ululygyna görä

$$a = -0,5 + j \frac{\sqrt{3}}{2} = 1^{+j\frac{2\pi}{3}} = 1^{-j\frac{4\pi}{3}}$$

$$a = -0,5 - j \frac{\sqrt{3}}{2} = 1^{+j\frac{4\pi}{3}} = 1^{-j\frac{2\pi}{3}}$$

$$a^3 = 1$$

$$1 + a + a^2 = 0$$

Muny çyzgyda görkezeliň

Onda

$$1 - a1 - a = \sqrt{3}l^{-j\frac{\pi}{6}}$$

$$1 - a1 - a = \sqrt{3}l^{-j\frac{\pi}{6}}$$

tezis toguň sistemasy üçin

$$\dot{I}_{B2} = a \dot{I}_{A2} \quad \dot{I}_{C2} = a^2 \dot{I}_{A2}$$

nul toguň sistemasy üçin

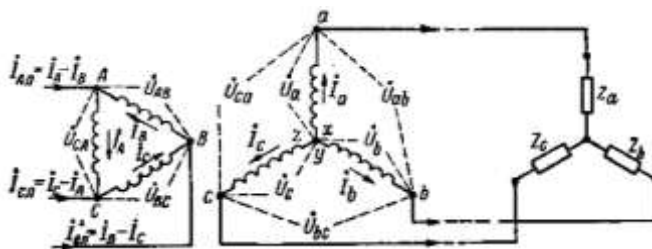
$$\dot{I}_{AO} = \dot{I}_{BO} = \dot{I}_{CO}$$

tapan bahalarymyzy deňlemä (8,1; 8,2; 8,3) goýup alýarys.

$$\begin{aligned} \dot{I}_{A1} &= \frac{1}{3}(\dot{I}_A + a \dot{I}_B + a^2 \dot{I}_C) & \dot{I}_{AO} &= \frac{1}{3}(\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C) \\ \dot{I}_{A2} &= \frac{1}{3}(\dot{I}_A + a^2 \dot{I}_B + a \dot{I}_C) \end{aligned} \quad (1.83)$$

Birleşmesinde Δ/Y -11 sarymlaryň üç fazaly transformatoryň simmetrik däl ýüklemesi

Δ/Y -11 sarymlaryň birleşmesi bilen transformatoryň simmetrik däl ýüklenmesinde ikinji naprýaženiýanyň ýyldyzynyň ýolmazynyň ýagdaýyna serederis.



1.32-nji çyzgy. Nul simsyz transformatoryň simmetrik däl ýüklenmesiniň shemasy,

U_A, U_B, U_C ilkinji naprýaženiýeler simmetrik bolup durýarlar. Aýdalyň I_0 magnitleýji tok nola (0) deň, onda ilkinji we üçülenji MHG-iň arasynda deňagramlysynyň bolmagy gerek

$$I_A = -I_a; \quad I_B = -I_b \quad \text{we} \quad I_C = -I_c$$

Ilkinji (göni çyzykly) elektrik ýol toklary, fazalary toklaryň geometrik tapawudyna deňdirler.

$$\dot{I}_{A\pi} = \dot{I}_A - \dot{I}_B = -\dot{I}_a + \dot{I}_b = -\dot{I}_{a1} - \dot{I}_{a2} + \dot{I}_{b1} + \dot{I}_{b2} = -\sqrt{3}\dot{I}_{a1}l^{+j\frac{\pi}{6}} - \sqrt{3}\dot{I}_{a2}l^{-j\frac{\pi}{6}}; \quad (1.84)$$

$$\dot{I}_{B\pi} = \dot{I}_B - \dot{I}_C = -\dot{I}_b + \dot{I}_c = -\dot{I}_{b1} - \dot{I}_{b2} + \dot{I}_{c1} + \dot{I}_{c2} = -\sqrt{3}\dot{I}_{b1}l^{+j\frac{\pi}{6}} - \sqrt{3}\dot{I}_{b2}l^{-j\frac{\pi}{6}} \quad (1.85)$$

$$\dot{I}_{C\pi} = \dot{I}_C - \dot{I}_A = -\dot{I}_c + \dot{I}_a = -\dot{I}_{c1} - \dot{I}_{c2} + \dot{I}_{a1} + \dot{I}_{a2} = -\sqrt{3}\dot{I}_{c1}l^{+j\frac{\pi}{6}} - \sqrt{3}\dot{I}_{c2}l^{-j\frac{\pi}{6}} \quad (1.86)$$

Ikilenji fazaly naprýaženiýeler deňdirler:

$$\dot{U}_a = -\dot{U}_{CA} + \dot{I}_A Z_K = -\dot{U}_{CA} - \dot{I}_a Z_k \quad (1.87)$$

$$\dot{U}_b = -\dot{U}_{BA} + \dot{I}_B Z_K = -\dot{U}_{AB} - \dot{I}_b Z_k \quad (1.88)$$

$$\dot{U}_c = -\dot{U}_{BC} + \dot{I}_C Z_K = -\dot{U}_{BC} - \dot{I}_c Z_k \quad (1.89)$$

çyzykly (göni çyzykly) ikilenji naprýaženiýeler

$$\dot{U}_a b = \dot{U}_a - \dot{U}_b = -(\dot{U}_{CA} - \dot{U}_{AB}) - (\dot{I}_a - \dot{I}_b)Z_k = \dot{U}_{ab} - \sqrt{3}\dot{I}_{a1}Z_k l^{+j\frac{\pi}{6}} - \sqrt{3}\dot{I}_{a2}Z_k l^{-j\frac{\pi}{6}}$$

$$\dot{U}_{bc} = \dot{U}_b - \dot{U}_a = -(\dot{U}_{AB} - \dot{U}_{BC}) - (\dot{I}_b - \dot{I}_c)Z_k = \dot{U}_{bc} - \sqrt{3}\dot{I}_{b1}Z_k l^{+j\frac{\pi}{6}} - \sqrt{3}\dot{I}_{b2}Z_k l^{-j\frac{\pi}{6}}$$

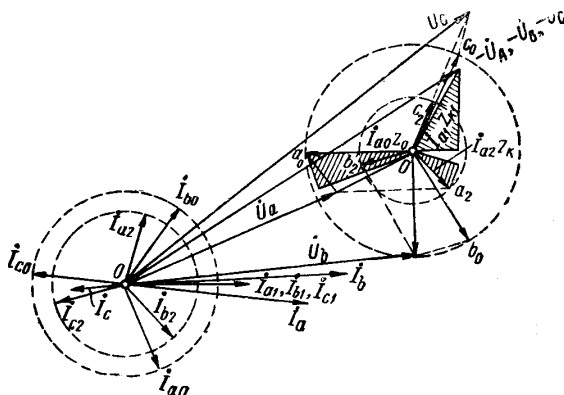
$$\dot{U}_{ca} = \dot{U}_c - \dot{U}_a = -(\dot{U}_{BC} - \dot{U}_{CA}) - (\dot{I}_c - \dot{I}_a)Z_k = \dot{U}_{ca} - \sqrt{3}\dot{I}_{c1}Z_k l^{+j\frac{\pi}{6}} - \sqrt{3}\dot{I}_{c2}Z_k l^{-j\frac{\pi}{6}}$$

Bu ýerde (niredе) U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} - ikilenji zynjyryň boş işlemesiniň göni çyzykly naprýaženiýeleri.

Y/Y-o sarymlaryň birleşmesinde üç fazaly transformatoryň simmetrik däl ýüklenmesi

Bu ýerde toklar: $I_a = -I_A = 0$;

$I_b = -I_B$; $I_c = -I_C$



1.33-nji çyzgy. Üç fazaly transformatoryň simmetrik däl
ýüklenmesinde üýtgedilen wektor diagrammasy.

ŽC-daşky ýüklenme aktiw diýip pikir edeliň, onda I_b -tok göni
çyzykly naprýaženiýe bilen gabat geler $U_{bc}=BC$. Nol
yzygiderligiň togy $I_a=0$ deň bolany sebäpli, sistemanyň bitarap
nokady gabat gelmeýär. Bu ýagdaýda, simmetrik düzüjilere
dargamasyny geçirmän, ikilenji we göni çyzykly
naprýaženiýeleri alyp bolýar.

Ol naprýaženiýaň wektory bilen

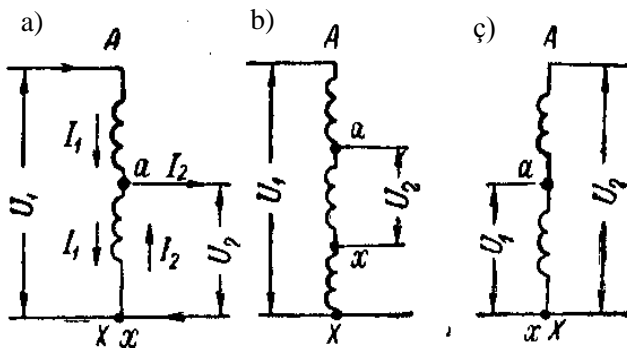
$$\overline{OC} = \dot{I}_{c2k} - jI_C X_k \text{ we } \overline{C'B'}$$

ikilenji göni çyzykly naprýaženiýäniň wektorynyň täze
bahasyny alarys. $I_b=I_H$ bolanda naprýaženiýanyň üýtgemesi U_k -
gysga utgaşmaň naprýaženiýesinden ýokary geçmeýär. Ýagny
birnäçe prosentleriň aralygynda galýar.

1.11. Awtotransformator, bir tegekli transformator

Sarymyň bölegi bir wagtyň özünde ilkinji we ikilenji sistemalara deňişli bolan transformatora bir tegekli transformator diýilýär. Ýönekeý transformatorlar ýaly, bir tegekli transformatorlar hem 2 (iki) fazaly we 3 (üç) fazaly peseldiji we ulaldyjy bolup bilýärler.

Boş işleme režimi



1.34-nji çyzgy. Peseldiji we ýokarlandyryjy bir tegekli transformatoryň shemasy.

$$U_2 = U_{ax} = U_{AX} \frac{W_{ax}}{W_{ax}} = \frac{U_{AX}}{K_a} = \frac{U_1}{K_a} \quad (1.93)$$

bu ýerde $k_a = \frac{W_{AX}}{W_{ax}}$ koeffisiýent awtotransformator

$$U_{Aa} = U_{AX} - U_{ax} = U_1 - \frac{U_1}{K_a} = U_1 \left(1 - \frac{1}{K_a}\right) \quad (1.94)$$

Ulaldyjy bir tegekli transformator ýagdaýynda

$$U_{AX} = U_2 = k_a U_1 \quad (1.95)$$

Gysga utgaşma ýagdaýynda

Eger-de bir tegekli transformatory ýönekeý transformator ýaly diýip alsak we magnitleýji togy hasaba almasak, onda şu emele gelderdi:

$$I_1 = W_{ax} + I_2 W_{AX} = 0 \quad ýa-da \quad I_1 + \frac{1}{K_a} I_2 = 0 W_{AX} \quad bölsek$$

$$(I_1 \frac{W_{AX}}{W_{AX}} + I_2 \frac{W_{AX}}{W_{AX}}) = 0 \quad (1.96)$$

Gysga utgaşma ýagdaýy $I_1 = I_2 = I_2 / K_a$ I_1 - diňe sarymyň Aa böleginden akýar, sarymlarda a-x-da umumy bölegi boýunça Iax- tok akýar.

$$I_{ax} = I_1 + I_2 = -I_1 (K_a - 1) = I_2 (1 - \frac{1}{K_a}) \quad (1.97)$$

Şeýlelikde peseldiji bir tegekli transformatorlarda Iax tok sarymyň a-x umumy bölegi boýunça I_1 toguň ugruna ters we I_2 tok bilen ylalaşykda akýar. Ýönekeý transformatorlaryň sargylarynda ýitgiler: $I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2$ bolýalar, emma bir tegekli transformatorlarda I_1 tok, induktiw garşylygy

$$r_{Aa} = r_1 \frac{W_{Aa}}{W_{AX}} = r_1 \frac{W_{AX} - W_{ax}}{W_{AX}} = r_1 (1 - \frac{1}{K_a}) \quad (1.98)$$

bolan diňe A-a böleginde akaýr. Diýemek, sarymyň A-a böleginde ýitgiler

$$P_{\Pi A_a} = I_1^2 r_{Aa} = I_1^2 r_1 (1 - \frac{1}{K_a}) \quad (1.99)$$

Bir tegekli transformatoryň sarymyň umumy böleginde tok akýar, ýagny ýönekeý transformatoryň ikilenji sarymyndaky I_2 tok bilen deňeşdirinde esse az bolýar.

Şol sebäpden

$$r_{ax} = \frac{r_2}{1 - \frac{1}{K_a}} \quad \left(1 - \frac{1}{K_a}\right)$$

Diýmek, a-x sarymyň böleginde ýitgiler

$$P_{e_{ax}} = I_{ax}^2 r_{ax} = I_2^2 \left(1 - \frac{1}{K_a}\right)^2 \frac{r_2}{1 - \frac{1}{K_a}} = I_2^2 r_2 \left(1 - \frac{1}{K_a}\right) \quad (1.100)$$

Bir tegekli transformatoryň gysga utgaşdyrmasyň garşylygy aktiw garşylyk gysga utgaşdyrmasyň garşylygy aktiw garşylyk

Ýitgiler

$$r_{ka} = r_k \left(1 - \frac{1}{K_a}\right)$$

$$P_{ka} = P_k \left(1 - \frac{1}{K_a}\right)$$

$$X_{ka_{gu}} = X_k \left(1 - \frac{1}{K_a}\right)$$

induktiv garşylyk

Bir tegekli transformatoryň gysga utgaşdyrmasyň naprýaženiýesi

$$U_{ka_{gu}} = U_k \left(1 - \frac{1}{K_a}\right) \quad (1.101)$$

Şeýlelikde, ýönekeý transformator bilen deňeşdirende bir tegekli transformatoryň gysga utgaşmasynyň üçburçlygynyň hemme transformatory esse az, gysga utgaşmaň toklary bolsa, laýyklykda uly.

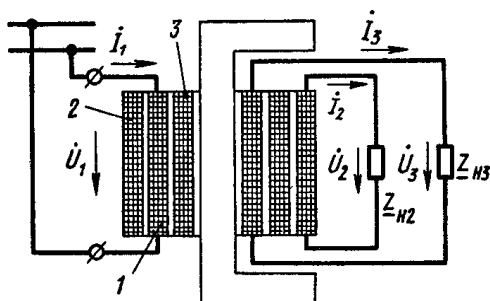
$$(1 - \frac{1}{K_a})$$

Bir tegekli transformatora eltilýän $P_1 = U_1 I_1$ kuwwat, P_{12} elektromagnit kuwwat görnüşinde bölümleýin A-a sarymyň bölümi laýyklykda, P_e elektrik kuwwat görnüşinde bölümleýin a-x sarymyň bölümi laýyklykda ikilenji sarga ugradylýar: Diýmek:

$$P_{12} = U_{Aa} \cdot I_1 = (U_1 - U_2) I_1 = P_1 (1 - \frac{1}{K_a})$$

$$P_e = P_1 - P_{12} = P_1 \frac{1}{K_a} \quad (1.102)$$

1.12. Köp sarymly transformatorlar



1.35-nji çyzgy. Üç sarymly transformator.

Energetik gurulmalarda üç (3) sarymly transformatorlary örän giňden ulanylýar, emma awtomatikaň we radio-tehnikaň gurulmalarynda bolsa –az kuwwatly köp sarymly transformatorlary. Köp sarymly transformatorlaryň has köpden ýaýran çatgysy (shemasy) –bir ilkinji we birnäçe ikilenji sarymlary.

Çyzgyda iki ikilenji 2 we 3 sarymlaryň aralygynda ýerleşen ilkinji 1 sarymly üç sarymly transformatoryň gurulmasy çatgylaýyn görkezilen. Şeýle transformatorlary dürli ylaýyk (nominal) naprýaženiýeli elektrik toklary iýmitlendirmek üçin elektrik stansiýalarynda we aralyk stansiýalarda (podstansiýalarda) ulanylýarlar. Bu ýagdaýda, mysal üçin OH we ПН sarymlardan alynýan U_2 we U_3 iki ikilenji naprýaženiýelere iki özgertme (transformasiýa) koeffisiýenti laýykdyklary görüňip dur.

$$K_{12}=W_{\dot{Y}H}/W_{OH} \quad (1.103)$$

$$K_{13}=W_{\dot{Y}H}/W_{\Pi H} \quad (1.104)$$

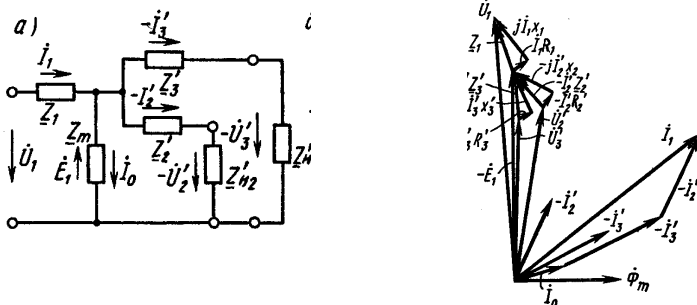
Transformatoryň sarymlarda ýola goýulan (bellenen) prosesler şu deňlemeler bilen ýazylýarlar: $U_1=-E_1+I_1r_1+jI_1x_1$

$$U_2=E_2-I_2r_2-jI_2x_2 \quad (1.105)$$

$$U_3=E_3-I_3r_3-jI_3x_3 \quad (1.106)$$

$$I_1=I_o-I_2w_2/w_1-I_3w_3/w_1 \quad (1.107)$$

Eger-de 2 we 3 sarymlaryň ululyklaryny 1 ilkinjä getirsek (iki sarymly transformator üçin ediliş ýaly), onda deňlemeleriň sistemasyna çyzgy-da görkezilen çalşyрма çatgysyna laýyk bolýar.



1.36-njy çyzgy. Üç sarymly transformatoryň orun çalyşma we wektor diagrammasy.

Iki sarymly transformatoryň çalyşma çatgasyndan ol ikilenji zynjyrdak iki şöhläniň bolmagy bilen tapawut edýär. Ikilenji sarymlaryň birinde ýüklenme üýtgedilende ikilenji sarymlaryň ikisinde-de ýüklenmeler üýtgeýändigine mese-mälim görünip dur, ýagny ikilenji sarymlarda özara täsirlikleri bar. Bu I_1 jemlenen toguň geçýän çalyşma çatgynyň Z_1 garşylygynda naprýaženiýeniň pese düşmeginiň üýtgemesi bilen düşündirilýär. Diagrammalý çyzgyda üç sarymly transformator üçin wektor diagrammasy görkezilen.

Çalyşma çatgynyň ululyklaryny hasaplama ýa-da tejribe ugurlary bilen kesgitlep bolýar. Magnitleýji konturyň ululyklary, iki sarymly transformatorlar üçin bolşy ýaly boş işleme tejribeleriniň üsti bilen tapylýarlar. Gysga utgaşmaň üç tejribesini gerek.

- 2 (iki) sarymyň gysga utgaşmasynda we 3 (üç) sarymyň ýazdyrylmasynda;
- 3 sarymyň gysga utgaşmasynda we 2 sarymyň ýazdyrylmasynda;
- 2 we 3 sarymlaryň gysga utgaşmalarynda.

Gysga utgaşmaň (güýjenmeleri) naprýaženiýelaeri, has uly kuwwatly

(Ikinji) sarymyň ylaýyk (nominal) kuwwatyna laýyk gelýän

toklarda kesgitlenýärler. Görkezilen tejribelere laýyklykda şu aşakdakylar bolýarlar.

$$Z_{12} = Z_1 + Z'_2; Z_{13} = Z_1 + Z'_3 \quad (1.108)$$

$$Z_k = Z_1 + Z'_2 Z'_3 / (Z'_2 + Z'_3) \quad (1.109)$$

Deňlemeleriň sistemasyny çözüýäris

$$Z_1 = Z_{12} - Z'_2 = Z_{12} - (Z_{12} - Z_{13})a / (a - 1); \quad (1.110)$$

$$Z'_2 = (Z_{12} - Z_{13})a / (a - 1); Z'_3 = \frac{(Z_{12} - Z_{13})}{(a - 1)} \quad (1.111)$$

nirede

$$a^2 = \frac{(Z_k - Z_{12})}{(Z_k - Z_{13})} \quad (1.112)$$

Çalşyрма çatgynyň alnan ululyklary diňe çyzgyda görkezilen sarymlaryň ýerleşmesinde; ilkinji sarymyň iki gyraky ikilenjileriň arasynda ýerleşmegi dogrydyklaryny bellemek gerekdir. Sarymlaryň ýerleşmeleriniň üýtgemegi bilen çalşyрма çatgylaryň ululyklarynda üýtgeýär, sebäbi ol sarymlaryň dargama akymly üýtgeýärler. Mysal üçin, eger-de ilkinji hökmünde gyraky sarymlaryň biri ulanylýan bolsa, ikelinji bolsa-beýleki gyraky sarym, onda olaryň induktiw garşylyklary birden ösýärler, sebäbi laýyk gelýän dargama akymly ösýärler.

1.13. Transformatorlaryň tehniki berilen maglumatlary

S=1500 : 2500 kW·A çenli $U_{YH}=15 : 20$ kW

C-açyk ýerine ýetirilişde tebigy howany;

C3-goraýyş ýerine ýetirmekde, şonuň ýaly;

CF-şol gertiwli ýerine ýetirmekde;

CD-basyşly üfleýjili howaýy;

Ýagly transformatorlar

M-ýagny tebigy $10 : 10000 \text{ kW} \cdot \text{A}$

Д-басыşly üfleýjili ýagly we ýagnyň tebigy aýlanmalysy $10000 : 63000 \text{ kW} \cdot \text{A}$

ДЦ-şol, ýagny mejbury aýlanyşy $16000 : 250000 \text{ kW} \cdot \text{A}$ we ýokary

МВ-ýagnyň tebigy aýlanyşy, ýag-suwly

Ц-şol, ýagnyň mejbury aýlanmalysy.

Ýanmaýan suwu dielektrik (Y_{sb}) bilen doldurlan transformatorlar.

$S_H = 160-2500 \text{ kW} \cdot \text{A}$ $U_{YH} = 6$ we 10 kV sowtol

H-YŞG bilen tebigy sowatma

НД- басыşly üfleýjili YŞG bilen sowatma

Sowtol, garyndyny doňdurýan temperatura we ýelimligi peseltmek üçin goşulýan, üç hlozbenzoly polihlordifeniliň (sowolyň) garyndysy bolup durýar.

ОСМ-гörnüşli gury bir fazaly transformatorlar (pes kuwwatly radiotekhnika, awtomatika baglanmasy, senagat elektrik herekete getiriji we ş.m.)

$S_H = 0,063 : 4 \text{ kW} \cdot \text{A}$

ОСМ-климат ýerine ýetirlişde, bir fazaly, gury, köp bitewili bellennmeli aram klimat üçin tropiko-çydamlylar we sowuga çydamlylar.

Transformatorlaryň (bir tegekli transformatoryň) görnüşiniň bellik harplary we sanlary:

A-bir tegekli transformator (transformatoryň belligi ýok)

T-üç fazaly ýa-da O-bir fazaly

P-ПН böleklenme sarymy bar.

Sowadyş görnüşini bellikleýän bir ýa-da iki harplar bolýar. (M, ДЦ, МВ, Ц)

T-üç sargyly

H-(ПНН) РПН-ýüklenme astynda (H-harpy bolmadyk

ýagdaýynda transformator, ýa-da ПББ gozgandyrmasyz şahalanmalaryň ugruny üýtgetmek üçin gurulmasy bar, ýa-da ugruny üýtgedýän gurulmasyz ýerine ýetirilýär) şahalaryň ugruny üýtgetme (sazlama) gurulmasy bilen sarymlardan biriniň ýerine ýetirilişi.

Drobyň sanawjysynda görnüşiniň harplaýyn belgilenmesinden soň transformatoryň ylaýyk (nominal) kuwwaty görkezilýär $-kW \cdot A$, maýdalawjysynda sarymnyň naprýaženiýesiniň topary (klasy) ÝН (ВН),kW

Mysal: ТДТН – 25000/220

ТДЦ – 125000/330

İKİNCİ BAP

ÜYTGEÝÄN TOGUŇ MAŞYNLARY. NAZARYÝETİŇ UMUMY SORAGLARY

2.1. Üýtgeýän toguň sarymlary

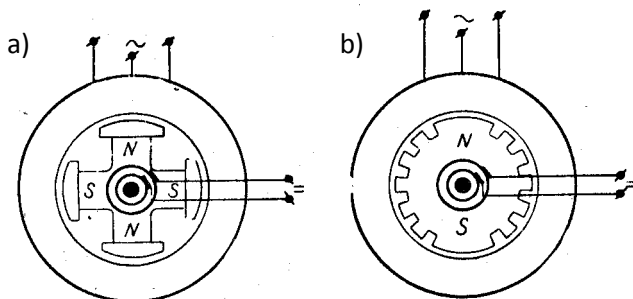
1.Üýtgeýän toguň maşynlarynyň sarymlary

Üýtgeýän togyň maşynlarynyň elektrik zynjyryndaky sarymy bir wagtyň özünde iki talaby kanagatlandyrmalydyr:

- 1) maşynyň işlemegi üçin talap edilýän elektrik herketlendiriji güýji döretmeli;
- 2) energiýany özgertme ýagdaýy üçin gerekli magnit meýdanyny döretmeli.

Şonuň üçin üýtgeýän togyň her sarymynyň gurulmalary bu iki esasy funksiýalary ýerine ýetirmelidirler.

Sarymyň geçirijileri özeniň statoryň oýuklarynda (serdeçnigiň pazalarynda) satatoryň içki üstünde we rotoryň daşky üstünde ýerleşýärler. 1-çyzgyda Asinhron maşynlarynda oýuklar gatnaşykly uly bolmadyk we howa aralygynyň iki tarapy boýunça endygan bölünen (a). Sinhron maşynlarynda üýtgeýän togyň sarymlary oýuklarda asinhron maşynlaryndaky ýaly ýerleşdirilen, hemişelik togyň sarymlary bolsa, ýa-da maşynyň polýuslarynyň (aýdyň polýusly maşynlar) sanyna deň sanly uly oýuklarda (b) ýa-da üýtgeýän togyň sarymlarynda (aýdyň däl polýusly maşynlar) meňzeş gatnaşykly uly bolmadyk oýuklarynda (w) ýerleşýärler. Mehanik energiýany elektrige öwürmek ýagdaýynda (ýa-da tersine) sarymlaryň geçirijilerinden, maşynyň magnit meýdany bilen özara baglanyşyp, elektromagnit aýlandyryjy momenti döredýän tok geçýär. Geçirijiniň umumy uzynlygy näçe az boldugyça, şonçada sarymyň agramy az bolýar (J-berlen bahalarynda, döredilen sarymyň elektrik hereketlendiriji güýçde , Δj -toguň dykyzlygy).



2.1-nji çyzgy. Üýtgeýän togunyň maşynynyň konstruksiýasy.

Takmynan bir polýus bölünmesine deň bolan, biri birinden y aralygynda bolan oýuklarynda ýerleşen iki geçirijilerden ybarat bolan bir aýlow sarym sarymyň ýönekeý bölegi bolup durýar.

$$\tau = \frac{\pi D}{2p}; \quad \tau = \frac{Z}{2p} = y \quad (2.1)$$

Şonuň üçin oýuklarynda ýerleşdirilen sarymyň geçirijileriniň sany jübütdir.

Köp fazaly sarymlarda geçirijiler oýukda simmetrik ýerleşdirilen fazalaryň sany boýunça birmeňzeş toparlara bölünýärler. Her faza, laýyk fazaly togyň iň uly bahalarynda, öz gezeginde birnäçe parallel zynjyrlary (şahalary) bar bolup biljek, sarymyň aýry elektrik zynjyryny emele getirýär. Oýukly gatyň geçirijileriniň umumy sany

$$N=2W \cdot a_f \cdot m$$

nirede, w-fazaň yzygider birleşdirilen sarymlaryň sany.

a_f - onuň parallel zynjrlarynyň sany.

m -fazalaň sany.

Oýukly gatyň geçirijileriniň, fazalaryň sany boýunça m simmetrik toparlaryna bölünmesi, elektrik hereketlendiriji güýjiň "oýukly" wektorlarynyň ýyldyzynyň kömegi bilen ýerine ýetirmek has amatly .

Üýtgeýän toguň maşynlarynda induksiýaň radial düzüjisi howa aralygynyň töwreginiň ugrunda, sin-a ýakyn kanuny boýunça köplenç üýtgeýär, şol sebäpden olarda magnit meýdanynda geçirijileriň gatnaşykly hereketinde wektorlar görnüşinde şekillendirilen bolup biljek praktiki sin elektrik hereketetiriji güýje gönükdirilýär.

Eger-de, $2p$ polsýuslary bolan maşynyň üýtgeýän togunyň sarymlary Z oýuklarda ýerleşen bolsa, onda geçirijilerde gönükdirilýän elektrik hereketetiriji güýjiň goňşy (gapdalky) oýuklarda faza boýunça burça süýşirilen.

$$\gamma = \frac{2\pi p}{Z} \quad (2.2)$$

Şeýlelikde, elektrik hereketetiriji güýçde oýukly wektorlarynyň ýyldyzy, özara γ burça süýşirilen, Z şöhlelerden ybarat bolup durmaly.

Umumy ýagdaýda oýukly wektorlaryň ýyldyzynyň şöhleleriniň sany

$$n_{\gamma} = \frac{kZ}{p} \quad (2.3)$$

deň bolmaly nirede, $k=1,2,3\dots$ ondan hem başga $k \leq p$

$$q = \frac{Z}{2pm} \quad (2.4)$$

Oýuklar boýunça sarymlaryň bölünmesi kesgitleýän esasy görkeziji, polýusa we faza oýuklaryň sany bolup durýar.

$$\alpha = 60^0 \text{ ýa-da } \alpha = \frac{\pi}{3}$$

$$K_{p\infty} = \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} = \frac{\sin \frac{\pi}{2 \cdot 3}}{\frac{\pi}{2 \cdot 3}} = \frac{6}{\pi} \sin 30^0 = \frac{3}{\pi} = 0,955 \quad (2.5)$$

$$\alpha = 120^0 \text{ ýa-da } \alpha = \frac{2\pi}{3}$$

$$K_{p\infty} = \frac{\sin \frac{2\pi}{2 \cdot 3}}{\frac{2\pi}{2 \cdot 3}} = \frac{3}{\pi} \sin 60^0 = 0,955 \cdot 0,867 = 0,828 \quad (2.6)$$

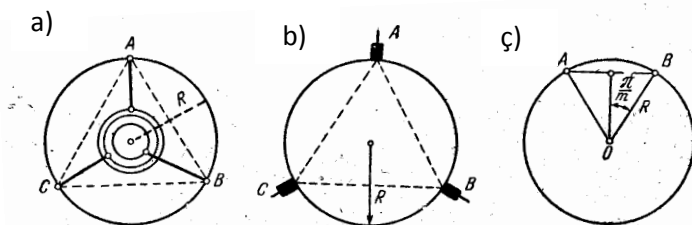
ýagny, 120⁰-da elektrik hereketegiriji güýji 0,955·0,828=1,15 esse az we $\alpha=60^0$ -da ýaly şeýle elektrik hereketegiriji güýji almak üçin, sarymlaryň we misiň sanlaryny 15% köpeltmek zerur.

2.2. Üýtgeýän toguň maşynlarynyň sarymlarynyň ýerine ýetirilişiniň prinsipi

Häzirki wagtda üýtgeýän toguň maşynlarynda esasan hemişelik toguň maşynlarynyň ýakorlarynyň iki gatly sarymlary bilen köp umumy zatlary bolan iki gatly sarymlar ulanylýarlar. Kitabyň birinji bölümünde biz, sarymyň konturnyň özüne utgaşmasy boýunça olaryň yzarlanmasy tertibinde hemme bölümleriniň esasy garmonik elektrik hereketegirijiniň wektorlarynyň yzygider geometrik goşulmasy netijesinde alynýan, hemişelik toguň maşynlarynyň ýakor sarymlarynyň potensial köp burçlyklaryny seredip geçdik.

Bu hili görkezmelerden ugur alyp üýtgeýän toguň sarymynyň in ýönekeý usuly bilen hemişelik toguň adaty

ýapyk iki gatly sarymyndan alynyp bilinýändigini görmek aňsat, eger-de, doly potensial köp burçlykdan ybarat bolan onuň her bölümünde, maşynyň fazalarynyň sanyna laýyklykda şahalanmalaryň sany edilse. Şahalanmalaryň deň potensial nokatlaryny biri-biri bilen birleşdirmek gerek, we şonda her fazada hemişelik toguň başlangyç sarymynyň parallel şahalarynyň jübüt sanlaryna deň parallel a şahalarynyň sany bar bolup biler.



2.2-nji çyzgy. Hemişelik toguň maşynyň ýakor sarymlaryndan üç fazaly sarymyň alnyşy.

Çyzgyda hemişelik toguň sarymynyň potensial töweregi, we üç fazaly sistemada bir şaha birikdiriji halkalaryň birleşmesiniň prinsipial çatgysy şeýle çatgysy bir ýakorly özgerdijilerde ulanylýar. b) Şeýle sargyny üýtgeýän togyň üç fazaly kollektorly maşynyň ýakor sarymy hem, birikdiriji halkara birleşdirilýän eretmeler (otpaýka) bilen däl-de, kollektoryň üstüne goýulan çotgalar bilen dürli fazalarda laýyk gelýän bölümlere sarymyň bölünmesiniň tapawudy bilen görkezýär.

ABC (3-nji a,b çyzgy) üçburçlygynyň taraplary bir wagtyň özünde sargylaryň fazaly we elektrik togyň güýjenmeleri görkezýärler, sebäbi fazaly sarymlar üçburçluga birleşdirilen.

Bir polýus bölünmesiniň çäklerinde, bir fazaly sarga degişli bolan bölümüň (seksiýaň) ýokarky ýa-da aşakky gatynyň aktiw taraplarynda ýerleşen, ýakor aýyna, faza zolagy

diýip düşünilýär.

Goňşy nokatlaryň aralagyndaky **AB** töweregiň aýynyň uzynlygy sarymyň fazasynyň ýa-da berlen bölümiň elektrik hereketetiriji güýçleriň algebraik jemine laýyk gelýär, degişli **AB** horda bolsa halkalaryň ýa-da çotgalaryň aralyklarynda güýjenme berýän olaryň geometrik jemine laýyk geler. Sargyny ulanmak üçin çägi şu gatnaşyk bolup durýar: sarymyň fazasynyň bölümleriniň elektrik hereketlendiriji güýçleriň **A** we **B** geometrik jeminiň, bu elektrik hereketetiriji güýçleriň algebraik jemine gatnaşygyna, sarymyň paýlaýjy koeffisiýenti diýilýär. Eger-de **m=3** we oýuklaryň has köp sanynda şu bolar:

$$K_{p\infty} = \frac{AB \text{ horda}}{AB \text{ duga}} = \frac{R\sqrt{3}}{\frac{1}{2}2\pi R} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} = 0,827$$

$$K_{p\infty} = \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} \quad (2.7)$$

$$\alpha = 120^0; \quad \alpha = \frac{2\pi}{3} \quad (2.8)$$

Umumy ýagdaýda, eger-de maşynda **m** fazalar bar bolsa (3-nji b çyzgy) onda oýuklaryň has köp sanynda:

$$K_{p\infty} = \frac{2R \sin \frac{\pi}{m}}{\frac{1}{m} = 2\pi R} = \frac{\sin \frac{\pi}{m}}{\frac{\pi}{m}} = \frac{m \sin \frac{\pi}{m}}{\pi} \quad (2.9)$$

$$\alpha = 60^0; \quad \alpha = \frac{\pi}{3}$$

$$K_{p\infty} = \frac{\sin \frac{\pi}{2 \cdot 3}}{\frac{\pi}{2 \cdot 3}} = \frac{6}{\pi} \sin 30^0 = \frac{3}{\pi} = 0,955 \quad (2.10)$$

Mysal: **m=6** bolsa, onda:

$$K_{p\infty} = \frac{6}{\pi} \sin 30^0 = \frac{3}{\pi} = 0,955 \quad (2.11)$$

Şeýlelikde, sarymyň fazasynyň elementleriniň (bölekleriniň) elektrik hereketetiriji güýçlerde algebraik jemi bilen deňşdireniňde üç fazaly sarymda fazanyň elektrik hereketetiriji güýçlerde 17,3%-a peselýär, alty fazalyda bolsa diňe 4,5%-a.

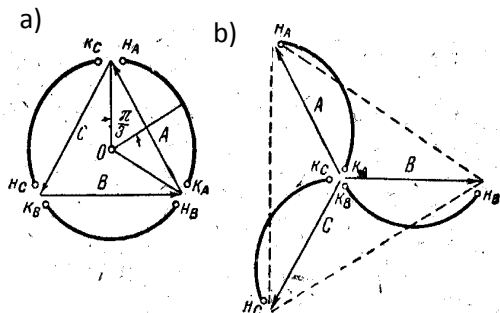
Şunuň netijesinde, bir ýakorly özgerdijileriň we köp fazaly kollektor maşynlaryň ýakorlary kuwwat alty fazaly edilýärler.

Fazaly sarymlar ýyldyz bolup birleşdirilip bilinýär, egerde $2a=2$ ýaly, hemişelik toguň ýakornyň sarymyny üç bölege bölünse. Bu ýagdaýda elektrik ýollar güýjenmesi $\sqrt{3}$ esse köpeliýär. (diňe 1 gar.)

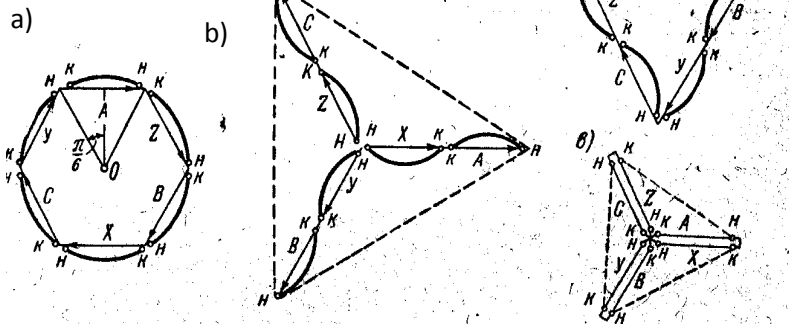
Biz, 60^0 fazaly çäkli sarym $0,955/0,827=1,15$ barlygyny, ýagny misini ulanmaklgy, 120^0 fazaly zolakly sarymdan 15%-a gowydygyny görýäris.

$$q = \frac{Z}{2p \cdot m} \quad (2.12)$$

[2]65-73; [3]401-407



2.3-nji çyzgy.
 120° fazaly çäkli(zonaly)
 $K_{p\infty}=0,827$



2.4-nji çyzgy.
 60° fazaly çäkli $K_{p\infty}=0,955$

2.3. Polýusa we faza bitewi sanly oýukly üýtgeýän toguň bit gatly sarymlary

Bir gatly sarymlarda bölümiň (seksiýaň) her tarapy statoryň serdeçniginiň oýugyny doly doldyrýar. Bir gatly sarymlar konsentrik we şablon görnüşe bölünýärler.

Konsentrik bir gatly sarymlarda bir okly tegekden ybarat bolan tegek toparlary bar, ýagny her fazadaky toparlaryň sany jübüt P polýuslaryň sanyna deň.

Sarymyň kesişýän maňlaý talaplaryny iki ýa-da üç dürli tekizliklerinde ýerleşdirmek zerur, onda ol bir gatly sarymlar iki tekizlikli ýa-da üç tekizlikli diýip atlandyryrlar.

$$\gamma = \frac{2\pi p}{z} = \frac{360 \cdot 2}{24} = 30^\circ \quad \gamma = \frac{120}{\gamma} = 4 \text{ oýuk} \quad (2.13)$$

$$Z=24; 2p=4; q = \frac{z}{2p \cdot m} = \frac{24}{4 \cdot 3} = 2 \quad (2.14)$$

$$y = \frac{Z}{2a} = \frac{24}{4} = 6 \quad (2.15)$$

“Uzyn” we “gysga” diýip şertli atlandyryp bilinýän iki dürli görnüşli tegek toparlary bar. Konsentrik sarymlar $a=p$ parallel şahalaryň emele gelmegine ýol berýärler.

Konsentrik sarymlaryň tegekleriň ädimleri her dürli, emma goňşy polýuslaryň astynda ýatan şol bir fazanyň tegekli taraplary doly ädimli tegeklerde birikdirmä hemişe ýol berýär. Bu ýagdaýda fazanyň elektrik hereketetiriji güýjiniň üýtgemejekligi ($\beta=1$) zerarly, onda elektromagnit gatnaşygynda konsentrik sarymlar doly ädimli sarymlara ekwiwalentdir. Gyzgaldyrlan ädim alarys.

$$Z=24; 2p=2; q=4; y=10 \quad (2.16)$$

$$\frac{11+9}{2} = 10$$

goňşy oýuklaryň aralygyndaky süýşme burçy.

$$\gamma = \frac{p \cdot 360}{Z} = \frac{1 \cdot 360}{24} = 15^\circ \quad (2.17)$$

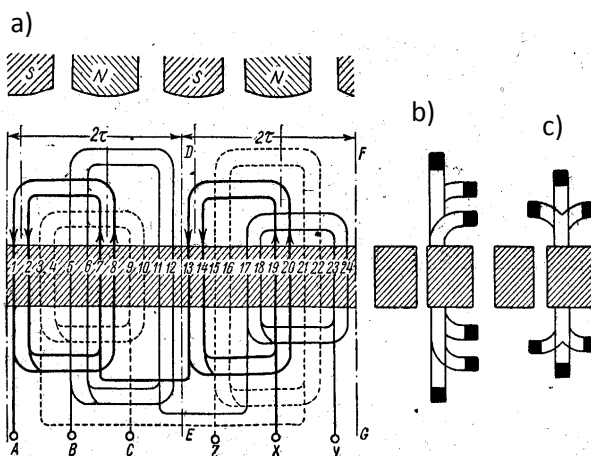
$$\lambda = \frac{120}{\gamma} = 8 \quad (2.18)$$

oýuk (fazalaryň aralygyndaky süýşme)

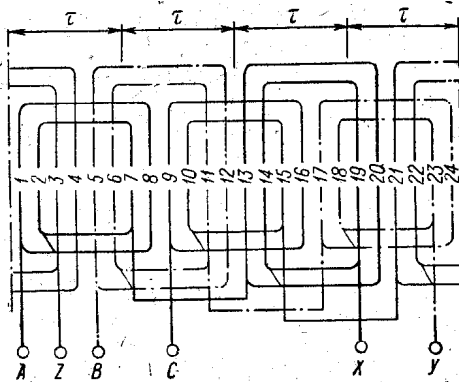
(A-(3-14)-(4-13)-x-(15-2)-(16-1));

[B-(11-22)-(12-21)-y-(23-10)-(24-9)]; üç tekizlikli

[C-(19-6)-(20-5)-z-(7-18)-(8-17)];



2.5-nji çyzgy. Üç fazaly bir gatly konsentrik sarym.



2.6-njy çyzgy. Üç fazaly bir gatly konsentrik sarym.

$$y = \frac{24}{2} = 12 \quad y_{ar} = \frac{11+13}{2} + 12 \quad (2.19)$$

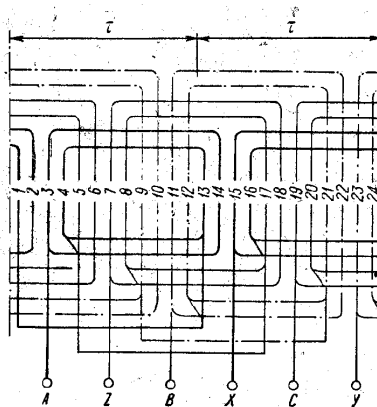
$z=24$; $2p=4$; $q=2$ sökülyän stator üçin fazaly üç tekizlikli bir okly sarym:

[A-(1-8)(2-7)-(13-20)(14-19)-x]

[B-(5-12)-(6-11)-(17-24)(18-23¹)-y]

[C-(9-16)(10-15)-(21-4)(22-31)-z]

$y_1=7$; $y_2=5$



2.7-nji çyzgy. Üç fazaly bir gatly sarymyň iki ýaryma bölünen shemasy.

Şablon (ülñili) sarymlarda sarymlarda şol bir şablon saralýan, birmeňzeş giňlikde we şekilde tegekleri bar, bu ýerden hem sarymlaryň ady gelip çykýar. Taýýarlanşynyň amatlylygy üçin şablon sarymlaryň tegekleri köplenç trapesiýa şekilinde bolýarlar. Şablon sarymlar şu görnüşli bolýarlar:

- 1) ýönekeý şablon sarym
- 2) "ýaýraň" şablon sarym
- 3) zynjyrlý şablon sarym

Ýönekeý şablon sarym-bütün tegekli toparyň ön bölümiň oýuklardan çykyşynda bir tarapa etmeýärler we sargyň ädimi doly bolýarlar.

"Ýaýraň" şablon sarymda -tegekli topar oýuklardan çykanda, ön bölümleri aýry taraplara epilýän iki bölege bölünýär. Bunda q jübüt san bolmaly. Elektromagnit gatnaşykda hem doly ädimli bolmaly.

Zynjyrlý şablon sarym "ýaýraň" şablon sarymdan , tegekli toparlaryň ýarsynyň ön bölümleri däl-de, goňşy tegekleriň her taýlarynyň ön bölümleri aýry taraplara epilýärler. Zynjyrlý sargy q jübüt we tāk ýerine ýetirilýär, ondan başga hem onuň oýuklar boýunça ädimi hemişe tāk bolmaly, sebäbi onuň her tegegininiň bir tarapy tāk oýukda, beýlekisi bolsa jübüt-de ýerleşýär.

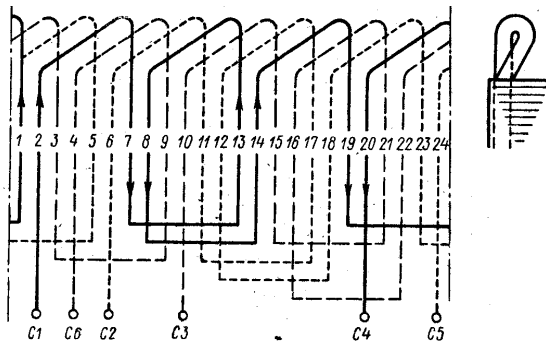
Şol sebäpden zynjyrlý şablon sarymynyň tegegininiň ädimi, diňe q tāk bolanda polýus bölünmesine deň bolup bilýär. Ýönekeý şablon sarymyňky berlenleri $Z=24; 2p=4; q=2;$ "Ýaýraň" şablon sarymynyň berlenleri $Z=24; 2p=2; q=4;$ Üçfazly zynjyr şablon sarymynyň berlenleri $Z=24; 2p=2; q=4; y=9$

$$[B - (10 - 19)(12 - 21) - (22 - 7)(24 - 9) - y] \beta = \frac{y}{\tau} \quad (2.20)$$

$$[4 - (2 - 11)(4 - 13) - (14 - 23)(16 - 1)] \\ \gamma = \frac{360}{24} = 15^0 \quad (2.21)$$

$$[C - (18 - 3)(20 - 5) - (6 - 15)(8 - 17)] \lambda = \frac{120}{15} = 8 \quad (2.22)$$

o'ýuk zynjyrlý sargy $\hat{2}[7 - 9]$



2.8-nji çyzgy. Üç fazaly bir gatly ýönekeý şablon görnüşli shema.

1) Üç fazaly ýönekeý şablon sarymda
 $Z=24$; $2p=4$; $q=2$;

$$y = \frac{z}{2p} = \frac{24}{4} = 6 \quad \gamma = \frac{360 \cdot p}{Z} = \frac{360 \cdot 2}{24} = 30^\circ$$

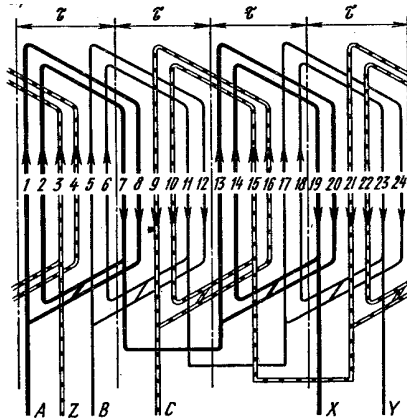
$$\lambda = \frac{120}{30} = 4 \quad (2.23)$$

A[1-7][2-8]-[13-19][14-20]-x
 B[5-11][6-12]-[17-23][18-24]-y
 C[9-15][10-16]-[21-3][22-4]-z

2) Üç fazaly "ýaýraň" şablon sarymda

$Z=24$; $2p=2$; $q=4$; $y = \frac{z}{2p} = 12 \sim 10$ gysgaldylan

$$\gamma = \frac{360 \cdot 1}{24} = 15^0 \quad \lambda = \frac{120}{j} = 8 \text{ oýuk} \quad (2.24)$$



2.9-njy çyzgy. Üç fazaly bir gatly şablon ýaýran görnüşli shema.

A[3-13][4-14]x[15-1][16-2]

B[11-21][12-22]y[23-9][24-10]

C[19-5][20-6]z[7-17][8-18]

3) Üç zynjyrlý şablon sarymda

$Z=24$; $2p=2$; $q=4$; $y = \frac{z}{2p} = 12 \sim 9$ gysgaldylan

A[2-11][4-13]x[14-23][16-1]

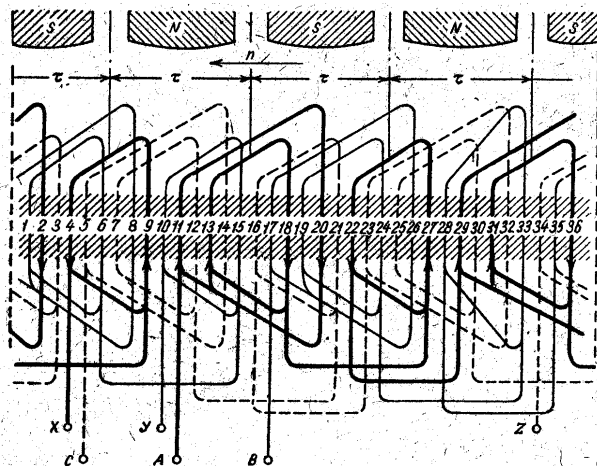
$\gamma=15^0 \quad \lambda=8 \text{ oýuk}$

B[10-19][12-21]y[22-7][24-9]

C[18-3][20-5]z[6-15][8-17]

$Z=36$; $2p=4$; $q=3$;

$$y = \frac{Z}{2p} = \frac{36}{4} = 9 \quad \gamma = 20^\circ; \lambda = 6 \quad (2.25)$$



2.10-njy çyzgy. Üç fazaly bir gatly zynjyr şablon görnüşli shema.

A[1-10][3-12][11-20]x[19-28] [21-30][29-2]
 B[7-16][9-18][17-26]y[25-34] [27-36][35-8]
 C[13-22][15-24][23-32]z[31-4][31-4][32-6] [5-14]

2.4. Polýusda we fazada oýuklaryň bitewi sanly üç fazaly iki gatly sargylary

Üýtgeýän toguň häzirkki zaman maşynlarynda köplenç iki gatly sarymlar ulanylýarlar, olarda hemişelik toguň maşynlarynyň ýakor sargylarynda bolşy ýaly, tegegiň gapdallary oýuklarda iki gat bolup ýatýarlar we her tegek bir tarapy bilen ýokarky, beýleki tarapy bilen bolsa aşakky gatda ýatyr. Bunda hemme tegekleriň bir meňzeş ölçegleri we şekilleri bar. Iki gatly sarymlaryň giňden ulanylmaklygy indiki üstünlikler bilen düşündirilýär:

- 1) diş bölünmelerniň islendik sanyna ädimiň bilen gysgaltmak mümkinçiligi, bu sarymlaryň magnitleýji güýjini we elektrik hereketetiriji güýjiniň ýokary ýokarky garmonikany ýatyrnak we saralýan simiň harçlanşyny azaltmak nuktaý nazaryndan peýdaly.
- 2) Hemme tegekleriň ölçegleriniň we şekilleriniň birmeňzeşligi, bu sargylary taýýarlamagy ýönekeýledirýär we aňsatlaşdyrýär.
- 3) Tegekleriň öň bölümleriniň başgalaryna görä ýönekeý şekilli, şeýle hem bu sargylaryň taýýarlamagy ýönekeýleşdirýär.

Hemişelik toguň maşynynyň ýakor sarymlary ýaly hem üýtgeýän toguň iki gatly sarymlary halkaly hem tolkunly sargylara bölýärler. Köplenç halkaly sarymlar ulanylýarlar. Tolkunly sarymlar bolsa köplenç sarymda $w_k=1$ sarymlaryň sanynda ulanylýarlar. Ýagdaýlaryň aglaba köpsünde $\alpha=60^\circ$ faza çäkli üç fazaly sarymlar ulanylýarlar.

