

**TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRRLIGI  
TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

**E.Orazberdiýewa**

## **Senagat gurnamalarynyň elektrik enjamlary**

**Hünärler:** “Elektrik üpjünçiligi”,  
“Senagat desgalarynyň we tehnologi  
toplumlaryň elektrohereketlendirilişi hem  
de awtomatlaşdyrylyşy”.

Aşgabat 2010

## SÖZBAŞY

Garaşsyz baky Bitarap Türkmenistan döwletimizde geljegimiz bolan ýaşlaryň dünýäniň iň ösen talaplaryň laýyk gelýän derejede bilim almagy üçin ähli işler edilýär.

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 ýygnaqlarda, uly 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.

Dersiň maksady we meselesi. “Elektrik üpjünçiligi” we „Senagat desgalarynyň we tehnologiýa toplumlaryň elektrohereketlendirilişi hem-de awtomatlaşdyrylyşy“ hünärini boýunça bilim alýan talyp ýaşlaryň Türkmenistanyň syýasy – ykdysady ösüşlerini göz önünde tutup, Watanmyzyň gülläp ösmegi, halkymyzyň hal – ýagdaýynyň gowulanmagy üçin

ýokary derejeli hünärmenleri taýýarlamagyň esasy bolup durýanlygy aýdyňdyr.

Hususy soraglardan energiýany ösdürmegiň häzirkî zaman çeşmeleriniň, ulgamlarynyň işleýşi, ulanylyşy, olary kämilleşdirmek baradaky meseleleri çözmäge mümkinçilik berýän talyplaryň nazary pikirlerini ösdürmek meselesi dersini esasy bolup durýar.

Dersini esasy maksady – talyplary nazary maksatnamada geljekki ýokary derejeli hünärmenleri taýýarlamakdyr. Energetiki ulgamlaryň sazlaşykly işlemekleri, halk hojalygynda ýerlikli peýdalanmak, energiýany hasaba almak, energetiki resurslary ulanmaklygyň ähmiýetliligini, tygşytlylygyny talyplara öwretmek dersini esasy tutýar. Häzirkî döwürde ekologiki taýdan arassa, ykdysady taýdan arzan, konstruksiýasy boýunça ýönekeý energetiki enjamlary gurmaklygyň, peýdalanmaklygyň tehnikalary öwredilýär. Okatmagyň esasy usuly hökmünde umumy okuw ulanylýar. Amaly we tejribe sapaklarynda bolsa desgalaryň bölekleri, olaryň berkligi, ýüze çykýan näsazlyklaryň önüni almak ýaly meseleleriň toplumyna seredilýär.

Elektrik we mehaniki enjamlar boýunça, şeýle hem umumy senagat maksatly mehanizmlaryň häzirkî zaman elektropriwodlarynda ulanylýan shemaly çözümleriň bilimini almak dersi öwrenmegiň maksady bolup durýar.

## GIRIŞ

Nebit-gaz, tekstil, maşyngurlyşyk, gurlyşyk materiallar we şolara meňzeş senagatdaky gurnamalaryň elektrik enjamlaryny öwrenilýär.

Öňde goýulýan maksat elektrikenjamlaryň teoriýasyny, gurlyşyny, işleýşini, elektrik shemalaryny we häsiýetnamalaryny öwrenmek.

Goýulýan mesele, predmeti öwrenip senagatda elektrikenjamlary nähili ulanmagy, olary dolandyrmagy we sazlamagy öwrenmek.

Düzilen maksatnama ýokary okuw mekdebinde okaýan elektröpjünçiligi we elektro-mehaniki hünärleri boýunça okaýan talyplara degişli.

Hususy soraglardan energiýany ösdürmegiň häzirki zaman çeşmeleriniň, ulgamlarynyň işleýşi, ulanylyşy, olary kämilleşdirmek baradaky meseleleri çözmäge mümkinçilik berýän talyplaryň nazary pikirlerini ösdürmek meselesi dersň esasy bolup durýar.

Dersň esasy maksady – talyplary nazary maksatnamada geljekki ýokary derejeli hünärmenleri taýýarlamakdyr. Energetiki ulgamlaryň sazlaşykly işlemekleri, halk hojalygynda ýerlikli peýdalanmak, energiýany hasaba almak, energetiki resurslary ulanmaklygyň ähmiýetlilikini, tygşytlylygyny talyplara öwretmek dersň esasy tutýarlar. Häzirki döwürde ekologiki taýdan arassa, ykdysady taýdan arzan, konstruksiýasy boýunça ýönekeý energetiki enjamlary gurmaklygyň, peýdalanmaklygyň tehnikalary öwredilýär. Okatmagyň esasy usuly hökmünde umumy sapak ulanylýar. Amaly we tejribe sapaklarynda bolsa desgalaryň bölekleri, olaryň berkligi, ýüze çykyň näsazlyklaryň önüni almak ýaly meseleleriň toplumyna seredilýär.