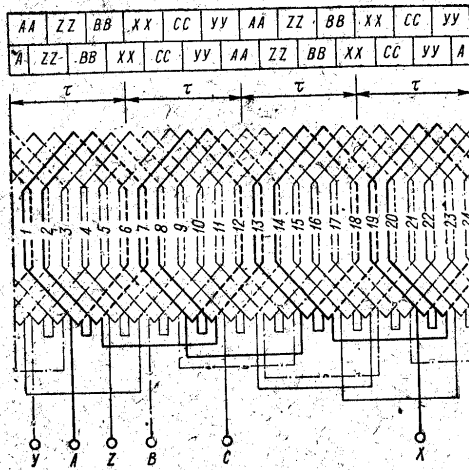
Iki gatly halkaly sarymyny göreliň $Z=24$; $2p=4$; nirede

$$q = \frac{Z}{2pm} = \frac{24}{4 \cdot 3} = 2; \quad \tau = mq = m \frac{Z}{2pm} = \frac{z}{2p} = 6; \quad (2.26)$$

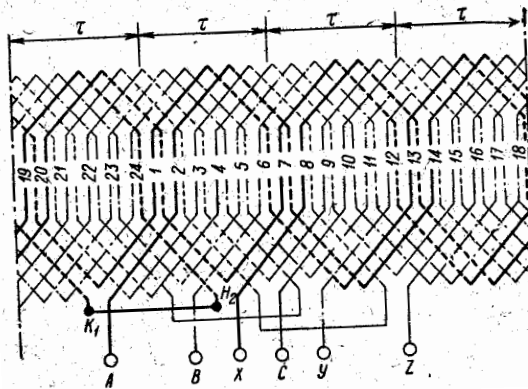
$$\gamma = \frac{360 \cdot 2}{24} = 30^\circ \quad \lambda = \frac{120}{30} = 4 \text{ oýuk} \quad (2.27)$$

Sargyň ädimi $y=5$ saýlaýarys. Onda beýlekilere görä ädim

$$\beta = \frac{y}{\tau} = \frac{5}{6} = 0,833 \quad (2.28)$$



2.11-nji çyzgy. Üç fazaly iki gatly halka görnüşli sarym.



2.12-nji çyzgy. Üç fazaly iki gatly tolkun görnüşli sarym.

A fazany göreliň.

$A(1-6^1)(2-7^1)-(7-12^1)(8-13^1)$
 $-(13-18^1)(14-19^1)-(19-24^1)$
 $(20-1^1)-x$
 $B(5-10^1)(6-11^1)-(11-16^1)-$
 $-(12-17^1)-(17-22^1)(18-23^1)-$
 $-(23-4^1)(24-5^1)-y$

$$C(9-14^1)(10-15^1)-(15-20^1)(11-21^1)-(21-2^1)(22-3^1)-(3-8^1)(4-9^1)-z$$

Tolkunly sargy

$$\begin{aligned} &A(1-7^1)(13-19^1)(25-31^1)(2-8^1)-(14-20^1)(26-32^1)-(2^1-32) \\ &\quad (26^1-20)(14^1-8) \\ &\quad (1^1-31)(25^1-19)(13^1-7)-x \\ &B(5-11^1)(17-23^1)(29-35^1)(6-12^1)(18-24^1)(30-36^1)-(6^1-36) \\ &\quad (30^1-24)(18^1-12) \\ &\quad (5^1-35)(29^1-23)-(17^1-11)Y \\ &C(9-15^1)(21-27^1)(33-3^1)(10-16^1)(22-28^1)(34-4^1)-(10^1-4) \\ &\quad (34^1-28)(22^1-16) \\ &\quad (9^1-3)(33^1-27)(21^1-15)Z \end{aligned}$$

Halkaly

$$Z=12 \quad 2p=2 \quad m=3 \quad q=2 \quad y_l=\tau=6$$

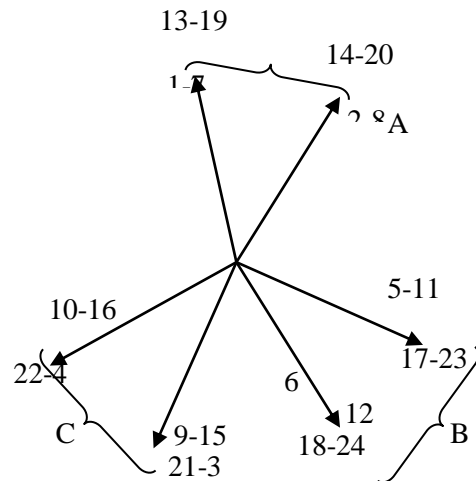
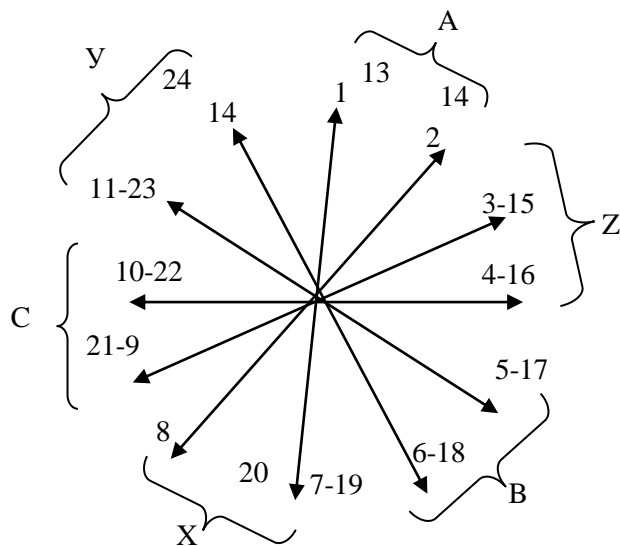
Tolkunly

$$Z=24 \quad 2p=4 \quad m=3 \quad q=2 \quad y_l=6$$

Fazalar boýunça oýuklaryň paýlanmasyny sargynyň oýuk elektrik hereketegirijisiniň ýyldyzy esasynda hem ýerine ýetiren bolýar.

Faza boýunça goňşy oýuklaryň geçirijileriniň elektrik hereketegirijiniň süýşmesi

$$\gamma = \frac{p \cdot 360^0}{Z} = \frac{p \cdot 360^0}{2pmq} = \frac{150^0}{mq} = \frac{150^0}{3 \cdot 2} = 30^0 \quad (2.29)$$



2.13-nji çyzgy. Üç fazaly iki gatly halka görnüşli sarymyň EHG-niň ýyldyzlary.

$\alpha=60^0$ faza çäkli iki gatly sarymnyň her fazasyndaky tegekli toparlarynyň sany $2p$ polýuslaryň sanyna deň. Hemme toparlaryň elektrik hereketetiriji güýçleri ululyklary boýunça deň, X, Y, Z tegek toparlarynyň "çöwürülmegi" hasabat bilen, fazalar boýunça hem gabat gelýärler.

Oýuklaryň elektrik hereketetiriji güýç sarymynyň fazasynyň elektrik hereketetiriji güýji. Sarymlaryň oýukly elektrik hereketetiriji güýçleriniň ýyldyzy.

Şol sebäpden q bitewi iki gatly sargyda, faza boýunça gabat gelýän we ululygy boýunça birmeňseş elektrik hereketetiriji güýjiň induktiwlenýän asla deňbahaly parallel şahalardan $a=2p$ çenli, ýerine ýetirmek mümkin. Mysal üçin: parallel şahaly $a=1,2$ ýa-da 4 biziň mysalymyzda sarymyny ýerine ýetirip bolýar. Bitewi q sanly tolkunly sarymlar. Üýtgeýän togyň kuwwatly maşynlarynda ulanylýar, aýratyn hem uly turba-hem gidrigeneratorlarda magnit akymynyň ululygy we tegekleriň sanynyň köplügi netijesinde statoryň sarymynyň gerekli güýjenmesi, tegekde sarymlaryň $W_k=I$ sanynda edilýär. Hemişelik togyň tolkunly sarymynda netijeleýji ädim kanagatlandyрмаýar.

$$y_p = \frac{z \pm 1}{p} = \frac{6pq \pm 1}{p} \quad (2.30)$$

üýtgeýän tokda bolsa tolkunly sarymynyň netijeleýji ädimi

$$y_p = \frac{z}{p} = 6q \text{ ulanylýar. Goý, tolkunly sarym}$$

$$Z=36; \quad 2p=6; \quad q=2; \quad y_1=6 \quad \text{we} \quad y_2=6; \quad y_p=6 \cdot q=12$$

$$A(13-19^1)(25-31^1)(1-7^1)(14-20^1)(26-32^1)(2-8^1)-(14^1-8)(2^1-32)(26^1-20)(13^1-7)$$

$$(1^1-31)(25^1-19)-x$$

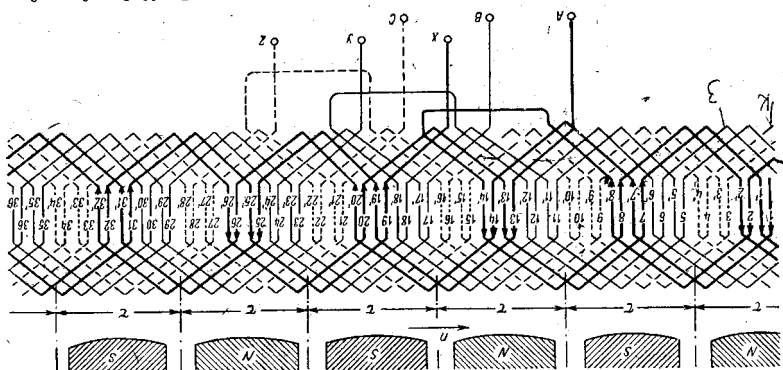
$$B-(17-23^1)(29-35^1)(5-11^1)(18-24^1)(30-36^1)(6-12^1)-(18^1-12)(6^1-36)$$

(30¹-24) (17¹-11)-(5¹-35)(29¹-23)y
 C-(21-27¹)(33-3¹)(9-15¹)(22-28¹)(34-4¹)(10-16¹)-(22¹-16)(10¹-4)(34¹-28) (21¹-15)(9¹-3)(33¹-27)-Z

$$\gamma = \frac{360 \cdot p}{z} = \frac{360 \cdot 3}{36} = 30^0 \quad \lambda = \frac{120}{30} = 4 \text{ o'ýuk} \quad (2.31)$$

$$Z=24; \quad 2p=4; \quad m=3; \quad y_1=6; \quad y_2=6; \quad q=2$$

$$\lambda = \frac{360 \cdot 2}{24} = 30^0 \quad \lambda = \frac{120}{30} = 4 \text{ o'ýuk} \quad (2.32)$$



2.14-nji çyzgy. Üç fazaly iki gatly tolkun görnüşli sarymyň shemasy.

A(1-7¹)(13-19¹)(2-8¹)(14-20¹)-(2¹-20)(14¹-8)(1¹-19)(13¹-7)x
 B(5-11¹)(17-23¹)(6-12¹)(18-24¹)-(6¹-24¹)(18¹-12)(5¹-23)
 (17¹-11)y
 C(9-15¹)(21-3¹)(10-16¹)(22-4¹)(22¹-16)(9¹-3)(21¹-15)Z

2.5. Polýusa we faza drob sanly oýuklaryň üýtgeýän toguň sarymlary

Drob sargylaryň häsiýet aýratynlyklaryny göreliň.

Kuwwatly ýuwaş ereýän gidrogeneratorlarda ulanylýan q drob sany şu görnüşde görkezip bolýar:

$$q = a + \frac{b}{c} \quad q = b + \frac{c}{d} \quad (2.33)$$

nirede a, b, c - hütewi b, c, d -sanlar
 $b < c$ we b/c - gysgaldylmaýan dogry drob bolup durýarlar.
 $c < d$ c/d

Tegekli toparlaryň bir bölegi b a tegeklerden bolýar, beýleki bölegi bolsa $b+1$ $a+1$ tegeklerden. Bu ýerde her d c tegekler toparlardan $d-c$ $c-b$ toparlarda b a tegekler bolmaly, c b toparlarda bolsa $b+1$ $a+1$ tegekler bolmaly. Onda bu d c toparlarda $(d-c)b+c(b+1)=bd+c$
 $(c-b)a+b(a+1)=ac+b$ tegekler bar we toparda tegekleriň ortaça sany

$$\frac{bd+c}{d} = b + \frac{c}{d}; \quad \frac{ac+b}{c} = a + \frac{b}{c} \quad (2.34)$$

bu hem (1) deňleme bolýar.

$q_3=bd+c$ - polýus we faza drob sarymynyň $q_3=ac+b$ oýuklaryň sanyna ekwiwalent.

Mysal: üç fazaly iki gatly drob sargysy. $Z=30$ we $2p=8$

$$q = \frac{Z}{2pm} = \frac{30}{8 \cdot 3} = 1\frac{1}{4} \quad (2.35)$$

ýagny $b=1$; $c=1$; $d=4$ we $q_3=bd+c=1 \cdot 4 + 1 = 5$

$a=1; \quad b=1; \quad c=4 \quad \text{we} \quad q_3=ac+b=1 \cdot 4+1=5$

$$\gamma = \frac{p \cdot 360}{Z} = \frac{4 \cdot 360}{30} = 48^{\circ} \quad \lambda = \frac{120}{48} = 2,5 \cdot 2 = 5 \quad (2.36)$$

$$\tau = mq = 3 \cdot 1 \frac{1}{4} = 3 \frac{3}{4} \quad (2.37)$$

polýus bölünmeleri (3,75)
 Oýuklar boýunça $y=3$ ädimi alalyň, gatnaşykly ädim

$$\beta = \frac{y}{t} = 0,8$$

Sargymy $a + \frac{2p}{d} = \frac{8}{4} = 2$ $a + \frac{2p}{c} = \frac{8}{4} = 2$ parallel ahalar
 bilen ýerine ýetirip bolýar. Bu ýagdaýda her $d=4$; $c=4$ tegek
 toparlary $b=1$; $a=1$ tegekli $d-c=4-1=3$; $c-b=4-1=3$
 toparlardan we $b+1=1+1=2$; $a+1=1+1=2$ teekli $c+1$; $b=1$
 topardan ybarat bolmaly. Uly we kiçi toparlar sarymynyň
 ugrunda simmetrik ýerleşdirilen bolmaly.

Tegekli toparlaryň paýlansy

Toparda tegekleriň sany	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	$\alpha=180/$ $mq=48^{\circ}$
Toparlaryň çalyşmasy	A	Z	B	X	C	Y	A	Z	B	X	

$A(1-4^1)(2-5^1)(5-8^1)(9-12^1)-(13-16^1)/(16-19^1)(17-20^1)(20-23^1)(24-27^1)$
 $(28-1^1)-x$
 $A(1-16); \quad x(28-13)$
 $B(11-14^1)(12-15^1)(15-18^1)(19-22^1)(23^1-26^1)/(26-29^1)(27-$

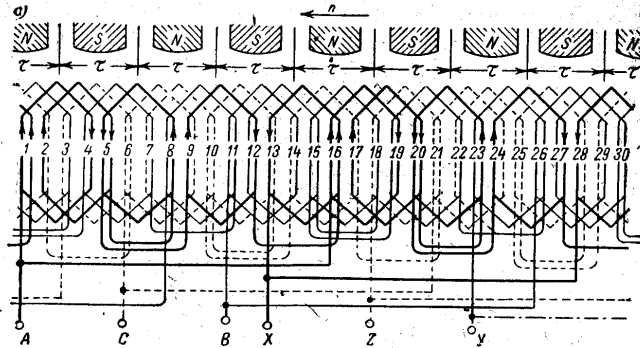
30¹)(30-3¹)

(4-7¹)(8-11¹)-y

C(6-9¹)(7-10¹)(10-13¹)(14-17¹)(18-21¹)-(21¹-24¹)(22-25¹)(25-28¹)(29-2¹)

(3-6¹)z

q drob sanly



2.15-nji çyzgy. Üç fazaly iki gatly halka görnüşli drobly q sarymyň shemasy.

$$\alpha = \frac{360 \cdot 1}{9} = 40^\circ \quad \lambda = \frac{120}{40} = 3 \text{ oýuk}$$

$$z = 9; 2p = 2; m = 3; q = \frac{z}{2pm} = \frac{9}{2 \cdot 3} = 1\frac{1}{2} \text{ ýa-da}$$

$$q = \frac{ac+b}{c} = \frac{1 \cdot 2 + 1}{2} = 1\frac{1}{2} \quad (2.38)$$

nirede $a=1$; $b=1$; $c=2$

Bütewi q ekwiwalent sarymlaryň parametrleri.

$$Z_s = z \cdot c = 9 \cdot 2 = 18$$

$$q_e = q \cdot c = 1\frac{1}{2} \cdot 2 = 3 \quad (2.39)$$

$$y=4 \qquad q = a + \frac{b}{c} = \frac{ca+b}{c} \qquad (2.40)$$

$$\begin{aligned} &A(1-5^1)(2-b^1)x(6-1^1) \\ &B(4-8^1)(5-9^1)y(9-4^1) \\ &C(7-2^1)(8-3^1)z(3-7^1) \end{aligned}$$

Bu tegek toparlarynyň bir böleginde a tegekler, beýleki böleginde a+1 tegekler bardygy barada aýdýar. Şunda her c toparlardan c-b tegeklerinde a tegekler bar bolmaly, b toparlardan bolsa a+1 tegekler bar bolmaly. Onda bu c toparlarda $(c-b)a+b(a+1)=ac+b$ tegekler bar we toparda tegekleriň ortaça sany

$$\frac{ac+b}{c} = a + \frac{b}{c} \qquad (2.41)$$

$q_e=ac+b$ -polýusa we faza drob sarymlaryň oýuklarynyň ekwiwalent sany.

Bu meselede her c=2 tegek toparlary a=1 tegekli c-b=2-1=1 toparlardan we a+1=1+1=2 tegekli b=1 toparlardan ybarat bolmaly. Uly we kiçi toparlar sarymlaryň ugrunda simmetrik ýerleşen bolmaly.

Ü Ç Ü N J I B A P

ASINHRON MAŞYNLARY

3.1. Asinhron kollektorsyz maşynlarynyň esasy gurluş bölekleri

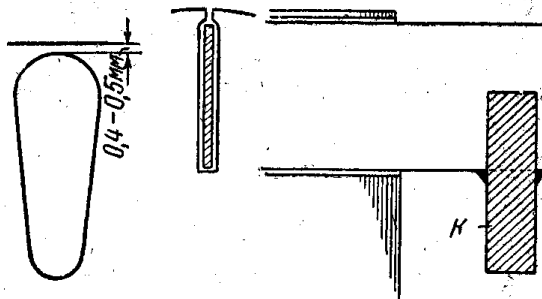
Asinhron maşynlary aýlanýan we aýlanmaýan bölümlerden ybarat bolup durýar. Aýlanýan bölümi-rotor, aýlanmaýan-stator. Üç fazaly asinhron maşynynyň statory üç fazaly sarym üçin ýerine ýetirilýär we üýtgeýän toguň üç fazaly tora çatylýar. Asinhron maşynlaryň rotory, sarymyny ýerleşdirmek üçin oýukly ýaprak şekilli elektrotehnik polatdan ýygynanan silindr görnüşli esasy bölegi özünden emele getirýär.

Tapawutlandyryrlar:

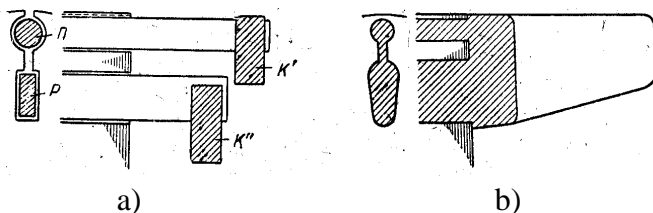
- a) Fazaly rotorly asinhron maşynlar-statorda üç fazaly sarym görnüşli boýunça ýerine ýetirilen sarymy rotorda bar bolan.
- b) Gysga utgaşdyrylan rotorly ýa-da ýöne gysga utgaşdyrylan asinhron maşynlary-olar esasy oýuklary boýunça üç görnüşde ýerine ýetirilýärler.
 - 1) rotorda ýeke gözenekli gysga utgaşmaly.
 - 2) Çuň oýukly.
 - 3) Rotorda goşa gysga utgaşmaly ýa-da iki gözenekli.

Maşynlaryň bu görnüşleri biri birinden işe goýberiji häsiýetleri bilen tapawutlanýarlar.

Ýeke gözenekli maşynlarda, polatda galypdan çykarlan rotoryň oýuklary, oýugyň inine okuň beýikligine uly ýa-da kiçi gatnaşykly süýrüntük şekilli bolýarlar. Ýokarsyndan 0,4-0,5 mm galyňlykda ýuka örtgi bilen ýapylan oýuklar alýumin bilen guýulýarlar.



3.1-nji çyzgy. Rotoryň ýapyk rotory, çuň oýukly rotor.



3.2-nji çyzgy. a) iki sargyly kiki gözenekli rotor, b) alýumin guýulmaly.

Çuň oýukly rotoryň oýuklary.

Gözenek göni burçly kesilen mis özeninden ýerine ýetirilýär, gysga utgaşdyrýan halkalar bolsa köplenç zolaklanan misden.

Iki gözenekli rotorda iki gysga utgaşdyrmalary bar: Ýokarky H, başgalara görä uly aktiw we kiçi induktiw garşylykly, latundan ýa-da ýörite bürünçden ýerine ýetirilýär we maşynynyň dwigatel ýagdaýynda işlemeginde işe goýberiji sarymyň ornyny tutýar; aşakkysy I, tersine, misden mümkin bolan pes aktiw garşylykly ýerine ýetirilýär, we dwigateliň iş sarymy bolup durýar. (a çyzgy).

Ýokarky we aşakky gözenekler tegelek oýukly bolup bilýärler, ýa-da B tegelek oýukly bolup bilýärler, H-göni burçly ýa-da süýrüntik. Iki gözenekler üçin gysga utgaşmaly halkalar köplenç misden ýerine ýetirilýär.

Bu ýenede rotoryň oýuklary ony alýumin guýulmasy ugry bilen ýerine ýetirilýär.(b.çyzgy). Bu ýagdaýda B we H gözenekleriň aralygyndaky yşlar alýumin bilen doldurylýarlar. Şol sebäpden, dwigateliň bu görnüşini iki gysga utgaşdyrmaly dwigatel ýaly we çuň oýukly dwigatelleriň arasyndaky ortaky ýaly görüp bolýar. Şeýle hem gysga utgaşmaly rotorlaryň başga-da birnäçe görnüşleri bar.

3.2. Asinhron maşynynyň iş prinsipi

Asinhron maşynynyň işi, aýlanýan meýdan bilen geçirijileriň kesişmeginde rotoryň sarymynda döredilýän toklar bilen, we statoryň sarymyna (setden) getirilýän üç fazaly togyň ulgamy bilen döredilýän aýlanýan magnit meýdany bilen aralygyndaky elektromagnit täsiri prinsipinde esaslanýar. Şeýlelikde, asinhron maşynynyň işi özüniň fiziki esasyňa görä transformatorynyň işine meňzeş, üstesine-de statory ilkinji sarym ýaly görüp bolýar, rotory-bolsa, umumy ýagdaýda n tizligi bilen aýlanyp bilýän ikilenji ýaly.

Sinusoidal aýlanýan meýdanda onuň aýlanma tizligi

$$n_1 = \frac{f}{p} \quad (3.1)$$

Asinhron maşynynyň (kollektorsyz) iki bölümleriniň aralygyndaky elektromagnit baglansygy, diňe rotoryň (n) we aýlanýan meýdanyň (n₁) tizlikleriniň tapawutlarynda mümkin, ýagny $n \neq n_1$ şerti bilen.

Aýlanýan meýdanyň tizliginden (n_1) aýlanýan rotoryň tizligi (n) yzygalma esaslanma derejesi ýa-da gatnaşygy asinhron maşynynyň typmasy diýilýär.

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \cdot 100\% \text{ ýa-da } s = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (3.2)$$

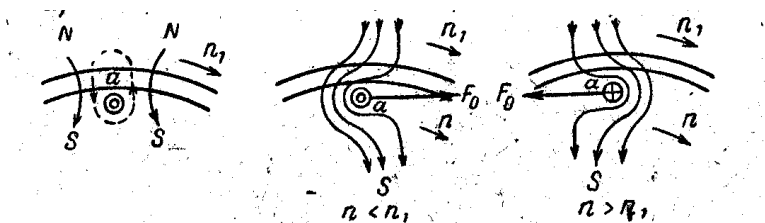
Asinhron maşynynyň iş tertibi

n_1 we n tizlikleriň aralygyndaky gatnaşyklarna baglanyşykda asinhron maşynynyň tertiplerinde işini tapawutlandyrýarlar:

- a) dwigateliň (ýöredijiniň)
- b) Generatoryň
- c) Elektromagnit duruzyjyň
- a) Dwigateliň ýagdaýynda asinhron maşynynyň işi.

Statory üç fazaly toguň setine birleşdirilip, rotoryň zynjyram

ýazdyrylan diýip çak edeliň, bu ýagdaýda $n=0$; we asinhron maşyn boş işleme tertibinde transformatory özünden emele getirýär. Statoryň magnit meýdany rotora görä n_1 tizligi bilen aýlanýar, we sag eliň aýasy düzgüni boýunça kesgitlenen ugry we rotor ýygylgy bar bolan rotoryň sargysynda E2 elektrik hereketlendiriji güýçleri induktirleýär. (a çyzgy).



3.3-nji çyzgy. Dwigatel we generator ýagdaýynda asinhron maşynyň işleýiş prinsipi.

Egerde indi biz rotoryň zynjyrny ýapsak, onda rotoryň sarymyndan I_2 tok akyp geçer we onuň ugry E_2 elektrik hereketlendirijiniň ugry bilen gabat geler. Bu tok bilen döredilen akymynyň (a sur.üzňükli çyzyklar) statoryň akymy bilen özara baglanyşygy netijeleşýji akymy emele getirýär (b çyzgy). Şu şertlerde a geçirijä goýulan F_0 güýç maşynyň okunda, akymyň aýlanma ugrunda rotory burmana (öwürmäne) çalyşýan momenti, ýagny aýlaýjy bolup durýany, emele getirýändigini görýäris.

Aýry geçirijiler bilen döredilen momentleriň toplумы, M maşynyň netileýji aýlanýan momenti emele getirýär: egerde bu moment okda duruzma momentden üstün çykmak üçin ýeterlikli bolsa, onda rotor aýlanma geler we käbir n tizlige eýe bolýar.

Munda, setden statora eltilýän elektrik enegiýa, okda mehanik energiýa öwrülýär, ýagny maşyn dwigatel bilen işläp.

Şeýlelik bilen, asinhron maşyn dwigatel bilen $n=0$ –dan $n=n_1$ çenli aralykda işleýär, ýagny $s=+1$ den $s=0$ çenli typmada.

b) Asinhron maşynyň generatorýň tertibinde işlemegi.

Haýsy bolsa-da bir ilkinji dwigatel kömegi bilen, n n_1 -den uly bolar

ýaly asinhron maşynyň rotorny tizlendireliň diýip, çak edeliň. Bu ýagdaýda typma otrisatel bolup durýar we rotora görä akymyň aýlanma ugry, dwigatel bilen deňşdirende tersine üýtgeýär. Hemmesi dwigateliň tersine. Diýmek, asinhron maşyn bilen kämilleşýän moment, ilkinji ýöredijiň aýlandyryjy momentine garanyňda duruzynjy bolýar. Bu ýagdaýlarda asinhron maşyn, mehanik energiýany elektrik energiýa öwürüp, generatorýň tertibinde işleýär.

Nazary (teoretiki) biz, aýlanýan akyma görä rotory islendigimizçe tizlendirip bilýäris. Diýmek, generatorýň tertibinde a.m.-ň typmasy $s=0$ dan $s=-\infty$ çenli aralykda ($n=n_1$ den $n=+\infty$ çenli) bolýar. Tejribede (praktikada) generatorýň

tertibi ýöredijiň tertibinden çekmeklik mümkin, mysal üçin, galdyryjy kranyň ýükini düşürlende, demir ýol otlysynyň ýapgytda ýöremesi we ş.m.

ç) elektromagnit duruzyjyň tetibinde asinhron maşynyň işi.

Haýsy bolsa-da bir daşky sebäbiň täsiri astynda asinhron maşynyň rotory magnit meýdanyň aýlanmasynyň garşysyna aýlanyp başlar diýip, çak edeliň. Bu ýagdaýda asinhron maşyna iki

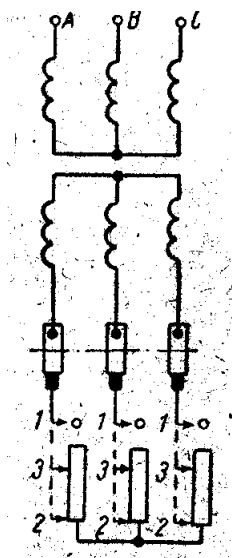
$$S = \frac{n_1 - (-\infty)}{n_1} = +\infty \quad (3.3)$$

tarapdan energiýa eltilýär-elektrik energiýa tordan we mehanik energiýa ilkinji ýöredijiden. Işin şeýle tertibi elektromagnit duruzyjynyň tertibi diýiliýär. Şeýlelikde, asinhron maşynyň elektromagnit duruzyjynyň tertibinde $n=0$ dan $n=-\infty$ çenli aralykda işleýär, ýagny $s=+1$ dan çenli typmada. Bu tertip ýük aşak goýberlende galdyrma – daşama desgalarynda ulanylýar.

3.3. Asinhron maşynyň bökdelen rotorda ($n=0$) boş işlemede ($n=0$) işlemegi

Ýazdyrlan we gozganmaýan rotorly, U_1 güýjenmeli we f ýygylkly tora birleşdirilen statorly fazaly rotorly asinhron maşynyň göreliň.

Bu ýagdaýda asinhron maşynyň boş işlemede transformatory özünden emele getirýär. Ilkinji sarym-stator, ikilenji-rotor. Statora degişli hemme ululyklara laýyklykda ilkinjiler diýip atlandyrmaga we "1" indeks bilen, rotory bolsa "2" diýip bellemekligi şertleşeliň.



3.4-nji çyzgy. Fazaly rotorly asinhron diwgateliň shemasy.

Bu ýagdaýda pikir edilişi ugry, transformatorlar üçin bolşy ýaly esasan bolup durýar. U_1 güýjenmäniň täsiri astynda statoryň sarymy boýunça boş işlemäň I_0 togy akýar. Bu tok bilen emele getirilýän magnit ýörediji güýji. (magnit ýörediji güýç) F_0 , bir bölümi Φ_m (esasy akym) maşynyň iki bölekleriň sarymlary bilen ilişdirilen, beýleki bölümi Φ_{si} (pytrama akyň) bolsa – diňe statoryň sarymy bilen ilişdirilen akymy döredýär.

Egerde, p -maşynyň polýuslarynyň sany bolsa, onda aýlanma tizligi n_1 , magnit ýörediji güýji F_0 we akyma laýyklykda Φ_m

$$n_1 = \frac{60 f_1}{p} \quad (3.4)$$

düzýär.

Esasy akym statoryň we rotoryň sarymynda E_1 we E_2 EHG-i döredýär, olar şu deňlemeler bilen kesgitlenýär:

$$E_1 = 4,44 f_1 W_1 K_{sar1} \Phi_m \quad (3.5)$$

$$E_2 = 4,44 f_2 W_2 K_{sar2} \Phi_m \quad (3.6)$$

Ýenede $\Phi_{\delta l}$ pytyrma akymy statoryň sarymynda pytyrma EHG-i $E_{\delta l}$ we $E_{\delta 2}$ döredýär:

$$E_{\delta l} = -jI_0 X_1; \quad E_{r1} = -I_0 r_1 \quad (3.7)$$

Şeýlelikde, statoryň sarymynda, statora eltilýän U_1 güýjenmäni deňleşdirýän E_1 , $E_{\delta l}$, E_{r1} , üç sany elektrik hereketlendiriji güýçleri bar.

$$U_1 = -(E_1 + E_{\delta l} + E_{r1}) \text{ ýa-da}$$

$$U_1 = -E_1 + jI_0 x_1 + I_0 r_1 = -E_1 + I_0 Z_1 \quad (3.8)$$

nirede $Z_1 = r_1 + jx_1$

Bu deňlemeler transformatoryň ilkinji sarymynyň elektrik hereketlendiriji güýjiň deňlemesinden, şeýle hem boş işleme diagrammasyndan hiç bir zat bilen tapawutlanmaýar. Emma saklanýan gatnaşykda iki diagrammalaryň aralygynda bildirýän tapawut bar. Asinhron maşynda transformatorda ýok bolan aralyk bar. Şol sebäpden asinhron maşynynda I_0 tok köplenç I_H -den (20-50%) ybarat bolýar, ýagny ol transformatoryň boş işlemesiniň togyndan (3-8% I_H -da) has uly. Mundan başga, asinhron maşynyň sarymynyň garşylygy şeýle hem transformatorlaryňkydan gatnaşykly uly (köp). Şol sebäpden, boş işlemede asinhron maşynyň statoryň sarymynda güýjenmäniň peselmegi 2-5% U_H -den az bolmaýar, transformatorda bolsa 0,3-0,4% U_H -den.

Hereketsiz rotorda boş işleme tejribesi elektrik hereketlendiriji güýçleriniň transformasiýasynyň

(özürtmesiniň) koeffisiýentini kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

$$Ke = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4,44 f_1 W_1 Ksar_1 \Phi_m}{4,44 f_1 W_2 Ksar_2 \Phi_m} = \frac{W_1 Ksar_1}{W_2 Ksar_2}; \quad (3.9)$$

Getirilen ikilenji sarymda $E_2 = Ke E_1 = E_1$ bar bolýar.

Ýazdyrylan gozganmaýan rotorly maşynda diňe mis statorda $m_1 I^2_{or1}$ ýigitler, we polat statorda we rotorda $P_{c1} + P_{c2}$ ýigitler bar bolýar. Bu ýigitleri ýapmaga P_{10} kuwwat gidýär, ol maşyn bilen tordan peýdalanylýar.

$$P_{10} = m_1 I^2_{or1} + P_{c1} + P_{c2}; \quad (3.10)$$

Asinhron maşynda I_0 tok we r_1 garşylyk gatnaşykly uly bolanlary sebäpli, misde P_{m1} ýigitler P_{10} kuwwatyň, haçanda biz transformarlarda olary hemişe (islämizde) hasaba alman bilýäris. Onda I_0 togyň aktiw düzüjisini kesgitlep bilýäris, şu deňleme boýunça:

$$I_{oa} = \frac{P_{10}}{m_1 U_1} \quad (3.11)$$

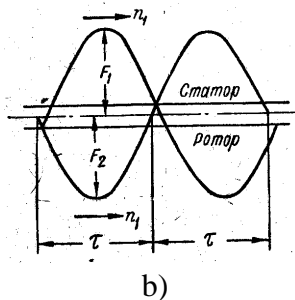
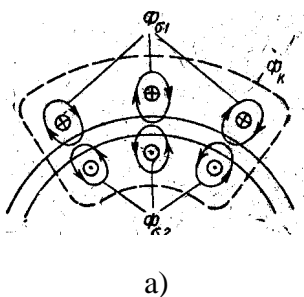
I_{oa} togyň aktiw düzüjisi köplenç şol I_{or} togyň reaktiw düzüjisi bilen deňeşdirinde uly bolmaýar we φ_o burçy $\varphi_o = 70:80^\circ$ deň bolýar. Boş işlemede asinhron maşyn.-yň çalşyрма shemasy transformatoryň çalşyрма shemasyndan tapawutlanmaýar.

3.4. Asinhron maşynyň gysga utgaşmasy

Egerde biz rotoryň (1) zynjyrynda reostatyň baglaýjysyny (kontaktyny) 1 ýagdaýdan-3 ýagdaý geçirsek emma rotory bökdetsek, $n=o$ bolar ýaly, onda asinhron maşynyň gysga utgaşmasy bolar. Bu öz fiziki esasy boýunça

$$n_1 = \frac{60f}{p} \quad (3.12)$$

Köp ýagdaýlarda, emma transformatorlardakydan has az anyklykly, esasy akym $\Phi_\kappa \approx 0$ diýip hasap edip bolar, we diýmeli, F_1 we F_2 magnit ýörediji güýçler gysga utgaşmada özara deňagramlylykda ýerleşýärler.

$$F_1 = -F_2 \quad \text{ýa-da} \quad F_1 + F_2 = 0;$$


96

$m_1 \neq m_2$, diýip hasaplasak onda,

$$F_1 = 0,9m_1I_1W_1K_{sar1};$$

$$F_2 = 0,9m_2I_2W_2K_{sar2};$$

alarys we ýerine goýsak

$$+0,9m_1I_1W_1K_{sar1} + 0,9m_2I_2W_2K_{sar2} = 0$$

Gysga utgaşmada statoryň toklaryň gatnaşygy statoryň we rotoryň magnit ýörediji güýji

$$K_i = \frac{I_2}{I_2^1} = \frac{0,9m_2W_2K_{sar2}}{0,9m_1W_1K_{sar1}} \quad (3.13)$$

mundan gelip çykýar

$$I_1 = \frac{1}{K_i} I_2 = I_2^1 \quad (3.14)$$

$$K_e = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4,44f_1W_1K_{sar1}\Phi_m}{4,44f_1W_2K_{sar2}\Phi_m} = \frac{W_1K_{sar1}}{W_2K_{sar2}} \quad (3.15)$$

Toklaryň we elektrik hereketlendiriji güçýleriniň transformasiýa koeffisiýentini ulanmak bilen, rotoryň r^I_2 we x^I_2 getirilen aktiw we induktiw garşylyklary kesgitläp bileris.

Misdäki ýigitler hemişelik ululyk bolup galýarlar, şol sebäpden ýazýarys:

$$m_2I_2^2r_2 = m_1I_2^2r^I_2$$

nireden

$$\begin{aligned} r_2^1 &= r_2 \frac{m_2(I_2)^2}{m_1(I_2^1)^2} = r_2 \frac{m_2}{m_1} \left(\frac{m_1W_1K_{sar1}}{m_2W_2K_{sar2}} \right)^2 = \\ &= r_2 \frac{w_1K_{sar1}}{w_2K_{sar2}} \cdot \frac{m_1W_1K_{sar1}}{m_2W_2K_{sar2}} = r_2 K_e K_i = r_2 k; \end{aligned} \quad (3.16)$$

nirede $K=K_e K_i$ – asinhron maşynyň getirilen garşylygnyň transformasiýa koeffisiýenti.

Induktiv garşylyga getirilen X_2^l kesgitläliň. Getirilen we getirilmedik üçin E_2 we I_2 aralygyndaky ψ_2 burç özara deň, ýagny

$$\operatorname{tg} \psi_2 = \operatorname{tg} \psi_2'; \quad \operatorname{tg} \psi_2 = \frac{x_2}{r_2} = \frac{x_2'}{r_2'} \quad (3.17)$$

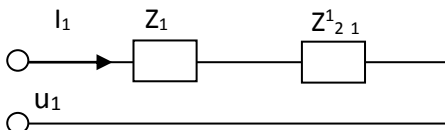
mundan

$$x_2' = \frac{r_2'}{r_2} x_2 = \frac{r_2' \cdot K}{r_2} x_2 = x_2 \cdot K; \quad (3.18)$$

Gysga utgaşmada asinhron maşynyň ilkinji we ikilenji elektrik hereketlendiriji güýçleriň deňlemesi transformatorlarda bolşy ýaly

$$\begin{aligned} U_{gu} &= -(E_1 + E_{\delta 1} + E_{r1}); & \text{ýa-da} & \quad U_{gu} = -E_1 + I_1 Z_1 & \text{we} \\ 0 &= E_2^l + E_{\delta 2}^l + E_{r2}^l; & \text{ýa-da} & \quad E_2^l = I_2^l Z_2^l & \text{nirede } Z_1 = r_1 + jx_1; \\ & & & & Z_2^l = r_2^l + jx_2^l \\ E_2^l &= E_1; & I_2^l &= I_1 & \text{üns bermek bilen, onda} \end{aligned}$$

$$Z_1 = \frac{U_{gu}}{Z_1 + Z_2}$$



$$\text{nirede } r_{gu} = r_1 + r_2^l; \quad x_{gu} = x_1 + x_2^l$$

Transformatora meňzeş çalşyрма shemasy hem wektor diagrammasy.

3.5. Ýüklenme bökdelen asinhron maşyny

Bökdelen rotoryň (1) zynjyryndaky reostatyň hereketlendiriji birikdirijisini 2 ýagdaýa geçirileň. Bu ýagdaýda asinhron maşyna, ýüklenme astyndaky transformator ýaly seredip bileris. Umumy ýagdaýda ýüklenme garyşdyrylan häsiýetli bolup bilýär, emma soňrakydan biz, asinhron maşynyň rotornyň zynjyrna hakykatda diňe aktiw garşylyk girizilýändigini göreris. Bu ýerde fiziki prosessler edil transformatorlarda bolşy ýaly, bu ýagdaýda bizde aýlanýan magnit ýörediji güýji bolýar. Muňa laýyklykda magnit ýörediji güýjiň we elektrik hereketlendiriji güýjiň deňagramlyk deňlemeleri, wektor diagramma we çalşyрма shemasy transformatorlarda bolşy ýaly görnüşli bolýarlar. Bu ýer-de biz olary, gozganmaýan we aýlanýan asinhron maşynlaryndaky hadysalary indiki bölümde deňeşdirmek mümkinçiligi bolar ýaly gaýtalaýarys.

Statoryň elektrik hereketlendiriji güýjiniň deňlemesi

$$U_1 = -(E_1 + E_{b1} + E_{r1}) = -E_1 + I_1(r_1 + jx_1) = -E_1 + I_1 Z_1$$

Statora getirilen goşmara Z_g garşylyk rotoryň zynjyryna girizilendigini we rotor statora getirilendigini çak etsek, rotoryň elektrik hereketlendiriji güýjiň deňlemesi şu görnüşli bolar:

$$O = E'_2 + E_{\delta 2} + E'_{r2} = E'_2 + I'_2(-jx'_2 - r'_2) = E'_2 - I'_2 Z'_2 \quad (3.19)$$

$$E'_2 = I'_2(Z'_2 + Z'_g); \quad (3.20)$$

$$E'_2 = E_1; \quad I'_2 = I_1 \quad (3.21)$$

Magnit ýörediji güýjiň deňlemesi

$$F_1 + F'_2 = F_m \quad \text{ýa-da} \quad I_1 + I'_2 = I_m$$

Tok I_1 görä ehg-ň we magnit ýörediji güýjiň deňlemelerini bilelikde çözemizde, biz onuň üçin hem,

transformator üçin bolşy ýaly aňlatmany, we laýyklykda çalşyрма shemasny alyp bilýäris.

$$I_1^2 = \frac{E_1^2}{Z_1^2 + Z_g^2} = \frac{E_1^2}{Z_1^2 + Z_g^2} \quad (3.22)$$

Deňlemeden

$$I_1^2 = \frac{E_1^2}{Z_1^2} \quad (2) \quad (3.23)$$

deňlemeden

Ýükmede gozganmaýan asinhron maşynyň magnit ýörediji güýjini asinhron maşynyň boş işlemede

$$I_m = \frac{-E_1}{Z_m} \quad (3.24)$$

nirede Z_m – magnitleme garşylygy

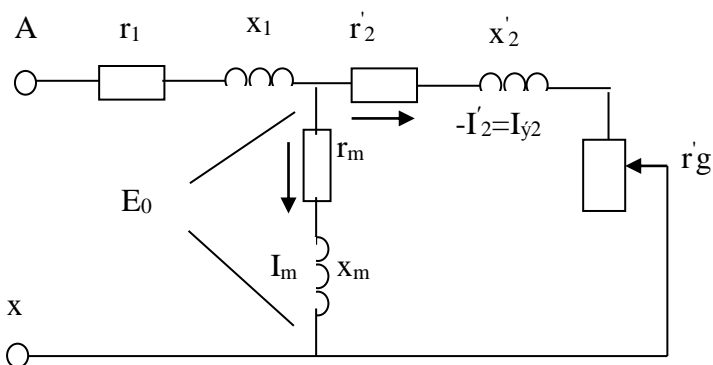
$$Z_m = r_m + jx_m \quad (3.25)$$

toklaryň deňlemesine goýup

$$I_1 = I_m - I_2 = -\frac{E_1}{Z_m} - \frac{E_1}{Z_2} = -E_1 \left(\frac{1}{Z_m} + \frac{1}{Z_2} \right) = -(U_1 + I_1 Z_1) \quad (3.26)$$

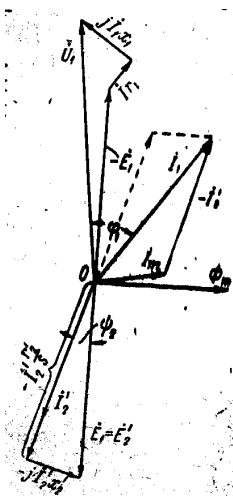
$$\left(\frac{1}{Z_m} + \frac{1}{Z_2} \right) \frac{I_1}{\left(\frac{1}{Z_m} + \frac{1}{Z_2} \right)} = U_1 - I_1 Z_1 \quad (3.27)$$

$$I_1 \left(Z_1 + \frac{1}{\frac{1}{Z_m} + \frac{1}{Z_i}} \right) = U_1 \quad I_1 = \frac{U_1}{\left(Z_1 + \frac{1}{\frac{1}{Z_m} + \frac{1}{Z_i}} \right)} \quad (3.28)$$



3.6-njy çyzgy. Gozganmaýan asinhron maşynyň shemasy.

bu ýerden statoryň togy bolar.



3.7-nji çyzgy. Gozganmaýan asinhron maşynyň wektor diagrammasy.

Wektor diagrammasy gurlanda ilkinji toguň ýüklenme düzüjisiniň $I_{IH_2} = -I_2^l$ ordinat okuň položitel ugry bilen ylaýyklaýarys. Şol ugurda hem $OD = I_{IH_2}$ ($r_i^l + r_g^l$) wektory geçirýäris.

$DG = j I_{IH_2} X_2^l$ wektor OD wektory 90° ozýar, we soňkylara görä jemlenip. $OG = -E_1 = -E_1^l$ wektory berýär, Φ_m akym wektory OG wektordan 90° yza galýar; I_m tok wektory Φ_m akym wektorny polatdaky ýitgilere laýyk gelýän burça ozýar; $I_1 = I_{IH_2} + I_m$ togy statorda aktiw we induktiw $I_1 r_1$ we $j I_1 X_1$ peselme güýjenmeleriniň GK we KA wektorlaryny OG wektor bilen goşsak, maşynynyň gysgaçlarynda $OA = U$ güýjenme wektoryny alarys.

3.6. Rotoryň aýlanmagynda asinhron maşynyň işi

Asinhron maşyn transformator ýaly, diňe bir gozganmaýan rotorda däl-de, eýsem soňkynyň aýlanmasynda hem görülär. Bu ýagdaýda ol özünden umumylaşdyrlan görnüşli transformatory emele getirýär, ýagny diňe güýjenmeleri, toklary we fazaň sany däl-de, eýsem ýygylgy we energiýanyň görnüşi hem özgerdilýärler. Asinhron maşyn-ň statory U_1 berlen güýjenmesi we f_1 hemişelik ýygylkly sete birleşdirilen diýip çak edeliň.

$$n_1 = \frac{60f}{\beta} = \text{const} \quad (3.29)$$

tizlikli aýlanýan Φ_m esasy akym statoryň sarymynda E_1 esasy elektrik hereketlendiriji güýçleriň, şeýle hem E_1 elektrik hereketlendiriji güýçler bilen bilelikde deňleşýän U_1 güýjenmäni; $E_{\delta 1} = -j I_1 X_1$ aralygynyň elektrik hereketlendiriji güýçlerini we $E_{r1} = -I_1 r_1$ aktiw garşylygyny döredýär.

Şeýlelikde hem bökdedilen rotor

$$U_1 = -(E_1 + E_{\delta 1} + E_{r1}) \text{ ýa-da } U_1 = -E_1 + I_1 Z_1 \quad (3.30)$$

Şert boýunça rotor meýdan bilen bir ugurda, şeýle hem ters ugurda-da aýlanyp bilýär. Birinji ýagdaýda rotoryň aýlanma tizligi n položitel, ikinjide- otrisatel.

Rotor 1 ýagdaýda ýazdyrylanda seredeliň.

a) Rotoryň sarymynda induktirlenýän ýygylgyň ehg-i. n tizlik bilen aýlanýan rotorly, n_1 tizlik bilen aýlanýan magnit meýdanynda, hemme zat rotor gozganmaýan bolşy ýaly, Φ_m akym bolsa şoňa görä $n_2 = n_1 - n$ tizligi bilen aýlananda, bolup geçýär. Rotoryň sarymynda induktirlenýän elektrik hereketlendiriji güýjiň ýygylgy

$$f_2 = \frac{pn_2}{60} = \frac{p(n_1 - n)}{60} = \frac{pn_1 \cdot n_1 - n}{60 \cdot n_1} = f_1 \cdot s \quad (3.31)$$

nirede f_1 – iýmitlendiriji setiň ýygylgy

s-typma

Setiň berilen ýygylgynda rotorda elektrik hereketlendiriji güýjiň ýygylgy typma göni baglanyşykda üýtgeýändigini görýäris. **Esseligi** üçin f_2 ýygylgy typma ýygylgy diýip atlandyrýarlar. Typmanyň üýtgemesiniň çäklerine laýyklykda generatoryň tertibinde işlände $s = -\infty$ -den elektromagnit duruzyýň tertibinde işlände $s = +\infty$ çenli, f_2 ýygylgyk şeýle hem $f_2 = -\infty$ den $f_2 = +\infty$ çenli üýtgeýär. Geçiş tertibinde (+) we (-) belgileri.

b) Rotoryň EHG-i

$E_{2s} = 4,44 f_2 W_2 K_{sar2} \Phi_m = 4,44 f_1 s W_1 K_{sar2} \Phi_m = E_{2s} \cdot s$ rotoryň sarymy statoryň sarymyna getirelende.

$$E'_{2s} = E'_2 \cdot s \quad (3.32)$$

ýagny, berilen Φ_m esasy akymda, öz aýlanmasynda rotorda induktirlenýän ehg, typma köpeldilen, gozganmaýan rotorda E_2 elektrik hereketlendiriji güýje deň.

w) Rotoryň sarymynyň garşylygy.

Rotoryň zynjyryna käbir aktiw garşylyk birikdirilen diýip çak edeliň. Onda rotoryň zynjyrynda aktiw garşylyk $R_2=r_2+r_g$ bolar, nirede r_2 -rotoryň sarymynyň hususy aktiw garşylygy.

r_g - rotoryň zynjyrynda goşmaça garşylyk.

Egerde, rotoryň sarymynyň geçirijilerinde togy gysyp çykarmak hadysalaryny we öz temperaturasynyň üýtgemegi bilen baglanyşykda sarymnyň aktiw garşylygynyň üýtgemelerini hasaba almasak, onda

$R_2=r_2+r_g=const$ hasap edip bilýäris;
getirlende $R_2=r_2+r_g=const$

Gozganmaýan rotoryň pytramasynyň induktiw garşylygy $x_2=2\pi f_1 L_{\delta 2}-L_{\delta 2}$ – pytramaň ikilenji akymy bilen kesgitlenýän induktiwlemek.

Pytrama akymalary esasan howa boýunça geçýärler, onda $L_{\delta 2}=const$. Diýmek, aýlanmada rotoryň induktiw garşylygy deňdir.

$$X_{2s}=2\pi f_2 L_{\delta 2}=2\pi f l s L_{\delta 2}=X_2 \cdot s \quad (3.33)$$

statoryň sarymyna getirlende

$$X_{2\delta}^1=X_2^1 \cdot s \quad (3.34)$$

ýagny, özüniň aýlanmasynda rotoryň sarymynyň induktiw garşylygy, typma köpeldilen, gozganmaýan rotoryň induktiw garşylygyna deň.

Rotoryň elektrik hereketlendiriji güýjiniň deňlemesi we rotoryň togy

Eger-de rotoryň zynjyry öz aýlanmasynda ýapyk bolsa, onda ondan pytrama akymny Φ_{b2} döredýän we garşylyga $R_2=r_2+r_g$ duşýan, I_2 tok akýar. Muňa laýyklykda rotoryň sarymynda, pytrama elektrik hereketlendiriji güýjiniň $E_{\delta 2s}=-jI_2X_{2\delta}$ we $E_{r2}=-I_2X_2$ we esasy akym Φ_m bilen döredilýän, $E_{2s}=E_2 \cdot s$ elektrik hereketlendiriji güýç bar. Onda Kirhgofyň 2-nji kanuny boýunça bolýar.

$$O=E_{2s}+E_{\delta 2s}+E_{r2} \quad \text{ýa-da} \quad E_{2s}=I_2r_2+jI_2X_{2s}=I_2\check{Z}_{2s} \quad (3.35)$$

nirede $\check{Z}_{2s}=r_2+jX_2 \cdot s$ – hakyky rotoryň doly garşylygy.
Diýmek.

$$I_2 = \frac{E_{2s}}{Z_{2s}} = \frac{E_2 \cdot s}{r_2 + jX_2 \cdot s} \quad \text{we} \quad I_2 = \frac{E_2 \cdot s}{\sqrt{r_2^2 + jX_2 \cdot s^2}} \quad (3.36)$$

rotoryň sarymy statoryň sarymyna getirlende.

$E'_{2s}=I'_2\check{Z}'_{2s}$ nirede $\check{Z}'_{2s}=r'^2_2+jx'^2_{2s}$ -getirilen rotoryň doly garşylygy.

Mundan

$$I'_2 = \frac{E'_2 s}{Z'_2 s} = \frac{E'_2 \cdot s}{r'^2_2 + jx'^2_{2s}} \quad \text{we} \quad I'_2 = \frac{E'_2 \cdot s}{\sqrt{r'^2_2 + jx'^2_{2s}}} \quad (3.37)$$

$$n_2 = \frac{60f_2}{p} = \frac{60f_1 S}{p} = n_1 \cdot S = n_1 \frac{n_1 - n}{n_1} = n_1 - n \quad (3.38)$$

$$n_2 + n_1 = n_1 - n + n = n_1$$

Öz aýlanmasynda asinhron maşynyň magnit ýörediji güýjiniň
deňlemesi

Asinhron maşynda statoryň we rotoryň magnit ýüklendiriji güýçleri F_1 we F_2 giňişlikde bir ugurda we bir meňzeş tizlik bilen aýlanýanlyklary sebäpli, onda olar biri birine görä gozganmaýan diýip göz önüne getirip bilýäris, diýmek, özarasynda hemişelik baglanyşykda bolup durýarlar. Bu halatda magnit ýörediji güýç F_1 sin-dasyna görä, Φ_m döretmek üçin netijeli F_m magnit ýörediji güýji ýeterlikli bolar ýaly, şeýle bir burça süýşürilen bolmaly.

$$F_1 + F_2 = F_m \quad (3.39)$$

Magnit ýörediji güýjiň bahalaryny goýup

$$m_1 W_1 k_{sar1} I_1 + m_2 W_2 k_{sar2} I_2 = m_1 W_1 k_{sar1} I_m \quad (3.40)$$

$$I_1 + \frac{m_2 W_2 k_{sar2}}{m_1 W_1 k_{sar1}} I_2 = I_1 + \frac{1}{k_i} I_2 = I_1 + I'_2 = I_m \quad (3.41)$$

ýa-da $m_1 W_1 k_{sar1}$ bolsek.

Asinhron maşynyň magnit ýörediji güýjiniň deňlemesini rotoryň aýlanmasynda, asinhron maşynyň $n=0$ bolanda magnit ýörediji güýji-ň deňlemesi özi bilen gaýtalaýar; Magnit ýörediji güýji-ň çyzgyy aýlanmasynda diňe F_2 magnit ýörediji güýji-ň giňişlikde n_1 aýlanma tizligi rotora gatnaşyklykda magnit ýörediji güýji-ň F_2 $n_2=n_1-n$ güýçden we rotoryň öz güýjesinden n ybarat bolmagy bilen tapawutlanýar. Bu netije asinhron maşynyň işiniň islendik tertibinde dogrydyr. Ýöredijiň tertibinde n_2 tizligiň položitel bahasy bar, ýagny rotoryň magnit ýörediji güýji rotoryň aýlanýan tarapyna aýlanýar. Generatoryň, elektromagnit duruzyjyň tertibinde tersine.

3.7. Asinhron maşynyň orun çalşyрма shemalary

Köplenç ýagdaýlarda, iki (ýa-da birnäçe) elektromagnit baglanşykly konturlaryň sistemasyndan ybarat bolan hakyky asinhron maşyn. bilen däl-de, oňa ekwiwalent bolan sistema bilen iş salyşmak amatly, bu maksat üçin transformatoryň çalşyрма shemasyna meňzeş degişli çalşyрма shemasyny döretmeli.

Ilki bilen rotoryň çalşyрма shemasyny göreliň. Munuň üçin rotoryň elektrik hereketlendiriji güýjiniň deňlemesini özgertmek ýeterlik, oňa $E'_{2s} = E'_2 \cdot s$ başgalaryny goýsak onda

$$E'_2 = I'_2 R'_2 + j I'_2 X'_2 = I'_2 Z'_2 \quad (3.42)$$

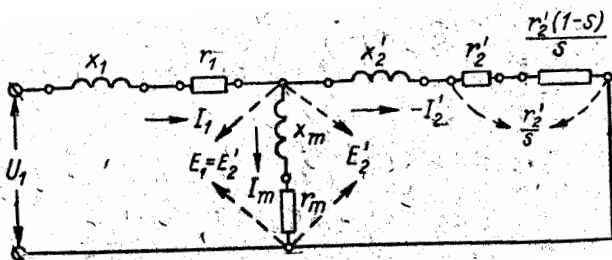
Iki tarapyndan s-e gysgaldsak,

$$E'_2 = I'_2 \frac{R'_2}{s} + j I'_2 Z'_2 = I'_2 Z'_2 \quad (3.43)$$

nirede

$$Z'_2 = \frac{R'_2}{s} + j Z'_2 \quad (3.44)$$

çalşyrlan rotoryň doly garşylygy.



3.8-nji çyzgy. Asinhron maşynyň T görnüşli orun çalyşma shemasy.

Bu ýerden

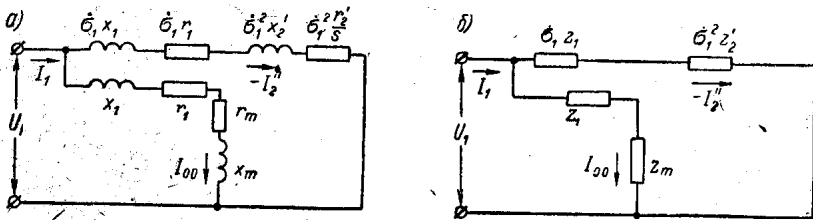
$$I'_2 = \frac{E'_2}{Z'_2} = \frac{E'_2}{\frac{r_2}{s} + jx_2} \quad (3.45)$$

ýa-da

$$(a) \quad I'_2 = \frac{E'_2}{Z'_2} = \frac{E'_2}{\sqrt{\left(\frac{r_2}{s}\right)^2 + jx_2^2}} \quad (3.46)$$

- gozganmaýan rotorda

$$(b) \quad I'_2 = \frac{E'_2 s}{\sqrt{r_2^2 + jx_2^2 \cdot s^2}} \quad (3.47)$$



3.9-njy çyzgy. Asinhron maşynyň Γ görnüşli orun çalyşma shemasy.

Bu formulalar (a) formulalar bilen deňeşdirende, diňe görnüşi aýry däl-de, fiziki manysy hem başga. Hakykatdan-da, (a) formula boýunça kesgitlenýän I'^2_2 toguň, e.h.g-ň E'^2_2 ýygylgyna laýyk bolan f_2 typma ýygylgy bar. Tersine (b) formula boýunça kesgitlenýän I'^2_2 tokda gozganmaýan rotorda e.h.g-ň E'^2_2 ýygylgy bar, ýagny f tory iýmitlendirýän ýygylgy. Şeýle hem gozganmaýan rotorda X'^2_2 we r'^2_2/S garşylygy. Bu şertlerde I'^2_2 tok (b) formula boýunça kesgitlenýär, ululygy boýunçada, faza boýunça-da üýtgemeýär, emma f tory iýmitlendirýän ýygylgy bar.

Başga sözler bilen aýdamyzda, hemme zat edil, garşylyklary r'_2/s we x'_2 deň bolan we gysgyçlaryna $E'_2=E_1$ e.h.g. eltilýän gozganmaýan konturdan ybarat bolan rotorda bolşy ýaly bolup geçýär.

Şeýle kontur hakyky rotory doly çalşyryr, ýagny hakyky maşynynyň iş şertlerinde bolşy ýaly, hereketi statora berýär.

Onda çalşyrlan rotoryň garşylygy bolar.

$$Z'_2 = \frac{r_2^1}{s} + jx_2^1 = r_2^1 + jx_2^1 \frac{1-s}{s} \quad (3.48)$$

nirede

$$r_2 \frac{1-s}{s}$$

-goşmaça aktiw garşylyk
Köpeltme jemi

$$I_2^1 Z'_2 = r_2^1 \frac{1-s}{s} \quad (3.49)$$

aýlanmada asinhron maşynlarynyň döredýän kuwwatyna ekwiwalent.

3.8. Asinhron maşynyň çalşyрма shemasy

Asinhron maşynyň elektrik hereketlendiriji güýjiniň we magnit ýörediji güýjiniň deňlemelerini ýazalyň.

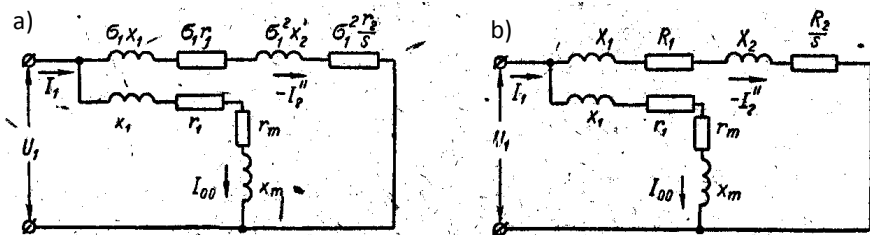
$$U_1 = -E_1 + I_1 Z_1; E'_2 = I'_2 Z'_2 \text{ we } I_1 + I'_2 = I_m$$

Bu deňlemeleri, maşynynyň görkezjileri we U_1 güýjenmesiniň üsti bilen görkezilip, I_1 toga gatnaşykda işläp (çözüp) bolýar. İşleniş usuly transformatorda ýaly. Onda diňe ýatladýarys: $E'_2 = E_1$:

$$I_m = \frac{-E_1}{Z_m} \quad (3.50)$$

Ýokarky formuladan (transformatoryň) gelip çykyşyna görä.

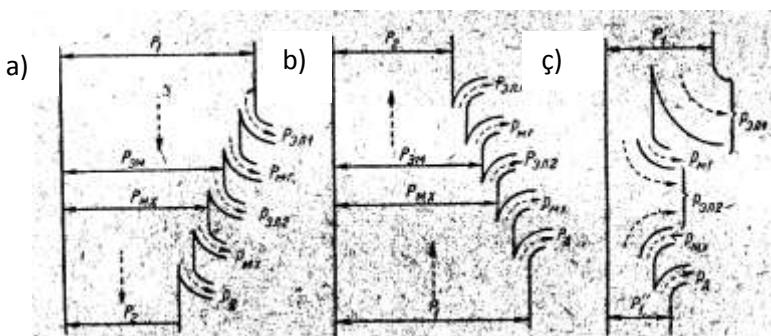
$$I_1 = \frac{U_1}{Z_1 + \frac{1}{\frac{1}{Z_m} + \frac{1}{Z_2'}}} \text{ we } I_1 = I'_m + I''_2 = \frac{U_1}{Z_1 + Z_m} + \frac{U_1}{\delta_1 Z_1 + \delta_1^2 Z_2^1} \quad (3.51)$$



3.10-njy çyzgy. Asinhron maşynyň Γ görnüşli orun çalyşma shemasy. nirede

$$\delta_1 = 1 + \frac{Z_1}{Z_m} \quad (3.52)$$

-düzediji koeffisiýent.



3.11-nji çyzgy. Asinhron maşynyň energetiki diagrammasy: a) diwgatel; b) generator, ç) ters birikdirme.

Şeýle kontur hakyky rotory çalşyryar, ýagny hakyky maşynynyň iş şertlerinde bolşy ýaly, hereketi statora berýär.

Onda çalşyrlan rotoryň garşylygy bolar.

$$Z_2^1 = \frac{r_2^1}{s} + jx_2^1 = r_2^1 + jx_2^1 + r_2^1 \frac{1-s}{s} \quad (3.53)$$

nirede
$$r_2 \frac{1-s}{s}$$

- goşmaça aktiw garşylyk

Köpeltme jemi

$$I_2^{12} r_2^1 \frac{1-s}{s} \quad (3.54)$$

aýlanmada asinhron maşynyň döredýän kuwwatyna ekwiwalent.

Asinhron maşynynyň e.h.g-niň we magnit ýörediji güýji-niň deňlemelerini ýazalyň.

$$U_1 = -E_1 + I_1 Z_1; E_2^1 = I_2^1 Z_2^1 \text{ we } I_1 + I_2^1 = I_m \quad (3.55)$$

Bu deňlemeleri maşynynyň görkezjileri we U_1^l güýjenmesiniň üsti bilen görkezilip, I_1 toga gatnaşykda işläp (çözüp) bolýar. Işlenşi usuly transformatorada ýaly. Onda diňe ýatladýarys:

$$E_2^1 = E_1 : \quad (3.56)$$

$$I_m = \frac{-E_1}{Z_m} \quad (3.57)$$

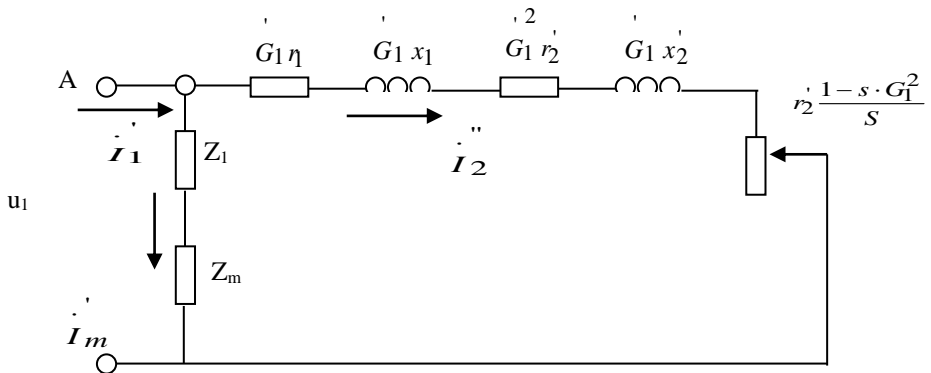
Ýokarky formuladan / transformatoryň gelip çyksyna görä:

$$I_1 = \frac{U_1}{Z_1 + \frac{1}{\frac{1}{Z_m} + \frac{1}{Z_2}}} \text{ we } I_1 = I'_m + I''_2 = \frac{U_1}{Z_1 + Z_m} + \frac{U_1}{\delta_1 Z_1 + \delta_1^2 Z_2^1} \quad (3.58)$$

nirede düzediji koeffisiýenti.

$$\delta_1 = 1 + \frac{Z_1}{Z_m} \quad (3.59)$$

Birinji deňlemä I_1 tok üçin "T" görnüşli çalşyрма shemasy gabat gelyär, ikinjisine bolsa "G" görnüşl çalşyрма shemasy.



3.12-nji çyzgy. Asinhron maşynyň orun çalyşma shemasy.

"T" - ýönekeý

"G" - çykarylan magnitleýji kontur bilen

"T" - görnüşli çalşyрма shemasy üçin asinhron maşynyň wektor diagrammasy.

G -görnüşli shemanyň artykmaçlygy; iki zynjyryndan $-I'_2$ işçi we I_m tok bilen magnitleýji bolup, iki bölegi hem biri birine bagly bolman işleýärler.

T -görnüşli shema üç zynjyrdan ybarat, olar özara baglanşykly bolup, we G -görnüşä görä has çylşyrymly.

3.9. Asinhron maşynyň aýlanýan momentleri we kuwwatlary

1. Şeýlelikde, generatorly iş ýagdaýyna H_0CT aýlaw diagrammanyň bölegi laýyk gelýär.

Goý $P_1 = 3U_1 I_1 \cos \varphi$ statora eltilýän elektrik kuwwat bolsun. Bu kuwwatyň bir bölegi statorda statoryň sarymyndaky $P_{m1} = 3 I_1^2 r_1$ ýitgilere we ýöredijiň polatynda köwlenme toklaryndan we gisterezisden P_{c1} ýigitlere sarp edilýär. Galan P_{em} kuwwat magnit akym bilen rotorda berilýär (elektromagnit kuwwat)

$$P_{em} = P_1 - (P_{m1} + P_{c1}) \quad (3.60)$$

Rotorda geçirilen kuwwatyň bölegi özünüň sarymynda P_{m2} ýitgilere sarp edilýär. Kuwwatyň galan bölegi ýöredijiň doly mehaniki P_m kuwwatyna öwrülýär.

$$P_m = P_{em} - P_{m2} \quad (3.61)$$

Okdaky peýdaly kuwwat

$$P_2 = P_m - (P_{mx} + P_z) \quad (3.62)$$

P_{mx} - mehaniki ýitgiler (podşipniklarda kontakt halkalaryň çotgalara we wentilýasionlarda sürtülmesi).

P_z – goşmaça (rotoryň aýlanmasynda, rotoryň we statoryň dişlerinde emele gelýän titreme we ýüzleý ýitgileri).

$$P.T.K.\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (3.63)$$

Asinhron ýöredijiň aýlanma momenti
Ýörediji kadalaşan ýagdaýda işleýär, ýagny $n=const$
bolsa, onda

$$M_{em}=M_0+M_2 \quad (3.64)$$

bu ýerde M_0 -b.i momenti

M_2 -peýdaly moment

$$P_2=M_2W=M_2 \cdot 2\pi n/60$$

$$P_0=P_{mx}+P_c=M_0W=M_0 \cdot 2\pi n/60$$

U_3 energetik diagrammanyň doly mehaniki kuwwaty.

$$P_m=P_2+(P_{mx}+P_c)=M_2W+M_0W_0=(M_2+M_0)W=M_{em}W=M_{em} \cdot 2\pi n/60 \quad (3.65)$$

$$P_{em}=M_{em}W_1=M_{em}2\pi n/60 \quad (3.66)$$

emma beýleki tarapyndan

$$P_{em}=P_m+P_{m2}=M_{em}W+P_{m2} \quad (3.67)$$

$$P_{em}-P_m=M_{em}(W_1-W)=P_{m2} \quad (3.68)$$

ýa-da

$$M_{em}\omega_1 \frac{\omega_1-\omega}{\omega_1} = P_{em}S = P_{m2} \quad (3.69)$$

nireden

$$s = \frac{P_{m2}}{P_{em}}$$

Rotoryň sarymy statoryň 1-nji sarymynda getirilen.

$$R^l_2+r^l_g=R^l_2$$

diýmek

$$M_{em} = \frac{P_{m2}}{\omega_1 - \omega} = \frac{m_1 I_2^{12} R'_2}{\frac{\omega_1 - \omega}{\omega_1}} = \frac{m_1 I_2^{12} R'_2 / s}{\omega_1} \quad (3.70)$$

Çalşyрма shemasyndan

$$I_2^1 = \frac{U_1}{\sqrt{(r_1 + R_2^1 / S)^2 + (x_1 + x_2^1)^2}} \quad (3.71)$$

I_2^1 -goýulandan soň, elektromagnit moment

$$M_{em} = \frac{m_1 U_1^{12} R_2^1 / s}{\omega_1 [(r_1 + R'_2 / S)^2 + (x_1 + x_2^1)^2]} \quad (3.72)$$

$$\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60} = \frac{2\pi p n_1}{p 60} = \frac{2\pi f_1}{p} \quad (3.73)$$

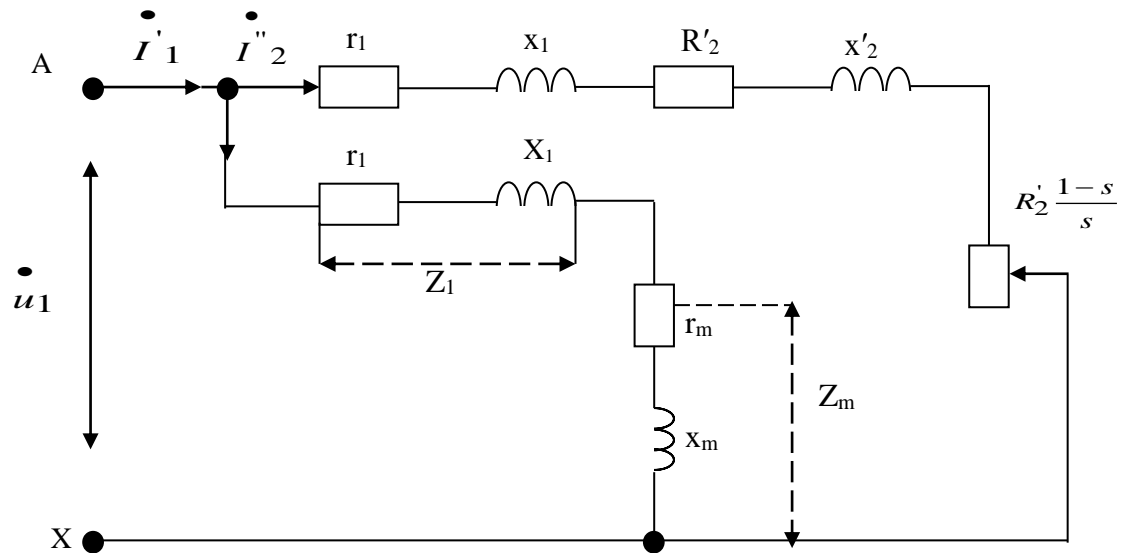
$$M_{em} = \frac{m_1 U_1^2 p R_2^1 / s}{2\pi f_1 [(r_1 + R'_2 / S)^2 + (x_1 + x_2^1)^2]} \quad (3.74)$$

ölçeg birligi $M = \text{Ikg} \cdot \text{M} = 981 \text{ n.m.}$

3.10. Asinhron maşynyň aýlaw diagrammasy

Biz, işe goýberiji, işçi we sazlaýjy işi kesgitleýji, ýöredijiniň hemme häsiýetnamalaryny tejribe ugry bilen alyp bileris. Emma bu ugur köp wagt alýar, gerekli enjamlary talap edýär, şeýle hem uly kuwwatly ýöredijilerde köp energiýany sarp etmäge getirýär. Ýörediji gurnalanda her häsiýetnamanyň hasaplamasy aýratynlykda ep-esli kynçylyklary emele getirýär. Bu nukdaý nazardan ýöredijiň häsiýetnamalaryny kesgitlemek üçin esasy däl usullary ulanmaklyk maksada laýykdyr. Esasy

däl usullardan has ähmiýetlisi, toklaryň wektorlarynyň geometrik ýerlerini gurmaga, we umuman asinhron maşynyň aýlaw diagrammasyna mümkinçilik berýän gysga utgaşma we boş işleme usullary. Alaw diagrammanyň kömegi bilen onuň işlerini analizirläp bolýar. Ýöredijiň ortaça we uly kuwwaty üçin köplenç ýönekeýleşdirilen aýlaw diagrammalary ulanylýarlar, uly magnitleýji tokly we statoryň gatnaşykly (otnositel) uly aktiw garşylykly az kuwwatly ýörediji üçin bolsa- anyklanan aýlaw diagrammalary. Ýönekeýleşdirilen aýlaw diagrammany göreliň. Ýönekeýleşdirilen aýlaw diagramma . Toklaryň aýlawyny gurmak. Ýönekeýleşdirilen diagrammanyň gurluş esasynda G-görnüşli çalşyрма shemasy ulanylýar, ýagny (1 çyzgy.) kompleks göz önünde tutulan çykarylan magnitleýji konturly. Şeýlelikde biz magnitleýji kontury, daşgy gysgyçlara maşynyň ölçeglerine görä hiç-hili düzetmellersiz çykaryars.



3.13-nji çyzgy. Asinhron maşynyň orun çalyşma shemasy.

Shema, iki diagrammalaryň jemi-biri magnitleýji konturyň togy I_0 üçin, beýlekisi işçi konturyň togy I_2' üçin ýaly, I_1 togyň geometrik ýerini gurçaga mümkinçilik berýär.

Biz, S -typtan başga galan U_1 , I_1 , R_2' görkezijileriň hemmesi berilen we hemişelik bolup galýandyklaryny şertleşelin. Munda magnitleýji konturdaky tok

$$I_1' = \frac{U_1}{Z_1 + Z_m} \quad (3.75)$$

Magnitleýji konturyň (m.k.) pdalanýan kuwwaty, $p_p = m_1 I_{00}^{12} r_m$ polatdaky ýitgilere we r_1 garşylykdaky $m_1 I_{00}^{12} r_1$ ýylylyga sarp edilýär, şeýlelikde

$$P_0^1 = m_1 I_{00}^{12} r_1 + m_1 I_{00}^{12} r_m = const$$

diýmek

$$\cos \varphi_0^1 = \frac{P_0^1}{m_1 U_1 I_{00}^1} = const \quad (3.76)$$

Bu berilenlere görä, U_1 naprýaženiýaň wektoryna φ_0 burç astynda $I_\infty' = OH_0$ togyň wektoryny geçirip, (2-çyzgy) diagrammany gurup bolýar. Togyň iki düzüjileri bar: U naprýaženiýe bilen faza boýunça gabat gelýän

$$GH = I_{oa}' = \frac{P_0'}{m_1 U_1} \quad (3.77)$$

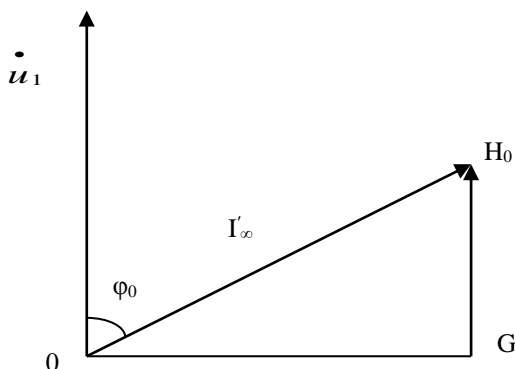
we soňkysy köplenç $\cos \varphi_0 \leq 0,1$, ýagny burç $\varphi_0 \sim 90^\circ$ bilen kwadraturada bolan

$$OG = \sqrt{I_{00}^{12} - I_{oa}^{12}} \quad (3.78)$$

Asinhron maşyny synag edilende I'_{oa} tok alynyp biliner, egerde maşynyň rotyrny sinhron tizlik bilen aýlanma ($n=n_1$) getirsek. Bu ýagdaýda

$$s=0; \frac{R'_2}{S} = \infty \quad (3.79)$$

we $I''_2=0$. Munuň esasynda H_0 nokat (2- çyzgy) sinhron işleme nokady diýip atlandyrylýar.



3.14-nji çyzgy. Asinhron diwgateliň magnitlendiriji konturnyň tok diagrammasy.

Shemadaky işçi kontur, hemişelik U_1 naprýaženiýaly, hemişelik x_1+x_2 we üýtgeýän aktiw

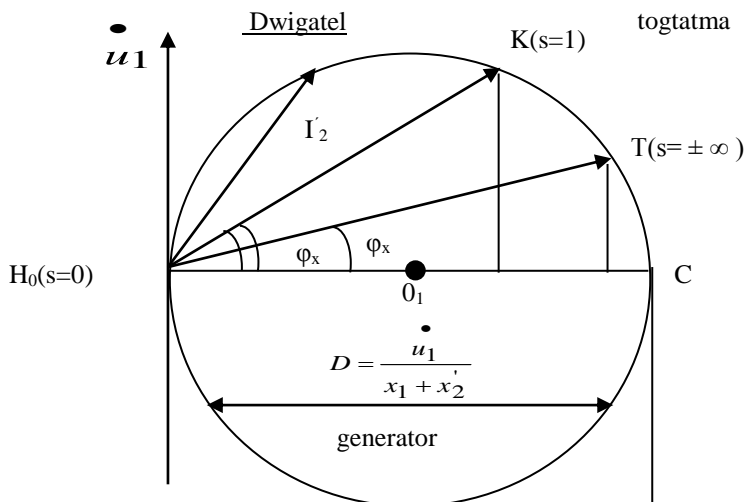
$$r_1 + R'_2 + R'_2 \frac{1-s}{s} = r_1 + \frac{R'_2}{s} \quad (3.80)$$

garşylykly zynjyry özünden emele getirýär.

Üýtgeýän toklaryň teoriýasynda, şeýle häsiýetnamalar bilen zynjyrdaky togyň geometrik ýeri U_1 naprýaženiýaň wektoryna 90° burçda getirilen we

$$\frac{U_1}{x_1 + x_2'} \quad (3.81)$$

ululyga deň bolan diametrda gurulan aýlawy özünden emele getirýändigini subut edilýär (3.15-çyzgy).



3.15-nji çyzgy. Asinhron maşynyň işçi konturnyň tok diagrammasy

Typmanyň S erkin bahalaryny niýetläp, biz aýlawda D nokady alýarys (3-çyzgy) we laýyklykda $I_2'' = H_0 D$ togy. Ýörediji ýagdaýynda asinhron maşynyň işi $s=0$ -dan $s=1$ çenli üýtgemä laýyk gelýär, sebäbi $S=0$ bolsa işçi kontur ýazdyrylan we $I_2'' = 0$ bolýar. $s=+1$ typma maşynyň gysga

utgaşmasyna \underline{K} nokada laýyk gelýär, ol ýa-ha synagberilenlerine görä, ýa-da burç boýunça gurulan bolup biler.

$$\varphi_k = \arctg \frac{x_1 + x_2}{r_1 + R'_2} \quad (3.82)$$

Şeýlelikde ýörediji ýagdaýynda asinhron maşynyň işi, H_0K aýlaw diagrammanyň bölegine laýyk gelýär.

Egerde, asinhron maşyn. generator ýagdaýyndaky işe geçýär diýsek, onda I''_2 togyň wektorynyň ujy, $s=\infty$ bolan, H_0 nokatdan T nokada çenli toklaryň aýlawynyň aşakky ýarpysyna görä typýar. Bu ýagdaýda

$$R'_2 + R'_2 \frac{1-s}{s} = \frac{R'_2}{s} = 0 \quad (3.83)$$

onda toklaryň aýlawynda T nokadyň ýagdaýy burç bilen kesgitlenýär.

$$\varphi_T = \arctg \frac{x_1 + x_2}{r_1} \quad (3.84)$$

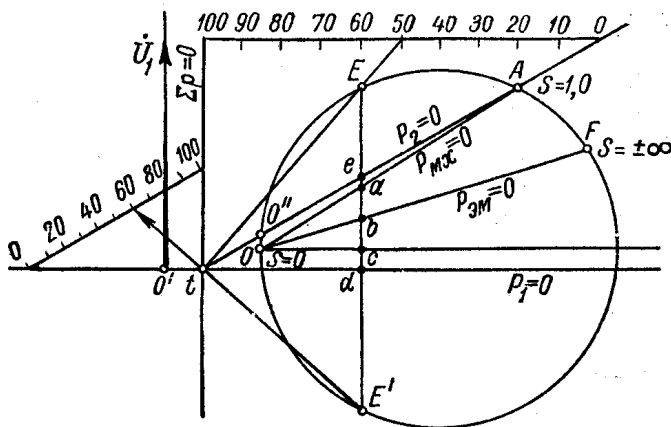
Şeýlelikde, generatorly iş ýagdaýyna H_0CT aýlaw diagrammanyň bölegi laýyk gelýär.

KT bölegi bolsa $s=+1$ den $s=+\infty$ çenli typmada elektromagnit togtama ýagdaýyndaky işe laýyk gelýär. $I_1 = I'_{oo} + I''_2$ bolsa, $I'_{oo} = const$ bolsa, onda I_1 togyň geometrik ýerini, biz diagrammalary ylaýýaklama ugry bilen alarys. (2-nji we 3-nji çyzgy)

Munuň üçin (4-nji çyzgy): 1) O nokatdan, koordinat sistemanyň başy ýaly, φ_0 burçastynda $I'_{oo} = OH_0$ magnitleýji togyň wektoryny U_1 naprýaženiýaň wektoryna geçirmeli; 2) H_0 nokatdan, abssiss oka parallel göni çyzygy geçirmeli; 3) bu göni çyzykda kesimi goýup onda diametrda ýaly I_2 togyň

aýlawyny gurmaly. Bu aýlaw hem I_1 togyň aýlawy bolyp durýar.

$$H_0 C \frac{U_1}{x_1 + x'_2} \quad (3.85)$$



3.16-njy çyzgy. Asinhron maşynyň aýlaw diagrammasy.

Tükeniksiz tizlikde $s=\pm\infty$ we $s=1$ gysga utgaşma, üçin K we T nokatlary (3- çyzgy) görkezilşi ýaly gurup, asinhron maşynyň hemme ýagdaýlaryny özüne alýan, aýlaw diagrammany alarys.

3.11. Kuwwatlaryň çyzyklaryny gurmak

Aýlaw diagrammada, kuwwatlary, momentleri, ýitgileri, PTK, $\cos\varphi$ we typmany kesgitlemek üçin bir näçe goşmaça gurulmalary geçirýärler. Biz ýöredijiň işiniň ýagdaýyndaky maşyny göreliň (5-nji çyzgy)

A) Getirilen kuwwatyň P_1 çyzygy

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos\varphi;$$

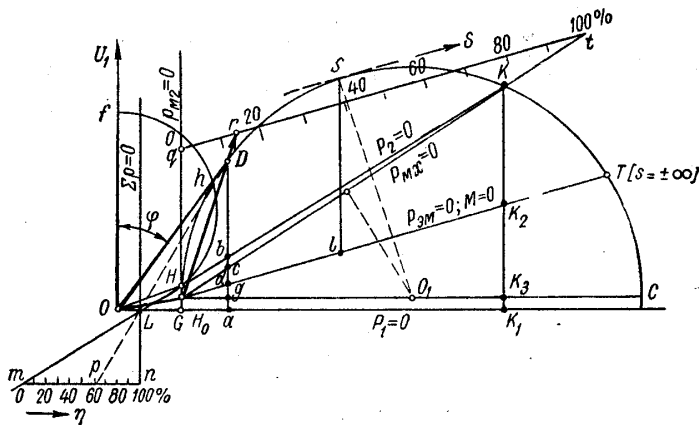
U_I const bolsa, onda

$$P_I = I_I \cos \varphi = I_{Ia}$$

Aýlaw diagrammada ol, D nokatdan abssisa oka geçirilen / Da

uzynlygy bilen ölçenýär. Abssisa oky $P_1=Da \cdot mp$ (kuwwatyň masştaby) getirilen kuwwatyň çyzygy bolýar. Egerde (m_1) togyň masştaby berlen bolsa, onda kuwwatyň masştaby

$$m_p = m_1 U_1 \cdot m_I (\frac{A}{sm}) \quad (3.86)$$



3.17-nji çyzgy. Asinhron diwgateliň ýönekeý aýlaw diagrammasy.

B) Elektromagnit kuwwatyn P_{em} we momentiniñ M çyzygy.

Asinhron maşynyň elektromagnit kuwwaty diýip, generator bilen

işlenende rotordan statora we ýörediji bilen işlenende statordan rotora howa aralygyndan elektromagnit ugry bilen geçirilýän kuwwata diýilýär.

Çalşyrylan rotoryň ($S=I$) zynjyrynda şu formulany alýarys:

$$I'_2 = \frac{E'_2}{\sqrt{(\frac{R'_2}{s})^2 + X_2^2}} \quad \cos \varphi_2 = \frac{\frac{R'_2}{s}}{\sqrt{(\frac{R'_2}{s})^2 + X_2^2}} \quad (3.87)$$

diýmek

$$P_{em} = E'_2 I'_2 \cos \psi_2 = \frac{E_2^2 \frac{R'_2}{s}}{(\frac{R'_2}{s})^2 + X_2^2} \quad (3.88)$$

Aýlaw diagrammada P_{em} kuwwatyň çyzygyny, üýtgeýän toklaryň nazaryndan (teoriýasyndan) ugur alyp, geçirmek üçin, egerde togyň geometrik ýeri aýlaw bolup dursa, onda kuwwatyň çyzygy, toklaryň aýlawyndaky, kuwwatlary nola deň bolan iki sany nokatdan geçirilen göni çyzygy özünden emele getirýär. P_{em} kuwwat üçin iki nokatlar şular:

- a) sinhron işlemäniň H_0 nokady, sebäbi $s=0$; $I'_2=0$
- b) tükeniksiz tizligi gabat gelýän T nokad, sebäbi $S=\infty$, $\cos \psi_2=0$

Iki ýagdaýda-da (6) formula laýyklykda $P_{em}=0$, diýmek P_{em} çyzygy

gurmak üçin H_0 we T nokatlardan göni çyzygy geçirmeli.

P_{em} kuwwaty hasaplap başlama H_0T çyzykdan başlanýar we netijede, P_{em} kuwwatyň deňlemesi şeýle ýazylýar

$$P_{em}=0$$

5-nji çyzygy P_{em} kuwwat dD kesim bilen P kuwwat üçin masştabda kesgitlenilýär:

$$P_{em}=dD \cdot m_p$$

sebäbi $P_{em}=M_{em} \cdot \omega$, onda elektromagnit kuwwatyň çyzygy şol wagtyň özünde M momentleriň çyzygy hem bolup durýar.

W) Doly mehaniki P_{mh} kuwwatyň çyzygy.

P_{mh} mehaniki kuwwat deňdir:

$$P_{mh}=P_{em}-P_{m2}$$

Toklaryň aýlawyndaky $P_{mh}=0$ bolan nokatlar şular:

a) H_0 nokat ($S=0$), sebäbi $P_{em}=0$ bolanda rotor P_{mh} mehaniki kuwwatyny ösdürip (ulaldyp) bilmeýär.

b) K nokat ($S=1$), sebäbi bu ýagdaýda $n=0$ we netijede $P_{mh}=M\omega\cdot 0$

Şeýlelikde doly mehaniki kuwwatyň çyzygyny gurmak üçin, sinhron işlemäniň we gysga utgaşmanyň nokatlaryndan göni çyzyk geçirmeli.

P_{mh} hasaplanyp başlanmasy H_0K çyzykdan başlanylýar we netijede P_{mh} kuwwatyň çyzygynyň deňlemesi şu görnüşde ýazylýar:

$$P_{mh}=0$$

5-nji çyzgy P_{mh} kuwwat cD kesim bilen P_l we P_{em} kuwwat üçin masştabda kesgitlenilýär. Şeýlelikde

$$P_{mh}=cD\cdot m_p$$

Aýlaw diagramma boýunça ýitgileriň we peýdaly kuwwatyň kesgitlenilişi.

A) Magnitleýji konturyň ýitgileri.

$$P'_0 = m_1 I'^2_{00} r_1 + m_1 I'^2_{00} r_m = const$$

Aýlaw diagrammada (a.d.) bu kuwwat P_l kuwwatyň masşabynda

görkezilen we işiniň hemme ýagdaýlarynda hemişelik bolup galýan GH_0 kesim bilen kesgitlenýär. Diýmek, $GH_0=ag$ 5-nji çyzgy

$$P'_0=ag\cdot m_p$$

B) Misdäki esasy ýitgiler.

G- görnüşli çalşyрма shemadaky shemada setden işçi kontura etilýän kuwwat indikilerden ybarat:

- 1) statoryň sarymynyň misinde esasy ýitgilere sarp edilýän $m_l I'^2_{22} r_l$ kuwwatlar
- 2) rotoryň zynjyrynyň misinde sarp edilýän $m_l I'^2_{22} R'_{/2}$ kuwwatlar
- 3) P_{mh} mehaniki kuwwata öwüriji $m_l I'^2_{22}$

$$R'_2 \frac{1-s}{s} \quad (3.89)$$

kuwwtlar.

5-nji çyzgy aýlaw diagrammada işçi kontura eltilýän kuwwat b kuwwat üçin masşabta $dD=ds+sD$ kesim bilen kesgitlenýär, emma $sD=P_{mh}$, diýmek $ds=m_1 I'^2_2 r_1 + m_1 I'^2_2 R'_2$

W) $P_{mh}+P_g$ mehaniki we goşmaça ýitgiler.

$P_{mh}+P_g$ ýitgileri kesgitlemek üçin, biz ýöredijini boş işe goýberýäris. Bu ýagdaýda işçi konturda I''_{20} tok emele gelýär we işçi konturda ýüze çykýan hemme ýitgileri ýapmak üçin doly alynýan kuwwat rotorda berilýär. Emma I''_{20} köplenç az bolýar. Onda boş işleme kuwwaty şeýle bolar:

$$P_0=P'_0+(P_{mh}+P_g)$$

Aýlaw diagrammada P_0 kuwwatyň we I_0 boş işlemegiň togynyň wektorynyň ýagdaýy **N** nokat bilen kesgitlenýär, bu nokat toklaryň aýlawynda N_0 nokatdan, kuwwatyň masşabynda $P_{mh}+P_g$ ýitgilere laýyk gelýän kesigiň ölçegi aralygyna ýokary ýerleşýär.

Bu ýitgiler gaty uly bolmanlyklary sebäpli, onda **N** nokat N_0 nokat bilen golaý ýanaşyklykda ýatýar (2-nji çyzgy)

G) Peýdaly P_2 mehaniki kuwwatyň çyzygy.

Tizligiň ýüklenmesiniň ulalmagy bilen p hem peselýär, şoňa görä $P_{mh}+P_g$ ýitgiler hem peselýärler. Gysga utgaşmada bu ýitgiler $P_{mh}+P_g=0$. Tizlige baglylykda $P_{mh}+P_g$ ýitgileriň üýtgame häsiýeti diýseň çylşyrymly, emma olaryň uly bolmadyk ululygyny göz önünde tutup, biz gysga utgaşmanyň **K** nokady we boş işlemegiň **N** nokady aralagynda **NK** göni çyzygy geçirip bilýäris we ony ýöredijiň P_2 peýdaly kuwwatynyň çyzygy diýip hasap edip bilýäris, onda $I_1=OD$ tok üçin (2-nji çyzgy) diagrammada şeýle bolýar:

$P_2=\epsilon Dh$ (kuwwatyň masşaby) we $P_{mh}+P_g=P_{mh}-P_2=sD-bD=P_2=\epsilon Dx$ (kuwwatyň masşaby).

Kuwwat koeffisiýenti ($\cos\varphi$), PTK (η), typmany (S) we öte ýüklenme ukyplylygyny (K_m) kesgitlemek.

A. $\cos\varphi$ kesgitlemek.

$\cos\varphi$ kesgitläär ýaly, $I_1=OD$ togyň bu bahasy üçin iň ýönekeýi, ordinat

okda $of=10sm$ kesimi goýmaly we onda diametrdayy ýaly ýarym aýlawy gurmaly. I_1 togyň wektorynyň kesilemesindäki Oh kesim ýa-da onuň Of ýarym aýlaw bilen dowamy, ýöredijiň kuwat koeffisiýentiniň ölçegi bolup durýar, sebäbi:

$$\cos\varphi = \frac{Oh(sm)}{IO} \quad (3.90)$$

B. Ýöredijiň PTK-si (η).

Ýöredijiň PTK-ni aýlaw diagrammadan göni kesgitläp bolýar. 2-nji

sur.

$$P_2=bD; \quad P_1=aD$$

Diýmek, % PTK deňdir:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\% = \frac{bD}{aD} 100\% \quad (3.91)$$

Bu usul anyklygy bilen tapawutlanmaýar, sebäbi bD we aD kesimler ölçenende bolup biljek ýalňyşlyklar PTK ululyklygyna göni girerler.

Has anyk netijeleri PTK-ni grafiki kesgitleniş usuly berýär. Bunuň üçin öňünden $\Sigma p=0$ jemlenen ýitgileriň çyzygyny gurmaly, bu çyzygyň bir nokady, $P_1=0$ we $P_2=0$ çyzyklaryň kesişme L nokady bolup durýar. Onuň ikinji nokadyny, egerde ýöredijiniň misiniň we poladynyň aýry ýitgileriniň çyzyklaryny gursak, alyp bileris. Emma bu ýagdaýda $\Sigma p=0$ çyzyk ordinat oky bilen parallel diýen ýaly geçýäneken. Şol sebäpden ýönekeýleşdirilen aýlaw diagrammada aýry ýitgileriniň çyzyklaryny gurýarlar, emma

doly ýitgileriň çyzygyny L nokatdan ordinat oka parallel geçýärler.

Ýöredijiň PTK-niň şkalasy, getirilen kuwwatyň $P_1=0$ çyzygyna parallel $\Sigma p=0$ we $P_2=0$ çyzyklaryň arasyndan geçirilen göni çyzygy özünden emele getirýär.

Gurulma şeýle bir hasap bilen geçirilýär, mn şkalasy 100 bölekler amatly bölüner ýaly (mysal üçin: 100mm). PTK-ni kesgitlemek üçin DL şöhläni p nokatda PTK-niň şkalasy bilen kesişýänçe dowam ediris we $\underline{mp}=\eta[\%]$ subut ediris. Bu ýerden Lab üç burçlyk Lnm üç burçlyga meňzeş, deň görnüşde LaD üç burçlyk Lnp üç burçlyga meňzeş, diýmek

$$\frac{ab}{aL} = \frac{Ln}{mn} \text{ we } \frac{aL}{aD} = \frac{pn}{Ln} \quad (3.92)$$

Bu iki baglanşyklary biri-birine köpeldip, alýarys:

$$\frac{ab}{aD} = \frac{pn}{mn} \text{ ýa } -da1 - \frac{a\epsilon}{dD} = \frac{pn}{mn} \quad (3.93)$$

bu ýerden

$$\frac{aD-ab}{aD} = \frac{P_2}{P_1} = \eta = \frac{mn-pn}{mn} = \frac{mp}{mn} \quad (3.94)$$

diýmek, prosent (%) gatnaşykda, bolýar:

$$\eta = \frac{mp}{mn} 100\% = mp[\%] \quad (3.95)$$

PTK-niň grafiki kesgitlenşi usuly, otnositel pes PTK-li az kuwwatly ýöredijilerde kanagatlandyryjy netijeleri berýär. Emma oňaça we uly kuwwatly ýöredijilerde bu usul anyk däl netijeleri berýär. Şol sebäpden ýöredijiň PTK-si aýry ýitgileri jemleme usuly boýunça hasaplama ugry kesgitlenilýär.

$$\Sigma p = P_{m1} + P_{m2} + P_c + P_{mx} + P_g \quad (3.96)$$

W. Typmany kesgitlemek.

Iki usul bilen kesgitlenýär.

a) Birinji usul.

$$s = \frac{P_{m2}}{P_M} \text{ ýa } - das = \frac{P_{m2}}{P_{eM}} 100[\%] \quad (3.97)$$

formula görä.

Aýlaw diagrammadan typmany kesgitlemek üçin $P_{m2}=0$ rotoryň sarymyndaky ýitgileriň çyzygyny gurmaly. Ol N_0 nokatda togyň aýlawyna degişýän göni çyzygy özünden emele getirýär (togyň aýlawyna gatnaşykda bu nokadyň ýarym polýary) we netijede ordinat oka parallel (2-nji sur.)

Typma şkalany gurmak üçin, P_{mh} çyzygy we $P_{m2}=0$ çyzygyň aralygyndan qt göni çyzygy geçýäris, ýa-da onuň dowamy bilen P_{em} kuwwatyň çyzygyna parallel, şeýle bir hasap bolen, qt şkalasy amatly 100 bölege bölüner ýaly. Typmany kesgitlemek üçin H_0D şöhläni r nokatda typma şkalasy bilen kesişýänçä dowam etmeli. H_0dc üçburçlyk H_0qt üçburçlygyna meňzeş başga tarapdan H_0qr üçburçlyk H_0Dd üçburçlygyna meňzeş, onda

$$\frac{dc}{H_0d} = \frac{H_0q}{qt} \text{ we } \frac{H_0q}{dD} = \frac{qr}{H_0q} \quad (3.98)$$

Bu deňlikleri biri-birine köpeldip, alýarys

$$\frac{dc}{dD} = \frac{qr}{qt} \text{ ýa } - da \quad dc = p_{m2} \text{ we } dD = p_{em} \quad (3.99)$$

Onda

$$\frac{qr}{qt} = \frac{P_{m2}}{P_{em}} = s$$

Şeýlelikde qr kesim özi bilen typmany prosentde (%) kesgitlenýär.

Goý B, O başlangyçdan geçirilen hemişelik B wektory
şekillendirýän kompleks we jisim sanynyň oky bilen β burçy
düzüji bolsun.

- Togyň aýlawynyň merkezini O_I T nokat bilen birkdirmeli [$s=\pm\infty$]
- Typma şkalany T nokatdan islendik aralykda $O_I T$ çyzyga perpendikulýar geçirmeli.
- $H_O[s=0]$ sinhron işlemegiň nokadyny T nokat bilen birkdirmeli.

H_0T şöhle we typma şkalanyň kesişmesinde soňkyda a nokady alarys, onda $s=0$, we diýmek typma şkalanyň başlangyç nokadyny kesgitleýäris.

- d) $T_{[S=\pm\infty]}$ we $K_{[S=1]}$ nokatlardan, typma şkalany $ab=1$ ýa-da 100 bölýän göni çyzygy geçirmeli, munuň bilen typma şkalada masştab kesgitlenýär.

Egerde togyň wektorynyň ujy D nokat bilen berlen bolsa, onda togyň bu bahasyna gabat gelýän typma DT göni çyzygyň typma şkalasy bilen kesişmesinde emele geler.
D.Ýöredijiň öte ýüklenme ukyplylygy. K_{max}

Ýöredijiň öte ýüklenme ukyplylygynyň gatnaşygyny biz bilýäris:

$$K_m = \frac{M_{\max}}{M_n} \quad (3.100)$$

Aýlaw diagrammadan M_{max} momenti kesgitlemek üçin O_1 togyň aýlawynyň merkezinden elektromagnit kuwwatyň (P_{em}) çyzygyna (2-nji çyzgy) perpendikulýar goýberýäris we ony S nokatda togyň aýlawy bilen kesişýänçe dowam edýäris. $Sl=M_{max}$, diýmek

$$K_m = \frac{M_{\max}}{M_n} = \frac{Sl}{aD} \quad (3.101)$$

S nokady başga usul bilen hem tapyp bolýar. Munuň üçin toklaryň aýlawyna, elektromagnit kuwwatyň (P_{em}) çyzygyna parallel bolan, degişýäni geçirmek

$$K_M = C_m - \frac{I_0 + I_{gu}}{2I_n} \quad (3.102)$$

ýeterlikdir. Ýöredijiň öte ýüklenme ukyplygyny çalt kesgitlemek üçin şu formula gulluk edýär:

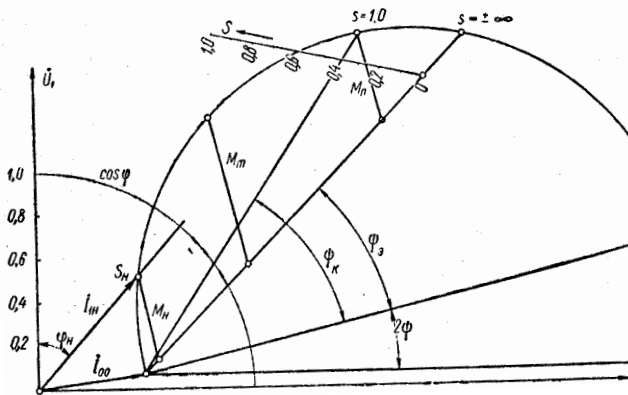
Bu ýerde C_m -ortaça 1,1 bolan, elektrik hemişelik.

Ýönekeýleşdirilen aýlaw diagrammanyň praktiki gurluşy.

Biz asinhron ýöredijiniň ýönekeýleşdirilen aýlaw diagrammasyny üç nokatlar – $H_0(s=0)$, g.u. $K(s=1)$ we $T(s=\pm\infty)$ nokatlar boýunça görüp geçdik. Emma ýörediji synag edilende diňe K nokady gysga utgaşma tejribäniň berilenlerine görä gurup bolar, ýöne H_0 nokady gurmak üçin goşmaça tejribe goýmaly bolýar (mysal üçin: ýitgileri bölmek tejribesi), muny bolsa hemişe amala aşyryp bolmaýar, T bolsa tejribeden alyp bolmaýar.

Aýlaw diagrammanyň gurluşyny ýöredijiň tejribesiniň praktiki şertlerine golaýlatma maksady bilen, toklaryň aýlawyny diňe iki nokatlar boýunça –boş işleme H nokady we gysga utgaşma K gurýarlar, H_0 nokat H nokat bilen gabat geler diýip, sebäbi H_0 we H biri-biri bilen golaý ýanaşyklykda ýerleşýärler.

Bu şertlerde ýönekeýleşdirilen aýlaw diagrammanyň gurluşy indiki görnüşde ýerine ýetirilýär.



3.19-njy çyzgy. Anyklanan aýlaw diagrammasy.

Ýönekeýleşdirilen aýlaw diagrammanyň boş işleme we gysga utgaşma nokatlary boýunça gurluşy.