Ýokary okuw mekdepleriniň okuw meýilnamasy esasynda energetika ugrunda okaýan talyplara, önümçilikde işleýän tehniki işgärlere we inženerlere öz bilimlerini artdyrmak üçin

niýetlenilen “Senagat gurnamalaryň elektrik enjamlary” okuw kitaby öz beýanyny tapypdyr.

Hünär taýýarlamakda ene dilinde ýazylan tehniki dersler boýunça kitaplara mätäçlik duýulýar. Kitabyň temasy häzirki döwürde duýulýan kynçylykly meseleleriň biridir. Syn ýazylan kitap köp maglumatlary özünde jemleýär. Onda senagat gurnamalaryň elektrik enjamlarynyň soňky döwürdäki prinsipleri, olaryň işleýişleri beýan edilýär.

Bu kitapda senagat gurnamalaryň stanoklary we elektrik maşynlary, elektrik enjamlarynyň we giňden ýaýran tehnologiýa gurnamalarynyň awtomatizasiýasynyň soraglary getirilen. Elektrik enjamlaryň hasaplary we elektrik dwigatelleriň sazlanýşy görkezilen. Umumy senagat gurnamalarynyň dolandyryş elektrik shemalary getirilen.

## **1. Elektrik ýöretme we onuň bölekleri**

Elektrik ýöretmäniň gornuşlary :

1. Toparlaýyn elektrik ýöretme. Transmission (elektrik ýöretme polat).
2. Ýekelikdäki elektrik ýöretme (her stanoga bir elektrik ýöretme).
3. Köp elektrik hereketlendirijili elektrik ýöretme.

$$A = a + b + w + g / B \quad (1.1)$$

Elektrik ýöretmäň halk hojalygynda ähmiýeti.

A – bir önümiň bahasy ;

a – çig malyň bahasy ;

b – işçi güýjüň bahasy ;

w – elektrik energiýanyň bahasy ;

g – beýleki çykdajylar ;

B – çykan önümiň umumy sany

Elektrik energiýa gaty az mukdarada.

Elektrik ýöretmeleriň mehaniki häsiýetnamasy.

Nebiti gaýtadan işlemekde elektrik ýöretmesiz göz önüne getirmek bolmaýar. Islendik kärhanada hokmany çyzgyda elektrik energiýa gerek.

Bir birnäçe mehaniki häsiýetlerini bilmeli.

Elektrik ýöretmede 2 häsiýetnama bar :

1. Öz häsiýetnamasy bar

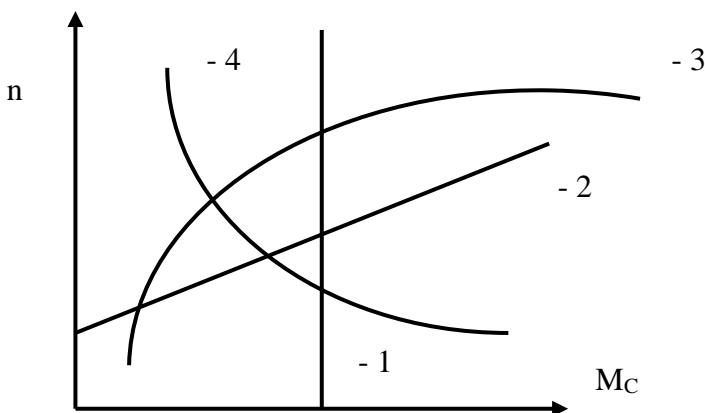
Mehaniki häsiýetnamaly her hili enjama şoňa laýyklykda elektrik ýöretme saýlamasy. Eger şoňa laýyklykda saýlanmasa PTK az bolar.

$$M_C = M_o + (M_{GH} + M_o) \left( \frac{n}{n_H} \right)^x \quad (1.2)$$

Mehaniki häsiýetnama –  $n = f(M_c)$  tizlik momenti baglylykda üýtgeýär (mehanizmiň okundaky momenti).

$M_c$  – garşylyk momenti (her hili ondürji mehanizmiň walandaky).

Şu formula boýunça senagat mehanizmlerini 4 bölüme (kategoriýa) belýäris.



1.1-nji çyzgy.

## 1. $x = 0$

Şular ýaly häsiýetnama tizligi bagly däl mehaniki häsiýetnama.

Şular ýaly häsiýetnamany ähli mehanizmler eýedir.

$M_0$  – boş işleýişde moment (sürtülme momenti, mehanizm şemal bilen ürtülýär). Mehanizmiň hemmesine degişli sürtülme moment.

$M_{CH}$  – nominal tizlikdäki garşylyk momenti.