- a) Boş işleme we gysga utgaşma tejribeleriniň berilenlerine görä H we K nokatlary gurýarys:
- b) H nokatdan abssisa oka parallel göni çyzygy giçirýäris we onda, ýönekeý ugur bilen gurlan (MO çyzyk), O toklaryň aýlawynyň merkezini ýerleşdirýäris, bu bize HKT toklaryň aýlawyny gurmaga mümkinçilik berýär;
- c) abssisa oky öňküsi ýaly $P_1=0$ çyzyk bolup durýar;
- d) HC aýlawynyň diametri b.u. hemişelik ýitgileriň çyzygy bolup durýar, hakykatda boş işleme we gysga utgaşma geçilende p_{mh} we p_g ýitgiler ýuwaş – ýuwaşdan nola çenli peselýärler, emma polatdaky ýitgiler rotoryň polatyndaky ýitgileriň hasabyna ulalýarlar. Şeýlelikde ýitgileriň bölekleyin özarakompensasiýasy bolup geçýär we şonuň esasynda hasaplap bolýar:

$$GH=K_1K_3=P_0=const$$

- e) HK çyzyk $P_2=0$ çyzygy bolup durýar: P_{mh} çyzygy P_2 çyzyk bilen gabat gelýärler, sebäbi P_m+P_g ýitgiler eýäm P_0 kuwwatda hasaba alnan;
- f) $P_{em}=0$ çyzygy gurmak üçin g.u. tejribäniň berlenleri ulanylýarlar. Hakykatdan-da $P_{emk}+K_1K$ g.u. kuwwaty $P_0=K_1K_3$, $m_1I_k^2r_1=K_3K_2$ we $m_1I_k^2R_2=K_2K$ kuwwatlardan ybarat bolup durýar. Gysga utgaşmada rotora geçirilýän P_{emk} kuwwatyň hemmesi onuň sarymyndaky ýitgilere doly sarp edilýändigini biz bilýäris (sebäbi rotorda başga ýitgiler ýok), emma $P_2=0$, diýmek $K_2K=P_{emk}$. Şeýlelikde K₂ nokat P_{em} çyzyga degişli. H nokat ikinji nokat bolup durýar. H we K_2 nokatlardan göni çyzygy geçirip we ony toklaryň aýlawy bilen kesişýänçä dowam edip T nokady $S=\pm\infty$ üçin alarys we şonuň bilen bilelikde $P_{em}=0$ kuwwatyň çyzygyny gurarys. $K_3K_2=m_1I_k^2r_1$ we $K_3K=m_1I_{gu}^2(r_1+R_2)=m_1I_{gu}^2r_k$ bolsa, onda K nokady

$$\frac{K_3 K_2}{K_3 K} = \frac{r_1}{r_{gu}} \quad (3.103)$$

- gatnaşygy boýunça gurup bolar;
- g) galan gurulmalar (2-nji çyzgy) diagrammada ýaly geçirilýärler, peýdaly täsit koeffisiýenti we typma şkalary gurman hem bolýar, sebäbi bu ululyklary hasaplama ugry bilen kesgitlemek aňsat.

3.12. Anyklanan aýlaw diagramma. M.P.Kostenko

Az kuwwatly ýöredijilerde ilkinji we ikilenji konturlaryň görkezijilerine gatnaşyklykda hiç-hili düzetmesiz daşgy gysgaçlara magnitleýji kontury çykarmaklyk bildirýän anyksyzlyga getirýär, esasan $\cos\phi$ gatnaşykda şeýle hasap edýäris

$$\delta_1 = 1 + \frac{Z_1}{Z_m} = 1 + \frac{X_1}{X_m} = \delta_1 \quad (3.104)$$

Bu G-görnüşli shemanyň doly analizi, toklaryň aýlawynyň O_I merkezi ýerleşen HC (takygy H_0C) çyzyk bu ýagdaýda wektorlaryň aýlanma ugry boýunça α burça öwrülýändigini görkezýär, bu ýerde

$$\operatorname{tg} \alpha = 2 \frac{r_1}{\delta_1 x_m} = 2 \frac{I_O r_1}{I_O \delta_1 x_m} = 2 \frac{I_O r_1}{U_{1\phi}} \quad (3.105)$$

Bu formula anklamanyň diňe az kuwwatly ýöredijilerde gerekliliginiň sebäbini görkezýär, olarda I_0 we r_1 garşylyk ýokary kuwwatly ýöredijileriňkiden gatnaşyklykda ep-esli uly.

Anyklanan aýlaw diagramma, ýönekeýleşdirilendäki ýaly H we K boş işleme we gysga utgaşma nokatlar boýunça gurulýar. H nokadan abssisa oka parallel göni çyzygy geçirýäris we ony α burça öwürýäris. HK göni çyzygyň ortasyny perpendikulýary dikeldip, togyň aýlawynyň O_2 merkezini taparys. Anyklanan diagrammada toklaryň aýlawynyň diametri

$$\frac{U_1}{\delta_1 x_1 + \delta_1^2 x_2^1}$$

Bolýandygyny, ýönekeýleşdirilende bolsa

$$\frac{U_1}{x_1 + x_2'} \quad (3.107)$$

deňdigini, ýagny birneme ulurakdygyny bellemek gerek. P_{em} we P_2 kuwwat çyzyklary 2-nji çyzygy. diagrammadaky ýaly gurulýarlar. Egerde $D-I_1$ tok wektoryň soňy bolsa, onda $Da=P_1$, kuwwatyň masşabynda. B.i. ýitgileri $P_0=H\delta=ag^l=const$. P_{em} , P_2 kuwwatlary we P_{m1} we P_{m2} ýitgileri kesgitlemek üçin D nokatdan täze diametriň ugrunda Dd perpendikulýary geçirýäris we b, d, g nokatlary b' , d' we g' nokatlara Da perpendikylýarda geçirýäris. Onda ilkinji P_1 kuwwatyň masşabynda bolýar:

$$P_{em}=d' D; P_2=b' D; \quad (3.108)$$

$$P'_{m1}=g' d; P_{m2}=d' b' \quad (3.109)$$

Anyklanan aýlawdiagramma galan zatlarda ýönekeýleşdirilenden tapawutlanmaýar.

usullary, doly däl ýüklenme astynda ýa-da boş işlemede dwigateliň işe goýberilmesi mümkin bolanda ulanylýarlar. Peseldilen güýjenmede işe goýbermegiň zerurlygy köplenç kuwwatly ýokarywoltly dwigatelleriň ýagdaýynda gabat gelýärler.

Reaktor arkaly işe goýberme.

Ilki bilen B_1 öçüriji birleşdirilýär we dwigatel P üçfazly reaktordan (reaktiw ýa-da indukiw tegeklerden) iýmittenme alýar, onuň X_p garşylygy işe goýberme togyň ululygyny çäklendirýär. Aýlanmanyň adaty tizligine ýetilende B_2 öçüriji birleşdirilýär, ol bolsa reaktory şutlaýar, munuň netijesinde dwigatele setiň adaty güýjemesi berilýär.

Egerde dwigateliň gysga utgaşmasynyň düzüji garşylyklary r_k we x_k bolsa, onda göni işe goýbermede başlangyç işe goýberme togy

$$I_{gig} \frac{U_n}{\sqrt{r_{gu}^2 + x_{gu}^2}} \quad (3.110)$$

reaktor arkaly işe goýbermede, reaktoryň aktiw garşylygyny hasaba almasak

$$I_{rig} \frac{U_n}{\sqrt{r_{gu}^2 + (x_{gu} + x_{p2})^2}} \quad (3.111)$$

Diýmek, reaktor arkaly işe goýbermede başlangyç işe goýberme tok

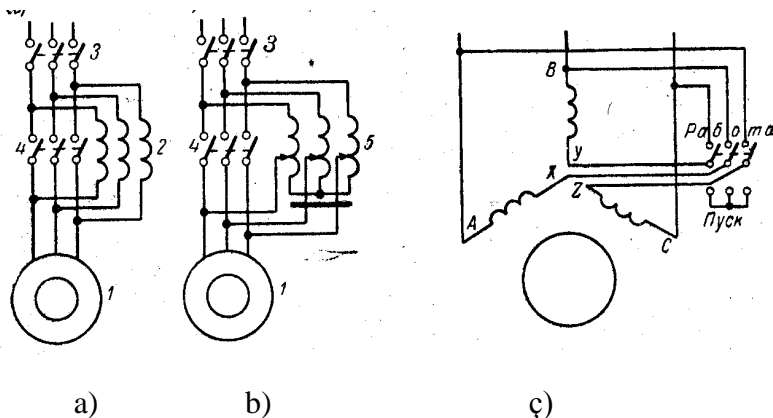
$$\frac{I_{gig}}{I_{rig}} = \sqrt{\frac{r_{gu}^2 + (x_{gu} + x_{p2})^2}{r_{gu}^2 + x_{gu}^2}}; \quad = \sqrt{3}esse \quad (3.112)$$

esse peselýär.

Getirilen gatnaşyklarda işe goýberme togyň ululygynyň üýtgemeginde x_k ululygyň üýtgemegi hasaba alynmaýar. Gerek bolanda bu üýtgemegi hasaba almak kyn däl.

Awtotransformatorly işe goýberme

Ilki bilen B_1 we B_2 öçürijiler birleşdirilýärler, we dwigatele AT awtotransformatordan peseldilen güýjenme berilýär. Dwigatel belli bir tizlige ýetenden soň, B_2 öçüriji öçürilýär, we dwigatel AT awtotransformatoryň sarymynyň böleginden iýmitleme alýar, ol bu ýagdaýda reaktor ýaly işleýär. Ahyr B_3 öçüriji birleşdirilýär, munuň netijesinde dwigatel doly güýjenme alýar. İşe goýberme AT-nyň, birleşdirmäniň ters shemasynda 45, 36, 27% we birleşdirmäniň göni shemasynda ilkinjiden 73, 64, 55% deň ikilenji güýjenmäniň ululyklaryna laýyk gelýän şahalanmalary bar bolmaly.



3.21-nji çyzgy. Asinhron dwigateliň işe goýberilişi:

a) reaktorly, b) awtomatransformatorly, c) ýıldazdan üçburça.

Egerde işe goýberme AT dwigateliň işe goýberme güýjenmesini $K_{aT} (\sqrt{3})$ esse peseldýän bolsa, onda dwigatelde ýa-da awtotransformatoryň HH tarapynda I_{urg} . İşe goýberme

tok hem $K_{aT} (\sqrt{3})$ esse peselýär, emma AT-nyň BH tarapynda I_{igs} iše goýberme tok ýa-da setde $K_{aT} (3)$ esse peselýär. Dwigateliň gysgyçlaryndaky güýjenmä göni baglanşykly (proporsional) M_{ig} . Işe goýberme moment hem $K_{aT}^2 (3)$ esse peselýär. Şeýlelikde AT iše goýbermede M_{ig} we I_{igs} bir meňzeş san esse peselýärler. Şol wagtyň içinde reaktor arkaly iše goýbermede dwigateliň I_{igs} iše goýberme togy bolup durýar we iše goýberme M_{ig} moment iše goýberme tokdan has çalt peselýär (K^2 gatnaşykda). Şol sebäpden AT iše goýbermesinde I_{igs} birmeňzeş ululyklarynda iše goýberiş momenti uly bolar.

Ýyldyzdan - üçburçla birikdirmede asinhron maşyny iše goýberme

Statoryň sarymy üçburçlyga birikdirilmesi bilen dwigatel adaty işlände we statoryň çykarylýan ýagdaýlarynda ulanylyp biliner, mysal üçin, haçanda dwigatel 380/220w sarymlaryň Y/Δ birikdirilmesi bilen 220w setden işlände. Bu ýagdaýda iše goýbermede statoryň sarymy Y birleşdirilýär, emma adaty aýlanma tizligine ýetende Δ geçýär. Şeýle iše goýbermede göni iše goýberme bilen deňeşdirende sarymyny Δ birikdirilende sarymlaryň fazalarynyň güýjenmesi $\sqrt{3}$ esse peselýär, iše goýberme moment ($\sqrt{3}^2=3$ esse) peselýär, sarymnyň fazalarynda iše goýberme tok $\sqrt{3}$ esse peselýär, setde $\sqrt{3} \cdot \sqrt{3}=3$ esse.

Şeýlelikde seredilip geçilýän iše goýberme usuly awtotransformator iše goýbermesine $K_{ag.} = \sqrt{3}$ deň bahaly.

3.13. Asinhron dwigatelleriň tehniki berlenleri

Asinhron dwigateller harp alamatlandyrmalar bilen başlanýarlar.

A (g.u.r.-ly) we AK (fazaly rotorly) –asinhron dwigatel gorawlanan ýerine ýetirilmede, AO (g.u.r.-ly) –ýapyk şemalladylýan (howalandyrylýan) ýerine ýetirilmede.

50-nji ýyllara çenli asinhron dwigatelleriň A seriýalary çykaýjylary 50-nji ýyllaryň ahyrynda A2-A02, AK2 seriýalary çykarylýp başlanyldy.

4A seriýasy 60-njy ýyllaryň ahyrynda işlenildi.

Umumy ulanmagyň EM-larynyň esasy seriýalary az, orta we uly kuwwatly Mikromaşynlar.

mikromaşynlar- Wt böleklerinden 500Wt çenli.

kuwwatly dwigateller- 0,5-den 10 kWt çenli

orta kuwwatly dwigateller- 10-dan 1000 kWt çenli

uly kuwwatly dwigateller- 1000 kWt –dan ýokary.

A-AO Ölçegleri (1-3) – Wt bölekleriden 0,6 kWt çenli

AK (3-9)-0,6-dan 100 kWt çenli

(10-13) – 100-den 1000 kWt çenli

(14-18) – 1000 kWt-dan ýokary

50-nji ýyllaryň ahyryna çenli şu ölçeglerde çykarylýardylar

A2-AO2, AK2-0,6-dan 100 kWt çenli

(1-9 ölçegleri)

100-den 1000 kWt çenli (10-15)

Ýeketäk seriýanyň AED-niň görnüşleriniň alamatlandyryşlary.

A2-52-4 –Asinhron dwigatel –seriýa nomeri 2, 5-nji ölçeg, 2-nji uzynlyk,

özenli (serdeçnikli) ýerine ýetirilmeli, 4-polýuslaryň sany.

A02-51-2 – AD ýapyk şemallanylýan (howalandyrylýan) ýerine ýetirilmede, 2-nji seriýa, 5-nji ölçeg, statoryň özeneniň (serdeçniginiň) 1-nji uzynlygy.

AOL2-31-4

Güýjenmeler 220/380, 380, 500, 3000 we 6000 W

A, AZ, AP, AK, AKZ, AO (DAZO) seriýalar 3 fazaly AED-niň kuwwaty 160-1000 kWt (12-13 ölçegli).

AZ-12-32-4 – (AED g.u.r.-ly ýapyk ýerine ýetirilmede, mejbury

wentilýasiýaly, arassa howaly, 12-nji ölçeg, 32 sm. uzynlygy

statoryň özeni (serdeçnigi), 4 polýus).

AP-artykmaç basyş astynda howa geçiriji partlamagorawlaýjyly.

AO (DAZO köne alamatlandyrylşy) tozanly jaýlarda işlemek üçin.

Gyzgyna çydamlygynyň klasy boýunça dwigatelleriň izolýasiýasy aýlanma okynyň beýiklikleri bilen dwigateller ýerine ýetirilýärler:

56-63 – E klasy üçin- 120°C

71-132 – B -"- - 130°C

160-355- F -"- - 155°C

H – 180°C

C – 180°C ýokary

Y – 90°C

A – 105°C

17494-72 GOST boýunça dwigateller daşymyzy gurşap alýan sredanyň täsirlerinden goramak derejesi boýunça iki görnüşde taýarlanýarlar: gorawlanan [IP 23] we ýapyk howalandyrmaly [IP 44] 1978ý. bäri AD 0,06-dan 400 kWt çenli, 500-3000 aýl./min. aýlaw ýyglygynda, 4A seriýalar çykarylýarlar.

Dwigatelleriň görnüşleriniň alamatlandyrmalary: (rasşifrowka).

4 - seriýanyň tertip nomeri.

A – dwigateliň görnüşiniň atlandyrymly – asinhron.

H – gorawlanan ýerine ýwetirilmede dwigateliň alamatlandyrylmasy.

A – alýuminden germewler (şşity) we stanina.

X – alýuminden stanina we çoýudan germew

50-355 – rotoryň aýlanma okynyň beýikligi.

S, L, M - tenesiniň (korpussyň) ukyplygy boýunça bellenilýän ölçegler.

A, B – magnitoprowodyň uzynlygynyň alamatlandyrmalary (A- birinji uzynlyk, B-ikinji) (magnitoprowodyň uzynlygynyň alamatlandyrmasy, haçanda bir bellenen ölçegde tenesiniň (korpussyň) uzynlygy boýunça iki kuwwat göz önünde tutulan ýagdaýynda berilýär).

2, 4, 6, 8, 10, 12 – polýuslaryň sany

Y – dwigatelleriň howa ýerine ýetirilişi.

1, 2, 3 – ýerleşme kategoriýasy

4AAA2Y3 –

4AH71B2Y3 –

Goraw derejesi

IP22-IP23 – gorawlanan (açyk)

IP43 – IP44 – ýapyk howalandyrylýan.

Kuwwatlaryň şkalasy: 0,06; 0,09; 0,12; 0,18; 0,25; 0,37; 0,55; 0,75; 1,1; 1,5; 2,2; 3,0; 4,0; 5,5; 7,5; 11,0; 15,0; 18,5; 22; 30; 37; 45; 55; 75; 90; 110; 132; 160; 200; 250; 315; 400;

MEK (HEK) (halkara elektrotehniki komissiýa)

Aýlanma oklaryň beýiklikleriniň şkalasy: 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 132; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 315; 355;

0,12-den 0,37 kWt çenli –220/380W Δ/λ

0,55-den 110 kWt çenli –220/380, 380/660W Δ/Y , ∇/λ

132-den 400 kWt çenli – 380/660W, Δ/λ

Ýörite: tropiki, himçydamly, çyga doňma çydamly 60Gs ýygylyga we başg. (12-15 ölçeg) Kuwwat: 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000

1250 kWt – 6000W aýlawlar 500-3000 aýl/min.

AZ, AKZ, AO2, AOK2

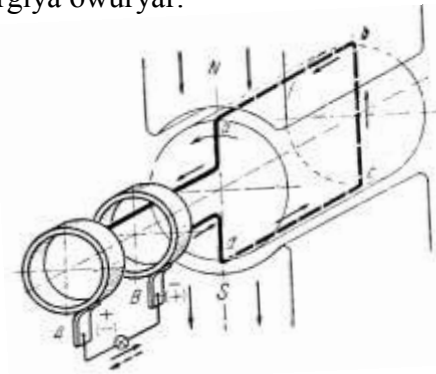
(14-18 ölçeg) AH we AKM 200 den 2000 kWt çenli, 250-1000 aýl/min –6000 W.

D Ö R D Ü N J I B A P

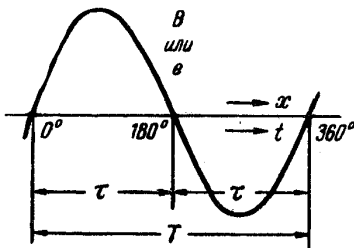
HEMIŞELIK TOGUŇ GENERATORLARY

4.1. Hemişelik toguň kollektor maşynlary

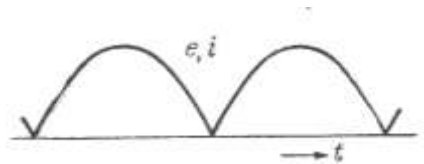
Kollektor maşynda üýtgeýän togy hemişelik öwürmek prosessi çözmek üçiz, ilki bilen üýtgeýän toguň iň ýönekeý maşynynyň işini göreliň. Ol generatoryň ýagdaýyna işleýär diýip hasap edeliň, ýagny haýsydyr bir mehaniki dwigatel bilen aýlanma getirilýärler we oňa eltilýän mehaniki energiýany elektrik energiýa öwürýär.



4. 1-nji çyzgy. Üýtgeýän toguň maşynynyň iş çatgysy.



4.2-nji çyzgy. Induksiýanyň ýa-da EHG-niň sinusoidasy.

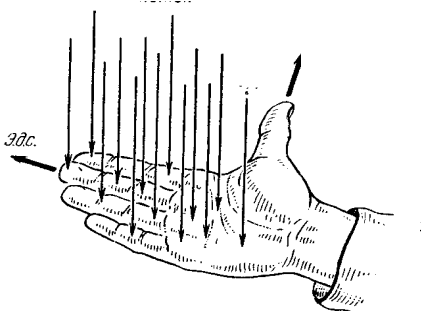


4.3-nji çyzgy. Göneldilen EHG we tok.

Bu ýerde $N - S$ – giňşlikde bolşy ýaly wagtda hem hemişelik magnit akymy döredýän, giňşlikdäki iki sany polýuslar, olaryň göni çyzyklary umumy düzgün boýunça demirgazyk N polýusdan günorta S polýusa gönükdirilen. Giňşlikde polýuslaryň aralygynda polat özen (serdeçnik) aýlanýar, onuň üstünde diametr tekizlikde abcd sarym ýerleşdirilen. Sarymyň uçlary oka oturdylar we netijede sargynyňky ýaly şol bir burç tizlik bilen aýlanýan iki sany (A we B) halkara birikdirilen. Elektroenergiýanyň priýomniginden ybarat bolan daşky zynjyr birikdirilen çotgalar halkanyň üstüne goýulan (1-nji a) sur.)

Ýakora berlen ugurda, sagat diliniň aýlanmasynda garşy, hemişelik tizlik bilen aýlanma getireris. Görülip geçilýän wagtyň pursadynda EHG sag el düzgüni boýunça ýokarky proudnikde b -den a tarapa gönükdirilen, aşakgyda – d -den c tarapa, onda elektromagnit induksiýa (Faradeý) kanuny boýunça ýakoryň aýlanmasynda proudnikde döredilýän EHG-niň pursatdaky bahasy $\mathcal{E} = Blv$ (1) formula boýunça kesgitlenýär, l we v ululyklar berilenlikleri sebäpli, onda (1) şeýle ýazyp bolar $\mathcal{E} = \text{const} \cdot B$ (1a)

Şeýlelikde, seredilip geçilýän şertlerde wagta görä baglylykda proudnikdaky EHG-niň üýtgeме häsiýeti bütinleýin polýus astynda magnit-induksiýanyň dargaýyş häsiýeti bilen kesgitlenýär.



4.4-nji çyzgy. Sag elni düzgüni.

N we S polýuslaryň aralygynda ortasyndan ýakoryň merkezinden geçýän göni çyzygy geometrik neýtral diýip, bir polýusa laýyk gelýän τ ýakoryň aýlawynyň bölegine bolsa polýus bölünmesi diýip atlandyrmaga şertlemeliň.

Maşynyň generator bilen işlemeginde geçirijilerdäki toguň işlemeginde geçirijilerdäki toguň ugry EHG-niň ugry bilen gabat geler.

Şoňa görä daşgy zynjyrdaky tok A halkadan 1 (+) çotganyň üsti bilen daşky zynjyra akýar, soňra bolsa 2 (-) çotga we B halka gaýdyp gelýär. Sarym 180^0 öwürlende ab we cd geçirijiler ýerlerini çalşarlar, şoňa laýyklykda 1 we 2 çotgalardaky potensialyň belgisi we geçirijilerdäki we daşky zynjyrlardaky toguň ugry üýtgär.

Şeýlelikde ab geçirijide, ýakoryň bir aýlanmagynda iki gezek öz ugryny üýtgedýän, wagtda üýtgeýän EHG döreýär. EHG-niň doly bir üýtgemesi bolup geçýän T wagta EHG-niň döwürü diýilýär. Bir sekundaky döwürleriň sanyna ýyglyk diýilýär (Gs). Umumy ýagdaýda, maşynda polýuslaryň p jübütleri bar bolanda, döredilýän EHG-niň ýyglygy p göni baglansyka ýokarlanýar, ýagny

$$f=pn \quad (4.1)$$

bu ýerde n -aýl/sek. sany bilen ölçenýän aýlanma tizligi.

Minutda n aýlawly sarymyň aýlanma tizliginde sarymda EHG-niň ýyglygy

$$f = \frac{pn}{60} 2(a) \quad (4.2)$$

Üýtgeýän togy göneltmek üçin, ýagny, bir ugurdaky daşky zynjyrdaky togy almak üçin, okda (walda) ýörite geçiriji – kollektor gurnalýar (1b çyzygy, ýöne halkalaryň ýerine kollektorlar), sarymdaky döreýän EHG çotganyň bir tagtaçadan beýlekä geçen pursady nola deň bolar ýaly.

Bu ýagdaýda ab-cd sarymda, öňküsi ýaly üýtgeýän EHG dörrär, emma çotgalaryň her birisi diňe berlen polýarlygyň polýusy astynda bolan kollektor togtaça we şoňa laýyklykda şeýle geçirijiler bilen galtaşarlar.

Şeýlelikde, mysal üçin, wagt pursadynda (momentinde), (1b sur.) 1 çotga A tagtaça bilen galtaşýar we (+) potensialy bar, sebäbi oňa (N) demirgazyk polýus astynda ýerleşýän ab geçirijiden EHG eltilýär. Sarym 180^0 öwrülende 1 çotga B tagtaça bilen galtaşar, emma öňküsi ýaly (+) potensialy bar bolar, sebäbi oňa demirgazyk polýus astynda ab geçirijini çalşyran cd geçirijiden EHG eltiler. Şol bir sebäpden hem 2 çotga hemişe (-) potensialy bolýar.

Şeýlelikde ab-cd kontur boýunça öňküsi ýaly üýtgeýän tok akmagyny dowam edýär, emma zynjyryň daşky bölümi boýunça tok diňe bir ugurda akýar, takyk aýdamyzda (+) 1 çotgadan (-) 2 çotga, ýagny abcd sarymda akýan üýtgeýän toguň, zynjyryň daşky bölümi boýunça akýan titreýji toga gönelmegi bolup geçýär (3-nji sur.). Şeýle tok her döwürde (periotda) iki gezek nola deň bolýar. Toguň titremegini ýazmak üçin özende (serdeçnikde) onuň aýlawynda endigan paýlanan birnäçe sarymlary ýerleşdirmek we şoňa laýyklykda kollektor togtaçalaryň sanyny köpeltmek zerur.

Hemişelik toguň maşynynyň gurluşynyň esasy bölümleri (elementleri).

Hemişelik toguň maşyny iki sany esasy böleklerden ybarat:

- 1) gozganmaýan bölekden, esasan magnit akymy döretmek üçin niýetlenen.
- 2) aýlanýan bölekden, ýakordan, onda mehanik energiýanyň elektrik energiýa öwrülmesi (elektrik generator) ýa-da tersine elektrik energiýanyň mehanik energiýa (elektrik dwigatel) öwrülme prosessi bolup geçýär.

Gozganmaýan we aýlanýan bölekler biri-birinden aralyk bilen bölünýärler.

1. Boş işlemede hemişelik toguň maşynynyň magnit zynjyry. Magnit zynjyry diýip magnit akymyň ýoly paýlanan, ýapyk ýola aýdylýar.

Magnit zynjyryň hasaplamasynyň esasynda doly toguň kanuny goýulan

$$\Sigma H \Delta \ell = \Sigma I \omega \quad (4.3)$$

ýagny H magnit meýdanyň dartgynlylygynyň (m.m.d.) we meýdanyň şol dartgynlylygy bilen $\Delta \ell$ bölegiň uzynlygynyň köpeltme jemi magnit ýörediji güýje (m.ý.g.) deň $F = \Sigma i \omega$

Deňligiň iki böleklerindede jemleme görülip geçilýän ýapyk ýol boýunça amala aşyrylýar.

Egerde saýlanyp alynan ýoly iki sany l_1 we l_2 uzynlykly böleklere, ol böleklerde H_1 we H_2 m.m.d. hemişelikler saklanar ýaly bölüp bolsa, onda doly toguň kanuny esasynda

$$H_1 l_1 + H_2 l_2 = F \quad \text{ýa-da} \quad F_1 + F_2 = F \quad (4.4)$$

onda bir bölek üçin

$$F_1 = H_1 l_1 \quad \text{ýa-da} \quad F_1 = \frac{\beta_1}{\mu} l_1 \quad (4.5)$$

bu ýerde β_1 – seredilip geçilýän bölekdäki magnit induksiýasy
 μ – bölegiň materialynyň magnit siňijiligi.

Magnit akymy şeýle kesgitlenýär:

$$\Phi = B \cdot S$$

bu ýerde S – seredilip geçilýän bölegiň seçeniýasi

Onda (2-3) deňlemäni şeýle ýazyp bileris:

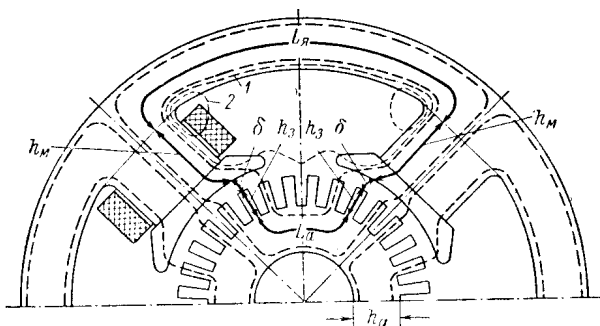
$$F_1 = \Phi \frac{l_1}{\mu_1 S_1} \quad \text{ýa-da} \quad \Phi = F_1 \frac{\mu_1 S_1}{l_1} I_1 \omega_1 \cdot \Lambda_1 \quad (4.6)$$

bu ýerde

$$\Lambda_1 = \frac{\mu_1 S_1}{l_1} \quad (4.7)$$

- magnit geçirjilik
2-1 çyzgyda maşynyň kese kesiminde baş polýuslaryň oýandyрма sarymy bilen emele getirilýän magnit akymyň ýollary görekezilen.

Polýusyň bütin Φ_{Π} akymy iki deň bolmadyk böleklerden ybarat. Olaryň biri, ulusy ýakordaky aralykdan geçýär we gapdaldaky polýuslara tarap ugraýan iki sany böleklere bölünýär. Magnit akymyň bu bölegi Φ_0 esasy magnit akym diýip atlandyrylýar.



4.6-njy çyzgy. Hemişelik toguň maşynlarynyň esasy polýuslarynyň magnit zynjyry.

Ikinji kiçi bölegi – Φ_0 dargama akymy – ýakordan başga hem polýuslaryň aralygynda oýandyрма tegeklereň daşynda utgaşýar.

$$\Phi_{\Pi} = \Phi_0 + \Phi_0 = \Phi_0 \left(1 + \frac{\Phi_0}{\Phi_0}\right) = \Phi_0 K_0 \quad (4.8)$$

bu ýerde

$$K_O = 1 + \frac{\Phi_O}{\Phi_0} - \quad (4.9)$$

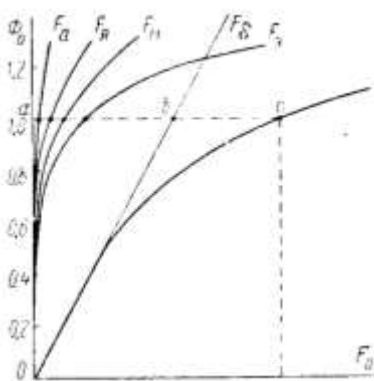
- esasy polýuslaryň (1, 12÷1,25) dargama koeffisiýenti
Esasy magnit akymyň ýollary geçýän ýol maşynyň magnit zynjyryny emele getirýär. Bütin ýol böleklere bölünýär (aralyk, dişli gatlak, ýakoryň aekasy, ýarmonyň we polýusyň özeni (serdeçnigi)).

$$F_0 = F_\delta + F_3 + F_a + F_n + F_\pi = 2H_\delta + 2H_3h_3 + H_aL_a + 2H_nh_n + H_\pi L_\pi$$

$$B = \mu H \quad (4.10)$$

$$K_\mu = \frac{F_0}{F_\mu} = \frac{ac}{ab} \quad (4.11)$$

- goýma koeffisiýenti
 $K_\mu = 1,1 \div 1,35$

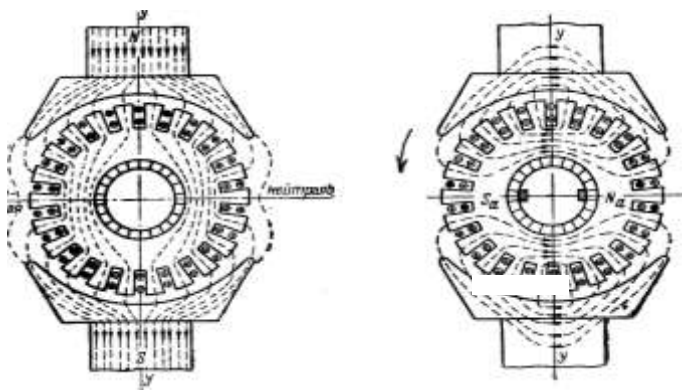


2.7-nji çyzgy. Maşynyň magnitlenme egrisi.

4.2. Ýakoryň reaksiýasy.Kommutasiýa

Boş işleme ýagdaýynda hemişelik toguň maşyny işlände ýakoryň sargysyndaky tok umuman ýok we onda esasy (Φ_0) akymy emele getirýän diňe (F_0) esasy polýuslaryň m.ý.g. bar. Egerde maşyny ýükleseň, onda ýakoryň sarymynda esasy m.ý.g. bilen özara baglanyşýan (F_a) ýakoryň m.ý.g.-ni emele getirýän tok ýüze çykýar.

Ýakoryň m.ý.g.-niň esasy m.ý.g. bolan täsirine ýakoryň reaksiýasy diýilýär.



4.8-nji çyzgy. Esasy meýdan
Boş işlemede m.ý.g.

4.9-njy çyzgy. Ýakoryň
meýdany ýakoryň m.ý.g.

Biz, ýakoryň m.ý.g.-niň iň uly bahasy çotgalaryň ýolunda (1, b egri) bolýandygyny, emma polýuslaryň oky boýunça ýakoryň m.ý.g nola deňdigini görýäris.

Ýakoryň F_a m.ý.g. ululygy polýuslaryň τ bölünmesinde ýakoryň sargysyndaky geçirijileriň sany bilen we bu geçirijileriň i_a togynyň ululygy bilen kesgitlenýär.

$$\tau = \frac{\pi D}{2P} \quad (4.12)$$

$$F_a = \frac{N_{ia}}{\pi D a} \tau \quad \text{ýa} - da \quad F_a = A \cdot \tau \quad (4.13)$$

bu ýerde

$$A = \frac{N_{ia}}{\pi D a} \quad (4.14)$$

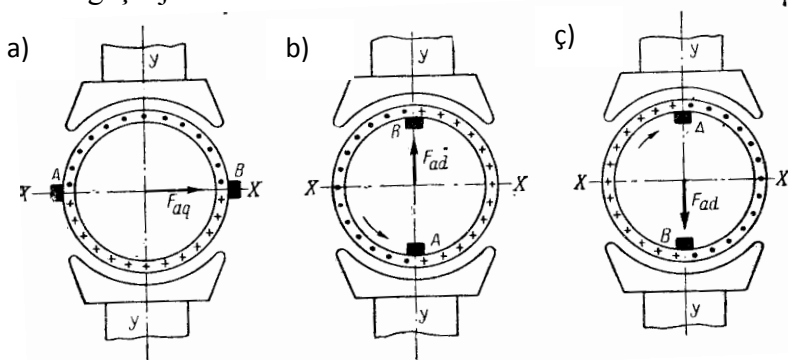
- ýakoryň ýol ýüklenmesi

$$\frac{N}{\pi D a} \quad (4.15)$$

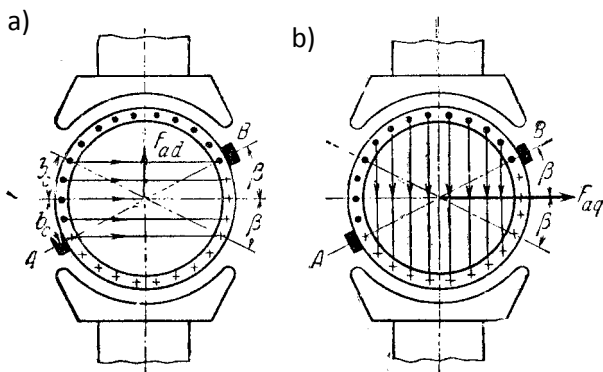
- ýakoryň aýlawynyň boý birligine bolan sarymyň geçirijileriniň sany

$$i_a = \frac{I a}{2 a} \quad (4.16)$$

- parallel şahanyň togyna deň bolan ýakoryň sarymynyň geçirijilerindäki tok.



4.10-njy çyzgy. Ýakoryň reaksiýasy, MHG -nyň keseligine we ugruna.



4.11-nji çyzgy. Şýotkalary neýtraldan üýtgedilende
MHG -nyň keseligine we ugruna.

Ýakoryň kese we dik m.ý.g.

Kese $F_{aq}=F_a=A \cdot \tau$

Dik $F_{ad}=F_a=A \cdot \tau$

Γ_H bilen çotganyň süýşmeginde

$F_{ad}=2A \cdot bc$

we $F_{aq}=A(\tau-2bc)$

Egerde çotgalar boş işlemegiň bilen ýolunda dursalar, onda ýakoryň meýdany 90^0 burç astynda ugrukdyrylan, ýagny kese diýilýän $Y-Y$ esasy polýuslaryň ok ýolunda kese.

4.3. Generatorda ýakoryň reaksiýasy

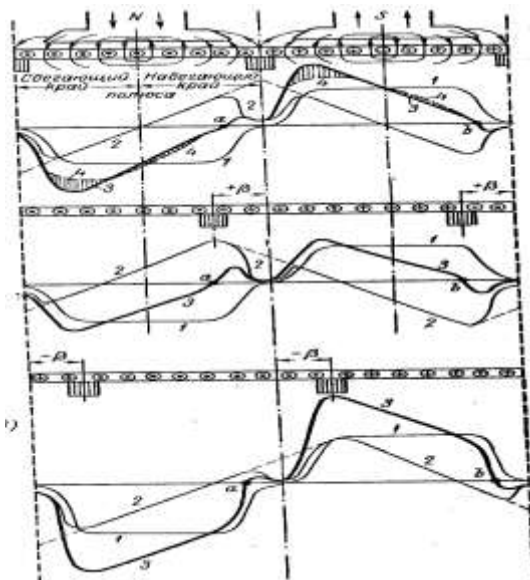
Aýdalyň, maşyn generator ýagdaýda işleýär.

1. Çotgalar g.n.-da durýarlar we magnit zynjyryň garşylygy ýüklenmä bagly däl. ($\mu=\text{const}$) (a. sur.)

Ýakoryň meýdanynyň ýolunuň ugruny adaty usul bilen kesgitläp, biz, polýuslaryň düýplenýän gýralarynda ýakoryň meýdany gabatlaýyn hereket edýändigini, ýagny esasy meýdana görä magnitsizleýändigini, emma polýusyň

ýygnanýan gýralarynda- ylalaşykdygyny, ýagny magnitlenýändigini görýäris.

- 1- esasy meýdan($B\tau$)
- 2- m.ý.g. (F_a)
- 3- ýakoryň meýdany (B_a)
- 4- meýdany netijeýji (B) şeýlelikde, gn. ýoly boýunça oturdylan çotgalarda doýgun däl magnit zynjyrlý maşynda ýakoryň kese reaksiýasy esasy meýdany ýoýar, emma ululygy boýunça ony üýtgetmeýär. (4 - egrí) a we b – netijeýji meýdanyň egrisi noldan geçýän fiziki neýtraly kesgitleýär.



4.12-nji çyzgy. Generatoryň ýakor reaksiýasy.

- 1) Çotgalar g.n-da durýarlar, emma magnit zynjyryň garşylygy ýüklenmä bagly ($\mu \neq \text{const}$).

Maşynyň doýgun magnit zynjyry ýagdaýynda meýdanyň düzüjilerini

goşmak ugry bilen meýdanyň netijeleýjilerini eýýäm alyp bolmaýar, sebäbi magnit zynjyryň doýgun bölekleriniň magnit garşylygy, ýagny polýuslaryň ýygnaýan gýralarynyň (sur. a. [5] egri), polýusyň düýrlenýän gýralary astynda onuň peselmesine görä has ýokary ösýär. şeýlelikde, bu ýerde doýgun magnit zynjyrlý maşynda ýakoryň magnitsizleýji kese reaksiýasy hereket edýär. (meýdanyň ýoýulmasyndan başga).

2) Çotgalar ýakoryň aýlanma ugry boýunça neýtraldan süýşürlen (sur. b.). Generatorýň ýakornýň reaksiýasynyň m.ý.g.-niň iki sany düzüjileri bar – kese m.ý.g., esasy meýdany ýoýan we boýlaý – magnitsizlendiriji m.ý.g., esasy meýdany gowşadýan.

3) Çotgalar ýakoryň aýlanmasyna garşy neýtraldan süýşürlen (sur. b)

Bu ýerde – esasy meýdany ýoýan, kese m.ý.g. we boýlaý – magnitsizlendiriji m.ý.g. – ýagny esasy meýdany güýçlendirýän bar. Muňa bolsa ýol berilmeýär.

4.4. Kommutasiýa

Toguň bir parallel şahadan başga gaýtma ulaşdyrmasynda seksiya – da toguň üýtgame prosessine – kommutasiýa diýilýär. Kommutasiýa bolup geçýän seksiya – kommutirleýji seksiya diýilýär, kommutasiýa prosessi bolup geçýän wagtyň dowamyna kommutasiýa döwürü $T_k 310^{-4} \cdot 10^{-3} c$ diýilýär.

Kollektorda uçgunlamany ýüze çykarýan sebäpler mehaniki, potensial we kommutasionlara bölünýärler.

Mehaniki sebäpler – çotgalaryň kollektora gowşak basyşy, kollektoryň tekizdäl üsti ýa-da ters konfigurasiýasy, kollektoryň üstüniň hapalanmagy we başg. Görkezilen

bozulmalarda wagtyň aýratyn pursatlarynda çotgalaryň kollektor bilen kontakty bozulýar, bu bolsa uçgunlama getirýär.

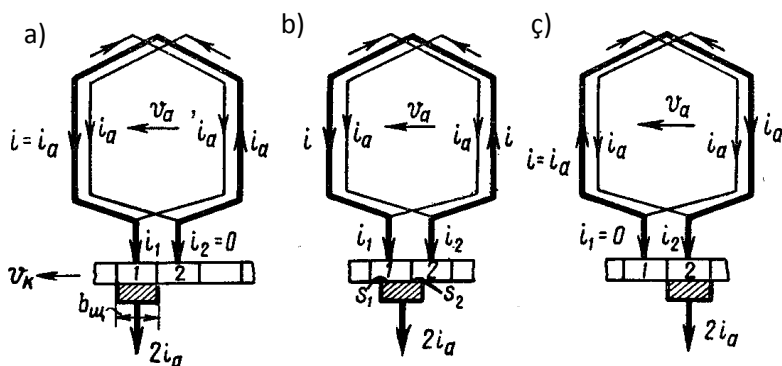
Potensial sebäpler – rugsat edilen çäklerden ýokary geçýän ýanaşyk kollektor togtaçalaryň arasynda naprýaženiýe (güýjenme) ýüze çykanda uçgunlama emele gelýär. Bu ýagdaýda uçgunlama has howply, sebäbi ol kollektorda elektrik ýaýyň döremegi bilen bolup geçip biler.

Kommutasion sebäpler – ýakoryň sarymynyň seksiyasy bir parallel şahadan beýlekä geçmeginde maşynda bolup geçýän fiziki prosesslar bilen ýüze çykýan uçgunlamalar.

Taýar maşyn zawoddan çykarylanda onda, kollektorda uçgunlamany doly bolmazlygyny üpjün edýän garaňky kommutasiýa sazlanýar. Uçgunlama baş derejeden ybarat

$$(1; 1\frac{1}{4}; 1\frac{1}{2}; 2; 3)$$

Çotgalar g.n.-da ýerleşýänligi we EHG bütün kommutasion döwüriniň wagtynda kommutirleýji seksiyada induktirlenmeýänligi şerti bilen seredip geçeliň.



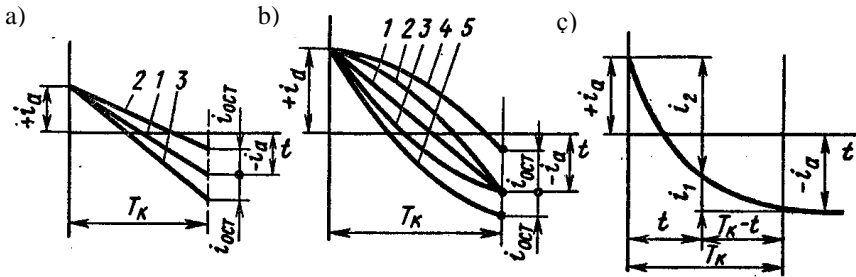
4.13-nji çyzgy. Kommutasiýada toguň üýtgemesi.

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{r_{s2}}{r_{s1}} \quad (4.17)$$

- a) $r_{s2} > r_{s1}$
- b) $r_{s2} = r_{s1}$
- c) r_{s2}

Şeýlelikde, kommutasiýa döwründe kommutirleýji seksiyada tok $+i$ -den $-i$ çenli üýtgeýär.

Emma toguň üýtgemeginiň grafigi özünden göni çyzygy emele getirýär, ideal ýa-da göni çyzykly kommutasiýa



4.14-nji çyzgy. Ikommtirleýji seksiyada toguň üýtgemesi.

Kommutasiýa döwüri 10^{-4} - 10^{-5} sek.

Toguň şeýle çalt ösmeginde kommutirleýji seksiyada samoinduksiýada esli EHG döreýär

$$l_L = -L_c \frac{di}{dt} \quad (4.18)$$

L_c – induksion seksiya kommutirleýji seksiyalaryň aktiw taraplary bir oýuklarda ýatanlyklary sebäpli, onda bu taraplaryň hersiniň üýtgeýän magnit akymy başga EHG-lerde özara induksiýany (wzaimoinduk-siýany) döredýär.

$$l_M = -M_c \frac{di}{dt} \quad (4.19)$$

M_c – bir wagtyň özünde kommutirleýji seksiyasynyň özara induksiýasy.

Iki EHG kommutirleýji seksiyada R_p netijeleýjini döredýärler.

$L_p = L_L + R_M$ O.S.-iň reaktiw EHG.

Mundan başga, ýakoryň reaksiyasynyň täsiri astynda kommutasiýa çäginde magnit induksiýada kommutirleýji EHG döreýär (l_k).

$$L_k = B_k \cdot 2lwc \cdot v$$

bu ýerde l -seksiýanyň aktiw taraplarynyň uzynlygy.

Y -seksiýanyň hereketiniň göni çyzykly tizligi.

w - seksiyada sarymlaryň sany

Şeýlelikde, kommutirleýji seksiyanyň EHG deňdir.

$$\Sigma l = l_p + l_k$$

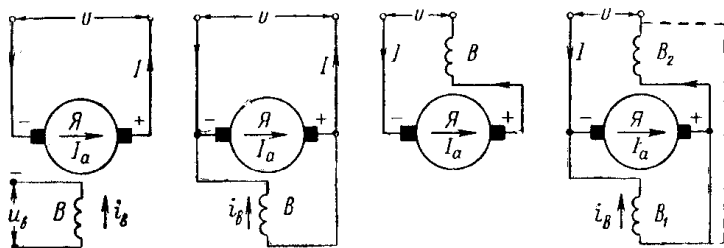
Egerde maşynda goşmaça polýuslar bolmasa, onda l_p we l_k EHG –ler ylalaşykly gönükdirilen we kommutirleýji seksiyada, kommutasiýanyň başlangyç döwründe bu seksiyadaky i işçi toguň ugrundaky ugurda i_k goşmaça kommutasiýa togy döredýärler. Toklaryň i_k we i şeýle özara täsiri kommutirleýji seksiyada toguň üýtgemesiniň gijikmesine getirýär.

4.5. Oýandyрма usuly boýunça hemişelik toguň generatorlarynyň toparlara bölünmesi (klasifikasiýasi)

Hemişelik toguň generatorlary oýandyryjy sargylaryň esasynda şulara bölünýärler: bagly bolmadyk oýandyryjyly generatorlara; özünden oýandyryjyly generatorlara.

Bagly bolmadyk oýandyryjyly generatorlaryň görnüşleri: elektromagnit ýaly bilen oýandyрма generatory, hemişelik magnit bilen oýandyрма generatory.

Öz- özünden oýandyryjy generatorlar oýandyryjy sarylarynyň birikdirilişine göre bölünýärler: [parallel oýandyryjyly (şuntly); yzygider oýandyryjyly (seriýesli); garyşyk oýandyryjyly (kompaundly)].



4.15-nji çyzgy. Hemişelik togunyň generatorlarynyň prinsipial shemasy.

4.15-nji çyzgyda a,b,w,g,d hemişlik toguň generatorlarynyň bagly däl, parallel, yzygider, garyşyk oýandyryjyly we hemişlik magnitli prinsipial shemasy getirilen.

Bu ýerde $\mathcal{A}1$ - $\mathcal{A}2$ – ýakor, OS -oýandyryjy sarym, I_a -ýakordaky tok, I -tok, generatordan sete berilýän,

i_o -oýandyryjy tok.

Oýadyryjy sarga nominal kuwwatdan 1-3% ýeterlik.

4.6. Hemişelik toguň generatorynyň energetik prosessi

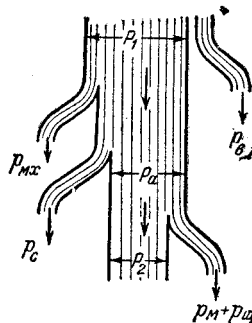
Bize belli bolşy ýaly, hemişelik toguň generatorlary olara eltilýän mehanik energiýany elektrige öwürýärler. Hemişelik tizlikli aýlanmagetirilýän, ýangy $n=const$ bolanda,

bagly bolmadyk oýandyryjyly generatorynyň mysalynda energiýanyň özgerme prosessini görüp geçeliň.

Energiýanyň özgermesinde P_1 kuwatyň bir bölegi p_{mh} mehaniki ýitgileri we p_p polatdaky ýitgileri ýapmak üçin sarp edilýär, emma galan bölegi elektromagnit energiýa öwrülýär, ýagny

$P_a = E_a \cdot I_a$ şeýlelikde

$$P_a = E_a I_a = P_1 - (p_{mh} + p_p) \quad (4.20)$$



4.16-njy çyzgy. Hemişelik toguň generatorynyň energetik prosessi.

Generator bilen sete berilýän $P_2 = UI_a$ peýdaly kuwwat, maşynyň ýakor zynjyrynyň misinde $p_m = I_a^2 R_{am}$ ýitgileriň we çotgaly kontaktda $p_\zeta = \Delta U_\zeta I_a$ ýitgileriň ululygyna P_a kuwwatdan az,

Bu ýerde R_{am} – ýakoryň zynjyryny düzýän, yzygider birleş dirilen sargylaryň garşylygy, we ΔU_ζ – çotgalaryň jübütine güýjenmäniň (naprýaženiýanyň) geçiş peselmesi.

Şeýlelikde:

$$P_2 = UI_a = P_a - (p_m + p_\zeta) = E_a I_a - (I_a^2 R_{am} + \Delta U_\zeta I_a);$$

bu ýerden $U = U_a - (I_a R_{am} + \Delta U_\zeta)$

ýa-da $E_a = U + (I_a R_{am} + \Delta U_\zeta)$

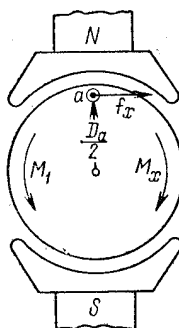
$$I_a(R_{am} + \frac{\Delta U}{I_a}) = I_a R_a \quad (4.21)$$

generatoryň elektrik hereketegetiriji güýç.

$$E_a = U + I_a R_a \quad (4.22)$$

4.7. Generatoryň elektromagnit momenti

Käbir n hemişelik tizlikli sagadyň ugruna garşy generatory aýlanýan generatoryň okunda M_1 momenti ilkinji generator arkaly dýreýär diýip aýdalyň.



4.17-nji çyzgy. Generatoryň elektromagnit momenti.

Eger generator oýandyrylsa, demirgazyk polýusynyň astynda ýerleşýän ýakorly sarymynyň a geçirijisinde bize gönükdirilen elektrik hereketegetiriji eltilýär, şol ugurda hem i_a togy geçirijiden akýar.

Magnit meýdany bilen ondaky i_a tokly geçirijisiniň arasyndaky f_x elektromagnit täsirli güýç döreýär. B_x magnit induksiýasynyň elektromagnit meýdanynyň liniýasynyň ugruna

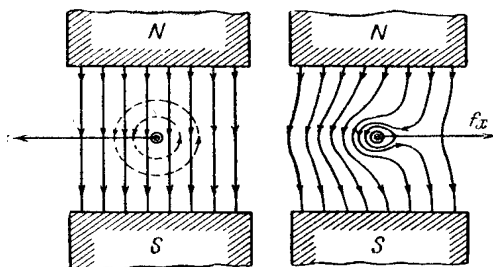
perpendikulýar bolan tekizlikde ýerleşen l' geçirijiniň uzynlygy boýunça şol bir bahasy bar diýip hasap edeliň. Bu ýagdaýda

$$f_x = B_x l' i_a \quad (4.23)$$

Meýdanyň liniýalary ýatoryň üstünde normal ýerleşýändigini sebäpli, f_x güýji generatoryň walynda şu momenti döredýär.

$$M_x = f_x \frac{D}{2} = B_x l' i_a \frac{D}{2} \quad (4.24)$$

Bu momentiň ugruny kesgitlemek üçin esasy magnit meýdanyny i_a geçirijisinde tok arkaly döredilen meýdany bilen utgaşdyrmak ýeterlidir.



4.18-nji çyzgy. Magnit akymalarynyň shemasy.

Gözşimiz ýaly, f_x güýji aýlanýan ýakoryň ugruna otnositel ýüzbe-ýüz gönükdirilen. Şeýlelikde, geçirijiniň M_x elektromagnit momenti ilkinji hereketetirijiniň M_1 momentine otnositel ýüzbe-ýüz täsir edýär, ýagny, soňky ululyga seredinde ol togtatyjy bolup durýar. Bu netijename maşynyň islendik şertlerde generator arkaly işledilende hereket edýär.

Hakyky maşynyň her polýusynyň aşagynda $\frac{N}{2p}$ geçiriji bar; şonuň üçin $2p$ polýusly maşynyň hemme geçirijileri arkaly döreýän generatoryň elektromagit momenti şeýle ýazylyar:

$$M_a = 2p \sum_1^{\frac{N}{2p}} M_x = 2p l' i_a \frac{D_a}{2} \sum_1^{\frac{N}{2p}} B_x \quad (4.25)$$

Geçirijileriň sany ýeterlik köp bolanda $\sum_1^{\frac{N}{2p}} B_x$ jeminiň ululygy bir polýusly bölüjiniň aşagyndaky geçirijileriň sanyna köpeldirilen. B_{ort} induktiw ortaça ululygyna deň, ýagny

$$\sum_1^{\frac{N}{2p}} B_x = B_{or} \frac{N}{2p} \quad (4.25)$$

Şuny hasaba alyp

$$B_{or} = \frac{\Phi}{\tau l'} = \frac{\Phi}{\frac{\pi D_a l'}{2p}} = 2p \frac{\Phi}{\pi D_a l'} = \quad (4.26)$$

we

$$i_n = \frac{I_a}{2a} \quad (4.27)$$

Elektromagnit momenti üçin şu aňlatmany alarys:

$$M_a = 2p l' i_a \frac{D_a}{2} N \frac{\Phi}{\pi D_a l'} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{p}{a} \cdot N \cdot I_a \cdot \Phi \quad (4.28)$$

Bu aňlatmany şu görnüşde ýazyp bolýar:

$$M_a = \frac{1}{m} \left(N \frac{I_a}{2a} \right) \cdot (p\Phi) \quad (4.28)$$

Ýagny generatoryň elektromagnit momenti maşynyň polýusynyň hemme p taýlaryny $(p\Phi)$ akymyna we ýakoryň $\left(N \frac{I_a}{2a}\right)$ tutuş sarymyň toguna proporsionaldyr.

Seredilen maşynda p , N we a ululyklary berlen. Bu ýagdaýda moment üçin formulany şeýle ýazsa bolar:

$$M_a = C_M I_a \Phi \quad (4.29)$$

Bu ýerde

$$C_M = \frac{p}{2\pi} \frac{N}{a}$$

Elektromagnit momenti üçin aňlatmany $P_a = E_a \cdot I_a$ elektromagnit kuwwaty üçin aňlatmadan alyp bolar, bu ýerde

$$E_a = \frac{p}{a} n N \Phi \quad . \text{Umumy kada boýunça}$$

$$M_a = \frac{P_a}{\omega}$$

Bu ýerde: $\omega = 2\pi n$ -ýalanmanyň burç tizligi.

Şeýlekde,

$$M_a = \frac{P_a}{\omega} = \frac{E_a I_a}{2\pi n} = \frac{\frac{p}{a} N \Phi I_a}{2\pi n} = \frac{1}{2\pi} \frac{p}{a} N I_a \Phi \quad (4.30)$$

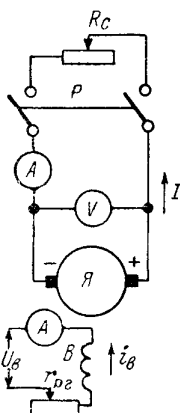
SI birliginde magnit akym - Wb ölçeyär, moment-nýuton mertde (N_m). Eger Φ magnit akymy makswelde, M_a moment kilogrammetrde ölçense, onda formulany sag tarapyna $\frac{10^{-8}}{9,81}$ geçiş koeffisiýenti goýulýar.

4.8. Hemişelik toguň generatorlarynyň esasy häsiýetnamalary

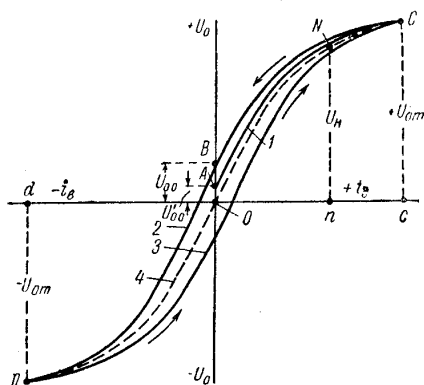
1. Ýüklenme häsiýetnamasy $U=f(i_b)$ $I=const$ bolanda. Hususy ýagdaýda $I=0$, ýagny boş işleme häsiýetnamasy.
2. Daşky häsiýetnama $U=f(I)$, $i_b=const$ we $R_b=const$ bolanda
3. Sazlaýjy häsiýetnama $i_b=f(I)$ $U=const$ bolanda, hususy ýagdaýda $U=0$ bolanda, ýagny gysga utgaşma häsiýetnamasy $I_k=f(i_b)$

Bagly bolmadyk oýandyrmanyň generatorynyň häsiýetnamalary.

1. Boş işleme häsiýetnamasy $U=f(i_b)$ $I=0$ we $n=const$ bolanda.



4.19-njy çyzgy. Bagly däl oýandyryjyly hemişelik togunyň generatorynyň shemasy.



4.20-nji çyzgy. Bagly däl oýandyryjyly hemişelik togunyň generatorynyň boş işleme häsiýetnamasy.

Häsiýetnama alynanda çotgalar geometrik neýtral çyzygynda (ýolunda) goşmaça polýusy maşynlarda bolşy ýaly, şolarsyz hem bar bolmaly. Sebäbi maşynda hemişe galyndy magnit akymy bar, onda $i_b=0$ bolanda generatornyň gysgyçlarynda U_H magnitleýji güýjenmeden $U'_{00}=OA=(2\div 3\%)$ güýjenme emele gelýär.

$U_{om}=(1,1\div 1,25)U_H$ maksimal güýjenme.

Boş işlemede bagly bolmadyk oýandyrmanyň generatorynyň ýakory diňe otnositel uly garşylykly woltmetre birleşdirilen, şol sebäpden hasap edip bolýar.

$$U_o=E_o=Cn\Phi=C'\Phi$$

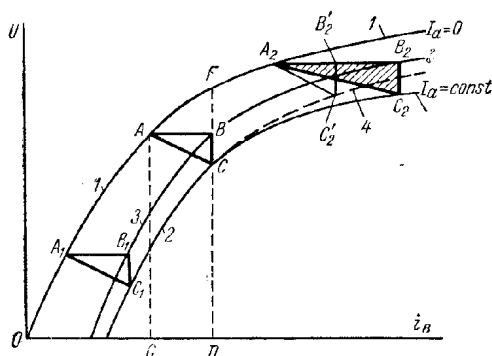
$$C=\frac{P}{a}N;$$

$$C=\frac{P}{a}Nn \quad (4.31)$$

2. Ýükleýji häsiýetnamalary $U=f(i_b)$ $I=const$ bolanda we $n=const$ bolanda Generator I tok bilen ýüklenende generatornyň gysgyçlaryda güýjenme:

a) $IR_{om}+\Delta U_\varphi=IR_a$ güýjenmäniň düşmegi we b) ýakoryň reaksiýasynyň netijesinde peselýär. Şol sebäpden ýükleýji

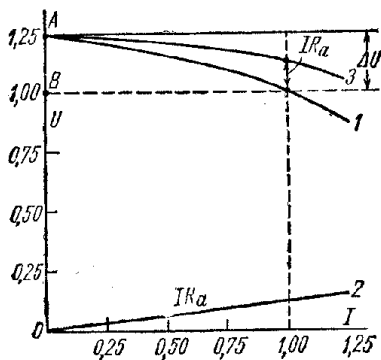
häsiýetnama boş işleme häsiýetnamasyndan aşakda geçýär we I tok ýokary boldugyça şonça aşakdan geçýär.



4.21-nji çyzgy. Bagly däl oýandyryjyly hemişelik togunyň generatorynyň ýüklenme häsiýetnamasy.

- 1 - boş işleme häsiýetnamasy $CB=IR_a$ (güýjenmegiň düşmegi)
 - 2 - ýükleyji häsiýetnama
 - 3 - içki ýüklenme häsiýetnamasy
- AB =ýakoryň reaksiýasynyň magnit hereketetiriji gäýji.

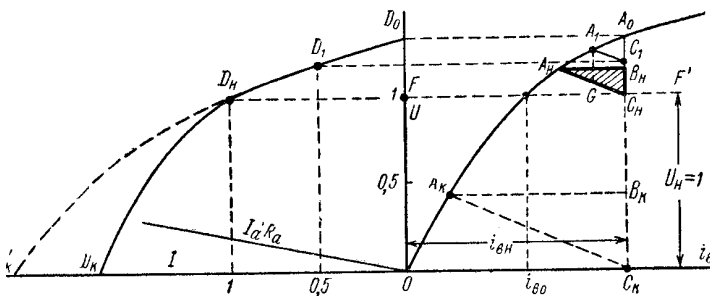
3. Daşky häsiýetnama $U=f(I)$ $R_b=const$; $n=const$ bolanda. Daşky häsiýetnamany almak üçin generatory ylaýyk bilen aýlanma getirýäris we şeýle bir i_{bn} oýandyрма togy belleýäris, $I=I_H=I$ bolanda bizde $U=U_H=I$ bolar ýaly. Soňra ýuwaş-ýuwaşdan generatory ýüksizlendirýäris, tä boş işlemä çenli. Generatoryň güýjenmesi 1 egri çenli ösýär, sebäbi ýüklenmäniň peselmegine görä ýakoryň reaksiýasynda we IR_a ýakorda güýjenmäniň düşmesi peselýär.



4.22-nji çyzgy. Bagly däl oýandyryjyly hemişelik togunyň generatorynyň daşky ýüklenme häsiýetnamasy

- 1 - daşky häsiýetnama
- 2 - $IR_a = f(I)$
- 3 - Içki häsiýetnama

Boş işleme häsiýetnamasy.



4.23-nji çyzgy. Bagly däl oýandyryjyly hemişelik togunyň generatorynyň daşky häsiýetnamasynyň gurluşy.

- 4. Sazlaýjy häsiýetnama $i_b = f(I)$ $U = \text{const}$ bolanda.

5. Gysga utgaşma häsiýetnamasy $I_k=f(i_b)$; $U=0$; $n=const$ bolanda

$$E_a = I_a R_{am} + \Delta U_s = I_k R_a$$

1-boş işleme

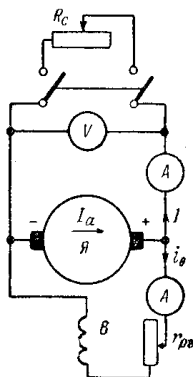
2-gysga utgaşma

$$0_a = I_{ko}$$

$$0_b = E_a$$

4.9. Parallel oýandyrma generatorynyň häsiýetnamalary

Parallel oýandyrma generatory, hemişelik toguň generatorynyň has ýaýran görnüşli bolup durýar, sebäbi oýandyrma üçin toguň ýörite çeşmesini talap etmeýär we adaty ýüklenmäniň çäklerinde ýeterlik durnukly güýjenme berýär.



4.27-nji çyzgy. Parallel oýandyrjyly hemişelik toguň generatorynyň shemasy.

Parallel oýandyrma generatory oýandyrma üçin hemişelik toguň aýry çeşmesine mätäçlenmeýär, öz-özi oýandyrma bilen döredilýär. Generatoryň öz-özünü oýandyrma üçin, onda uly bolmadyk (2-3% adatydan) Φ_{oc} akym bolmagy zerur. Egerde biz oýandyrma zynjyry utgaşdyryp generatory aýlanma getirsek, onda onuň özünde $E_{oc}=2-3\% U_H$ den dörär. Toguň ugruna baglylykda oýandyrmanyň sarymynda Φ_o akym,

Φ_{oc} akyma görä, ýa-ha garşylyklaýyn, ýa-da şoňa laýyklykda ugrukdyrylan bolup biler. Generator, akymalaryň ikisiniň hem diňe ylalaşkly ugurlarynda öz-özünü oýandyryp biler, başga sözler bilen aýdylanda, generatoryň öz-özünü oýandyрма prosessi, Φ_{oc} akymyň ugry bilen kesgitlenýän, diňe bir tarapa gidip biler. Bu ýagdaýda maşynyň netijeleýji akymy ýokarlanýar, bu ýakorda döreýän EHG-niň beýgelmesine getirýär, we öz gezeginde maşynyň akymynyň we toguň oýandyrmasyňyň soňraky beýgelmesini ýüze çykarýar.

Öz-özünüň oýanmasynda EHG-niň deňlemesi oýandyрма zynjyryndan alyp çykararsy, onda

$$U_o = i_{oy} R_{oy} + \frac{d(L_{oy} i_{oy})}{dt} \quad ýa-da \quad U_o - i_{oy} R_{oy} = \frac{d(L_{oy} i_{oy})}{dt} \quad (4.32)$$

bu ýerde U_o - ýakoryň we oýandyрма zynjyryň gysgyçlaryndaky güýjenme

$i_{oy} R_{oy}$ - güýjenmäniň peselmegi

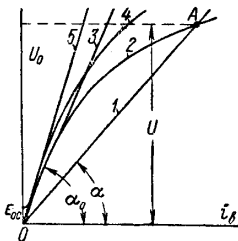
$$\frac{d(L_{oy} i_{oy})}{dt}$$

öz-özi induksiýanyň elektrik hereketegetiriji.

aL_{oy} – oýandyрма zynjyryň induktiwligi.

Egerde $R_{oy} = const$ bolsa, onda $i_{oy} R_{oy}$ güýjenmäniň peselmegi i_{oy} toga göni baglanşykly üýtgeýär (1-nji egri)

$$tg \alpha \frac{i_{oy} R_{oy}}{i_{oy}} = R_{oy}$$

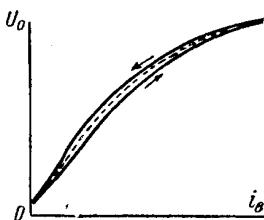


4.28-nji çyzgy. Parallel oýandyryjyly generatorynyň öz-özünden oýandyрма şerti.

Boş işleme (2-nji egri). Görşümüz ýaly öz-özi oýandyрма prosessi A nokatda pes edýär. Eger generatoryň aýlanma tizligini ýa-da oýandyрма zynjyrynda R_b garşylygy üýtgetsek, onda A nokatdan O nokada çenli ýerleşmesi üýtgär. Aýdalyň $R_b \gg$ up boldugyça, onda (3-nji egri, kritiki nokat bolar) bu ýagdaýda maşyn öz-özi oýandyrylmaýar. Egriler (4-5 başka häsiýetnamalar üçin).

1. Boş işleme häsiýetnamasy $U_0=f(i_b)$ $I=0$ we $n=const$ bolanda.
2. Üýklenme häsiýetnamasy $U=f(I_b)$ $I=const$ we $n=const$ bolanda.

Bagly bolmadyk oýandyрма häsiýetnamasy ýaly.



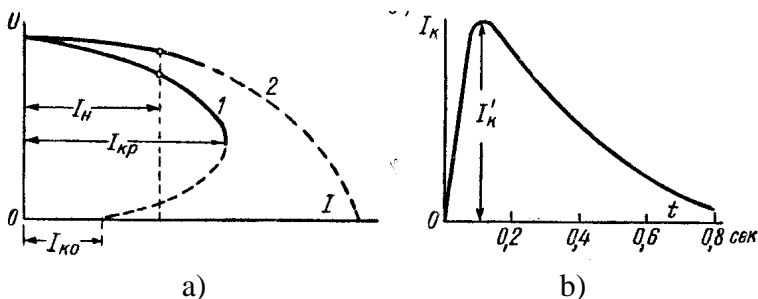
4.29-njy çyzgy. Parallel oýandyryjyly generatoryň boş işleme häsiýetnamasy.

3. Daşky häsiýetnama $U=f(I)$ $R_b=const$ we $n=const$ bolanda $r_b+r_{pr}=R_b=const$ bagly bolmadyk oýandyrmada

parallel oýandyrmada

$$i_{oý} \frac{U_{oý}}{R_{oý}} = \frac{U}{R_{oý}} = U$$

$$i_{oý} \frac{U_{oý}}{R_{oý}} = const$$



4.30-njy çyzgy. Parallel oýandyryjly generatoryň häsiýetnamalary: a) daşky, b) birden dörän gysga utgaşmada.

Bagly bolmadyk oýandymada daşky häsiýetnama iki sebäpler boýunça üýtgeýär: ýakoryň reaksiýasy we ýakoryň zynjyrynda IR_a güýjenmäniň düşmegi (2-nji egri).

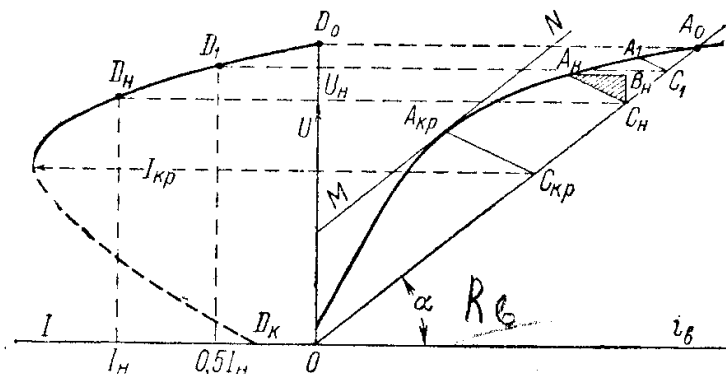
Parallel oýandymaly generatorda bu iki sebäplere üçünji goşulýar- i_b oýandyma toguň U güýjenmä göni baglanyşykly peselmesi, bu güýjenmäniň goşmaça düşmegini ýüze çykarýar. (1-nji egri).

$$I_{kp} = 2 \div 2,5 I_H$$

Daşky häsiýetnamanyň gurluşy, bagly bolmadyk oýandymanyň generatory ýaly, ýöne i_b parallel oýandymaly generatorda U görä göni baglanyşykda üýtgeýär, şoňa laýyklykda $i_b = f(U)$ baglanyşyk abssiss oka α burç astynda koordinatalar başlangyjyndan geçirilen OA_0 göni çyzyk bilen şekillendirilýär, bu ýerde $tg\alpha = R_b$.

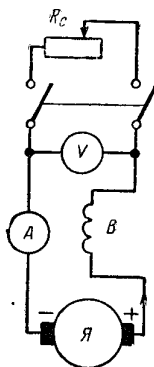
4. Sazlaýjy häsiýetnama $i_b = f(I)$ $U = const$ we $n = const$ bolanda. Bagly bolmadyk oýandymaly generatorda bolşy ýaly.
5. Gysga utgaşma häsiýetnamasy $I_k = f(i_b)$, $U = 0$ we $n = const$ bolanda.

Öz-özi oýandymada gysga utgaşma häsiýetnamasyny düşürip bolmaýar, sebäbi bu ýagdaýda U güýjenme we diýmek i_b nola deňdirler.



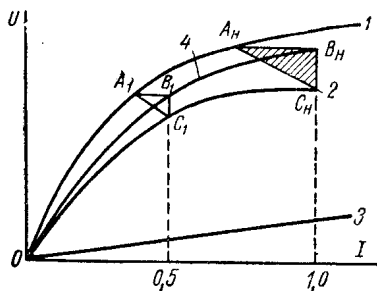
4.31-nji çyzgy. Parallel oýandryjyly generatoryň daşky häsiýetnamasynyň gurluşy.

4.10. Yzygider oýandyrma generatory



4.32-nji çyzgy. Yzygider oýandyrjyly generatoryň shemasy.

Yzygider oýandymaly generatorda $I_b = I_a = I$ Şol sebäpden hakykatda bir häsiýetnasy bar, ol hem daşky $U = f(I)$ $n = \text{const}$ bolanda, galan häsiýetnalary, bagly bolmadyk oýandymaly generatorda ýaly aýyryp bolýar.

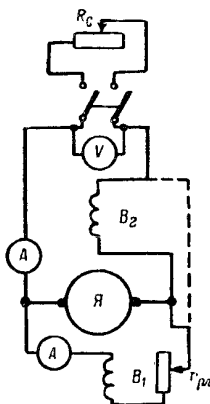


4.33-nji çyzgy. Yzygider oýandyryjyly generatoryň daşky häsiýetnamasynyň gurluşy.

- 1- boş işleme häsiýetnamasy
- 2- daşky häsiýetnama
- 3- $IR_a=f(I)$ güýjenmäniň düşmegi
- 4- Içki häsiýetnama $E_a=U+IR_a=f(I)$

Yzygider oýandyrmaly generatoryň U güýjenmesi ýüklenme bilen kesgir üýtgeýänligi sebäpli bu generatorlar tejribede ulanylmaýarlar.

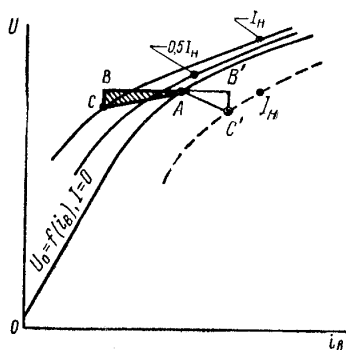
Garyşyk oýandyrmaly generator.



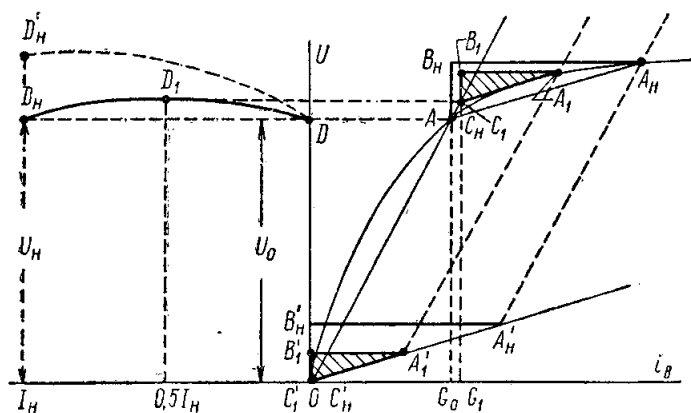
4.34-nji çyzgy. Garyşyk oýandyryjyly generatoryň shemasy.

Garyşyk oýandyrmaly generatorda parallel we yzygider oýandyрма sarymy bar bolsa, onda ol öz içine generatorlaryň iki görnüşiniň hem häsiýetlerini alýar. Köplenç oýandyрма sarymy ylalaşykly birleşdirilýärler, ýagny olaryň magnit merkezegetiriji güýçler goşulýarlar. Bu sargylaryň garşylykly birleşmeleri ýörite çatgylarda ulanýarlar, mysal üçin kebşirleýji generatorlaryň käbir görnüşlerinde. Oýandyрма sarymyň ylalaşykly birleşdirilmesinde esasy orny parallel sarym eýeleýär, haçanda yzygideriň maksady, kesgitlenen ýüklenmede ýakoryň zynjyrynda güýjenmäniň düşmegini we ýakoryň reaksiýasynyň magnit merkezegetiriji güýçleri kpompensirleme bolanda. Munuň bilen ýüklenme toguň kesgitlenen çäklerinde generatoriň güýjenmesiniz awtomatiki sazlanmasyna ýetileýär.

1. Boş işleme häsiýetnamasy $U=f(ib)$ $I=O$ we $n=const$ bolanda, genetariryň parallel oýandyrmasynda ýaly, sebäbi oýandyrmanyň yzygider sarymynda tok nola deň.
2. Ýüklenme häsiýetnamasy $U=f(ib)$ $n=const$ bolanda, generatoriň parallel ýandyrmasynda ýaly, shema has güýçli yzygider sarymda olar boş işleme häsiýetnamasyndan ýokary egri biler.
3. Daşky häsiýetnama $U=f(I)$ $R=const$ we $n=const$
 1. bagly bolmadyk oýandyрма.
 2. Parallel ýandyрма.
 3. Ylalaşykly garyşyk ýandyрма.
 4. Garyşyk garşylykly ýandyрма.
 5. Yzygider ýandyрма.
4. $U=const$, $n=const$ bolanda.



4.35-nji çyzgy. Gärýşyk oýandyryjyly generatorýň ýüklenme häsiýetnamasynyň gurluşy.



4.36-njy çyzgy. Gärýşyk oýandyryjyly generatorýň daşky häsiýetnamasynyň gurluşy

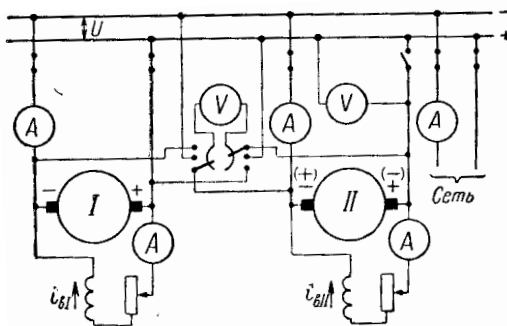
4.11. Hemişelik toguň generatorlarynyň bileleşikli işi

1. Yzygider, haçanda bir genetatoryň (+) we beýlekiniň (-) birleşenlerinde.
2. Parallel, haçanda (+) bilen (+), we (-) bilen (-) birmeňzeş potensiallar birleşenlerinde.

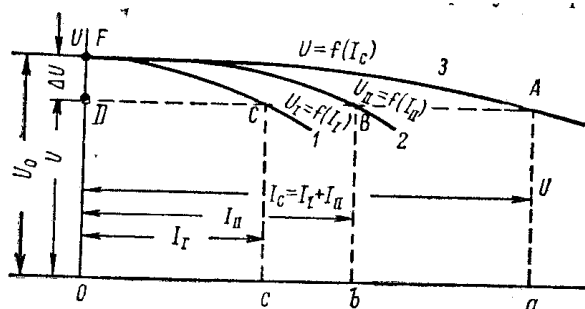
Bileleşikli işlemek için bagly bolmadyk ýa-da garyşykly oýandyrmaly genetatorlar ulanylýarlar. Munda olar sete parallel birikdirilýärler. Genetatorlaryň yzygider birlegidirmeleri kä halatlarda ulanylýarlar.

Parallel ýandyrmaly generatorlaryň parallel işleýşi.

a) goý 1-nji generator käbir ýüklenme astynda işlesin. Şunda $U = E_{a1}$ Şol bir setde 2-nji generatory birikdirmek üçin şu iki şertleri ulanmak bolar.



4.37-nji çyzgy. Parallel oýandyryjyly generatorlaryň parallel işiniň shemasy.



4.38-nji çyzgy. Parallel oýandyryjyly generatorlaryň özara ýüklenmesiniň paýlanyşy.

Parallel oýandyrmaly generator ýerine ýetirmeli toplarynyň parallel işleýşiniň çatgysy.

1. Birleşdirilýän generatoryň (+) we (-) gysgyçlary ýygnaýan şynalaryň birmeňzeş gysgyçlary bilen birikdirilen bolmaly .
2. Birleşdirilýän generatoryň EHS U-setiň güýjenmesine golaý deň bolmaly.

2-nji generatory talap edilýän tizlik bilen aýlanma getirýärler, we ony oýandyрман, onyň rubilnikleriniň birini (P_2) utgaşdyrýarlar, ikinji rubilnine bolsa (sagdaky) woltmetri birikdirýäris. Indi 2-nji generatory aýandyryp başlaýarys. Egerde (+) bilen (+) gabat gelseler onda woltmetr $U-E_{a2}=0$ görkezýär, emma (+) bilen (-) gabat gelseler, $U+E_{a2}=2U$

$$I_2 = \frac{E_{a2} - U}{R_{a2}} = 0 \quad (4.33)$$

4.12. Daşky häsiýetnama ýagdaýynda parallel işleýşi

Aýdalyň $P_1=P_2$ 1) $U=f(I_1)$ 2) $U=f(I_2)$
 3) $U=f(I_s)=f(I_1+I_2)$

$$\Delta U = U_o - U = ON - OM - aA \quad (4.34)$$

Her generatorlaryň I_1 we I_2 toklaryny kesgitlemek üçin, A nokatdan absisa oka parallel göni çyzygy 1 we 2 egriler bilen, B we C nokatlarda kesgitleýänçä geçirmeklik ýeterlikli $I_2 > I_1$.

Netije, ýüklenmek güýjenmäniň az düşmesi bilen özüne, has ýagnyň daşky häsiýetnamaly (1-nji egri) generatora görä, uly ýüklenme togy alýar.

Generatora görä, uly ýüklenme togy alýar.

w) Ýüklenmäni paýlama we geçirme.

$$E_{aI} - I_I R_{aI} = E_{aII} - I_{II} R_{aII} = U \quad (4.35)$$

R_c – daşky zynjyryň garşylygy

$$U = (I_I + I_{II}) R_c \quad (4.36)$$

I_I we I_{II} toklara görä bu deňlemeleri çözüp

$$I_I = \frac{E_{aI}(R_c + R_{aII}) - E_{aII}R_c}{R_c(R_{aI} + R_{aII}) + R_{aI}R_{aII}} \quad (4.37)$$

$$I_{II} = \frac{E_{aII}(R_c + R_{aI}) - E_{aI}R_c}{R_c(R_{aI} + R_{aII}) + R_{aI}R_{aII}} \quad (4.38)$$

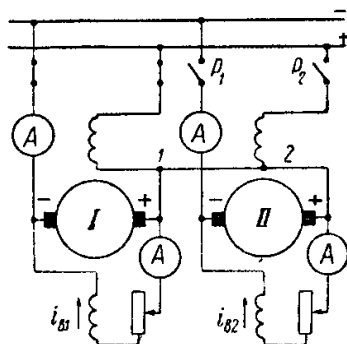
Diýmek

$$U = \frac{R_c(E_{aI}R_{aII} + E_{aII}R_{aI})}{R_c(R_{aI} + R_{aII}) + R_{aI}R_{aII}} \quad (4.39)$$

Berilen R_{aI} , R_{aII} , R_c generatorlaryň arasynda ýüklenme toklaryň paýlanmasy E_{aI} we E_{aII} baglydygyny görýäris, diýmek n_I we n_{II} we netijeleýji Φ_I we Φ_{II} bagly ($E = Cn\Phi$).

Garyşyk oýandyrmaly generatorlaryň parallel işleýşi

1. Garyşyk oýandyrmaly generatorlaryň parallel işleýşi
2. Hemişelik toguň maşynynyň ýakorynyň EHG .
3. Çarhly ýakoryň sarymlarynyň görnüşleri



4.39-njy çyzgy. Garyşyk oýandyryjyly generatorlaryň parallel işleýşiniň shemasy.

Onuň tapawutly aýratynlygy, ýakoryň birmeňzeş gysgyçlaryna yzygider sarymlar birikdirilen, 1 we 2 nokatlaryň özara deňleýji sim bilen birikdirilendiklerinde bolup durýar. Şeýle simiň zerurlygy indiki düşüňjeler bilen düşündirilýär. Belli bolşy ýaly garyşyk oýandyrmaly generatorlarda ylaýyk çäklerde ýüklenme ulalanda ýakoryň EHG-ni ýokarlandyrma häsiýetleri bar. Bu generatorlaryň parallel işlemekleri şertinde, generatorýň biriniň E ýakorynyň EHG-niň tötänleýin beýgelmesinde, mysal üçin ilkinji ýöredijiň aýlanma tizliginiň ýokarlanmasy netijesinde, bu generatorýň ýakorynyň togynyň ýokarlanmasyna getirer, netijede oýandyrmanyň yzygider sargysyndaky tok hem ýakorlanar, munuň netijesinde tok we EHG ýokarlanarlar.

Netijede bir generator ýüklener, beýlekisi bolsa ýüksizlener, ýagny deňleýji simsziz garyşyk oýandyrmaly generatorlaryň parallel işiniň durnuksyz häsiýeti bar.

Deňleýji simiň barlygynda parallel işleme adaty bolup geçer, sebäbi bir generatorýň ýakorynyň togynyň tötänžeýin ösmegi iki generatorlaryň hem oýandyrmasyň yzygider sarymlarynyň aralygynda paýlanar we generatorlaryň ikisiniň EHG-leriniň ýokarlanmasyny ýüze çykarar.

(Aýdalyň 1-nji generatoryň oýandyrmasyňyň parallel sarymy Φ_1 akym döredýär, emma yzygideri Φ_2 döredýär, bu ýerde $\Phi_2 = C_2 I_1$)

$$I_1 = \frac{E_{a1} - U}{R_{a1}} = \frac{C_e n(\Phi_1 + \Phi_2) - U}{R_{a1}} = \frac{C_e n(\Phi_1 + C_2 I_1) - U}{R_{a1}} \quad (4.40)$$

$$I_1 = \frac{C_e n \Phi_1 - U}{R_{a1} - C_e C_2 n} \quad (4.41)$$

4.13. Hemişelik toguň maşynynyň ýakorynyň EHG we sarymlary

1. Çarhly ýakoryň sarymlary.
2. Çarhly ýakoryň ýönekeý halkaly sarymlary.

Ýakoryň sarymynyň iki görnüşi bar:

- a) halkaly
- b) çarhly

Sarymlara şu indiki talaplar bildirilýärler:

- 1) sarym agramyna görä bolşy ýaly, peýdaly täsir koeffisiýentine görä gatnaşykda hem iň oňat ulanylyşly materialdan ýerine ýetirilen bolmaly;
- 2) sarym maşynyň ulanyp gulluk ediş adaty möhletine (16-250 ýyl) laýyklykda maşynyň zerur mehaniki, termiki we elektrik berkligini üpjün etmeli;
- 3) hemişelik toguň maşynlarynda kollektordan konagatly tok düşürme şertlerini üpjün edilen bolmaly (zyýanly uçgunlamanyň ýoklugy).

Halkaly we çarhly üçin hemişelik toguň maşynlarynyň ýakorynyň

sarymlarynyň görnüşleri:

- a) ýönekeý halkaly

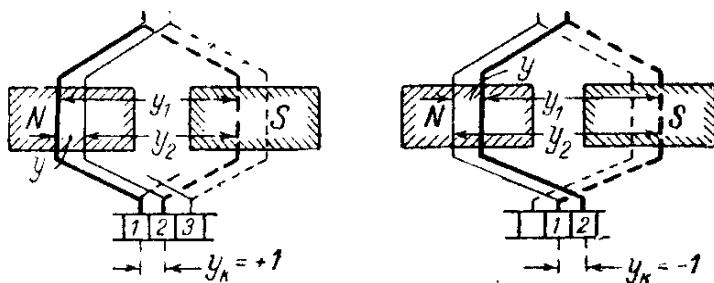
- b) ýönekeý tolkunly
- c) çylşyrymly halkaly
- d) çylşyrymly tolkunly

Ýönekeý sarymlar hemişe özüne tarap utgaşan diňe bir geçirijiler

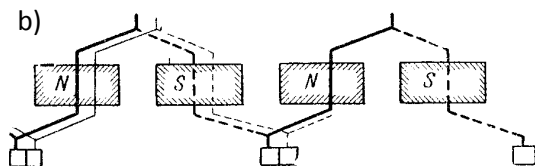
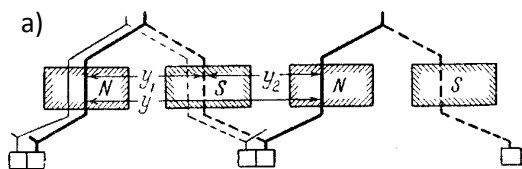
sistemasyny emele getirýärler, haçanda çylşyrymly sarymlar şeýle sistemalaryň birini we birnäçesini emele getirip bilenlerinde.

Birinji ýagdaýda bir gezek utgaşan, ikinjide – köp gezek utgaşan çylşyrymly sarym diýilip atlandyrylýar.

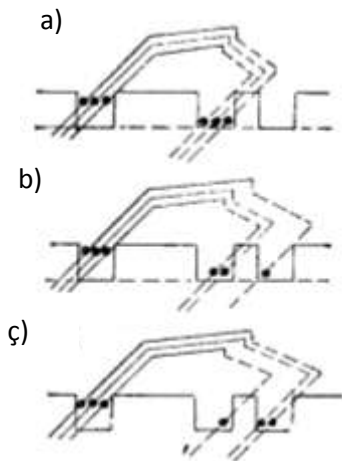
Çarhly ýakoryň sarymlary.



4.40-njy çyzgy. Ýönekeý halkaly sarym.



4.41-njy çyzgy. Ýönekeý tolkunly sarym.



4.42-nji çyzgy. Ýönekeý tolkunly sarym.

1. Ilkinji ädim diýip seksiyanyň birinji aktiw tarapy bilen we şol seksiyanyň ikinji aktiw tarapynyň aralaryndaky aralyga diýilýär.

$$y_1 = \frac{Z_e}{2p} \pm \varepsilon = \text{bitewi san}$$

2. Ilkinji ädim diýip seksiyanyň ikinji aktiw tarapy bilen we çatgy boýunça birinjiden soň gelýän seksiyanyň birinji aktiw tarapynyň aralaryndaky aralyga diýilýär.

$$y_2 = y - y_1(y_k - y_1) \quad (4.42)$$

3. Netijeleýji ädim diýip sarym çatgysy boýunça biri-biriniň yzyndan gelýän iki seksiyalaryň laýyklykdaky aktiw taraplarynyň aralygyndaky elektromagnit oýuklaryň sany bilen ölçýän aralyga diýilýär.

$$y = y_k$$

Kollektor boýunça ädim

$$\begin{aligned}
 a) \quad y_k &= \pm l \\
 b) \quad y_k &= \frac{k \pm 1}{p} \\
 w) \quad y_k &= \pm m \\
 g) \quad y_k &= \frac{k \pm m}{p}
 \end{aligned} \tag{4.43}$$

Kollektor tarapyndan öň bölekleri ýerine ýetirmeklik gatnaşygynda sargylaryň kesişmeýänlerini we kesişýänlerini tapawutlandyryrlar (köplenç sag işlenmeli we çep işletmeli diýilýär).

Köplenç kesişmeýän halkaly sarymlary dogry hasap edýärler, sebäbi olar öň bölegini taýarlamak üçin has az mis talap edýärler. Öň böleklerini taýarlamak usullaryna görä şeýle sarymlary tapawutlandyryrlar: a) deň bölekleyin we b) basgançaklaýyn.

Ýakoryň yönekeý halkaly sarymlary.

Goý $2p=4$, $S=K=\check{Z}=\check{Z}_e=12$ bolsun;
Uzaldylan ädimi alalyň.

$$Z=12 \quad y_k=y=\pm l; \quad y_2=y-y_1=l-4=-3$$

$$y_1 = \frac{Z_e}{2p} \pm \varepsilon = \frac{12}{4} + 1 = 4 \tag{4.44}$$

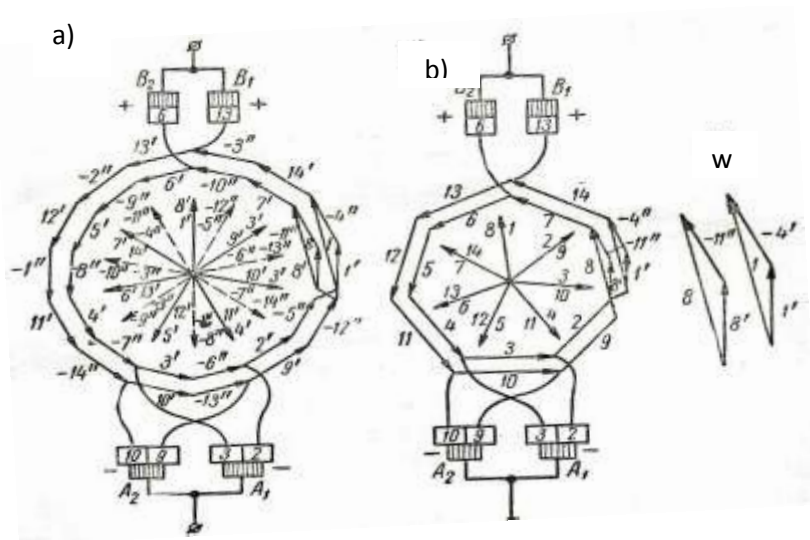
Sarymy ýerine ýetiren 1-nji bölümden (seksiýadan) başlarys.

$$\alpha = \frac{p \cdot 360^\circ}{Z_e} = \frac{2 \cdot 360}{12} = 60^\circ \tag{4.45}$$

Bölümiň taraplarynyň birleşdirilmesi

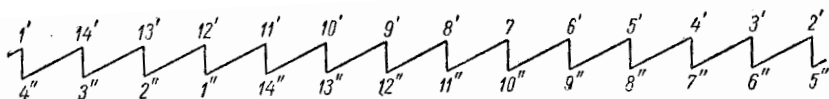
$$4\alpha = 4 \cdot \frac{2 \cdot 360}{12} = 180^\circ + 60^\circ \quad (4.46)$$

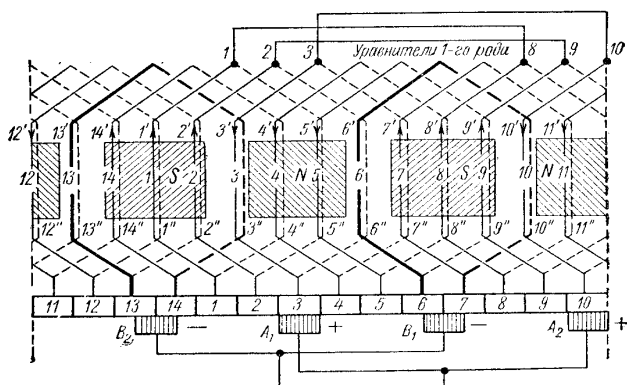
1 we 5 oýuklarda bölümiň aktiw taraplarynyň aralygyndaky aralyk.



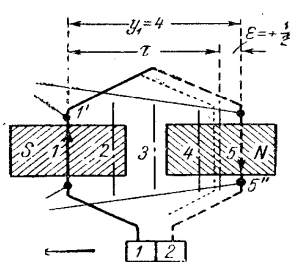
4.43-nji çyzgy. Bölümleriň taraplarynyň EHG-niň köpburçlygy. Bölümleriň sargysynyň sargysynyň EHG-niň köpburçlygy.

4.1-nji tablisa.

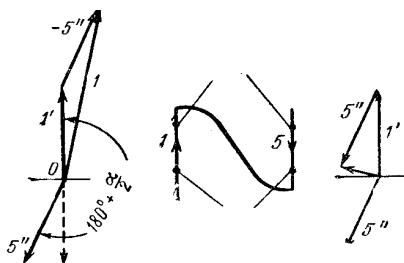




4.44-nji çyzgy. Ýakoryň ýönekeý halka görnüşli sarymy.

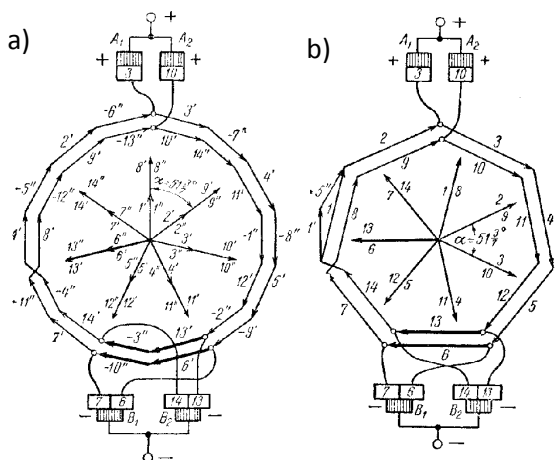


a)

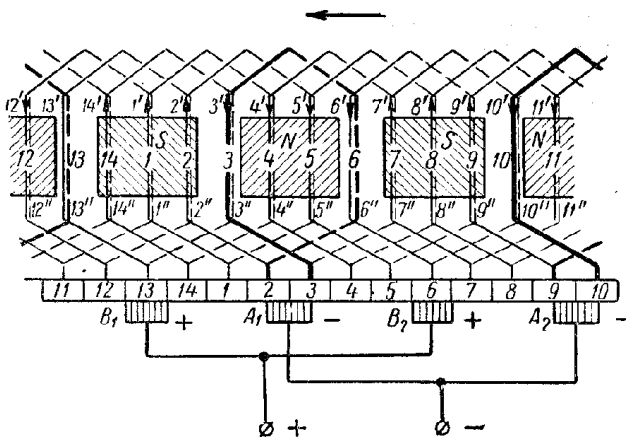


b)

4.45-nji çyzgy. Sarymyň seksiyasynyň taraplarynyň EHG-niň wektor diagrammasy.



4.46-njy çyzgy. Sarymyň EHG-niň ýyldyz we köpburçlygy.



4.47-nji çyzgy. Ýakoryň ýönekeý halka görnüşli sarymy.

Çarhly ýakoryň ýönekeý tolkunly sarymlary.

Аýдалыň, гоý

$$2p=4; S=K=Z_e=17:$$

$$Z=13 \quad u=1; \quad Z=17 \text{ berilen.}$$

U-oýukda bölümiň aktiw taraplarynyň sany.

$$y_k = y = \frac{k+1}{p} = \frac{17+1}{2} = 9 \quad (4.47)$$

$$y_1 = \frac{Z_e}{2p} \pm \varepsilon = \frac{17}{4} + \frac{3}{4} = 5; y_2 = y - y_1 = 9 - 5 = 4 \quad (4.48)$$

Bölümleriň taraplarynyň birleşdirilmesi.

$$\alpha = \frac{2 \cdot 360}{17} = 42,5^0 \quad 4\alpha = 4 \cdot 42,5 = 166^0 \quad (4.49)$$

Kollektor tagtaçalarynyň birleşdirilmesi.

Çylşyrymly halkaly sarymlar.

$Z=16$ $y_k=2, 3 \dots m$, bu ýerde m -bitewi san.

$$y_k = y \pm m$$

Çotganyň ini kollektoryň bölünmeleriniň ikisiniň inine deň.

Egerde kollektor, kollektor bölünmeleriniň jübüt sanlaryndan ybarat bolsa, onda $y_k=2$ bolanda, iki bagly bolmadyk birmeňzeş sarymlar emele gelýärler.

$$\begin{array}{lll} 2p=4; & S=K=\check{Z}_e=18; & u=1; & \check{Z}=18; \\ y_k=+2 & & & \end{array}$$

$$y_1 = \frac{Z_e}{2p} \pm \varepsilon = \frac{18}{4} - \frac{1}{2} = 4 \quad (4.50)$$

$$y_2 = y - y_1 = 2 - 4 = -2$$

$$\alpha = \frac{2 \cdot 360}{18} = 40^\circ \quad (4.51)$$

Çylşyrymly tolkunly sarymlar
 $Z=14$

$$y_k = \frac{k \pm m}{p} = \frac{k \pm a}{p}$$

Goý $2p=4$; $S=K=\check{Z}_e=18$; $u=1$; $\check{Z}=18$;
 $a=m=2$ bolsun

$$y_k = \frac{18-2}{2} = 8; \quad y_1 = \frac{\check{Z}_e}{2p} \pm \varepsilon = \frac{18}{4} - \frac{2}{4} = 4; \quad (4.52)$$

$$y_2 = y - y_1 = 8 - 4 = 4$$

$$\alpha = \frac{2 \cdot 360}{18} = 40^\circ \quad (4.53)$$

Birinji sarym

Ikinji sarg

Çarhly ýakoryň sarymlarynyň simmetriýasynyň şertleri.

- 1) Bu sarymyň hemme şahalarynyň taýlary bölümiň (seksiýasynyň) birmeňzeş bitewi sanyndan emele gelen bolmaly, ýagny

$$\frac{S}{a} = \frac{K}{a} = \textit{bütün san}$$

- 2) Magnit meýdanynda we oýukda sarymyň şahalarynyň simmetrik ýerleşdirilmesi

$$\frac{Z}{a} = b.s \quad \text{we} \quad \frac{2p}{a} = \textit{bütün san}$$

Ýönekeý halkaly sarymyň simmetriýasy üçin diňe
 birinji iki
 şertleri ýerine ýetirmek ýeterlik

$$\frac{S}{a} = b.s \text{ we } \frac{Z}{a} = \text{bütün san}$$

sebäbi üçünji

$$\frac{2P}{a} = \text{bütün san}$$

bu ýagdaýda öz-özi ýerine ýetirilýär.

Çylşyrymly halkaly sargylardan diňe, $m=2$ bolan, iki gezek utgaşan sarym simmetrik bolup biler.

$$\frac{2P}{a} = \text{bütün san}$$

$m>2$ bolanda, şerti ýerine ýetirilmeyär.

4.14. Deňleýji birleşdirmeler (deňleýjiler)

1. Birinji görnüşiniň deňleýjileri.
2. Ikinji görnüşiniň deňleýjileri
3. Üçünji görnüşiniň deňleýjileri.
4. Ýöredijiň momentleriniň deňlemesi.

Birinji görnüşiniň deňleýjileri ýönekeý halkaly sargylarda bir polýarlygyň polýuslary astynda ýerleşýän sarymyň şahalaryndaky potensiallary deňlemek üçin ulanylýarlar. Hakykatdan hem sarymyň simmetriýa şertlerini dogry ýerine ýetirlende-de onuň aýry şahalarynyň EHG bir meňzeş bolman bilerler. Bu dürli sebäpler bilen ýüze çykarylýar, mysal üçin polýuslas astynda (σ) bir meňzeş däl, kollektorda çotgalaryň simmetrik däl ýerleşmesi bilen we ş.m.

Aýratyn şahalaryň EHG-niň deňsizliginiň netijesinde sarymyň içinde uly potensially nokatlardan kiçi potensially nokatlara deňleýji toklar akyp başlaýarlar.

Deňleýji toklar çotgalary we sarymy gomaça ýükleýärler, netijede maşynyň iş şertleri peselýärler, sarymyň misinde ýitgiler ösýärler we şoňa görä maşynyň temperaturasy beýgelyär we onuň PTK peselýär.

Mysal üçin, her şahada $I_a=100A$, $2a=2p=4$; $r_a=0,05\Omega$ - her şahanyň omlaýyn garşylygy, aýdalyň, maşyn $U=100W$ generator bilen işleýär, onda ýakorda EHG her şahada induktirlemeli

$$E_a=U+I_a r_a=100+100\cdot 0,05=105W \quad (4.54)$$

Bu ýagdaýda hemme çotgalar birmeňzeş 200A-den her biri ýüklenen, emma sarymyň misinde

$2a I_a^2 r_a=4\cdot 100^2\cdot 0,05=2000 Wt$ deň bolan ýitgiler emele gelýärler.

Indi aýdalyň aýry şahalaryň EHG birmeňzeş 100; 102; 5; 107, 5 we 110W. Sebäbi

$$I_a = \frac{E_a - U}{r_a} \quad (4.55)$$

şahalar üçin tok

$$I_{a1} = \frac{100-100}{0,05} = 0; I_{a2} = 50A; I_{a3} = 150A: \quad (4.56)$$

$$I_{a4}=200A$$

$$\Sigma I_a^2 r_a = 50^2 \cdot 0,05 + 150^2 \cdot 0,05 + 200^2 \cdot 0,05 = 125 + 1125 + 2000 = 3250 BT$$

Deňleýji tok bilen aýry şahalaryň we çotgalaryň aşa ýükligini aýyrmak üçin deňleýjiler bilen teoretiki deň potensiallary bar bolan sarymyň nokatlaryny birleşdirýärler, ýagny has pes garşylygy bar bolan mis geçirijiler bilen.

$$2p=4; \quad K=S=12$$

$$y_p = \frac{k}{a}$$

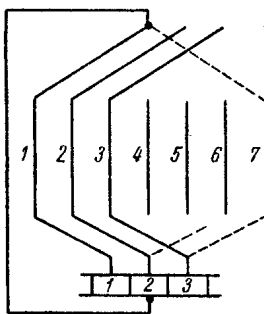
ýagny potensial ädim diýilýär.

$$y_p = \frac{12}{2} = 6 \quad (4.57)$$

Şeýlelikde 1-nji görnüşin deňleýjileri maşynyň simmetrik bolmadyk magnit sistemasyny deňleýär.

2) Ikinji görnüşin deňleýjileri

Bir taý şahaly we şoňa görä EHG-niň bir köpbürçlykly ýönekeý tolkunly sarymlarda deň potensialyň iki nokady ýok, şol sebäpden deňleýjiler hem ýok.



4.48-nji çyzgy. Sarymlaryň ikinji deňleýjisi.

Çylşyrymly tolkunly sarymda ikinji görnüşin deňleýjileri ulanylýarlar.

Bile duran kollektor tagtaçalaryň aralygynda güýjenmäniň deň paýlanmazlygy bolup biler, bu bolsa maşynyň işleýşini peseldýär.

Ikinji görnüşin deňleýjileri.

Ikinji görnüşin deňleýjileri-kollektor boýunça güýjenmäniň paýlanmasynyň simmetriýadalligini deňleýär.

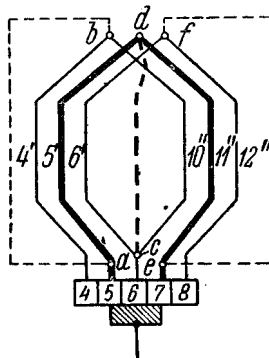
Çylşyrymly halkaly sargyly maşynlarda iki görnüşiniň hem (1-nji we 2-nji görnüşleriň) deňleýjileri ulanylýarlar.

üçünji görnüşin deňleýjileri.

Çylşyrymly halkaly sargylarda ýönekeý sargylaryň aýratyn zynjyrlaryny biri biri bilen diňe birikdirmek wajyp bolup durman, konturlaryň gysga utgaşmasynyň birmeňzeş induktiwlige üpjün etmek hem bolup durýar, bunuň bolsa esasan uly kuwwatly maşynlarda gowy kommutasiýany almak üçin aýratyn ähmiýeti bar.

$$y_1=6; y_k=2; y_2=-4$$

Bu ýerde hemme ugurlar boýunça çotgalar sargylaryň ýarymseksiýalarynyň bile ýerleşýän kollektor togtaçalarynyň aralygynda utgaşýarlar, anygyrak



4.49-njy çyzgy. Sarymlaryň üçünji deňleýjisi.

$$pl. 2 - a - 2' - d - c - pl. 3 \quad (4.58)$$

$$pl. 2 - a - b - 7'' - c - pl. 3 \quad (4.59)$$

$$pl. 3 - c - 3' - g - e - pl. 4 \quad (4.60)$$

$$pl. 3 - c - d - 8'' - e - pl. 4 \quad (4.61)$$

Egerde $c - d$ ortaça birleşme ýok bolsa, onda birinji we dördünji ugurlaryň has belli uly induktiwlige bolardy.

$$pl. 2 - a - 2' - 8'' - e - g - 3' - c - pl. 3 \quad \text{we}$$

$$pl. 3 - c - 7'' - b - a - 2' - 8'' - c - pl. 4$$

Hemişelik toguň ýöredijileri elektrik maşynlaryň öwrülip bilijiligi.

M_T – ilkinji ýöredijiň M_I aýlanýan momentine görä togtadyjy moment

$$I_a = \frac{E_a - U}{R_a} \quad (4.62)$$

Egerde $E_a < U$ EHG-niň ýeternikli peselmeginde, generatoryň aýlanma tizligini we onuň Φ magnit akymyny peseltmek bilen E_a EHG-ni peseltsek, onda bu ýagdaýda ýakoryň I_a togy öz belgisini üýtgedýär, emma esasy polýuslaryň polýarlygy üýtgemesiz galarlar.

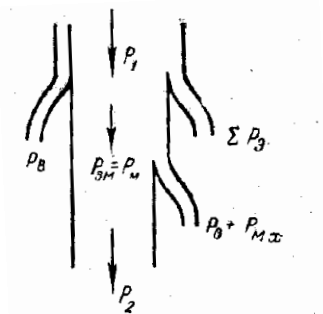
M_c - ýöredijiň okunda garşylyk momenti.

$$I_a = \frac{U - E_a}{R_a} \quad (4.63)$$

Elektrik maşynyň öwrülip bilijilik prinsipi E.H.Lens tarapyndan 1933-nji ýylda kesgitlenen.

Hemişelik toguň ýöredijileriniň klassifikasiýasy we EHG-niň deňlemesi we energetik prosessi.

Parallel, yzygider we garyşyk oýandyrmaly ýöredijiler bar.



4.50-nji çyzgy. Dwigateliň energetiki diagrammasy.

Parallel oýandyрма ýöredijisi $n=\text{const}$ Doly elektrik kuwwaty $P_I=U(I_a+I_b)$ Bu kuwwatyň bir bölegi oýandyрма zynjyrynda $P_{oý}=UI_{oý}$ ýitgileri we ýakoryň zynjyrynda (misiň we çotganyň)

$P_{am}+P_s=I_a^2 R_{am}+\Delta U_s I_a^2 R_a$ ýitgileri ýapmak üçin sarp edilýär.

Kuwwatyň galan bölegi $P_a=E_a I_a$ elektromagnit kuwwata öwrülýär, ol öz gezeginde P_{mh} doly mehanik kuwwata deň, netijede

$$P_a = P_{mh} = E_a I_a = P_I - P_{oý} - (P_{am} + P_s) = U(I_a + I_{oý}) - UI_{oý} - I_a^2 R_a = UI_a - I_a^2 R_a \quad (4.64)$$

$$E_a = U - I_a R_a; \quad I_a = \frac{U - E_a}{R_a} \quad (4.65)$$

P_2 peýdaly mehanik kuwwat P_a -dan P_c+P_{mh} ululyga az.

$$P_2 = P_a - (P_c + P_{mh}) = P_a - P \quad (4.66)$$

Ýöredijiň momentleriniň deňlemesi.

$$M_a = \frac{P}{2\pi} \frac{N}{a} I_a \Phi = C_M I_a \Phi \quad (4.66)$$

Aýlanmada oka şu indiki momentler täsir edýärler:

- 1) M_a – aýlanma elektromagnit momenti (M)
- 2) M_c -okda garşylygyň statiki momenti $M_c=M_0+M_2$ (boş işleme momenti we peýdaly moment), elektrofisirlenen ýöredijiň statiki güýçleri bilen emele getirilen we ýöredijiň burç tizligine getirilen.
- 3) M_g - M_j dinamiki moment, ýöredijiň aýlanýan bölekleriniň inersiýasy we onuň bilen herekete getirilýän mehanizma

baglylykda ýöredijiň tizliginiň islendik üýtgemesinde emelže gelýär.

$$M_j = j \frac{dw}{dt}; M = M_0 + M_2 \pm M_j \text{ ýa-da}$$

$$M = M_c \pm M_j = C_M I_a \Phi$$

(4.67)

4.15. Hemişelik toguň ýöredijilerini işe goýberme usullary we häsiýetnamalary

Hemişelik toguň ýöredijileriniň şu indiki görnüşli häsiýetnamalary bar:

1. İşe goýberiji
2. İşçi we mehaniki
3. Togtadyjy
4. Sazlaýjy

1) İşe goýberiji häsiýetnamalar.

Özi bilen ýöredijiň işe goýberiş momentinden kadalaşan iş ýagdaýyna

geçiş momentine çenli işe goýberiş operasiýany kesgitleýärler.

Olara şular deňişli:

$$I_{ig} \left(\frac{I_{ig}}{I_{ig}} \right)$$

(4.68)

işe goýberiji tok,

$$2) \quad M_{ig} \left(\frac{M_{ig}}{M_{ig}} \right)$$

(4.69)

işe goýberiji moment, 3) t_n işe goýberiş wagty, 4) işe goýberilende sarp edilen energiýanyň köplüş bilen kesgitlenýän, operasiýanyň tygşytlygy, 5) işe goýberiş esbabyň gymmaty we ygtybarlygy.

- 2) Işçi häsiýetnamalary bu n , M , $\tau=f(P_2)$ baglylyklary ýa-da $U=U_H=const$ bolanda $f(I_a)$ we oýandyрма we ýakoryň zynjyrynda hemişelik garşylyklarda.
- 3) Mehaniki häsiýetnamalar $n=f(M)$ $U=const$; $R_a=const$; $R_b=const$, şeýle hem togtadyjy häsiýetnamalar.
- 4) Sazlaýjy häsiýetnamalar özi bilen aýlanma tizligi sazlananda ýöredijileriň häsiýetlerini kesgitleýärler.

- 1) sazlama çäkleri $(\frac{n_{\max}}{n_{\min}})$

- 2) enjamyň ilki başdan çykdaýjylarynyň we indiki ulanyş çykdaýjylarynyň gözýetilikden sazlama tygtylylygy.
- 3) Sazlama häsiýeti-endygan ýa-da basgançaklaýyn.
- 4) Sazlaýjy esbaplaryň we tizligi sazlama boýunça operasiýalaryň ýönekeýligi.

Ýöredijileri işe goýbermegiň üç usuly bar:

- 1) ýöredijini sete göni birleşdirme (reostatsyz işe goýberme)
- 2) ýakoryň zynjyryna birleşdirilen reostatyň kömegi bilen ýöredijini işe goýberme (reostatly işe goýberme).
- 3) ýörite işe goýberiş agregatyň kömegi bilen ýöredijini işe goýberme.

$$M_0 = \frac{P_0}{\omega_0} = \frac{P_{meh} + P_p}{2\pi n_0} \quad (4.70)$$

Ýöredijiniň durgun işiniň şertleri.

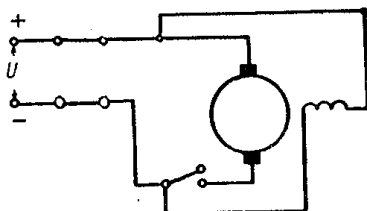
$$M=f(n)$$

Ýöredijiniň durgunlygynyň şertleri-bu $M=M_{ct}$ bolýar (haçanda aýlanma we statiki momentler deň bolanda), ýagny M we M_{st} momentleriň kesişme ýeri (A nokat).

$$\frac{dM}{dn} < \frac{dM_{st}}{dn} \quad ýa - da \quad \frac{dM}{dn} > \frac{dM_{st}}{dn} \quad (4.71)$$

Ýöredijiň reostatsyz işe goýberiliş.

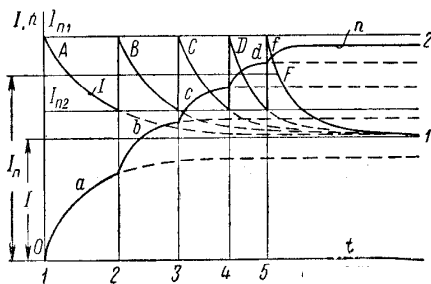
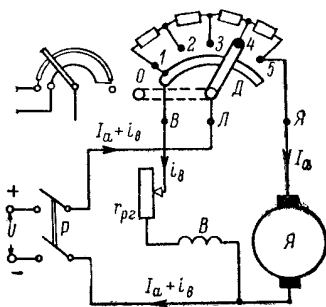
Reostatsyz işe goýberme nominal (I_H) 6-8 esse ýokarlandyryan toguň serpilmesi ýagdaýda $6kWt$ çenli amala aşyrylýar.



4.51-nji çyzgy. Reostatsyz dwigateliň hereketetirilişi.

2. Reostatly işe guberliş usuly (işe goýberiji reostatlar).

$$I_{n1} = (1,75 \div 1,5) I_H \text{ we } I_{n2} = (1,3 \div 1,1) I_H; \quad I_n = (1,5 \div 1,3) I_H$$



4.52-nji çyzgy. Parallel oýandyryjyly dwigateliň reostatly işe goýberilişi.

Ýörediji setden öçürlede oýandyрма zynjyry ýazmaz ýaly bolmagy zerur, sebäbi oýandyрма sarymynda bar bolan elektromagnit energiýanyň ätiýajy ýaýyň emele gelmegine getirip biler we ýazdyrylýan zynjyrdaky güýjenmäniň kesgir

ýokarlanmagyny ýüzeçykaryp biler. Munuň bolmazlygy üçin işe goýberiş reostatyň 1 kontaktyny D ýaý bilen birikdirýärler, bu ýagdaýda (P) ýazdyrylanda oýandyрма zynjyry ýöredijiniň ýakory we işe goýberiji reostatyň üsti bilen utgaşan bolýar.

5. Ýörite agregatyň kömegi bilen ýöredijileri işe goýberme.

Uly kuwwatly gurulmalarda işe goýberiji reostat has änet bolup durýar we energiýanyň ähmiýetli ýitgilerini ýüze çykarýar, esasan hem çalt-çaltdan işe goýberlende. Şol sebäpden başga ugurlar bilen geçirýärler, ýagny wolt goşnjy maşynyň kömegi bilen generator-ýörediji (G-Ý) çatgysy boýunça işe goýberme, şeýle hem iki ýa-da birnäçe ýöredijileriň zygider birikdirilmeleriniň üsti bilen, mysal üçin dartyp ýörediji gurulmalarynda ýaly.

Iň bir ulanylan usul G-Ý.

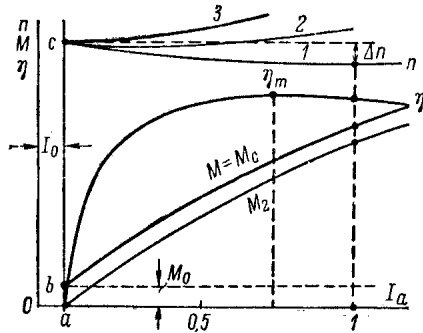
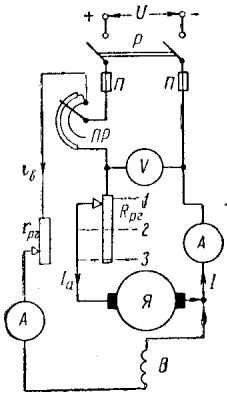
Ýöredijiniň işçi häsiýetnamalary.

Parallel oýandyrmanyň ýöredijileriniň işçi häsiýetnamalary, $n, M, \tau=f(Ia)$.

$U=U_H=const$ we $ib=const$ bolanda.

1. Tizlikleýin (daşky) häsiýetnama
 $n=f(Ia), \quad U=U_H=const, \quad ib=const$ bolanda
 $U=E_a+I_a R_a=G_n \Phi+I_a R_a$ bu ýerden

$$n = \frac{U - I_a R_a}{G \Phi} \quad (4.72)$$



4.53-nji çyzgy. Parallel oýandyryjy dwigateliň shemasy we işçi häsiýetnamalary.

Bu ýagdaýda n ikinji tertibe iki ýagdaý täsir edýär: a) $I_a R$ -güýjenmäniň düşmegi we b) ýakoryň reaksiýasy.

- 1) haçanda $I_a R_a$ köplük edende
- 2) haçanda $I_a R_a = \text{ýakoryň reaksiýasy deňagram bolanda}$
- 3) haçanda ýakoryň reaksiýasy köplük edende.

Parallel oýandyrmaly ýöredijiň

tizlikleýin häsiýetnamasy aşak düşýän (gaty) görnüşde bolýar.

Gysgçlarynda nominal güýjenme bolanda Δn_H parallel oýandyrmalyň ýöredijisiniň aýlanma tizliginiň nominal üýtgemesi diýip, onuň nominal ýüklenmeden boş işlemä getmegindäki, n_H nominal tizlikden prosentde görkezilen üýtgemä aýdylýar.

$$\Delta n_n = \frac{n_o - n_n}{n_n} 100\%; \quad (4.73)$$

köplemç $\Delta n = 2 \div 8\%$

2. Moment häsiýetnamasy $M=f(I_a)$ $U=U_H=const$; $i_{oý}=const$ bolanda

$$M=C_M I_a \Phi = M_0 + M_2 = M_c$$

boş işlemede $M=M_0=C_M I_0 \Phi = ab$

$$M_0 = \frac{P_{mx} + P_c}{\omega} = \frac{P_{mx} + P_c}{2\pi n_0} = const \quad (4.74)$$

$M_2 f(I_a)$ peýdaly momentin häsiýetnamasy $M=f(I_a)$ häsiýetnamadan aşakda gitmeli, (M_0) ululykda.

2. Ýöredijiň PTK $\tau=f(I_a)$ $U=U_H=const$; $i_b=const$ bolanda.

$$\begin{aligned} \eta &= \left(1 - \frac{\Sigma P}{P_1}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{\Sigma P}{U(I_a + i_{oý})}\right) \cdot 100\% = \\ &= \left(1 - \frac{P_0 + P_{oý} + I_a^2 R_{am} + \Delta U_s I_a + P_g}{U(I_a + i_b oý)}\right) \cdot 100\% \end{aligned} \quad (4.75)$$

$P_0 + P_b = I_a^2 R_{am[75^\circ]}$, ýagny ýöredijiň PTK öz in uly bahasy τ_{max} şeýle bir ýüklenmede ýetýär, haçanda hemişelik ýitgiler, I_a toguň inedördiline bagly bolan üýtgeýän ýitgilere deň bolanlarynda. ($P_2 = 0,75 P_H$, τ_{max} bolýar)

$P_{es} P_H$ üçin $\tau_H = 75 \div 85\%$ ýokary we ortaça üçin $\tau = 85 \div 94\%$

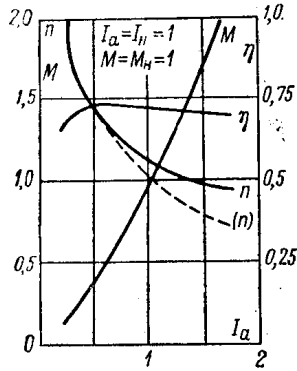
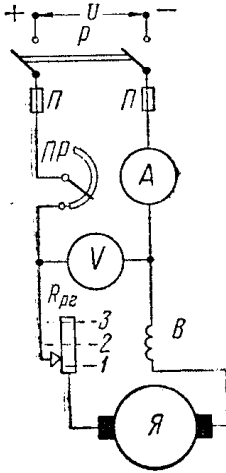
Yzygider oýandyrmanyň ýöredijižeriniň işçi häsiýetnamalary n , M , $\tau=f(I_a)$.

$U=U_H=const$ bolanda.

1. Tizlikleýin häsiýetnama

$$\begin{aligned} n &= f(I_a); \quad U=U_H=const \\ I &= I_b = I_a \end{aligned}$$

$$n = \frac{U - I_a R_a}{C_e \Phi} \quad (4.76)$$



4.54-nji çyzgy. Yzygider oýandyryjy dwigateliň shemasy we işçi häsiýetnamalary.

Yzygider oýandyrmagyň ýöredijisinde, ýöredijiniň baş akymynyň üýtgemeginiň esasy ähmiýeti bar, haçanda şol wagtyň özünde $J_a R_a$ we ýakoryň reaksiýasy ikinji tertibiň ýagdaýy bolup durýarlar, sebäbi $J_a R_a$ aýlanma tizligini peseldýär, ýakoryň reaksiýasy bolsa beýgeldýär. Pes we ortaça ýüklenmelerde ýöredijiň magnit zynjyryny doýgun diýip hasap etsek bolar, $\Phi = I_a$, diýmek

$$n = \frac{U - I_a R_a}{C' I_a} = \frac{U}{C' I_a} - \frac{R_a}{C'} \quad (4.77)$$

ýagny, doýgun yzygider ýöredijiniň tizlikleýin häsiýetnamasynyň giperboliki häsiýeti bar (punktir çyzygy).

Ýüklenmäniň esli peselmeginde ýörediji has ýokary tizligi alyp başlaýandygyna, ýa-da aýdylşy ýaly dargama gidip başlaýandygyna aýratyn üns bermek gerek. Boş işlemede $\Phi=0$. ΔU_H -nominal ýüklenmeden nominal ýüklenmäniň dörtdebirine geçmeginde aýlanma tizliginiň üýtgemesi $U=U_H=const$ bolanda.

$$\Delta n_H = \frac{n[1/4P_H] - n_H}{n_H} \cdot 100\% \quad (4.78)$$

Yzygider oýandyrmanyň ýöredijisiniň tizlikleýin häsiýetnamasyny köplenç ýumşak diýip atlandyrýarlar.

2. Moment häsiýetnamasy $M=F(I_a)$, $U=U_H=const$.

$M=C_M I_a \Phi$; onda poladyň pes doýmasynda $\Phi=I_a$ bolýar.

$M=I_a^2$; (parabola şekilende).

3. Ýöredijiň $PTK \tau=f(I_a)$.

Ýüklenmäniň üýtgemesi bilen yzygider oýandyrmanyň ýöredijisiniň

ýitgileriniň hemme görnüşleriniň üýtgeýändigini biz bilýäris. Emma polatdaky ýitgileriň we mehaniki ýitgileriň jemi ýüklenmä baglylykda az üýtgeýär. Bu esasan I_a toguň beýgelmeginde induksilayalryň ösýändikleri, şonda aýlanma tiligi peselýändigini bilen düşündirilýär.

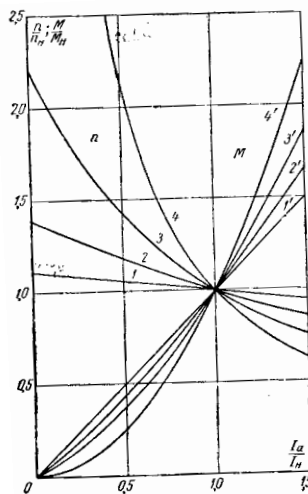
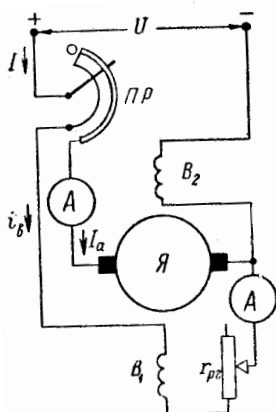
Haçanda $P_0=I_a^2 R_{am/75}^0$ bolanda τ_{max} alýarys.

$$n = \frac{U - I_a R_a}{C_e (\Phi_1 - \Phi_2)} \quad (4.79)$$

Garyşyk oýandyrmanyň ýöredijileriniň işçi häsiýetnamalary.

$$n = \frac{U - I_a R_a}{C_e (\Phi_1 - \Phi_2)} \quad (4.80)$$

sargylaryň ylalaşykly birikdirilmesi (parallel sarymlar)
sargylaryň garşylykly birikdirilmesi (yzygider sarymlar).



4.55-nji çyzgy. Garyşyk oýandyryjy dwigateliň shemasy we işçi häsiýetnamalary.

- 1- parallel oýandyrmanyň ýöredijisi
- 2- garyşyk oýandyrmanyň ýöredijisi ($\Phi_1 + \Phi_2$)
- 3- garyşyk oýandyrmanyň ýöredijisi ($\Phi_1 - \Phi_2$)
- 4- yzygider oýandyrmanyň ýöredijisi.

1. Elektrik maşynlaryň PTK-niň we energiýasynyň ýitgileri.
2. Hemişelik toguň maşynlarynyň esasy we ýörite görnüşleri.
Hemişelik toguň maşynlarynyň tehniki berilenleri.

Häzirki wagt umumysenagat ulanyşynyň maşynlarynyň esasy görnüşi (seriýasy) ýeketäk P seriýasy bolup durýar, ol kuwwatlaryň we aýlanma ýygylklarynyň hemme gerekli çäkleriniň içine alýar⁵.

Ýeketäk P seriýasyna elektrik maşynlarynyň iki görnüşi girýär: umumysenagat ulanylşyň we ýöriteleşdirilen maksatly.

Umumy senagat ulanyşynyň elektrik ýöredijileri 1:2 gatnaşykdan ýokary bolmadyk baş polýuslaryň meýdanynyň gowşamagy bilen aýlanma ýygylgyny sazlamaga ýol berýär. Bu parallel oýandyrmanyň maşynlary. Ýerine ýetirilişi-gorawlanan. Mehaniki häsiýetnamasy-gaty.

Ýöriteleşdirilen maksatly elektrik ýöredijiler-ýerine ýetirilişi ýapyk.

Umumysenagat ulanylyşly generatorlaryň parallel ýada garyşyk öz-özünden oýandyrmasy bar. Daşky häsiýetnamasy-gaty. Hemişelik toguň elektrik ýöredijilerini iýmitlendirme üçin, dolandyryş zynjyrlar üçin we hemişelik toguň iri maşynlaryny oýandyryjy hökmünde ulanylýarlar.

Ýöriteleşdirilen maksatly generatorlar akkumulýator batareýlerini zarýadlama üçin, hemişelik toguň kuwwatly ýöriteleşdirilen elektrik ýöredijileri üçin niýetlenen.

Ýeketäk II seriýanyň maşynlary üç topara bölünýärler:
0,3-den 200 kWt çenli (ölçepleri 1-11-nji)
200-den 1400 kWt çenli (ölçepleri 12-17-nji)
1400 kWt –dan ýokary (ölçepleri 18-26-njy)
1-11-nji ölçeglere umumysenagat we ýöriteleşdirilen maksatly generatorlar we ýöredijiler degişli.

Nominal güýjenmeler: ýöredijiniňki: 110, 220, 440 W;
generatoryňky: 115, 230, 460W 12-17-nji ölçeglere 350 sar/min bolanda 55 kWt-dan 1000 sar/min bolanda 1400 kWt çenli kuwwatly esasy ýerine ýetirilişli maşynlary degişli.

12-17-nji ölçegli elektrik ýöredijiler prokat stanlarynyň esasy we kömekçi mehanizmlarynyň ýöretmesi (priwody) üçin, iri kesiji stanoklar we başga mehanizmlar üçin niýetlenen.

Hemme elektrik ýöredijiler-garyşyk (kompensirlenen). Kompensirlenen we kompensirlenmedik generatorlar. Ýöredijiler we generatorlar ýapyk we gorawlanmadyk ýerine-ýetirlişde, generatorlar açyk ýerine ýetirlişde hem taýarlanýarlar. Elektrik ýöredijiler bolýarlar: 220, 330, 440, 660W-300, 400, 500 sar/min. Generatorlar: 230, 330, 460, 660W, 1000 sar/min. 18-22-nji ölçeglere 460kWt 24 sar/min-dan 5400 kWt 750 sar/min çenli degişli, şeýle hem metallurgiýa önümçiliginiň belli bir mehanizmleriniň priwody üçin niýetlenen bir ýakorly elektrik ýöredijileriniň modifikasiýasy degişli. Maşynyň aýry duran elektrik wentilýatordan, mejbury wentilýasiýaly ýapyk ýerine ýetirlişi bar.

П 12-0,45 kWt	ПБ, ПР-1194
П 22-1	П-1194
П 32-2,2	П-ПТ
П 42-4,5	Б-ýapyk tebigy sowadyjyly
П 52-8,0	Р-ýapyk, maşynyň ýokarsynda

ýerleşdirilen

П 62-14	howasowadyjyly, gorawlanan ýerine
П 72-25	ýetirilmede maşynyň belgilenmesinde harp ýok.
П 82-42	
П 92-75	
П 102-125	
П 112-200 kWt	

Gorag derejesi IP22(IP23) goraglanan
IP44(ID43) ýapyk
sowatma derejesi (HΦ) (БO)
2ПΦ200M
M-birinji uzynlyk
L-ikinji uzynlyk
У4
4ΠO-4ΠБ-4ΠΦ
1- seriýanyň ady: 2Π –ikinji seriýa МΠТ

- 2- wentilýasiýa we goraglama derejesi boýunça ýerine ýetirlişi
H-goraglanan özi-özi wentilýasiýaly
Φ- goraglanan hemişelik wentilýatordan bagly bolmadyk wentilýasiýaly.
Б-ýapyk tebigy sowadyjyly
О-ýapyk hemişelik wentilýatordan daşky ýerlemeli.
- 3- aýlanma okyň beýikligi, mm.
- 4- Ýakoryň özeneniň uzynlygynyň şertli belgilenmesi.
S-pes, M-ortaça, L-ýokary
- 5- Г(T) harpy ýerleşdirilen ТГ-niň barlygynda.
- 6- klimat (howa) ýerine ýetirlişi we ýerleşdiriş derejeso (kategoriýasy)

4Π0355 L ГYXJI 4

2ΠH100 L ГYXJI 4 – 2ΠБ 90L ГYXJI 4

Howa ýerine ýetirlişindäki YXJI ýöredijiler 25⁰C temperaturada howanyň 80% otnositel çyglylygynda we 1-den 35⁰C çenli daşymyzy gurşap alýan howanyň temperaturasynda deňiziň derejesinden 1000m ýokarlygynda ulanmaga niýetlenen.

04-1000m çenli 98% 35⁰C bolanda 45⁰ çenli.

Ýörite: tropiki, himçydamly, çyga doňma çydamly 60Gs ýygylyga we başg. (12-15 ölçeg) Kuwwat: 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000

1250 kWt – 6000W aýlawlar 500-3000 aýl/min.

AZ, AKZ, AO2, AOK2

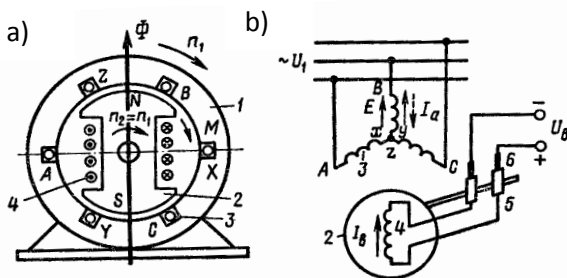
(14-18 ölçeg) AH we AKM 200 den 2000 kWt çenli, 250-1000 aýl/min –6000 W.

B Ä Ş I N J I B A P

SINHROH MAŞYNLARY

5.1. Sinhron maşynlaryň gurluşy we prinsipi

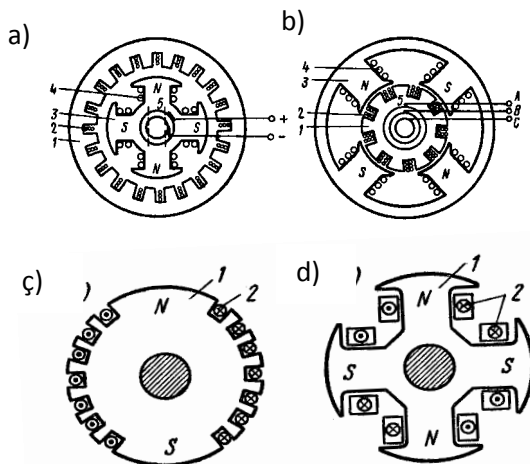
Sinhron maşynyň statorynyň gurluşy asinhron maşynyňky bilen meňzeşdir. Sinhron maşynlaryň ýakorynyň sarymyny we oýandyryjy sarymyny ters yzygiderlikde ýerleşdirýärler hemişelik togunyň maşynlaryna garanyňda, ýakoryň sarymyny statorda ýerleşdirýärler, ýagny maşynyň hereket etmeýän böleginde we oýandyryjy sarymyny bolsa rotorda ýerleşdirýärler, ýagny hereket edýän böleginde.



5.1-nji çyzgy. Sinhron maşynyň elektromagnit shemasy we onuň birikdirilişi.

Sinhron maşyn diýilip rotoryň aýlanma tizligi n bilen aýlanýan magnit meýdanyň tizligi gabat gelýän maşynlara diýilýär.

$$f = \frac{p \cdot n}{60} \quad \text{ýa-da} \quad n = \frac{f \cdot 60}{p} \quad (5.1)$$



5.2-nji çyzgy. Sinhron maşynyň magnit ulgamlary.

Sinhron maşynyň rotoryny n tizlikli herekete getirsek we oýandysak, magnit akymy Φ_f statoryň sarymynyň simlerini kesip geçär we fazalarda EHG ýygylýk bilen induktirlener

$$f_1 = pn = \frac{p \cdot n}{60} \omega \quad (5.2)$$

Statoryň EHG-si simmetriki 3- fazaly EHG ulgamyny düzýär we statoryň sarymyna simmetrik ýük birikdirilende bu sarym simmetrik tok ulgamy bilen ýüklener. Bu ýagdaýda maşyn generator režiminde işläp.

Statoryň sarymy ýüklenen wagtynda, asinhron maşynyňky ýaly aýlanýan magnit meýdanynyň häsiýetini berýär. Statoryň bu meýdany rotaryň aýlanýan ugry bilen ugurdaş aýlanýar, tizligi bolsa

$$n_1 = \frac{f_1 \cdot 60}{p} \quad (5.3)$$

Bu ýerden

$$n_1 = \frac{p \cdot n}{p}$$

ýagny statoryň we rotoryň meýdanlary deň tizlik bilen aýlanýarlar ýa-da sinhron tizlik bilen diýilýär.

Sinhron maşynlaryň dwigatel hökmünde hem işläp bilýär, ýöne onuň üçin statoryň sarymyna 3 - fazaly tok bermeli. Bu ýagdaýda-da rotor şol bir tarapa aýlanýar şol bir tarapa aýlanýar, şol bir tizlik bilen ýakoryň meýdany ýaly.

Konstruktiv tarapyndan sinhron maşynyň iki görnüşi bardyr:

- a) Anyk polýusly däl, ýagny polýuslary anyk görünmeýär;
- b) Anyk polýusly, ýagny polýuslary anyk görünýär.

Sinhron generatorlar köp ýagdaýda bug we gidrawliki turbinalaryň kömegi bilen herekete getirýärler. Birinji ýagdaýda sinhron generatora turbogenerator diýilýär, ikinji ýagdaýda gidrogenerator.

Bug turbinalary tiz hereketli maşynlaryň hataryna girýärler, şonuň üçin hem olar anyk däl polýusly bolýarlar. Gidrogeneratorlar bolsa tersine anyk polýuslydyrlar, gidrawliki turbinalar haýal hereketli maşynlara degişlidirler.

Anyk polýusly edilip sinhron generatorlar ýasalýarlar, olar içinden ýandyrylýan dwigatel bilen herekete getirýärler, şeýle-de sinhron dwigateller we kompensatorlar ýasalýar.

Simmetrik ýüklenmede sinhron maşynlarynda elektromagnit hadysalary

Sinhron generator ýüklenme ýagdaýynda işlände ýakoryň sarymlaryndan, ýagny statordan (I) tok akýar. Bu tok ýakoryň MHG döredýär, ol hem rotoryň MHG döredýär, ol hem rotoryň MHG täsire girýär şonuň bilen bilelikde maşynyň netijeýji MHG-sini berýärler. Şeýlelik-de statoryň MHG-si

rotoryň esasy MHG-si bilen täsirinde *ýakoryň reaksiýasy* diýilýär.

Ýakoryň reaksiýasy sinhron maşynynyň işlemekligine çuň we hemme taraplaýyn täsir edýär. Fiziki nukdaý nazaryndan sinhron maşyna ýakoryň reaksiýasy tok maşynlarynyňky bilen deňdir. Ýöne sinhron maşynlarynda ol has çylşyrymlydyr, sebäbi SM-larynda dik MHG döreýär – magnitlendirýän ýa-da magnitsizlendirýän, ol hem maşynyň işleýşine uly täsirlidir.

Has çylşyrymly häsiýete bir fazaly sinhron maşynlar hem eýedir, bu ýagdaýda rotoryň aýlanýan MHG we statoryň pulsirleýji MHG öz ara täsirdedirler.

Ilki bilen anyk däl 3-polýusly birinji garmonikaly maşynyň hereketine seredeliň, bu ýerde MHG täsirlenmesi aňsat, soňra anyk polýusly maşyna serederis.

5.2. Köp fazaly sinhron generatoryň simmetrik ýüklenmede ýakoryň reaksiýasynyň peýda bolmagy

Mysal üçin 3-fazaly generatory herekete getireliň, oýandyrylan we deň ýüklenen .

Biz üç ýagdaýyna seredeliň :

- 1) Generatoryň aktiw ýüklenen wagtynda, ýagny tok I fazasy EHG E_0 fazasy bilen deň düşýär ($\psi=0^\circ$)
- 2) Generator arassa induktiw ýüklenen wagtynda,

ýagny tok I EHG E_0 yza galýar $\psi = +\frac{\pi}{2}$ burça

- 3) Generator arassa sygym ýüklenmede, ýagny tok I EHG E_0 öňe gidýän wagtynda (formula) burça.

Ýakoryň reaksiýasyny şu ýagdaýlarda bilip, garyşykly häsiýetli ýagdaýyny kesgitläp bolýar.

Birinji ýagdaýa seredip geçeliň ($\psi = 0$)

Goý berlen wagta rotoryň EHG –si bilen togy iň ýokary baha eýedir. Rotoryň kabul edilen oplýarnostynda MHG egridir. (sur 1)

(rotor sagat strelkasyny ugruna urukdyrylan)

Sag elin düzgünini ulanyp EHG –niň ugryny kesgitleýäris, statoryň sarymlarynda induktirlenýär. Bu ýagdanda sinhron maşyn generator hökmünde $\psi=0^\circ$ işleýär, togyň ugurlary faza sarymlarynda onda induktirlenýän EHG-niň ugry bilen deň düşýär. Biziň seredýän wagat pursatymyza netijeleýji MHG maksimum ýakoryň reaksiýasyny polýuslaryň ortarasynda ýerleşýär, başgaça aýdanymyza netijeleýji MHG –niň amplitudasy ýakory reaksiýasy bilen simiň oky bilen deň düşýär.

MHG –ýakorynyň reaksiýasy –birinji egri

Egrilerden görnüşi ýaly, 2 we 1 egriler bir-birinden 90° süýşirilendirler, ýakoryň reaksiýasynyň MHG-si rotoryň MHG –niň yzyndan. Şular ýaly MHG ýakoryň dik reaksiýasy diýeris. 1 we 2 MHG-i algebraik jemleseň onda 3-nji egrini alarys, sinhron generatornyň netijeleýji MHG $\psi = 0^\circ$ işleýär. Şeýlelikde sinhron maşynlaryň ýakor reaksiýasy $\psi = 0^\circ$ tok maşynynyň ýakor reaksiýasynyň häsiýetine eýedir. Şyotkalarynyň liniýada geometriki neýtral ýagdaýynda, MHG –dik ýakor reaksiýasy suňa deň bolar.

$$F = F_a \cos \varphi$$

Generator arassa induktiw ýüklenmä ýüklenen

$$\psi = +\frac{\pi}{2} = +90^\circ$$

Bu ýagdaýda toklar özüne degişli MHG-den yza galýarlar $+\frac{\pi}{2}$ fazasy boýunça (çyzgy b). (A - x) fazadaky

tok öz maksimum bahasyna dört perioddan ýetýär, ýagny polýuslar $+90^\circ$ süýşende. Bu ýagdaýa degişli egriler 1 we 2

ýakoryň reaksiýasynyň MHG-si we rotoryňky (çyzgy w). Görüşimiz iki MHG-niň oklary bir-birine düşýär, ýakoryň reaksiýasynyň MHG-si rotoryň MHG bilen gymyldaýarlar. Şolar ýaly ýakoryň reaksiýasyna kese-magnitsizlendirýän diýilýär we onuň MHG – ýakoryň reaksiýasynyň kese magnitsizlendirýän MHG diýilýär.

Generatoryň netijeleýji MHG 3-nji egri

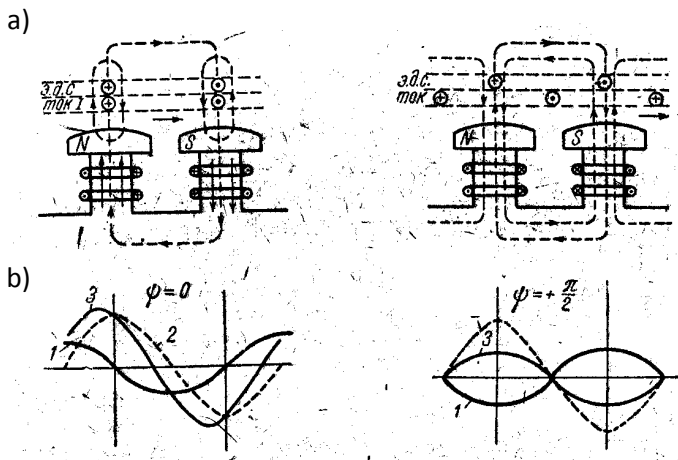
$$-F_{ad} = F_a \sin \psi \quad (5.4)$$

Generator arassa sygym ýüklenmä ýüklenen $\psi = -\frac{\pi}{2}$

Ilki bilen ýakoryň reaksiýasynyň MHG we rotoryň ugurlary deňdir (1 we 2 egriler). Şolar ýaly ýakoryň reaksiýasyna – kese magnitlendirýän we onuň MHG – kese magnitlendirýän ýakoryň reaksiýasynyň MHG diýilýär.

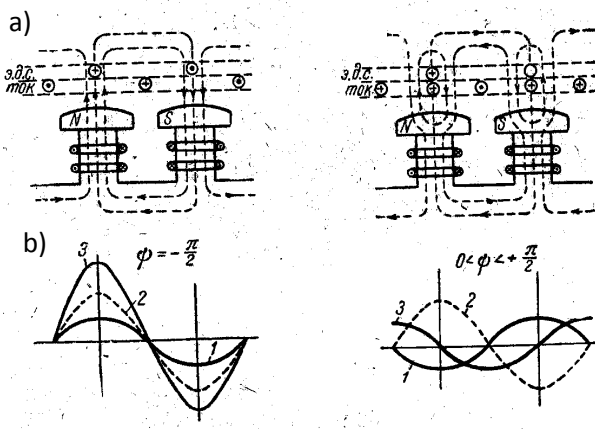
Generatoryň netijeleýji MHG 3-nji egri

$$-F_{ad} = F_a \sin \psi \quad (5.5)$$



5.3-nji çyzgy. Ýakoryň reaksiýasynyň meýdany.

a) $\psi=0$, b) $\psi=\pi/2$.



5.4-nji çyzgy. Ýakoryň reaksiýasynyň meýdany. a) $\psi = -\pi/2$, b) $0 < \psi < \pi/2$.

Eger-de ýakoryň reaksiýasynyň kese MHG rotoryň MHG we bagly bolman işlese , onda onuň döredýän Φ_{ad} kese akymy esasy akymyň ugryna akrdy we maşynyň doýgunlygyna bagly bilardy

Generator garyşyk ýüklenmä ýüklenen we $0 < \psi < \frac{\pi}{2}$

Bu ýagdaýda ýakoryň reaksiýasyna esasy garmanikaly MHG-niň sinusoidal tolkunyny iki sany amplitudaly düzüjä bölmek bolar $F_a \cos \psi$ we $F_a \sin \psi$ olaryň geometriki jemi ýakoryň reaksiýasynyň F_a MHG amplitudasyna deňdir.

Aňlatmada $F_a = F_1$ şu deňlik bilen kesgitlenýär

$$F = \frac{m\sqrt{2}}{n} \cdot \frac{wK_{o\delta 1}}{p_a} \sin \psi \quad (5.6)$$

Düzüji $F_{ag} = F_a \cos \psi$ we $F_{ad} = F_a \sin \psi$

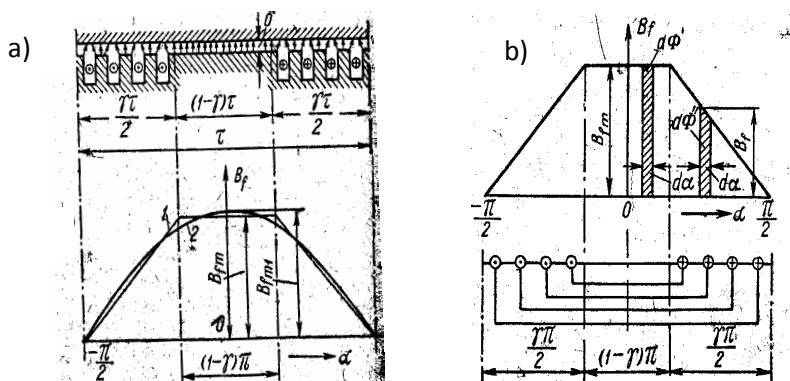
5.3. Sinhron maşynyň anyk däl polýusly ýakorynyň reaksiýasy

Hakykatda generatoryň ýüklenmesi garyşy häsiýetlidir. Şonuň üçin ýakoryň reaksiýasynyň MHG dik we kese düzüjileri bardyr. Birinji tok I düzüjisi, ikinjisi bolsa onuň reaktiw düzüjisi. degişli diagramma görkezilen (çyzgy 1) Bu ýerde F_0 – rotoryň MHG wektory ýa-da döredilýän akymyň Φ_0 ; E_0 –EHG wektory, statorda Φ_0 akym bilen induktirlenýär.

$$OB = I_q \cos \psi_2 \quad \text{we} \quad OC = -I_d \sin \psi_2 \quad (5.7)$$

$I=OA$, E_0 e.h.g. ψ_2 yza galýar.

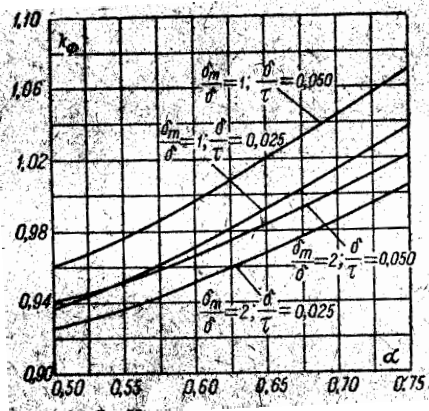
Şeýlede tok üçin $I=OD$ F_0 EHG öňe gidýär ψ_c burça. Görüşimiz ýaly ýakoryň reaksiýasynyň dik MHG $F_{aq}=OB$ ýa-da $F_{aq}=OG$



5.5-nji çyzgy. Howa boýlugynda aşdyň däl polýusly sinhron maşynyň oýandyryjy sarymynyň magnet meýdany we oýandyryjy sarymyň öz-özünden magnet seçelenmesiniň kesgitleniş.

$F_0 < 90^\circ$ MHG düzýärler, şol wagtda hem ýakoryň reaksiýasynyň kese MHG –si F_0 MHGg gatnaşygynda işleýär, magnitlendiriji - $F_{ad} = OC$ ýa-da magnitlendiriji $F_{ad} = OH$

Anyk polýusly dö maşynyň statorynyň tegegininiň hemme ýerinde deňşekilli δ bolany üçin ýakoryň reaksiýasynyň dik m.h.g. .. we ... rotora bolan gatnaşygy deň şertlerde bolýar.



5.6-njy çyzgy. Aýdyň polýusly sinhron maşynyň oýandyryjy sarymynyň magnit akymynyň koeffisiýentiniň egrisi.

Bu esasda m.h.g. ..amplitudasy we ýakoryň reaksiýasy .. şu görnüşde ýazyp bolar.

$$F_{aq} = F_a \cos \psi = I w K_{o\delta} \cos \psi \quad (5.8)$$

we

$$F_{ad} = F_a \sin \psi = I w K_{o\delta} \sin \psi \quad (5.9)$$

Ýakoryň reaksiýasynyň m.h.g rotoryň birnji garmoniki m.h.g. bilen täsire girýär.1-nji we 2 –nji deňlemeä düzediň

koeffisiýentlerini K_a girizmek bolar, ol hem rotoryň saralan polýusynyň ädiminden hemme polýus ädimine baglydyr.

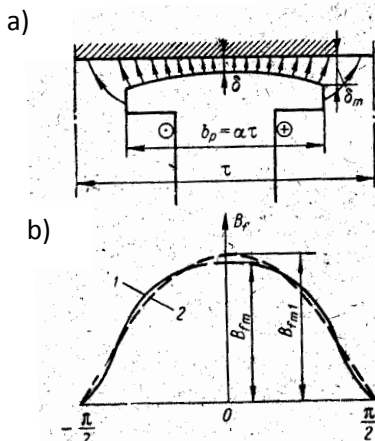
$$K_a = 0,97 \div 1,035 \quad (5.10)$$

5.4. Anyk polýusly sinhron maşynyň ýakorynyň reaksiýasy

Bu maşynlaryň zazory deň däl, şonuň üçin hem magnit garşylygy deň däl.

5.7-nji çyzgy. Anyk polýusly sinhron maşynyň ýakorynyň reaksiýasy.

Bu ýagdaýda dik reaksiýa we egriler sinys däl, sebäbi garşylyklary deň däl. Kesereaksiýa wagtynda polýuslar dik reaksiýa görä süýşýärler. Rotoryň esasy tolkuny hemişelikdir, diňe statoryň tolkuny üýtgeýär (2-nji egri). Gogrudan hem kese reaksiýa köpdür dik reaksiýadan, ýagny kesede magnit garşylygy azdyr, dik reaksiýa garanynda. Bu bolsa zazora baglydyr, näçe zazaor köp bolsa, şonça hem magnit garşylyk köpdür.



5.8-nji çyzgy. Howa boşlugyndaky aýdyň polýusly sinhron maşynyň oýandyryjy sarymynyň magnit meýdany.

Ýakoryň reaksiýasyna syn etmek üçin 1-nji garmoniki magnit hereketlendiriji güýjine seredeliň. Magnit hereketlendiriji güýç egrisiniň görnüşini polýus duganyň çäginde göni burçlyk görnüşinde bolýar. Göni burçly beýikligi F_m , B rotor m.h.g polýus ara zonasyna, nula deňdir. 1-nji garmonikanyň amplitudasy

$$F_m \frac{4}{n} F_m \sin \frac{\pi \alpha}{2} \quad (5.11)$$

Bu ýerde α -ýapmak koeffisiýenti

F_{m1} -1nji garmonika täsirine seredeliň. Egrini Furýeniň setirine dargydalyň

$$f(x) = A_1 \sin x + A_2 \sin 2x + \dots A_n \sin nx + B_1 \cos x + B_2 \cos 2x + \dots B_n \cos nx \quad (5.12)$$

Hemişelik çleni nula deňdir, sebäbi ýarym tolkunlyň meýdanlary (+) we (-) deňdirler. Koeffisiýentleriň A haýsydyr biriniň bahasyny tapmak mysal üçin A_v üçin iki tarapyňy hem $\sin vx$ we stiri $-\pi$ –den $+\pi$ aralykda integrirlemeli

$$f(x) \sin vx dx = A_1 \sin nx \sin vx dx + A_2 \sin 2x \cdot \sin vx dx + A_v \sin^2 vx dx \quad (5.13)$$

$$\begin{aligned} \int_{-\pi}^{+\pi} f(x) \sin vx dx &= \int_{-\pi}^{+\pi} A_1 \sin vx dx + \dots + \int_{-\pi}^{+\pi} A_v \sin^2 vx dx = \\ \int_{-\pi}^{+\pi} A_v \sin^2 vx dx &= \int_{-\pi}^{+\pi} A_v \left(\frac{1 - \cos 2vx}{2} \right) dx = A_v \cdot \frac{1}{2} x \\ \int_{-\pi}^{+\pi} A_v (\pi + \pi) &= A_v \cdot v \quad (5.14) \end{aligned}$$

Şeýlelikde bu ýerde

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} f(x) \sin vx dx = \frac{1}{\pi} \int_{\pi}^0 f(x) \sin vx dx + \frac{1}{\pi} \\ \int_{\pi}^0 f(x) \sin vx dx + \frac{1}{\pi} &= A_v = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} [f(x) - f(-x)] \sin vx dx \quad (5.15) \end{aligned}$$

Ýokardaky deňlemelere meňzeşlikde setiriň B koeffisiýentleri u \cos tapýarys.

$$B_v = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} [f(x) - f(-x)] \cos vx dx \quad (5.16)$$

Birinji garmonika üçin ýakoryň kese reaksiýasyna seredeliň Biziň egrimiz absissa okuny simmetriki bolany üçin

$\int_0^{\pi} [f(x) - f(-x)] \cdot \dot{Y}$ agny A we B koeffisiýentleriň bahasy
sinus setir üçin

M.h.g egrisiniň görnüşi ýaly $f(x)=0$
 $x=0$ den

$$x = \frac{\pi - \alpha\pi}{2} \text{ çenli}$$

$$x = \frac{\pi - \alpha\pi}{2} \text{ çenli} \quad x = \pi \text{ çenli bolanda, onda}$$

$$x = \frac{\pi - \alpha\pi}{2} \text{ çenli} \quad x = \frac{\pi + \alpha\pi}{2} \text{ çenli bolanda,}$$

onda

$$f(x)=F_{ad} \sin x$$

Şeýlelikde 1-nji garmonikanyň kese ýakor reaksiýasynyň
amplitudasy:

$$F'_{ad} = \frac{2}{\pi} \int_{\frac{\pi-\alpha\pi}{2}}^{\frac{\pi+\alpha\pi}{2}} F_{ad} \sin^2 x dx = \frac{2}{\pi} F_{ad} \frac{1}{2} x \int_{\frac{\pi-\alpha\pi}{2}}^{\frac{\pi+\alpha\pi}{2}} = \frac{2}{\pi} F_{ad} \frac{1}{2}$$

$$\left(\frac{\pi + \alpha\pi}{2} - \frac{\pi - \alpha\pi}{2} \right) = \frac{\pi + \alpha\pi}{2} F_{ad} = 2 \frac{\sin \alpha\pi}{\pi} = \frac{2\pi + \sin \pi}{\pi} F_{ad}$$

(5.17)

Birinji garmonika kese ýakor reaksiýasy M.h.g 1-nji
garmonikasy bilen özara täsire girýär .. Statorda
induktirlenýän e.h.g. xxx kömegi bilen kesgitlenýär, ol hem
rotoryň m.h.g F_m baglylykda baglanşygy gurulýar. Bu
ýagdaýda m.h.g. F_{AD} üýtgemeli bolýar.

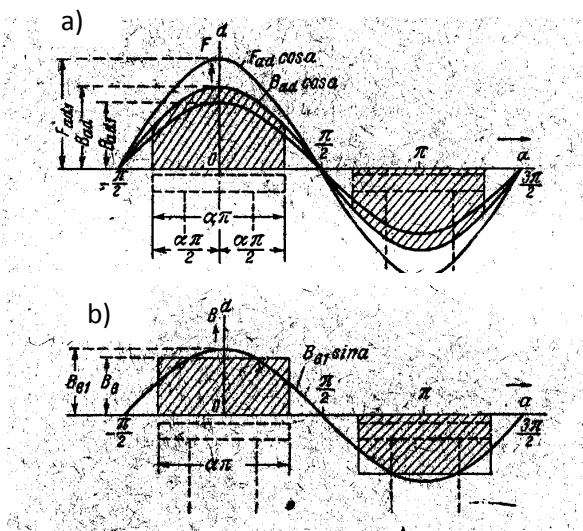
$$\frac{F_m}{F_{m1}} = \frac{F_m}{\frac{4}{\pi} F_m \sin \frac{\alpha\pi}{2}} = \frac{1}{\frac{4}{\pi} \sin \frac{\alpha\pi}{2}} \quad (5.18)$$

onda

$$F'_{ad} = F_{ad} \frac{\alpha\pi + \sin \alpha\pi}{4 \sin \frac{\alpha\pi}{2}} = K_{ad} F_a \sin \psi \quad (5.19)$$

Bu ýerde

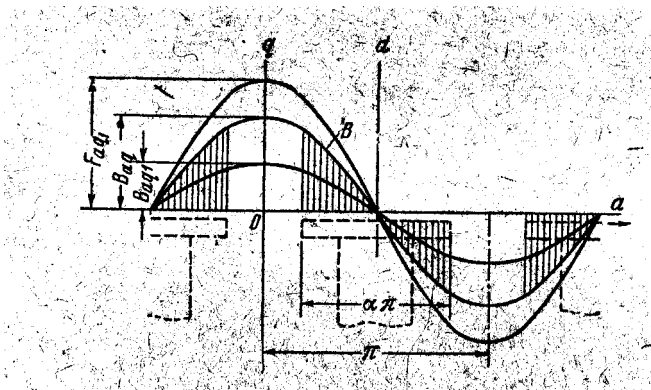
$$F_{ad} \frac{\alpha\pi + \sin \alpha\pi}{4 \sin \frac{\alpha\pi}{2}} \quad (5.20)$$



5.9-njy çyzgy. Aýdyň polýusly sinhron maşynyň oýandyryjy sarymy we ýakoryň reaksiýasynyň ugry boýunça MHG hem-de magnit meýdany.

Ýokaryň reaksiýasynyň dik m.h.g. kesgitläp bolar

$$F'_{aq} = K_{aq} F_a \cos \psi \quad (5.21)$$



5.9-nji çyzgy. Aýdyň polýusly sinhron maşynyň oýandyryjy sarymy we ýakoryň reaksiýasynyň keseligine MHG hem-de magnit meýdany

Bu ýerde

$$F'_{aq} = \frac{\alpha\pi - \sin \alpha\pi + \frac{2}{3} \cos \frac{2\pi}{2}}{4 \sin \frac{2\pi}{2}} \quad (5.22)$$

Induksiýanyň hakyky egrileri , döredilen kese we dik ýakor reaksiýasy çyzgydaky egrilerden yza süşýär. Şüşme derejesi polýusyň ujynyň gurluňyna we $\frac{\delta}{\tau}$ bolan gatnaşygy bilen kesgitlenilýär.

5.5. Simmetriki ýüklenmede sinhron generatoryň wektorly diagrammasy

Generatoryň wektorly diagrammasy ýüklenmäh üýtgemeginde onuň gysgyçlarynda güýjenmäniň üýtgemegini kesgitlemek maksady gurulýar. Wektorly diagramma hasaplama ýoly bilen , Şeýlede X. X. Xwe X.K.3 kömeginde gurulýar. Diagrammany gurmaklyk üçin indiki faktorlar bardyr;

1) Anyk däl polýusly.

$$U = E + E_s - I_r$$

2) Polýusly.

$$U = E_d + E_q + E + E_s - I_r$$

1) Φ_o : E_o – esasy akym we e.h.g.

2) Φ_d : E_d – ýakoryň boýuna reaksiýasynyň e.h.g. we akym;

3) Φ_δ : E_q – akym we ýakoryň kese reaksiýalarynyň e.h.g;

4) Φ_b : E_b – akym we pytrama e.h.g.

5) Yza-güýjenmäň işjeň düşmesi.

Yza-ol adatça generatoryň ylaýyk güýjenmesinden 1% kiçi bolanlygynda, onda olary köplenç ünsden düşürýäris. Onda ähli bu dört elektrik hereketegetirijiniň geometriki bahasy bize generatoryň gysgyjyndaky güýjenmäni V berýär.

Bu ýagdaýda sinhronly maşynlaryň elektrik herekete getirijisiniň esasy diagrammasyny alýarys. Emma hasaplama ýa-da synag maksatlary üçin ol birazajyk çylşyrymly. Şonuň üçinem ýüklenme togy I bilen döredilýän, ähli akymlar , elektrik herekete getirijisiniň diagrammasy, şol sanda akym Φ_δ boýunça we kese oklar boýunça bölünýärler. Şunuň bilen baglylykda X_d we X_q boýuna we kese oklar boýunça sinhronly maşynyň reaktiwligi baradaky düşünje girizilýär.

Biz ähli ýagdaýlarda hasap edýäris:

a) Generatoryň fazasy deňölçegli deňagramlaşandyr, we yz ýanyndan, diňe bir faza üçin diagrammanyň gurulmagy bilen çäklenmek mümkin

b) Ähli üýtgewli ululyklar diňe olaryň birinji garmonikiligi bilen kesgitlenilýär.

Sinhronly maşynlarda güýjenmäniň üýtgemegi V .

Edil tok maşynlaryndaky ýaly, sinhronly maşynlar barada biz güýjenmäniň ýokarlanmagy we peselmegi barada gürrüň edip bileris:

Güýjenmäniň ýokarlanmagy diýilip ylaýyk ýüklenmeden geçişde generatoryň gysgyçlarynda güýjenmäniň ylaýyk

güýjenmeden U_H üýtgemeginiň % aňladylan gatnaşygyna düşünilýär, ýagny V_H , I_H ylaýyk ähmiýetde, $\cos\varphi$ koeffisiýentlilikde we ýygrylykda, $K_{X.X}$ generatoryň şol bir aýlaw tizliginde we şol bir oýaryş togunda.

$$\Delta V = \frac{V_O - V_H}{V_H} 100\%$$

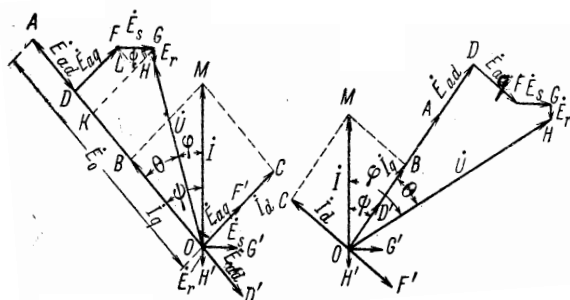
Peseldilen güýjenmede bolsa tersine;

$$\Delta V = \frac{V_H - V_O}{V_H} 100\%$$

5.6. Elektrik hereketlendiriji güýjüň diagrammasy. (Blondeliň diagrammasy)

Wektorly diagrammany gurmaklyk üçin ähli akym we güýjenme mälimdir diýip hasap ederis.

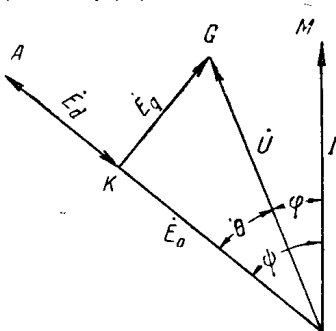
Toguň wektoryny $I = OM$ položitel ugur bilen ordinata okuna birleşdireris. Goý generator ýüklenmä ýüklenen bolsun we goý muňa deňşililikde esasy akym Φ bilen induktirlenýän, wektor OA elektrik herekete getiriji E_o $I = OM$ tok wektoryndan ψ burç öňe geçýän bolsun.



5.10-njy çyzgy. Sinhron generatoryň EHG diagrammasy blondeli).

Id- reaktiw düzüji

Pytrama akymy I tok bilen dăredilŷar we onuŷ bilen faza boŷunŷa gabatlaŷar, $E_6 = \text{OQ}$ I- den 90^0 galŷar. Ahrynda iŷjeŷ galŷar. $E_2 = \text{OH}^I$ I tok bilen dăredilŷar we onuŷ bilen faza garŷlykda tapylŷar.

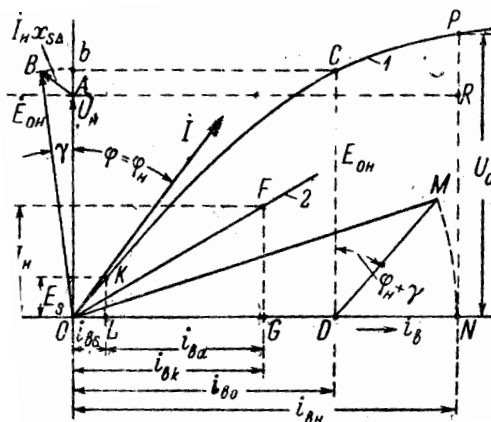

$$R_a = r_{a0} \quad k_2;$$

Bu ýerde r_{ao} - sargynyň omiki garşylygy.
 r - bu sargylaryň medlerinde goşulma ýitgisinden statoryň sargysynyň omiki garşylygynyň ulalma koeffisiýenti.

5.7. Elektrik magnit hereketlendiriji güýçleriň ýa-da Potýe diagrammasy

EMDS diagrammasy biziň elektromaşyngurluşyk zawodlarymyzyň tejribesinde ulanylýar. Ony gurmaklyk üçin x.x.x, x.k.3 aýymaly we mundan başga-da statoryň işjeň garşylygyny r_a we putrama induktiw garşylygyny x_0 kesgitlemeli.

Biz generator ylaýyk režimde işleýär we ýüklenme taşlamasyndan soň tok täzelenýär we aktiw tizligi üýtgemeyär diýip hasaplamak bilen, güýjenmäni ýokarlandyrmak ýagdaýy üçin diagrammany gyryýarys.



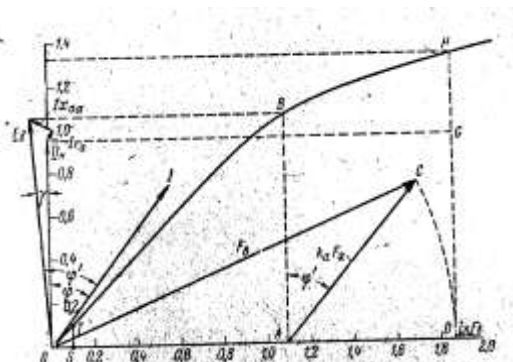
5.12-nji çyzgy. Elektrik we magnit hereketlendiriji güýjüniň diagrammasy (Potýe).

$U_H=OA$; $I_H \varphi_H-OA$ burça $E_{HF}=OB$ generatora salynýan özünde geometriki bahany $OA=U_H$ we I_H tok wektorynda 90° öňe geçýän $AB=I_H X_6$ güýjenmäniň induktiw düşmek wektory saklaýar. O merkezden OB radius bilen ordinat oklarynyň kesişmegine çenli dugany geçirýäris, bu X,X herkete salynýar, C nokady alýarys. Onda wektor $OD=I_{bo}$, e.d.s E_{HF} döretmek üçin gerek bolan, täzelenme togundan öňe geçýär. Indi bolsa ýakoryň reaksiýasy hasaba alýarys.

$I_k=I_n=FQ$ toklar üçin X.K.3 boýunça ibk = OG döreme togyny tapýarys we ondan ýokarda beýan edilen usul boýunça e.h.g $E_\delta=I_{nx\delta a}=KL=AB$ döretmek üçin gerek bolan, $i_{b\delta}=OL$ tok bölünýär. Onda $Lb=iba$ kesimli tok ýakoryň reaksiýalarynyň m.d.s gabat gelýän. I_{bn} döreme doly toguny almak üçin $OD=i_{bo}$ we $DM=LG=iba$ wektorlaryny geometriki goşmak gerek. Şol wagtda CD wektoryň $OB=E_{HF}$ wektora ululyk boýunça deňdigini, emma sagat diliniň aýlanmagy boýunça soňka deňişlilikde burça öwürmelidigini göz önünde tutmak gerekdir.

$$\Delta U_n = \frac{N_p - OA}{\sigma_A} \cdot 100 = \frac{N_p - N_p}{N_p} \frac{E_0 - U_H}{U_H} \cdot 100\% \text{ ýagny ýokary}$$

güýjenme.



5.13-nji çyzgy. Potýeniň diagrammasy.

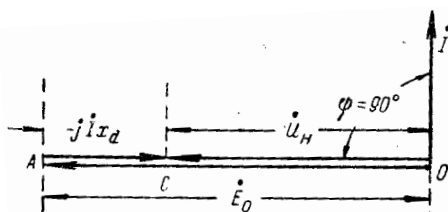
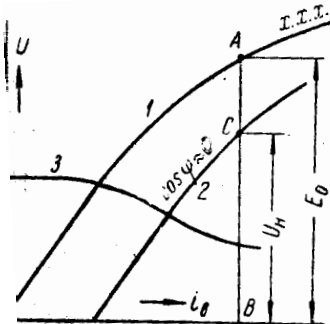
5.8. Magnit zynjyrlary doýgunlaşdyrmagyň hasaby bilen boýuna ok boýunça induktiw garşylygy (x_d) kesgitlemek

Göneldilen x boş işleme häsiýetnamasy we $x.k.z$ gysga utgaşma häsiýetnamasy boýunça kesgitlene ,reaktiwligiň ähmiýeti x_d ,maşynyňdoýgunlaşan ýagdaýyna gabat gelýär.Hakykat ýüzündäki işde döwrebap sinhronly generator mydama birazajyk doýgun bolýar. Bu ýagdaýda geçirijilik gerek,ýöne ýakoryň boýuna gidýän reaksiýasynyň akymy kemelýär,şuňa degişlilikde Φ_{ad} ; E_{ad} we $X_d = \frac{E_{ad}}{I_d}$ kemelýär.

Doýgun x_d ähmiýeti almaklyk üçin $x.x.x$ başga-da, ýene-de $\cos\phi=0$ bolmagynda, ýüklenme induksion häsiýetnama eýe bolmak gerekdir.

Ýüklenme häsiýetnamasynyň aýrylmasy $x.x.x$ aýrylmasyna meňzeşlikde geçirilýär.Baglylyk $U=f(i_b)$ $I=\text{const}$ bolmagynda ; $U=\text{const}$ we $\cos\phi=\text{const}$;

$$CA = I_H x_d$$



5.14-nji çygyz. x_d -nyň bahasyny kesgitlemek we $\cos \phi \approx 0$ bolanda EHD güýjüň diagrammasy.

Muny subut etmeklik üçin E.H.G diagrammany gurýarys we E.H.G häsiýetnamasyny we diagramasyny özaralarynda goýup.

Yüklenme häsetnamasynda nokatlaryň hataryna degişlilikde gapdaldanky toguň ib ähmiýetine ýüzlenip, biz gyşyk baglylygy alarys ,
Her reýaktiwliklik

Kese reaktiwliklik ýakoryň reýaksiýasynyň kese akmyynyň we ptrama akmyynyň hereketleriniň toplumyna esaslanandyr. Akym polat boýunça diňe degişli uly deňeşdirlende ünsden düşürmek mümkin bolan, magnitli garşylyk bilen geçýär.Şonuň üçinem bu bize diňe reýaktiwlikligiň doýgun däl generatorda kese oka seredende ulydyr .

Anyk däl gowşak doýgun –doýgun anyk däl anyk polýuslylaşan.

Dargamaň reýaktiw garşylygy

Dargamaň garşylygyny tejribeli kesgitlemek üçin iki sany usul bardyr.

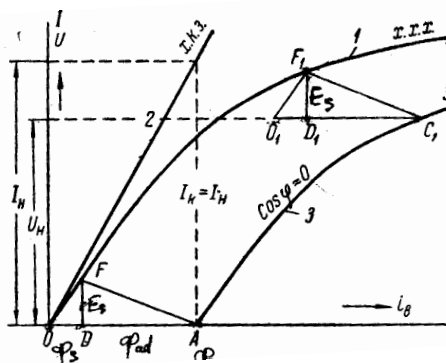
a çykarylan rotorly usul we

b reýaktiw üçburçlukdan ptramaň garşylygyny kesgitlemek usuly.

1 .Çykarylan rotorly usul.Maşynyň reýaktoryny çykarýarlar ,stator bolsa mydamalyk çeşmeden 3fazaly togy çekşärler , ýygýlyk bolmalydyr Getirilýän güýjenmäni uf faza çekip we statoryň sargysynyň işjeň garşylygyny ünsden düşürip , alarys.

Bu garşylyk , seredende ulydyr, sebäbi çykarylan rotorly maşynda ptrama akmyndan kadaly eýelenýär giňşlkde ,ýene-de bir akym bardyr.

2.Ikinji usul.Reaktiw Δ -k gurmaklyk üçin aýyrmak gerek:1)x.x.x 2)3-fazaly k-3 häsiýetnamasyny we 3) $I=I_H$ bolmagynda yüklenme induksion häsiýetnamasyny



5.15-nji çyzgy. Reaktiv üçburçlykdan x_s kesgitlenişi.

Gurmaklykda diýeliň reaktiwlik X_s bize mälim. Onda e.h.g pytyrama $E_s = I_H X_s = DF$ we x.x.x m.d.s OD boýunça bu

Gerek bolan EHG döretmeklik üçin tapmaly .

Beýleki bir tarapdan biz x.K3 boýunça $I_k = I_n$ tok üçin OA kesimi tapýarys, ýagny özünde ýakoryň boýuna reaksiýasynyň önüni almak we pytrama EHG döretmeklik üçin gerek bolan. DA-özünde m.d.s. F_{ad} saklaýar. Ähli m.d.s. oýaryş togunyň masşabynda ölçenilýär. \triangle -k OFA OA= F_d esasy we $DF = F_\delta$ beýiklikli, biz sinchron maşynyň reaktiv üçburçlygy diýip atlandyrarsy.

$$F_1 D_1 = E_s = I_H X_s; \quad X_s = \frac{F_1 D_1}{I_H}$$

5.9. Sinhronly maşynlaryň parallel işi

Umumy maglumat. Döwrebap stansiýalarda parallel işleýän, birnäçe generatorlar ornaşdyrylýar, mundan başga-da, elektrik stansiýalaryň giden hatary umumy sete işleýär. Şonuň netijesinde sarp edijileriň energoüpjünçiliginiň uly ygtybarlygyna, şikeslenme we bejergi ähtiýaçlygynyň

kuwwatlylygynyň peselmesine, möwsüleýin häsiýetli energobuýlyklary manewrlemek mümkinçiligine we beýleki amatlyklara ýetilýär.

5.10. Sinhronly generatorlary Parallel işde işletmek, (Takyk Sihroniasıya usulynda.)

1.takyk sihroniasıya. 2.özi-özünden sihroniasıya.

Generatorlary parallel işletmeklik üçin indiki şertlere gözegçilik etmek gerekdir:

1.Iki generatoryň hem köp pursatly e. h. g. ähmiýetli ululyk boýunçaden bolmalydyr, emma belgi boýunça tersine

$$U_1 = -U_2 = E;$$

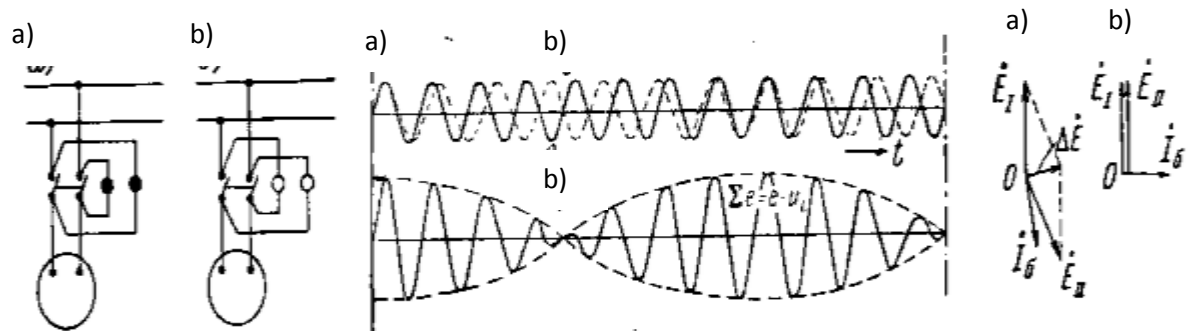
2. generatorlaryň ýygylgy setiň ýygylgyna deň bolmalydyr
 $f_1 = f_2 = f_c;$

3. U_1 we U_2 gysyk güýjenmeleriniň görnüşleri birmeňzeş bolmalydyr .

4. İşleýän we işledilýän generatoryň fazalarynyň gözegçiliginiň tertibi . Şol birlik bilen bolmalydyr , meselem, $A_1 - B_1 - C_1$ we $A_2 - B_2 - C_2$;

Bu şertlere gözegçilik edilmede induktiw akymalaryň, parallel işinde oýaryş sargylarynyň e. h. g E_1 we E_2 deň.

1.Eger diýeliň $E_1 > E_2$ e. h. g, deň däl, onda e.h.g. wektorlary dürli uzynlygyna eýe bolarlar we generatorlaryň arsynda deňeşdirerli tok I_y geçer. Ýakor sargylarynyň işjeň ýanaşyklygy indktiwliler bilen deňeşdirilerilende azdyr, şonuň üçinem deňeşdiriji tok $\Delta \dot{E} = \dot{E}_1 + \dot{E}_2$ – deň galýar we e.h.g. E_1 we E_2 gatnaşyk boýunça arassa reaktiw tok I_d bolup durýar.



5.16-njy çyzgy. Faza lampalaryň ýanma we öçme birikdirilişi we naprýaženiýeleriniň üýtgemesi.

$I_y \approx I_d$ tok bilen dörän, ýakoryň reaksiýasy, kiçi e.h.g. eýe bolan generatory magnitleýär we uly e.h.g. generatory magnitsizlendirýär.

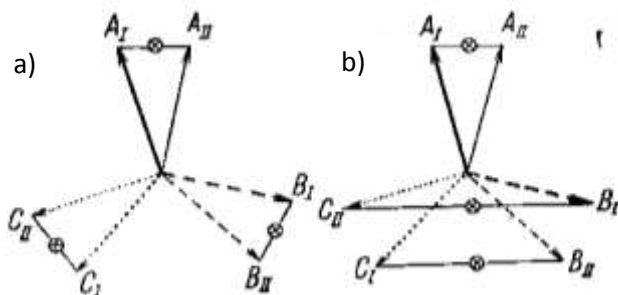
3. Eger gyşyk e.h.g. E_1 we E_2 görnüşleri ýagny sinhron generatoryň, birmeňzeş bolanda, onda deňeşdiriji tok ýakory wagtlaýyn garmonika eýedir.

2. Eger e.h.g. E_1 we E_2 arasynda fazalaryň süýşmegi nula deň bolmasa, onda E_1 we E_2 wektorlaryň arsyndaky burç π (180°) deň dälur. w). Bu ýagdaýda uly e.h.g. $\Delta E = E_1 + E_2$; 90° ($\frac{\pi}{2}$) ýakyn bolan burça e.h.g. E_1 E_2 deňlikde süýşür.

Netijede deňleýji urgy togy uýyly işjeň düzüjä eýedir we ýakoryň kese reaksiýsna getirýär, şonuň netijesinde bir maşyn generator režiminde işleýär, beýlekisi bolsa – hereketlendiriji işleýär.

4. Eger generatorlaryň aýlaw tizligi ýa-da olaryň fazalaryny gezeleşdirmegiň tertibi birmeňzeş bolmasa, onda e.h.g. E_1 we E_2 arasyndaky burç wagtynda üýtgeýär. Şol wagtda generatorlaryň çalyşýan işjeň we reaktiw kuwwatlyklary, mydama üýtgeýär.

İşledilýän generatorlarda fazalary gezeleşdirmegiň tertibiniň dogrulygyny barlamak üçin üç fazaly çyraly sinhronoskopy ulanýarlar. Sinhronoskop ölçemlige ýa-da ýagtylygyň aýlanmagyna çatgy boýunça ýygnalýar. Iki generatorlaryň hem e.h.g. wektorlaryny birmeňzeş gezeleşdirmeli iki sany ýyldyz (r) bilen şekillendirip biliner.



5.17-nji çyzgy. Lampalaryň ýanma we ölçme EHG diagrammasy.

Ýönekeýlik üçin biz olaryň nolly nokatlaryny birleşdirip we ýyldyz birisi hereketsiz, beýlekisi bolsa birinjä degişlilikde olaryň biri tizlikleriniň tapawudy bilen aýlanýar diýip hasap edip bileris. Diagrammadan görnüşi ýaly, ähli çyralar şol bir wagtda ýanarlar we şol bir wagtda öçerler.

Işledilme çyralar öçen pursatynda geçirilýär, sebäbi bu ýagdaýda islendik çyranyň gysgyçlaryndaky güýjenme nula nola deň. Işledilmäç bu usuly öçmeklige işledilme diýlip atlandyrylýar (sur. a).

Eger çyralar çatgy boýunça işledilen bolsa (sur. 1 b), diagrammasy emele gelýär (sur 2b). Diagrammadan görnüşi ýaly, çyralar dürli ýagtylyk bilen ýanýarlar, üstesine-de çyralary ýakmagyň we öçürmegiň yzygiderliligi e.h.g. degişli aýlaw tizliginden we generatorlaryň güýçli degişli aýlaw tizliginden baglydyr.

Işledilme $A_1 < A_2$ çyranyň öçen pursatynda geçirilýär. Işledilmäniň bu usuly ýagtylygyň aýlawyna işletmek diýlip atlandyrylýar.

Eger fazalaryň gezekleşmegi birmeňzeş bolmasa, onda bu biziň çyralary atanak işletmegiňizi deň güýçlidir, ýagny ýagtylygyň aýlawyna, (sur. 1 b) öçmeklige bolsa bu ýol bererlikli dälidir.

Üç fazaly ýakory güýjenmeli sinhronly maşynyň bolmagynda çyralar güýjenmäniň ölçeýji transformatorlaryň üsti bilen işleýär. Diňe nädogry işledilmeden gaça durmak üçin transformatorlaryň şol bir toparlara deňşlidigine göz ýetirmek gerekdir. Häzirki wagtda ýalňyş işledilme mümkinçiligini aradan aýyrmak üçin awtomatiki sinhronoskoplar ulanylýar.

5.11. Öz - özünden sinhronizirleme usuly bilen parallel işletmeklige sinhronly generatorlaryň işledilmesi

Bu usul boýunça generatoryň rotory herekete sinhronla ýakyn bolan tizlige çenli birinji basyş bilen getirilýär, we göni sete çatylýar. İşledilmede oýaryş sargysy işjeň garşylyga utgaşýar. Sete işledilenden soň generatora oýaryş berillýär we ol sinhronizirleme çekilýär. Adatça öz-özünden sinhronizirleme prosessini awtomatiki geçirýärler:

$$\Delta E = U_c - E_{\text{gen}} = U_c$$

Çalt işletmek mümkinçiligini we ýönekeýligini takyk sinhronizasiýa usulyndan öz-özünden sinhronizirleme usulyny amatly tapawutlandyrýarlar . Öz-özünden sinhronizirleme aýratyn ähmiýetine, şikeslenmäni aradan aýyrmakda , haçanda generatory güýjenmäniň we ýygylgyň ähmiýetli aýlawynda sete işletmek zerur bolan halatynda , eýe bolunýar. Takyk sinhronizasiýa usuly bilen işletmek bu ýagdaýda has kyndyr. Öz-özünden sinhronizirleme usulynyň kemçiligi, sargylarda ujyply mehaniki güýçlenmäni döredýän, uly toklar bolup durýar, bu olaryň wagtyndan öň hatardan çykmagyna getirip biler.

5.12. Sinhronly maşynlaryň burç häsiýetnamalary ýa-da sinhronly maşynlaryň elektro- magnitli kuwwatlylygy we elektromagnitli pursaty

Goý P_1 - mehaniki kuwwatlyk , generatora, generatora 1- nji basyşdan eltilýär. Bu kuwwatlylygyň bölegi X.X. $P_0 = P_{MX} + P_c$ ýitgilerine gidýär; galan bölegi bolsa elektro magnitli kuwwatlylyga $P_{\Theta M}$

$$P_{\Theta M} = P_1 - P_0 = P_1 (P_{MX} + P_c)$$

generatoryň peýdaly kuwwatlylygy bolsa P_2 deň

$$P_2 = P_{\Theta M} - P_M$$

Eger statoryň sargysynyň işjeň garşylygyny r_a ünsden düşürjek, onda $P_M = 0$;

$$P_{\Theta M} = P_2 = m U I \cos \varphi; \quad (5.23)$$

\sqrt{C} kuwwatlyklaryň ululyklary bilen generatoryň walyndaky pursatlar üznüksiz baglanşyklydyr.

$$M_1 = \frac{P_1}{\omega_1} \text{ -- aýlaw pursaty;}$$

$$M = \frac{P_{\Theta M}}{\omega} \text{ -- elektromagnit pursaty;}$$

$$M_0 = \frac{P_0}{\omega} \text{ -- x.x. pursaty.}$$

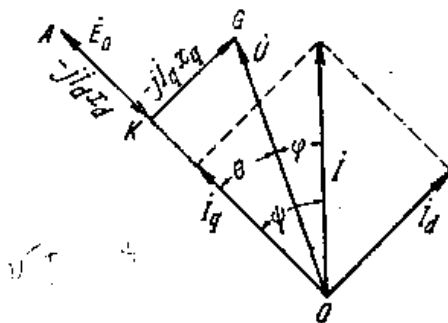
Bu ýerde $\omega = \frac{2\pi n}{60}$;

Biz generatorly maşyn bilen işlemekde elektromagnit pursatyň M we x.x. pursatyň M_0 saklaýjydyklaryny bilýäris, onda $n = \text{const}$ bolmagynda alarys.

$$M_1 = M + M_0 = \frac{P_{\Theta M}}{\omega} + \frac{P_0}{\omega};$$

Indi sinhronly maşynyň bilelikdäki iş şertlerinde maşynyň elektromagnit kuwwatlygyny onuň parametrlerinden baglylykda anyklarys. Munuň üçin formulany generatoryň iş

režimi üçin gurlan, e.h.g diagrammasyndan baglanylyp, özgerdýäris.



5.18-nji çyzgy. EHG diagrammasy boýunça elektromagnit kuwwatynyň kesgitlenişi.

EHG diagrammsy boýunça anyk polýusly $P_{3.M}$ kuwwatlylygy kesgitlemek.

$$P_{3.M} = mUI \cos \varphi = mUI \cos(\psi - \theta) = mUI \cos \psi \cos \theta + mUI \sin \psi \sin \theta = mUI_q \cos \theta + mUI_d \sin \theta; \quad (5.24)$$

Bu ýerde $I_q = I \cos \psi$;

$$I_d = I \sin \psi;$$

Diagrammadan görnüşi ýaly, ýagny

$$\frac{I_q x_q = U \sin \theta}{(7.3a)} \text{ we } I_d x_d = E_0 - U \cos \theta, \text{ bu ýerden}$$

$$I_q = \frac{U \sin \theta}{x_q}; \quad I_d = \frac{E_0 - U \cos \theta}{x_d}; \quad (5.25)$$

Indi toklaryň bu ähmiýetini I_q , I_d formula goýup we özgerdilmäni geçirip alýarys:

$$P_{3.M} = mU \frac{U \sin \theta \cos \theta}{x_q} + mU \frac{(E_0 - U \cos \theta)}{x_d} \sin \theta = m \frac{U}{x_q}$$

$$\sin\theta\cos\theta + mUE_0 \frac{\sin\theta}{xd} - m \frac{U^2}{xd} \cos\theta\sin\theta = m \frac{UE_0}{xd} \sin\theta + mU^2$$

$$\sin\theta\cos\theta \left(\frac{1}{xq} - \frac{1}{xd} \right) = \frac{mUE_0}{xq}$$

$$\sin\theta + mU^2 \frac{(xd-xq)}{2xqx d} \sin 2\theta = (P_{3M}' + P_{3M}'') = P_e + P_u; \quad (5.26)$$

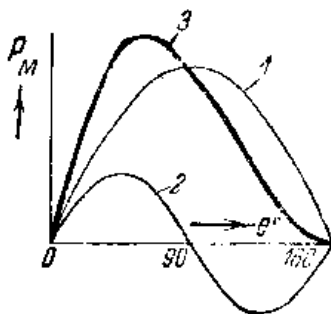
Şeýlelik bilen sinhronly maşynyň elektromagnit kuwwatlylygy umumy ýagdaýda iki oýlanmadan durýar;

a) esasy düzüji P_{3M}' ; (P_e)

b) goşujy düzüji P_{3M}'' ; (P_u)

P_{3M}' we P_{3M}'' kuwwatlyklara gabat gelýän M' we M'' pursatlar üçin eýediris;

$$M' = \frac{P_{3M}'}{\omega}; \quad M'' = \frac{P_{3M}''}{\omega};$$



5.19-njy çyzgy. Sinhron maşynyň elektromagnit kuwwatynyň egrisi.

Çyzgyçly elektromagnit kuwwatlylyk görnüşe eýedir:

1) gyşyk kuwwat P_{3M}'

2) gyşyk kuwwat P_{3M}''

3) gyşyk kuwwat P_{3M} surat 3

$$P_e = \frac{mE_0U}{xd} \sin\theta \quad (5.27)$$

– setiň güýjenmesinde U , oýaryşdan ýa-da e.h.g E_0 bagly bolan;

$$P_U = \frac{mU^2}{2} \left(\frac{1}{xq} - \frac{1}{xd} \right) \sin 2\theta \quad (5.28)$$

– maşyny aýarmakdan bagly bolmadyk goşmaça düzüji reaktiw kuwwatlygy kesgitlenýär.

Anyk polýusly generatoryň oýarşynyň ýoklugynda ($E_0=0$) ($xd \neq xq$) P_U kuwwatlyk öçüp biler, sebäbi ol bu şertlerde. Sinhronly aýlanmaga we aýlaw pursatyny ösdürmäge ukyplydyr, näme üçin diýilende ýakoryň reaksiýasynyň akymy rotoryň üstünden has kiçi magnitli garşylykly ýol boýunça, ýagny boýuna ok boýunça geçmäge çalyşýar.

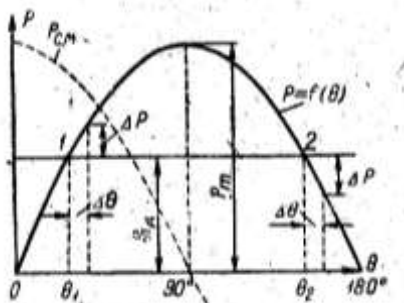
Anyk däl polýusly maşynda $xd = xq$ goşmaça kuwwatlyk nola $D_K=0$ deň bolar we elektromagnit kuwwatlyk deň:

$$P = \frac{m U E}{\times d} \sin \theta$$

Häsiýetnama görnişe eýedir:

$$\theta = \frac{\pi}{2} \quad \text{bolmagynda} \quad P_{2M} \quad \text{mak.} \quad \text{Ýetýär}$$

sinhronizasiýada



5.20-nji çyzgy. Elektromagnit kuwwatyň θ burçuna bolan baglanşygy.

Üýtgemekde durnykly iş oblastyny kesgitläris, munuň üçin:

$$P_{cx} = \frac{d p \ni M}{d\theta} = \frac{d(m \frac{EM \sin \theta}{x d})}{d\theta} = m \frac{E U}{x d} \cos \theta;$$

θ burç bileligine hasaplanan, P_{EM} çýtgemegi $q\theta = 20 \div 30\%$ burçyň bolmagynda sinhron maşynyň has durnykly işi.

Käbir ýagdaýlarda (meselem, az kuwwatlykly setler, yrgyldamada sinhronly maşynlaryň rahatlandyryjy pursatlaryny öwrenmekde we beýlekiler) kuwwatlyklaryň burç häsiýetnamalaryna statoryň zynjyrlarynyň işjeň garşylyklaryny kesgitlemek hem gyzyklanma döredýär. Munuň üçin anyk däl polýusly maşynlaryň ($x_d = x_q$) güýjenme diagrammalaryna seredeliň, onda bu ýerden e.h.g we q we d oklarda güýjenmäni taslap alarys:

$$E_0 = U \cos \square + I_q r_a + I_d x_d; \quad (5.29)$$

$$0 = V \sin \Theta + I_d r_a - I_q x_q \quad (5.30)$$

X_d we x_q ähmiýeti tapmaly we öň (4) formuladan tapýarys:

$$I_q = \frac{V \sin \square + I_s r_a}{x_d} \quad (5.31)$$

Bu ähmiýet I_q formula goýup alarys.

$$E_0 - U \cos \Theta - I_d x_d - \frac{V \sin \square + I_d r_a}{x_d} r_a = 0; \text{ Sebäbi } X_d = x_q$$

$$P_{Em} = \frac{mV E_0 (\sin \alpha \cos \theta + \cos \alpha \sin \theta) - U^2 \sin \alpha}{zd}; \quad (5.33)$$

u biz haçanda statoryň işjeň garşylygyny hasaba alan ýagdaýmyzda elektrik magnit kuwwatlylygynyň deňlemesidir (P_{EM})

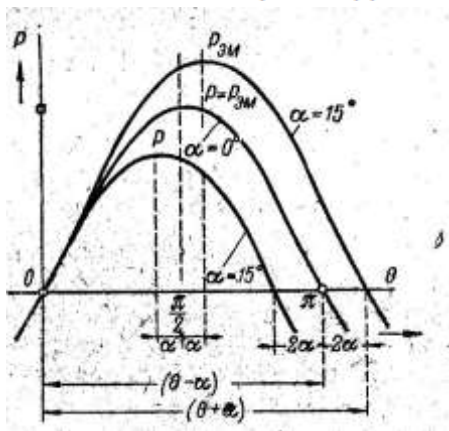
$$P_{EM} = \frac{mU E_0 \sin(\theta + \alpha) - U^2 \sin \alpha}{zd};$$

Elektromagnit kuwwatlylygynyň pursaty statoryň işjeň garşylygy häsiýetlenýän burçdan β baglydyr.

4 suratdan EHG E_0 üstinden ýene-de I_q togy almak mümkin;

$P_{\text{эм}} = mE_0 I_q$; onda I_q ähmiýeti goýup, gatnaşygy hasaba almak bilen, alýarys.

$$P_{\text{эм}} = mE_0 \frac{(E_0 - U \cos \theta) r_a + U \sin \theta x_d}{z^2 d} = mE_0 \frac{(E_0 \sin \alpha - U \cos \alpha) + U \sin \theta \cos \alpha}{zd} = \frac{mE_0}{zd} (E_0 \sin \alpha + U \sin(\theta - \alpha));$$



5.22-nji çyzgy. Aýdyň däl polýusly sinhron generatoryň kuwwatlarynyň häsiýetnamasy.

5.12. Sinhronly generatoryň öte ýüklenme ukýby

Öte ýüklenme ukyplylyk K_{Π} diýilip, ylaýyk režimde ylaýyk kuwwatlylyga P_H ylaýyk güýjenmede U_n generator bilen işlenilip çykarylýan uly kuwwatlylygyň U_H gatnaşygyna düşünilýär, ýagny $K_{\Pi} = \frac{P_{max}}{P_H}$;

Eger biz statoryň sargysynyň işjeň garşylygyny ünsden düşürsek we diňe esasy düzüji el.mag kuwwatlylygy hasaba alsak, onda

$$P_{max} = \frac{U_H E_0}{x_d}; \quad U P_0 = \frac{U_H E_0}{x_d} \sin \theta_H; \quad \text{anyk däl plýusly}$$

maşun üçin.

$$K_{\Pi} = \frac{P_{max}}{P_H} = \frac{M_{max}}{M_H} = \frac{1}{\sin \theta_H}; \quad \theta_H = 2 \div 2.5;$$

Şonuň üçinem, bu maşynyň çäkli kuwwatlygyny ýa-da $K_{\Pi} x_d$ kese ok boýunça onuň garşylygy näçe az bolsa, şonça uly ýa-da koeffisiýent O.K3 näçe uly bolsa

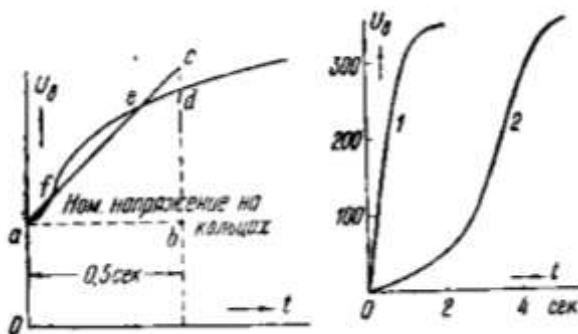
$$K_{KO3} = \frac{I_{KO}}{I_n} = \frac{i b_0}{i e_K};$$

5.13. Sinhronly generatorlaryň parallel işinde statistiki we dinamiki durnuklylyk barada düşünje

Öte ýüklenmelik koeffisiýenti K_{Π} özüne generatoryň statiki durnukly diýlip atlandyrylmasyny, ýagny setiň güýjenmesi U mydamalyk galýar diýip hasaplamak bilen, ýüklenmähäň haýal ölmeginde onuň ölmegi ahmal bolan, çäkli kuwwatlylygy häsiýetlendirýär.

Generatoryň dinamiki durnuklylygy diýilip, onuň sinhronizmden düşmän, duýdansyz üýtgemegini saklap biljek ukýbyna düşünilýär.

Ýüklenmäň duýdansyz üýtgemeginde setiň güýjenmesi U az ýa-da köp göze görnükli üýtgeýär. Şuňa degişlilikde 11-jj umumy sete işleýän, ähli generatorlaryň durnuklylyk derejesi hem peselýär. Ulgamyň işiniň bozulmagyndan gaça durmak üçin, e.h.g E_0 ulaltmak zerurdyr. Munuň üçin basym çagyrylşy oýaryş diýip atlandyrylýan ulgamy, ýagny olaryň oýaryş sargylaryna kiçi induktiwlilikli oýaryjylary ulanylýarlar. Şikesleme we onuň baglansykly güýjenmäniň U peselmegi pursatynda çalt hereket edýän sazlaýjy oýaryş zynjyrynda sazlanýş garşylygyny şuntirlenýär we baş generatoryň oýarylmasynyň şol ýa-da beýleki bir ösmesini üpjün edýär. Çalt çagyrylyşly oýaryş ulgamy birinjiden, güýjenmäniň ösmeginiň V_B tizligi we ikinjiden, oýarylyş potology, ýagny oýandyryjynyň güýjenmesiniň uly mümkin bolan ähmiýeti bilen häsiýetlenýär.



5.23-nji çyzgy. Oýandyryjy saryma baglylykda oýandyryjy naprýaženiýäniň tizliginiň kesgitlenişi.

Garşylygy şuntirlemeden soň 0.5 sek. üstünden gysynlygy göneldilen bölegine ýapgyt bilen häsiýetlenýär. Şol wagtda gysyk üýtgemäni göneltmek meýdan $\Delta ob\delta = abdefa$ döredilen bolmalydyr.

5.14. Generatorlaryň parallel işinde esasy režimler

Generatoryň parallel işinde iki sany esasy režime gabat gelinýär:

- a) Haçanda $M_t = \text{var}$ we $ib = \text{const}$
- b) Haçanda $M_t = \text{const}$ we $ib = \text{var}$

Biz iki ýagdaý-da kuwwatlyklaryň gaýtadan paýlanmasyny görýäris, birinji ýagdaýda işjeň, ikinji ýagdaýda reaktiw. Reaktiw kuwwatlaryň gaýtadan paýlanmasy özünde sinhronly maşynlaryň bilelikdäki işiniň aýratyn häsiýetli görnüşini düzýär.

Generatoryň işi $M = \delta_{ar}$ we $ib = \text{const}$ bolmagynda $U_c = \text{const}$ we $\Phi = \text{const}$ setli.

Anyk däl polýusly generatora seredeliň, ýagny $x_d \approx x_q$.

Bu ýagdaýda formula aşakdaky görnüşe eýe bolar;

$$P_{\Sigma M} = P_a = m V E_0 / x_d \sin \theta \quad P_a = 0$$

Sebäbi $ib = \text{const}$ onda EHG $E_0 = \text{const}$, ýene-de $X_d = \text{const}$ diýip hasap eder. Bu ýagdaýda kuwwatlylyk $P_{\Sigma M}$ bu burçyň sinusyna göni baglanyşykly burçdan θ baglylykda üýtgeýär we sinus bilen aňladylyp bilner.

Generatoryň iş režiminiň nähili üýtgeýänligine seredeliň, eger biz meselem M_1 ulaltsak we şuna degişlikde generatora edilýän kuwwatlylygy P_1 ;

Goý generatoryň bu iş režimi $P_1 = n b$ kuwwatlylyk gabat gelýän, $\theta_1 = \theta_n$ burç bilen kesgitlensin.

EHG diagrammasyndan biz e.h.g E_0 generatoryň Φ_0 esasy akym bilen döredilýänligini bilýäris, güýjenme V bolsa statorda Φ netijeli akym bilen döredilýär. Şunuň bilen degişlilikde biz E_0 wektor özünde esasy akymyň okuny saklaýar diýip hasap edip bileris.

25¹⁰⁻¹⁵

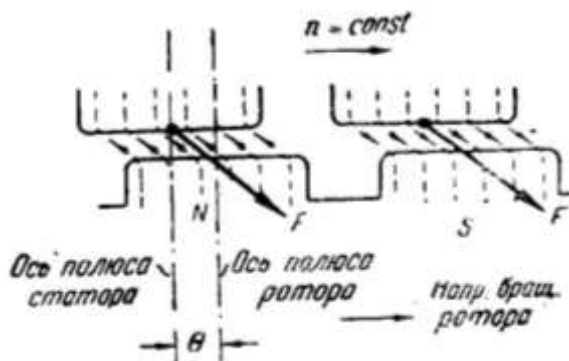
Biz anyklamak üçin Φ_0 we Φ akymly ulgamlar tarapyndan anyk aňladýan polýuslar bilen döredilýär diýip hasap ederis. (sur 2)

Eger maşyn generator bilen işlese, onda rotor we onuň akymy maşynyň alyp baryjy elementi bolup durýar, statoryň akymy bolsa – eýeriji .

Bu ýerden görnüşi ýaly, generatorly sinhronly maşynlaryň işinde wektor e.h.g E_0 mydama güýjenme V wektordan öňe geçýär, ters tertipde bolsa hereketlendiriji režime gabat gelýär – ýagny alyp baryjy zwenno statoryň akymy, eýerijiňki bolsa rotoryň akymy bolýar.

Eger biz m , ulaltsak, onda rotor statora degişlilikde öňe aýlanma ugry boýunça süýşip başlaýar, we burç θ_1 ulalýar. Goý $\theta_1=0H$ dan $\theta_2=0m$ çenli. Biz şol wagtda generatorlyň elektriki magnit kuwwatlygyny P_{M1} we şuna degişlilikde P_2 , $P_{M1=nb}$ -den P_{M2} mç çenli ulalýanlygy görýäris, ýagny $\Delta P=C\varphi$ ululyga. Öburçyň ulalmagy we şonuň parallel gidýän P kuwwatlygynyň ulalmagynyň prosesleri generatorlyň saklanyş pursaty M_0+M herketlendirijiniň aýlaw pursatyna M_1 deň bolýança dowam edýär. Netijede generator öňkisi ýaly sinhronly tizlikli, emma täze, bu ýagdaýda uly, \dot{O}_2 burça we güýçli uly ýüklenme bilen inlemegini dowam etdirer.

Generatorlyň işi $M=\text{const}$ we $i_b=\text{war}$ bolmagynda $U_c=\text{const}$ we $f_c=\text{const}$ sete. U -görnüşli çyzyklyk.



5.24-nji çyzgy. Sinhron generatorlyň θ burçuna baglylykdaky işleýşi.

I we II generatorly, utgaşan kontur üçin

$$\dot{E}_{01} + \dot{E}_{02} = \dot{I}_I \check{Z}_I + \dot{I}_{II} \check{Z}_{II} \quad (5.34)$$

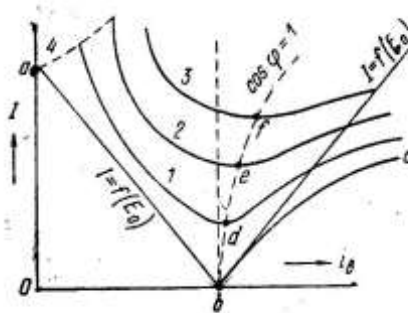
Ýa-da

$$\dot{E}_{01} - I_I \check{Z}_I = \dot{U}_c = -(\dot{E}_{0II} - I_{II} \check{Z}_{II}) = -U_T \quad (5.35)$$

Şerte laýyklykda, $U_c = \text{const}$, e.h.g \dot{E}_{0II} bolsa üýtgeme bilen üýtgeýär. Generatorň indiki režimlerdeki iki iş ýagdaýyna seredeliň:

- Boş hereketde
 - Ýüklenmede
- Generator boş işlände.

Bu ýagdaýda kuwwatlylyk $P_{\Sigma} = 0$ we güçli, burç $\theta = 0$ onda generatorň boş işlemeginde e.h.g. E_{0II} faza boýunça generatorň II güjenmesi bilen gabat gelýär we faza garşylykda setiň güjenmesinde U_c boýar;



5.25-nji çyzgy. generatorň U-görnüşli häsiýetnamasy.

Oýarylman kadaly toguny ornaşdyrýarys, ýagny e.h.g. $E_{0II} = -U_c$ indi bolsa üýdgedýäris, meselem, oýaryş toguny kadaly degişlilikde ulaldarys, ýa-da generatory gaýtadan oýaryarys (s.1.b).

Tapawut e.h.g. $\Delta E = E_{0II} - (-U_C)$;

Bu e.h.g. täsiri boýunça II generator boýunça ΔE -den 90° gelýän deňleýji tok I II tok akyp başlaýar.

Biz göýäris, ýagny a) generatoryň gaýtadan oýanmasynda generatoryň güjenmesine degişlilikde arassa induktiw we setiň güýjenmesine degişlilikde arassa sygymly bolup durýan deňleýji tok bolup durýar. Ýakoryň boýuna reaksiýasyny dñretmek bilen ol, bu sazlaýjy generatory (II) magnitsizlendirmäge we onuň bilen parallel işleýän, generatory magnitlenmäge çalyşýar.

b)deňeşdiriji tok, arassa reaktiw tok bolmak bilen, işjeň yüklenmäniň hiç-hili gaýtadan paýlanmasyny geçirmeýär.

Eger biz oýaryş toguny kadaly degişlilikde kemeltsek ýa-da generatory oýarmasak, onda nähili ters tertipde bolup geçer (sur.1.w).

Biz deňleýji toguň diňe ýakoryň boýuna m.h.s. döredýänligini görýäris, onda statoryň sargysynyň işjeň garşylygyny üñüsden düşürmek bilen eýe bolýarys $Z = jhd$, onda eýe bolýarys.

$$I = -j \frac{E_0 + U_C}{x_d} = -j \frac{\Delta E}{x_d}; \quad (5.36)$$

Eger $x_d = \text{const}$ diýip hasaplasak, onda tok I ΔE den liniýaly we e.h.g. E_0 - den güçli baglydyr, sebäbi setiň güýjenmesi $U_C = \text{const}$ $E_0 = 0$ bolmagynda $I = \frac{U_C}{x_d}$ eýe bolýarys; bu bilen ordinat okuna tok (a) ýagdaýy kesgitlenilýär. $E_0 = U_C$ bolmagynda tok $I = 0$; bu bilen ossiss okuna (b) nokadyň ýagdaýy kesgitlenilýär. a we w nokatlary göni birleşdirip, $I = f(E_0)$ baglylygy gurýarys. Baglylyk $I = f(E_0)$ özünde u latyn harpyny ýatladýar we bu esasynda V-görnüşli gyşyklyk diýilip atlandyrylýar.

5.15. U – görünüşli çzyk generatorlar yüklenmede

[illegible]

EHG ýönekeýleşdirilen diogrammasyna laýyklykda , güýjenmä U_r iki sany netije beriji e.h.g – esasy e.h.g we ýakoryň e.h.g hökmünde seretmek mümkin . Şuňa degişlilikde biz bu e.h.g akymlary we m.d.s döretmeklik üçin $\sum F = F_o + F_a$ cons t eýediris.

Bu m.d.s $\sum F$, OB wektordan 90^0 geçýän, OC wektorlar bilen sekillendirilendir.

Diýeliň, generator $P = MW$ el.mg. kuwwatlyk bilen ösýär, şerte laýyklykda, $M = \text{const}$ we generator berk mydamalyk tizlik bilen aýlanýar, onda $P = \text{const}$, statotyň sargysynyň işjeň garşylygyny ünsden düşürmek bilen eýe bolýarys.

$$P = P_2 = mU_r I \cos \varphi = m U_r I_a = \text{const};$$

Statoryň işjeň düzüjü togy $I_a = \text{const}$ goýýarys i_b togynyň üýtgemeginden bagly däl. Goý $OD = I_a$; onda toguň I wektorlaryň uçlarynyň geometriki ýerinde absiss okuna parallel D nokadyň üstünden geçirilen, gönülik bardyr. Biz $I = I_a$ OD bolar ýaly, oýaryş toguny i_b ornaşdyryp bileis. Degişli masştabda bu wektor özünde ýokaryk FAD m.d.s wektoryny saklaýar; onda esasy m.d.s $FOD = CD$, üýtgedýäris, meselm, i_b togy, esasy m.d.s $Fon = C_n$ ähmiýete ýeter ýely edip ulaldýarys; onda $FaH = OH$. Bu wektor generatoryň statorynda I togy kesgitleýär. Biz gaýtadan oýarylmada generatorda generatora gatnaşyk boýunça sygymly, $I_2 = DH$ reaktiw düzüji toguň döreýändigini görýäris.

Esasy m.d.s $F_{\delta\phi} = CG$ ähmiýete çenli kemeltmekde ählisi ters tertipde bolup geçýär.

U – görnüşli häsiýetnamalaryň şol ýa – da beýleki bir görnüşi X_d ululykdan baglydyr. Bu garşylyk näçe uly bolsa, berilen üýtgemede E_o deňleýji tok şonça – da ulydyr, we şonça – da V – görnüşli häsiýetnamalar ýiti güýçlidir, we tersine. sebäbi şol wagtda generatoryň ýükleme ukyplylygy kemelýär.

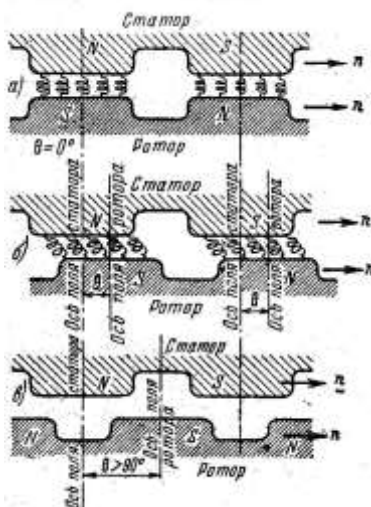
5.16. Sinhron dwigatel

Sinhronly dwigateliň işleýiş esasy.

Sinhron maşyn, edil tok maşyny ýaly, ýüzlenerliklidir, ýagny generatoryň ýa-da hereketlendirijiniň režiminde

biziň oňa mehaniki ýa-da elektriki energiýany
eltýänligimizden baglylykda işläp biler.

Biz eýýäm, eger sinhronly maşynyň generator režiminde işlese, alyp baryjy zwonanyň rotor, eýerijiniň bolsa statoryň akymy bolup durýanlygyny bilýäris.(Sur 1).



5.27-nji çyzgy. Синхрон dwigateliň işleýiş ýagdaýy.

a) Синхронly маşын iş režiminde a)generator; b)boş hereket; w)hereketlendiriji.

Indi bolsa generatora birinji hereketlendirijiden eltilýän, kuwwatlylygy haýallykdan kemeldýäris. Bu ýagdaýda generator ýüklenip başlaýar we burç Q kemelýär. Haçanda generator düýbinden ýüklense ýagny $P_{эм}=0$, onda burç $\alpha=0$; (b), we birinji hereketlendirijiden generatora diňe onuň boş hereketinde ýapmak üçin zerur bolan kuwwatlyk getiriler: Ahyrynda-da biz birinji hereketlendirijini sinhronly maşyndan nüýpli aýyryp bileris. Bu ýagdaýda rotor hataryň nolundan galyp başlaýar, emma maşын синхронизмден düşmeýär, ýöne generatoryň režimine seredeňde θ ters belgä eýedir diýen

tapawut bilen. Maşynyň güýçli alyp baryjy zwenoly statoryň akymy, eýeriji bolsa rotoryňky bolup durýar.

Indi edilýän kuwwatlylygy mehanikia gaýtadan özgerdýärler, ýagny sinhroniy hereketlendirijiniň režiminde işleýär. Eger boş hereketlendirijiniň walyna ýüklenme punsadyňy ulaltsa, onda burç θ we şuňa degişlilikde ösýän hereketlendirijiniň öte ýüklenme ukyplylygyna çenli ulanýar.

5.17. Sinhron dwigateliň kuwwaty we momenti

Goý P_1 -setden hereketlendirijä eltilýän, elektriki kuwwatlyk bolsun. Bu kuwwatlylygyň belgi statoruň poladyndaky P_{cc} we meddäki P_{mc} ýapmaga harçlanylýar, galan belgi bolsa hatardan rotora berilýän, el.mag. kuwwatlylyga özgerýär.

$$P_{\text{эм}} = P_1 - (P_{mc} + P_{cc}) \quad (5.37)$$

Kuwwatlylyk $P_{\text{эм}}$ x. Hereketiň ýitgisiniň hasabyna $P_o = P_{mx} + P_g$ peýdaly kuwwatlylyga P_2 özgerýär. Şeýlelik bilen.

$$P_2 = P_{\text{эм}} - P_o = P_1 - P_{mc} - P_{cc} - P_{mx} - P_g;$$

Şu bilen degişlilikde biz $n = \text{const}$ bolmagynda öňki pursatlara eýe bolýarys.

$$M_{\text{эм}} = M_2 + M_o;$$

$$M_{\text{эм}} = \frac{P_{\text{эм}}}{10} = \frac{P_2}{10} + \frac{P_{mx} + P_g}{10}, \quad (5.38)$$

bu ýerde $10 = \frac{2\pi n}{60}$;

Generatoryň iş režiminde hereketlendirijiniň iş režimine geçmekde EHG $E\sigma$ wektoryň we U_c güjenme wektorynyň

arasynda Ö burçyň belgisiniň üýtgemegi bar, bolsa onda sinhronly maşynlaryň hereketlendirijili režimleri üçin pursatlar we kuwwatlyklar üçin aňlatmany genoratorlar üçin degişli aňlatmalardan almak mümkin, ýagny Ö burçyň degişli otrisatel ähmiýetlerini goýmak bilen, şonuň üçinem derňew üçin ö burçyň ähli ähmiýetlerini polażitel edip alýarys.

Onda el. mag. Kuwwatlylyk P_M anyk däl polýusly hereketlendiriji üçin bolar

$$P_1 = \frac{m\omega}{\omega_d} [E \sin(\theta - \alpha) + U_c \sin \alpha]$$

$$P_{\Sigma M} = \frac{mE_0}{\omega_d} [U_c \sin(\theta + \alpha) - E_0 \sin \alpha] \quad (5.39)$$

$$\sin \alpha = \frac{\tau a}{\omega_d}; \cos \alpha = \frac{x_d}{\omega_d}$$

Statoryň sargylaryň meddäki ýitgisini hasaba alnan anyk polýusly sinhronly hereketlendiriji üçin

$$P_{\Sigma M} = P_1 = \frac{mE_0 U_c}{x_d} \sin \theta + \frac{mU_c^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta \quad (5.40)$$

26[16-21]

Statoryň medindäki ýitgisiniň hasabynda formulanyň esasynda anyk polýusly sinhronly hereketlendiriji üçin alýarys:

$$P_1 = \frac{mU_c}{\omega_q} [E_0 \sin(\theta - \alpha) + U_c \sin \alpha] \quad (5.41)$$

$$P_{\Sigma M} = \frac{mE_q}{\omega_q} [U_c \sin(\theta + \alpha) - E_q \sin \alpha] \quad (5.42)$$

Bu ýerde $E_q = E_0 - I_d (X_d - X_q)$ - anyk polýusly sinhronly maşynyň ekwiwalenti e.h.g.

Indi anyk däl polýusly sinhronly hereketlendirijiniň sinhronizirleýji kuwwatlylygyna koeffisiýenti üçin statoryň medindäki ýitginiň hasaby bilen nähili boljakdygyna seredeliň.

$$P_c = \frac{dP_{\text{эм}}}{d\theta} = \frac{d\left[\frac{mEoUc}{zd} \sin(\theta + \alpha)\right]}{d\theta} = \frac{mEoUc}{zd} \cos(\theta + \alpha) \quad (5.43)$$

Anyk polýusly hereketlendiriji üçin bolsa

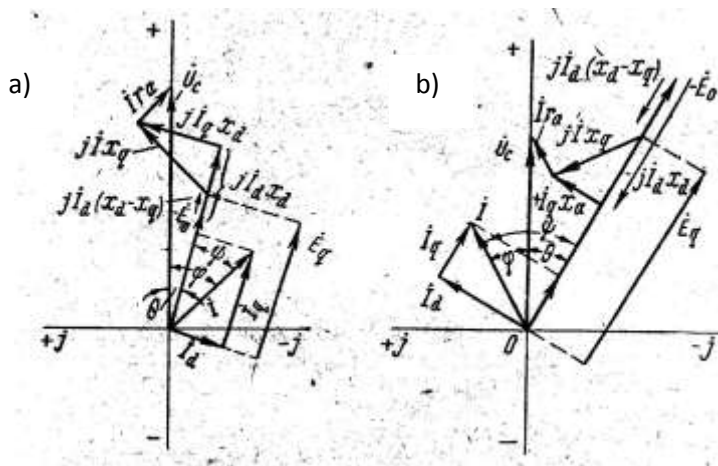
$$P_c = \frac{mEqUc}{zq} \cos(\theta + \alpha) \quad (5.44)$$

Anyk polýusly hereketlendiriji üçin statoryň medindäki ýitgileri hasaba almazdan alýarys.

$$P_c = \frac{mEqUc}{x} \cos \theta + mUc^2 \left(\frac{1}{xq} - \frac{1}{xd} \right) \cos 2\theta \quad (5.45)$$

5.18. Sinhronly dwigateliň napryaženiýesiniň diagrammasy

Sinhron hereketlendirijide e.h.g. we m.d.s. döretmek şerti sinhronly generatoryňky ýalydyr. Şonuň üçinem e.h.g. diagrammalary iki ýagdaýda-da birmeňzeş häsiýetnamany göterýär, emma hereketlendirijide döredilýän e.h.g. hereketlendirijä eltilýär döredilýär U_c deňagramlaşdyryjy toplumda, e.h.g. garşylykly hereket edýär, häsiýeti göterýänligindäki tapawut bilen.



5.28-nji çyzgy. Sinhronly dwigateliň naprýaženiýesiniň diagrammasy.

Haçan-da tok I U_c güýjenmeden burç φ yza galýanlygyna ýa-da aýarmaýanlygyna seredeliň.

$I = OM$ togy işjeň we reaktiw düzüjilere $I_q = I \cos \varphi = OB$

$I_d = I \sin \psi = OC$ böleliň.

Düzüji I_q e.h.g. E_o bilen garşylykly fazada tapylýar we e.h.g. $E_q = E_a q = E \sin \psi = -j I_q = OF$ döredýär düzüji I_d bolsa e.h.g. E_o 90° öňe geçýär we e.h.g. $E_d = E_a d = E \cos \psi = -j I_d = OD$ döredýär, bu ýerde $X_q = X_a q + X_\sigma$ we $X_d = X_a d + X_\sigma$ -boýunça we kese oklar boýunça sinhronly hereketlendirijiniň reaktiwligi e.h.g. deňagramlyk şertinde ýeň bolýarys $r_a = 0$ bolmagynda

$\dot{U}_c = -(E_o + E_q + E_d) = -E_o + j I_q X_q + j I_d X_d$

Bu ýerden biz yza galýan $\cos \varphi$ bolmagyndan ýakoryň reaksiýasynyň herektlendirijisini bilen eşlemekde magnitleşdirji täsiri berýändigini sebäpli, öňe geçýän $\cos \varphi$ bolmagyndan bolsa biz magnitsizlendirme täsirini ýeň bolýarys.

Mundan başgada, U_c we E_o wektorlaryň ýagdaýlaryna üns bermek gerekdir, bu ýagdaýda wektor U_c wektor E dan θ burça öňe geçýär. Bu sinhronly maşynyň modeline doly gabat gelýär.

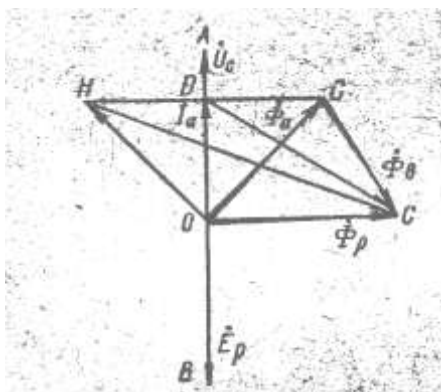
Gaýtadan oýadylan sinhronly hereketlendirijiniň EHG diagrammasy

5.19. Sinhronly hereketlendirijiniň işi $U_c = \text{const}$;

$F_c = \text{const}$; $M = \text{const}$ we $i_b = \text{var}$ bolmagyndan

Hereketlendirijileriň V- görnüşli häsiýetnamalary.

Sinhronly hereketlendirijiniň işine görkezilýän şertlerinde meňzeş şertlerde işleýän, generatoryňk ýaly, ýönekeýleşdirilen wektorly diagrammanyň esasynda seretmek mümkin.



5.29-njy çyzgy. Sinhron dwigateliniň U-görnüşli häsiýetnamasynyň wektor diagrammasy.

Bu ýerde : $OA = U_c =$ hereketlendirijä

Edilen setiň güýjenmesiniň wektory

$OB = E$ – herek.de ähli induktiwiwlenýän

e.h.g. netijeleri. $E = U_c = \text{const}$; E_f m.d.s.

Işjeňtoklar $I = \angle CD$ faza boýunça U_c güýjenme bilen gabat gelýär, sebäbi pursat $M = \cos \theta$; $I_a = \text{const}$;

I toguň wektorlarynyň uçlarynyň güýçli geometriki ýeri absissa okuna paralellikde D nokadyň üstinden geçirilen, göni bolar. Biz bolmagynda $I = I_a = OD$ we $\cos\varphi = 1$ ýaly oýanyş toguny I_{bn} ornaşdyryp bileris. Değişi maştabda wektor OD özünde FaD ýakoryň m.g.s. wektoryny saklaýar; onda esasy m.d.s $F_{oD} = \overline{CD}$. Bu kadaly oýarylmadyr. Üýtgeşmesiz meslem, I_b togy esasy m.d.s. $F_{oh} = \overline{Ch}$ ähmiýeti ýeter ýaly edip ulaldarys; onda $F_{AH} = \overline{OH}$. bu gaýtadan oýarmadyr. $OH = I$ generatoryň statorynda. Biz gaýtadan oýarylmada hereketlendirijide reaktiw düzüji toguň $I_2 = DH$ döreýänligini görýäris, ýagny e.h.g. bahasynyň gatnaşyk boýunça induktiw, ýagny hereketlendiriji, we sygymly sete gatnaşyk boýunça.

Hereketlendirijiniň oýanmazlygynda, ýagny I_b toguň I_{bn} aşak kemelmesinde ähli ters tertipde bolup geçýär.

Eger $I = f(I_b)$ baglylygy walyň dürli pursatlarynda gursak, onda sinhronly hereketlendirijiniň V- görnüşli hasiýetnamsyny alarys, ýagny sinhronly generatoryň V- görnüşli hasiýetnamsyndan hiç-hili tapawutlanmaýar.

Aýdylanlardan görnüşi ýaly, sinhronly hereketlendiriji oýanmazlykda setiň güýjenmesine gatsyk boýunça reaktiw tokly generator, gaýtadan oýarylmakdaky bolsa sygymly seretmek mümkin.

Hereketlendirijiniň soňky häsiýeti örän gymmatly bolup durýar we senagatda has giňden ulanylýar. Hakykatdanam-da tokly setlerde elektroenergiýanyň baş kabul edijisi yza galýan $\cos\varphi$ bilen işleýän, asinhronly hereketlendirijiler bolup durýar. Eger biz şeýle hereketlendirijiler bilen bir hatarda değişi kuwwatlygy gaýtadan oýarylan sinhronly hereketlendirijiniň ornaşdyrsak, onda asinhronly hereketlendirijiniň induktiw toklary we sinhronly hereketlendirijileriň sygymlaýyn toklary özara biri biriniň öwezini dolarlar we paýlaýjy setiň kesgitli uçastogunda birlige deň ýa-da ýakyn bolan $\cos\varphi$ bolmagynda işlär.

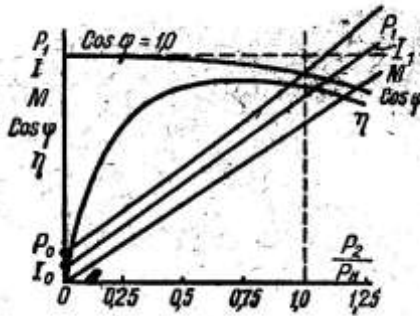
Häzirki zaman döwrebap sinhronly hereketlendirijileri $\cos\varphi = 1,0$ we $\cos\varphi = 0,8$ bolmagyndan ylaýyk is üçin ýerine yetirýärler.

5.20. Sinhronly hereketlendirijiniň işçi häsiýetnamalary

Sinhronly hereketlendirijiniň işçi häsiýetnamasy diýip biz sinhronly hereketlendirijiniň $U_c = \text{const.}$ Setden işlemegine düşünyäris, baglylygy beriji

$$P_1, n, m, \eta, \cos\varphi = f(P_2)$$

- A) Hereketlendirijiniň aýlaw tizligi $n = f(P_2)$. X.X. den ylaýyk ýüklenmä çenli çäklerde we käbir ýüklenmede sinhronly hereketlendirijiniň aýlaw tizligi berk mydamalyk we sinhronly tizligei berk mydamalyk we sinhronly tizlige n deň bolup galýar. Geljekdäki aşä ýüklenmede hereketlendiriji sinhronizimden düşýär.



5.30-njy çyzgy. Sinhron dwigateliň işçi häsiýetnamasy.

- B) $M = f(P_2)$ P_1 we $I_2 = f(P_2)$ baglylyk.

Biz, $M=M_2+M_0$ bilýäris, emma $M_2= \frac{P_2}{\omega}$ kuwwatlylyk

hereketlendirijiniň walynda $M_0 = \frac{P_0}{\omega}$; Aýlowyň mydamalyk

tizliginde $M_2= P_2$ we $M_0=P_0$;

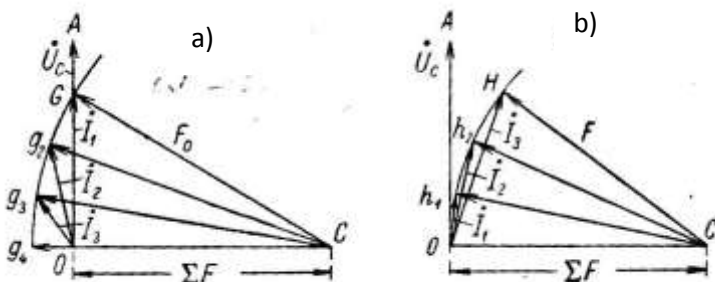
Güýçli baglylyk $M_2= f(P_2)$ özünde koordinatly ulgamyň başyndan çykýan , göni liniýany saklaýar. (gyşyklyk 2), M_0 pursat bolsa şol bir figurada O_a kesim bilen, ýagny ähli ýüklenmeler üçin mydanmalyk bolan, şekillenýär, sebäbi $n=const$ we $i_b = const$ bolmagynda P_0 hereketlendiriji tarapyndan ösýän kuwwatlylykdan düýbünden bagly dälidir.

Iki pursaty hem goşup, gyşyklygy $M=f(P_2)$ alarys.

W. Hereketlendirijiniň ptk $h= f(P_2)$.

Hereketlendirijiniň ptk generatoryň ptk-sy ýalydyr. Sinhronly hereketlendirijiniň ptk-sy uly kuwwatlykly hereketlendirijilere geçmek çägi boýunça ösýär, tersine ol has ýokary güýjenmeli hereketlendirijilere geçmekde aşak düşýär,

ýazylan, G, g_2, g_3, g_4 duga boýunça süýşýär (sur. a) Biz, ýüklenmäň kemelmesiniň çägi boýunça I toguň haýallykdan kemelýänligini φ burçuň bolsa otirisatel bolýandygyny, ýagny hereketlendiriji öňe geçiriji tok bilen işläp başlaýandygyny görýäris (garşylyk 1).

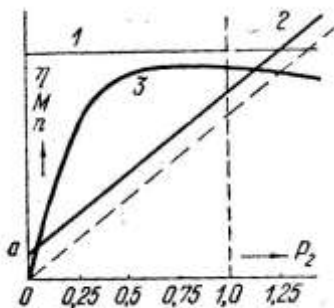


5.31-nji çyzgy. $\cos \varphi = f(P_2)$ kesgitlemek üçin diagramma:

a) $i_{o\gamma n.} = const$, b) $i_{ob.} = const$.

X.X hereketlendirijiniň bolmagynda $\cos\varphi=1$ bolmagynda oýaryş toguny i_{bo} ornaşdyrýarys, onda ýüklenmäni laýyklyga çenli ulaltmagyň çägi boýunça I_{tok} U_c güýjenmeden has köp yza galyp başlaýar, ýogsa $\cos\varphi$ kemelmegi uly däl (gyş.2).

Indi bu ýerden netije: ýüklenmäniň kemelmesinde hereketlendiriji öňe geçiriji $\cos\varphi$ bilen ulaldylmasynda bolsa yza galyjy bilen işleýär.



5.32-nji çyzgy. Sinhron generatoryň işçi häsiýetnamasy.

Sinhronly hereketlendirijiniň öte ýüklenme ukyby, edil sinhronly generator üçin ýaly.

$$K_n = \frac{1}{\sin \tilde{\alpha}_n}; \tilde{\alpha}_n = 20^\circ; K_n = 2 \div 3;$$

5.21. Sinhronly hereketlendirijini herekete göýbermegiň usullary

a) Kömekçi hereketlendirijiniň kömegi bilen herekete göýbermek. Gaýtadan oýaryş režiminde boş işleýän sinhronly hereketlendiriji we sinhronly kompensator, sete edil sinhrinly generatoryň usuly ýaly usulda sinhronizirleýji gurulmalaryň kömegi bilen işledilip bilnerler. Munuň üçin maşyn bir walda ýörite işe göýberiji hereketlendirijä eýe bolmalydyr, ýagny ony

sinhronly tizlige çenli , onuň set bilen sinhronizasiýasyny geçirmek mümkin bolan tizlige çenli öwrüp biljek. Şeýle kömekçi hereketlendiriji hökminde adaty edil sinhronly maşyn ýaly. ‘ol bir sanynda az kuwatlykly asinhronly hereketlendiriji ulanylýar. Şu hereketlendirijiniň kömegi bilen sinhronly maşyn sinhronly tizlik bilen aýlow getirilşär. Şondan soň öz-özinden sinhronizirleme usuly bilen onuň paralel işledilmesi geçirilşär. Öň sinhronly maşynlara seredeňde, polýuslarynyň sany bir jübitlik az bolan asinhronly hereketlendiriji ulanylýar. Bu hereketlendiriji ony hat-da sinhronly tizlikden birnäçe ýokary batlandyryp bilşärdi. Eger şondan soň setde kömekçi hereketlendirijiniň ýazdyrsaň. Onda agregat sinhronly tizligiň üstinden birsidirgyn geçirip haýalanyp başlaýar, bu bolsa gerek pursatynda sinhronly maşynyň sete işledilmesini geçmäge mümkinçilik berýär.

Kemçiligi: hereketlendirijini ýüklenmän aşagynda işe göýbermegiň mümkin daldigi mümkin bolup durýar, Sebäbi uly kuwwatly işe göýberijini işe göýbereniňde hereketlendirijä we işe göýberiji hereketlendirijiniň hasabyna ornaşdyrmak gymatlamasyna we çylşyrymlaşmasyna eýe bolmak eýe bolmak oňaýsyzdyr. Şonuň üçin hem bu usuly goşa režimde işe göýbermekde generatory ulanmak ly tok tarapyndan işe göýbermek mümkinçiligi bar bolan, mydamalyga togy N azgerdiji , (D-T) üçin, Şeýlede kuwatly sinhronly kompensatorlar üçin ulanýarys.

Ýygylýk işe göýberiş.

Sinhronly hereketlendiriji herekete ýygylýkly işe göýberiş göýberiş usuly bilen göýberlip bilner, haçanda işe göýberlişde oňa eltilýän güýjenmäni ýygylýgy 0dan U_H çenli birsidirgyn üýtgände şol wagytda hereketlendiriji işe göýberilmän tutuş döwrüniň dowamynda sinhronly aýlanýar. Şeýle işe göýberilmede hereketlendiriji tizligi biriji hereketlendirijiden baglylykda 0-dan U_h çenli üýtgeýän, aýry sinhronly generatordan iýmit alýar. İşe göýberilmän şeýle usulynda generatoryň we hereketlendirijiniň oýanmasy oýanýar.

Hereketlendirijiniň sinhronly aýlanmagy üçin generatoryň we hereketlendirijiniňoýaryş toklaryny fazalamak zerurdyr we ýygylgy galyş tizligi gaty ýokary bolamly dälidir.

Ýygylkly işe göýberişde, göýberiş başynda generator uly oýarylşa eýe bolmalydyr, hereketlendiriji bolsa- oýarylşy şeýle togyna, ýagny sinhronly tizlikde EHG hereketlendirijiniň oýarylş togundan takmyndan generatory, EHG iki esse kiçi bolar ýaly bolmalydyr. Aýlaw tizliginiň ulanmagy bilen hereketlendirijiniň oýaryş togyny ulaltmak gerekdir.

Sinhronly hereketlendirijini ýygylkly işe göýberilmesi ýörite gurulamalarda ulanylýar.

b) Asinhronly işe göýberilme.

Asinhronly işe göýberilme häzirki wagtyda sinhronly hereketlendirijileri işe göýberilmegi, esasy usuly bolup durýar. Sinhronly hereketlendiriji herekete sinhronly hereketlendirijiniň K.3 hökümünde göýberilip biliner, eger rotarda göýberişli öýjik bar bolsa, sinhronly hereketlendirijiniň oýarylş sargysy sinhronly işe göýberilmede gysgaça utgaçan bolmalydyr. Eger oýarylş sargysy hereketlendirijiniň işe göýberilmeginde ýazdyrlan bolsa, onda uly güýjenme salynýar, bu ızalýasianyň bozulmagyna getirýär we hereketlendiriji hatardan çykýar.

Asinhronly işe göýberilmede sinhronly hereketlendirijiniň statornyň sargysyna \sim tok getirilýär we hereketlendiriji ýakyn bolan sinhronly tizlige çenli aýlanýar we soňra = togy oýaryş sargysyna çatýarys. Şol wagtyda hereketlendirijiniň sinhronly tizligine ýetýär, hat-da gysga wagtlaýyn sinhronly tizlikden ýokarlanýar.

Hereketlendiriji näçe az ýüklendi az bolsa, onuň tipmasy sinhronly tizlige degişlilikde şonça-da azdyr we ol meňzeş yrgyldylarda sinhronizme şonça-da ýeňil ýetýär. Anyk polýusly hereketlendirijiler X.X. we uly bolmadyk ýüklenmede sinhronizme sargylary reaktiw pursaty hasabyna oýarmazdan çekýärler. Tersine sinhronizme girmek örän kyndyr.

Asinhronly işe göýberilmede indiki üç sany aýlanyjy pursat bardyr:

1) göýberişi aýlow pursaty M_n , hereketlendiriji tarapyndan hereketsiz ýagdaýda ösýän ($S=1$).

2) giriji aýlow pursaty M_b , ýagny 95% sinhronly tizlikde hereketlendiriji tarapdan ösýän sinhronly pursata düşünilýär ($s=0.05$).

3) uly ýada serpiji aýlow pursaty M_m , hereketlendirijiniň degişi uly kuwwatlyklary sinhronly tizlikde we ylaýyk güýjenmede we oýarylmada, hereketlendiriji sinhronizmden düşýän ýokarlanma bilen.

Ýokarda aýdylanlara laýyklykda, asinhronly hereketlendirijiniň aýlaw pursaty ýönekeýleşdirilen görnüşde:

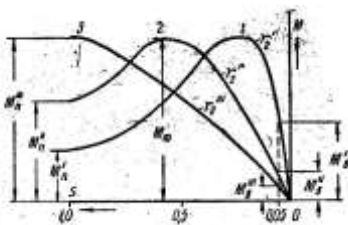
K-göni baglansyklyk koeffisienti; E_2 –rotoryň EHG-si ($S=1$ bolanda); r_2 , x_2 -hereketsiz rotor oň pytramasynyň indurtiw wew aktiw garşylygy.

$S=1$ bolmagynda göýberiş pursatyna eýe bolýarys:

Uly (serpiji) pursat $S = \frac{r_2}{x_2}$ bolmagynda $M_{\max} = \frac{KE_2}{2X_2}$;

Şeýlelik bilen, ululyk M_{\max} aktiw garşylygyň ähmiýetinden r_2 bagly däldir, ondan diňe bolmagynda aktiw pursatynyň ululygy uly bolýan, $S=S_m$ typma ähmiýeti baglydyr.

$M=f(S)$ baglylyga $x_2=\text{const}$ we $r'_2 < r''_2 < r'''_2$ bolmagynda seredeliň:



5.33-nji çyzgy. Sinhron dwigateliň işe goýberiji sarymynyň aýlanma momentiniň egrisi.

Şeýlelikde çyzgydan görnüşi ýaly, girişi pursatyň ýokary ähmiýetinde M_b , göýberişli pursatyň peseldilen ähmiýeti M_{Π} gerek bolýar we tersine, onda görkezilen gatnaşyklaryň üýtgemesine göýberişli öýjügiň materiýalyny ýetilip biliner,

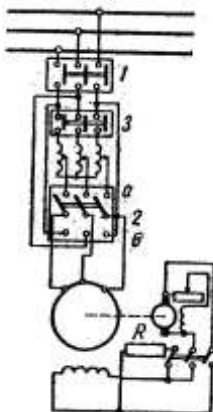
Göýberişli öýjükler latundan alýumin bronzadan we şuna neňzeş erginlerden ýerine ýetirilýär, uly r_2 we M_{Π} , S_m bolmagynda hereketlendiriji kynlyk bilen sinhronizme girýär (2). Eger gyzyly misden ýerine ýetirilse, onda ähli tersine we amatly bolar (1)

5.22. Sinhron dwigatelleriň asinhronly işe goýbermegiň usullary

Massaly seriýaly anyk polýusly hereketlendirijiler rotorda goýberişli sargy bilen üpjün edilýär we setiň doly güýjenmesinden göni goýberilse hasaplanylýar. Göni işe goýberiliş ähli ýerde, sete goýberişli toklaryň täsiriniň we onda güýjenmäniň düzmesiniň nukdaý nazary bilen, şeýle-de işe goýberilmede hereketlendirijiniň gyzmasynyň nukdaý nazary bilen bu ýol bererlikli bolan ýerde amala aşyrylýar.

İşe goýberilmede hereketlendirijä hereketlendirijä eltilýän güýjenmäniň peselmesiniň zerurlygynda reaktoryň ýa-da awtotransformatoryň kömeginde işe goýberiliş ulanylýar.

5.23. Awtotransformatoryň kömegi bilen herekete goýbermek



5.34-nji çyzgy. Sinhron dwigateliň awtotransformatorlaryň kömegi bilen işe goýberilişi.

Birinji bolup ilki bilen 1 we 3 ýazdyryjylar işledilýär, gaýtadan ulaşdyryjy 2 bolsa sinhronly ýakyn bolan, tizlige ýetmek boýunça D ýagdaýda goýulýar, gaýtadan ulaşdyryjy 2 B ýagdaýa goýulýar we aýrylma işledilýär, ýazdyryjy 3 bolsa ýazdyrylýar. Garşylyk R oýarylyş zynjyryna asinhronly işe goýberilmede, ýazdyrylan oýaryjyda işledilýär, we bir okly täsirlenmäh döremegini çäklendirilýär, I_n üstünden – hereketlendirijiň işe goýberiş ululygyny

Sete I_{ng} göni işledilmesinde – awtotransformatoryň üsti bilen işe goýberilmekde belläris.

I_{nc} – awtotransformatoryň birinji sargysynyň işe goýberilme togy. Göni işe goýberilmede hereketlendirijiniň toklary we setiňki deň bolar, $U_g = U_c$;

$$I_n = \frac{U_c}{Z_k}$$

bu ýerde

Z_k – işe goýberilmede hereketlendirijiniň doly garşylygy .

Awtotransformatoryň üstünden işe goýberilmede , U_g – deň bolan ikilenji güýjenmede , eýe bolýarys:

$$I_{ng} = \frac{U_g}{Z_k} = \frac{U_g}{\frac{U_c}{I_n}} = \frac{I_n U_g}{U_c} \quad (5.46)$$

Awtotransformatoryň birinji we ikinji zynjyrlarynyň kuwwatlyklaryndan baglanyp, güýjenmäniň düşmegini we ondaky ýitgileriň ünsden düşürüp , setiň işe goýberiş toguny tapýarys ,

$$I_{nc} U_c \approx I_{ng} U_g \quad (5.47)$$

Bu ýerden tok I_{nc} ;

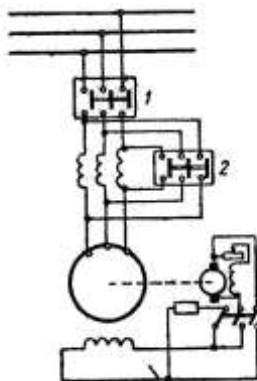
$$I_{nc} \approx \frac{I_{ng} U_g}{U_c} = I_n \left(\frac{U_g}{U_c} \right)^2 \quad (5.48)$$

Biz awtotransformatoryň üstünden işe goýbermekde aýlowly pursatyň M_{ng} goşulan güýjenmäniň kwadratyna göni baglanşykly azalýanlygyny görýäris, hereketlendirijiniň togy ýaly,

$$M_{ng} = M_n \left(\frac{U_g}{U_c} \right)^2 \quad (5.49)$$

Şeýlelik bilen , awtotransformatoryň üstünden işe goýbermekde işe goýberiş M_{ng} we setiň I_{nc} güýjenmäniň kwadratyna (U_g/U_c) göni baglanşykly kemelýär, hereketlendirijiniň özünde işe goýberiş togy bolsa güýjenmäniň birinji derejesine göni baglanşykly kemelýär.

5.24. Sinhronly hereketlendrijiniň reaktorynyň üstünden işe goýbermek



5.35 -nji çyzgy. Sinhron dwigateliň reaktoryň kömegi bilen işe goýberilişi.

Sinhronly ýakyn bolan, tizlige ýetmegi boýunça ilki işledijili B_1 işledilýär, aýrylma we B_2 işlediji işledilýär. Şol wagtda hereketlendrijiniň işe goýberilme togy bolar :

$$I_{ng} = I_n \frac{U_g}{U_c} \quad (5.50)$$

Sebäbi hereketlendirijiniň we reaktoryň üstünden şol bir tok

$$\text{geçýär, onda } I_{nc} = I_{ng} = I_n \frac{U_g}{U_c}$$

Hereketlendirijiniň işe goýberiliş pursaty ... göni baglanşykly peselýär, şonuň üçinem

$$M_{ng} = M_n \left(\frac{U_g}{U_c} \right)^2 \quad (5.51)$$

Şeýlelik bilen , reaktoryň üsti bilen işe goýbermekde işe goýberiş pursaty $\left(\frac{U_g}{U_c}\right)^2$ güýjenmäniň kwadratyna göni baglanşykly kemelýär, hereketlendirişiniň işe goýberiş togy we setiň işe goýberiş togy bolsa (U_g/U_c) göni baglanşykly kemelýär.

Sinhronly hereketlendirijiniň reaktorynyň üstünden işe goýberilmegi ýönekeý we arzandyr , emma setde işe goýberiş togunyň uly esseligini berýär.

5.25. Sinhron kompensatorlar

Asinhronly hereketlendirijiler setden galýan togy sarp edýärler. Merkezi stansiýa kWa berilen kuwwatlykda ýa-da ýerine berilýän setiň geçirijilik ukybynda işjeň kuwwatlylygyň sarp edilmesi $\cos \varphi$ näçe pes bolsa şonça-da azdyr . Hakykatdan-da , $P_a = P \cos \varphi$, bu ýerde P_a –işjeň kuwwatlyk – kWt P doly kuwwatlylyk - kWa.

Eger işjeň energiýanyň sarp edilmesi berilen bolsa ,onda pes $\cos \varphi$ bolmagynda gurulmaň parallel işleýän elementleriniň uly mukdaryny işe girizmeli bolýar.

Pes $\cos \varphi$ generatorda güýjenmäniň ulydan düşmegine täsirini ýetirýär ýa-da oýarylmada uly ýitgilerde mydamalyk güýjenmede ýagly ýazdyryjylaryň iş şertlerini ýaramazlaşdyrýar we ş.m.

Ýüklenmesiz işleýän we setiň güýjenmesine gatnaşyk boýunça reaktiw öňe geçiji ýa-da yza galyjy togy sarp ediji ,SD , SK adyny göterýär.Şu nukdaý nazary bilen $\cos \varphi$ örän wajyp ykdysadywe ulanyş ähmiýetine eýedir . $\cos \varphi$, her gezekgi gowulanmasy elektrostansiýanyň we setleriň gowy ulanylmasyna alyp barýar.Emma biz tarapdan seredilen

sinhronly hereketlendirijiler $\cos \varphi$, meselesini doly çäzmeýär. Sebäbi hereketlendirijiniň eýe bolan görnüşini asinhronly hereketlendiriji bolup durýar. Şonuň üçinem paýlaýjy setler adaty yza galyjy tok bilen işleýär; geçirijilik liniýasy barada aýdylanda bolsa, az ýüklenme, haçanda liniýa sygymy eýeçilik edende, olar öňe geçiji tok bilen işleýärler, uýjyly ýüklenmede bolsa, olar yza galyjy tok bilen işleýärler. Bu liniýada güýjenmäniň uýjyly aýlanmagyna getirýär. Şonuň bilen baglylykda $\cos \varphi$ deňişli sazlamagyň ýoly arkaly ony sazlamak baradaky mesele ýüze çykýar.

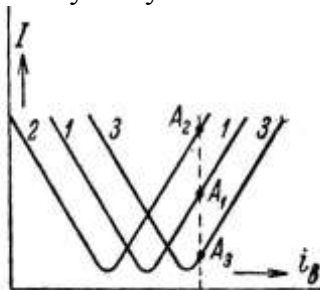
Bu maksat üçin sinhronly kompensatorlar ulanylýar.

Ulanylýar, ýagny $i_b = \sqrt{}$ bolmagynda boş ýüklenmesiz işleýän, sinhronly hereketlendirijiler ulanylýar.

Sinhronly kompensatorlar mehaniki işleri ýerine ýetirmek üçin niýetlenilen däl, olar sinhronly hereketlendirijiler bilen deňeşdirlende birazajyk mehaniki ýenilleşdirilen gurluşa eýedirlir, köplenjem ýenilleşdirilen wala.

Sinhronly kompensatorlar diňe V-görnüşli häsiýetnamada işleýär. Oýarylmanyň ýoklugynda ol sete işledilen reaktiw tegegiň, oýarylmada bolsa sygymlynyň roluny oýnaýar.

Sinhronly kompensator hat-da oýarylman mydamalyk togunda güýjenmäni O mälum bolan çäklerde durnyklaşdyrmak ukybyndaky gymmat häsiýete eýedir.



5.36-njy çyzgy. Setiň dürli napýraženisinde sinhron kompensatorynyň U-görnüşli egrisi.

Gyşyk 1- setiň ylaýyk güýjenmesi;

Setde dürli U-x bolmagynda

Gyşyk 2- pes güýjenme.

Gyşyk 3- ýokary güýjenme.

Häzirki wagtda sinhronly kompensatoryň oýaryş toguny aszlamak bilen baglanyşykly ähli operasiýalar awtomatlaşdyrlandyr. Diýeliň, SK U_{bn} (nok A_1) bolmagynda gaýtadan oýaryşly işleýär. Eger setiň güýjenmesi aşak düşse, onda SK berilen togunda biz täze A_2 nokady 2 häsiýetnama boýunça alarys. SK degişli güýçli bolar we generatora uly magnitleşdiriji täsiri berer.

Umumy ulanyşly ECC, CTD, CTH seriýaly sinhronly generatorlar.

CTD-goralan ýerine ýetirilişde.

CTH- açyk ýerine ýetirilişde.

5.26. Sinhronly hereketlendirijiler we SK

CD- goralan ýerine ýetirilişde.

73, 125, 400, 1250,

CDH- açyk ýerine ýetirilişde.

6300, 10000, kWt

CK, KC we KCB KC kriýalara eýedir ýapyk howalaýyn gytak sowatmakly ýerine ýetirilýär.

KC 10-6	$S_H = 10 \text{ MB-A}$	1000
ob/min		

KC 15-6	15	1000
---------	----	------

KC 30-11	30	750
----------	----	-----

KCB 50-11	50	750
-----------	----	-----

KCB 100-11	100	750
------------	-----	-----

KCB 160-15	100	750
------------	-----	-----

5.27. Sinhron maşynlaryň tehniki berilenleri

- 1) Turbogeneratorlar, $2p=2$, 3000 ob/min ýerine ýetirilýär. 30 MB*A kiçi TT adatça gytak howalaýyn sowadyлма bilen ulanylýar.

T2-K.b.0 0.5 den 100 MBt çenli kuwwatlylyk bilen çykarylady, 1950 ýyldan başlap 25 MWt wodorotly sowatmakly çykarylady.

TT görnüşli belleniş.

T2-0.5-2, T2-1.5-2, T2-6-2, T2-12-2, TB2-30-2, TB-60-2, TB-60-2, TB2-100-2 we ş.m.

Seriýanyň simwolyndan soň TT işjeň kuwwatlylygy megawatda görkezilýär, soňky san maşynlaryň polýuslarynyň sanyny aňladýar (2p-2).

TГB-200-2 TГB-300-2 (statoryň magnit geçirjisini wodorodly sowatmakly hasapda st.we rot.sargysy).

TBB-165-2, TBB-200-2, TBB-320-2, TBB-500-2.

TBB-100-2 (stat.sarg-suw), (rotor.sar-wod) TBM-300-2 (stat.sarg-ýag) (rotor.sar-suw) TBΦ (star.sar-gytak wodorodly) (rotor- wodorod fiklirklenen)

- 2) Gidrogeneratorlar.

BTC, CB, CBΦ (3000 kw. A çenli) SSSR-de seriýaly çykarylýar.

BTC 375/89-28

CB 373/195-12

CB 640/170-24

CB 800/76-60

CB 795/230-32

CB1160/180-72

CB 1190/250-48

CBΦ 1690/175-64

CB,BTC-Sinhronly dik TT asma ýa-da saýawan ýerine ýetirilişde howanyň gytak sowatmakly.

CBΦ-CBTГ statoryň sargylarynyň suw bilen göniden göni sowatmakly we rotoryň sargylaryny howa bilen

forsirläp sowatmakly. Genaratoryň görnüşiniň harply belgilenşinden soň droply san gidýär, sanawjysy bolan, maýdalawjy-onuň uzynlygyna santymetrde (sm). Oturdan soňky san polýuslaryň mukdaryny aňladýar.

Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşaýyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazetiniň, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. Saparmyrat Türkmenbaşy. Ruhnama. Aşgabat, 2001.
11. Saparmyrat Türkmenbaşy. Ruhnama. Ikinji kitap. Aşgabat, 2004.
8. Д.Э.Брускин, А.Е.Захарович, В.С.Хвостов., Электрические машины, М., часть I и II., 1989,

9. И.И.Копылов.,Электрические машины.,М., Энергоатомиздат., 1986.
10. А.В.Иванов-Смоленский., Электрические машины.,Энергия. М.,927 с.,1980.
11. А.И.Вольдек.,Электрические машины.,Энергия. М.,782 с.,1974,
12. М.П.Костенко., Л.И.Пиотровский., Элктрические машины., Энергия.М.,ч. I и II,1973.
13. Л.В.Важнов., Электрические машины.,Энергия. М.,768 с.,1969,
14. П.М.Тихомиров.,Расчет трансформаторов М.,Энерго-атомиздат., 1986.
15. П.С.Сергеев.,Н.В.Виноградов.,Ф.А.Горянков.,Проектирование электрических машин. Энергия, М.,632 с.,1969.
16. И.П.Копылов., Проектирование электрических машин.,Энергия. М.,632 с.,1980.
- 17.** Л.С.Гурин.,Б.И.Кузнецов., Проектирование серий электричес-ких машин.,Энергия. М.,1978.

Mazmuny

SÖZBAŞY	7
GIRIŞ	9
B I R I N J I B A P	
TRANSFORMATORLAR	12
1.1. Transformatorlaryň ýerine ýetirýän işleri we ulanylýan ýerleri	12
1.2. Transformatoryň işleýiş prinsipi	15
1.3. Transformatoryň magnit hereketlendiriji güýjüň we elektrik hereketlendiriji güýjüň deňlemesi	18
1.4. Transformatoryň çalşyrmagyň shemasy	22
1.5. Transformatoryň birikdirilmeginiň shemalary we toparlary	24
1.6. Boş işleme düzgüninde bir fazaly transformatoryň işleýşi	28
1.7. Bir fazaly transformatoryň boş işlemesiniň tejribesi	34
1.8. Transformatoryň üç fazaly sarymynyň elektrik hereketlendirijisi	39
1.9. Gysga utgaşma düzgünde transformatoryň işleýşi	42
1.10. Ýükli transformatoryň işleýşi	46
1.11. Awtotransformator, bir tegekli transformator	53
1.12. Köp sarymly transformatorlar	56
1.13. Transformatorlaryň tehniki berilen maglumatlary	59
I K I N J I B A P ÜÝTGEÝÄN TOGUŇ MAŞYNLARY. NAZARYÝETIŇ UMUMY SORAGLARY	61
2.1. Üýtgeýän toguň sarymlary	61
2.2. Üýtgeýän togyň maşynlarynyň sarymlarynyň ýerine ýetirilişiniň prinsipi	65

2.3.	Polýusa we faza bitewi sanly oýukly üýtgeýän toguň bit gatly sarymlary	70
2.4.	Polýusda we fazada oýuklaryň bitewi sanly üç fazaly iki gatly sargylary	76
2.5.	Polýusa we faza drob sanly oýuklaryň üýtgeýän toguň sarymlary	83
	Ü Ç Ü N J I B A P ASINHRON MAŞYNLARY	87
3.1.	Asinhron kollektorsyz maşynlarynyň esasy gurluş bölekleri	87
3.2.	Asinhron maşynyň iş prinsipi	89
3.3.	Asinhron maşynyň bökdelen rotorda ($n=0$) boş işlemede ($n=0$)) işlemegi	92
3.4.	Asinhron maşynyň gysga utgaşmasy	95
3.5.	Ýüklenme b ökdelen asinhron maşyny	99
3.6.	Rotoryň aýlanmagynda asinhron maşynyň işi	102
3.7.	Asinhron maşynyň orun çalşyрма shemalary	107
3.8.	Asinhron maşynyň çalşyрма shemasy	109
3.9.	Asinhron maşynyň aýlanýan momentleri we kuwwatlary	113
3.10.	Asinhron maşynyň aýlaw diagrammasy	115
3.11.	Kuwwatlaryň çyzyklaryny gurmak	122
3.12.	Anyklanan aýlaw diagramma. M.P.Kostenko	134
3.13.	Asinhron dwigatelleriň tehniki berlenleri	139
	D Ö R D Ü N J I B A P HEMIŞELIK TOGUŇ GENERATORLARY	143
4.1.	Hemişelik toguň kollektor maşynlary	143
4.2.	Ýakoryň reaksiýasy.Kommutasiýa	151
4.3.	Generatorda ýakoryň reaksiýasy	153
4.4.	Kommutasiýa	155
4.5.	Oýandyрма usuly boýunça hemişelik toguň generatorlarynyň toparlara	

	bölünmesi (klasifikasiýasy)	158
4.6.	Hemişelik toguň generatorynyň energetik prosessi	159
4.7.	Generatornyň elektromagnit momenti	161
4.8.	Hemişelik toguň generatorlarynyň esasy häsiýetnamalary	165
4.9.	Parallel oýandyрма generatorynyň häsiýetnamalary	170
4.10.	Yzygider oýandyрма generatory	174
4.11.	Hemişelik toguň generatorlarynyň bileleşikli işi	177
4.12.	Daşky häsiýetnama ýagdaýynda parallel işleýşi	179
4.13.	Hemişelik toguň maşynynyň ýakorynyň EHG we sarymlary	182
4.14.	Deňleýji birleşdirmeler (deňleýjiler)	191
4.15.	Hemişelik toguň ýöredijilerini işe goýberme usullary we häsiýetnamalary	197
	B Ä Ş I N J I B A P SINHRON MAŞYNLARY	208
5.1.	Sinhron maşynlaryň gurluşy we prinsipi	208
5.2.	Köp fazaly sinhron generatornyň simmetrik ýüklenmede ýakoryň reaksiýasynyň peýda bolmagy	212
5.3.	Sinhron maşynyň anyk däl polýusly ýakorynyň reaksiýasy	215
5.4.	Anyk polýusly sinhron maşynyň ýakorynyň reaksiýasy	218
5.5.	Simmetriki ýüklenmede sinhron generatornyň wektorly diagrammasy	223
5.6.	Elektrik hereketlendiriji güýjüň diagrammasy. (Blondeliň diagrammasy)	225
5.7.	Elektrik magnit hereketlendiriji güýçleriň ýa-da Potýe diagrammasy	227
5.8.	Magnit zynjyrlary doýgunlaşdyrmagyň	

	hasaby bilen boýuna ok boýunça induktiiv garşylygy (xd) kesgitlemek	229
5.9.	Sinhronly maşynlaryň parallel işi	231
5.10.	Sinhronly generatorlary Parallel işde işletmek, (Takyk Sihroniasıya usulynda.)	232
5.11.	Öz - özünden sinhronizirleme usuly bilen parallel işletmeklige sinhronly generatorlaryň işledilmesi	236
5.12.	Sinhronly maşynlaryň burç häsiýetnamalary ýa-da sinhronly maşynlaryň elektro- magnitli kuwwatlylygy we elektromagnitli pursaty	237
5.12.	Sinhronly generatorýň öte ýüklenme ukyby	244
5.13.	Sinhronly generatorlaryň parallel işinde statistiki we dinamiki durnuklylyk barada düşünje	244
5.14.	Generatorlaryň parallel işinde esasy režimler	246
5.15.	U – görnüşli çyzyk generatorlar ýüklenmede	250
5.16.	Sinhron dwigatel	251
5.17.	Sinhron dwigateliň kuwwaty we momenti	253
5.18.	Sinhronly dwigateliň naprýaženiýesiniň diagrammasy	255
5.19.	Sinhronly hereketlendirijiniň işi $U_{\text{c}} = \text{const}$; $F_{\text{c}} = \text{const}$; $M = \text{const}$ we $i_b = \text{var}$ bolmagyndan	257
5.20.	Sinhronly hereketlendirijiniň işçi häsiýetnamalary	259
5.21.	Sinhronly hereketlendirijini herekete goýbermegiň usullary	261
5.22.	Sinhron dwigatelleriň asinhronly işe goýbermegiň usullary	265
5.23.	Awtotransformatoryň kömegi bilen herekete goýbermek	267

5.24.	Sinhronly hereketlendrijiniň reaktorynyň üstünden işe goýbermek	268
5.25.	Sinhron kompensatorlar	269
5.26.	Sinhronly hereketlendirijiler we SK	271
5.27.	Sinhron maşynlaryň tehniki berilenleri	272
	Edebiýatlar	274