$n_H$  – nominal tizlik

$n$  – haýsy hem bolsa bir wagtdaky belli ýüklenmedäki tizlik

$x$  – görkeziji

### 2. $x = 1$

Bolanda, göniçyzykly ýokary gidýän mehaniki häsiýetnama. Bulara generatorlar (özüne bagly däl oýandyryjy) degişli (ýöretme).

### 3. $x = 2$

Paraboliki häsiýetnama. Şular ýaly häsiýetnama senagat mehanizmlere degişli, wentilýator. Merkeze ymtylyjy güýç bilen işleýän nasoslar, kürekleýji wintler we şuna meňzeşler.

4. Göni çyzykly däl aşak peseliji häsiýetnama  $x = -1$  Oňa degişli mehanizmler tokar stanoklary, trezer we rastočnoý stanoklary.

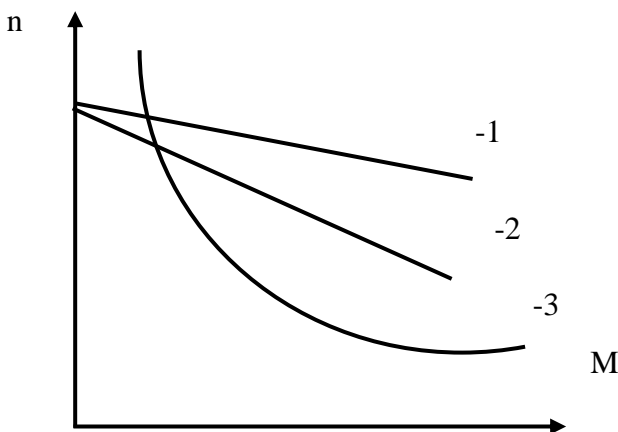
bu formula praktikada alnan.

Şu alnan mehaniki häsiýetnamalar senagatda işleýän mehanizmleriň çen bilen ýakynlaşan häsiýetnamalar.

## 1.1. Elektrik hereketlendirijileriň mehaniki häsiýetnamasy

$n = f(M)$  – bu häsiýetnamalara serederis.

Elektrik hereketlendiriji mehaniki häsiýetnamalary şeýle bolýär.



1.1.1-nji çyzgy.

Elektrik maşynlar : asinhron, sinhron, hemişelik toguň maşynlary.

Generatorlar, elektrik hereketlendirijiler.

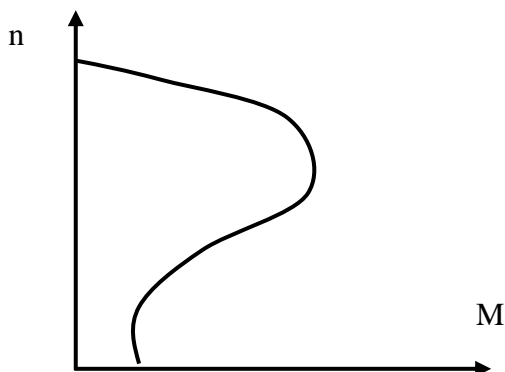
Sinhron maşynlar önümçilikde ýokary kuwwatly öndürilýär. (Hemişelik toguň maşynlary tizligi sazlamagy gowy ýerine ýetirýär.

Kinematika köp bolsa ýitgi köp bolýar.

1. Absolýut gaty häsiýetnama (berk häsiýet).  
Bular ýaly häsiýetnamalary diňe sinhron hereketlendirijiler.
2. Hemişelik elektrik akymynda işleýän parallel oýandyryjyly hereketlendirijiler we asinhron hereketlendirijiler (işçi häsiýetnamasynyň böliginde). Berk häsiýetnama.
3. Hemişelik elektrik akymynda işleýän yzygider oýandyryjyly elektrik hereketlendirijilere degişli. Ýumşak häsiýetnamasy.

Asinhron hereketlendirijiniň işçi häsiýetnamasy.



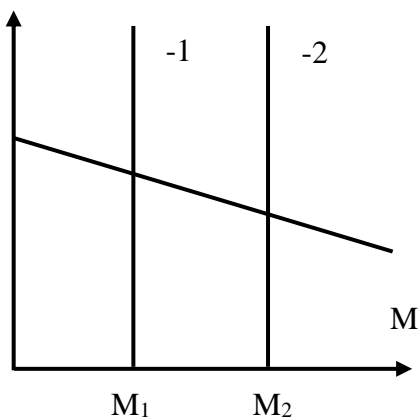


1.1.2-nji çyzgy.

Elektrik hereketlendirijiň we senagat mehanizmleriň bilelikdäki häsiýetnamasy.

Hereketlendiriji bilen işgi mehanizmiň häsiýetnamasy gabat gelmeli.

Bilelikdäki häsiýetnamalara seredeliň



1.1.3-nji çyzgy.

$n = n$  gurnukly  
 $M_1$   $M_2$  mehanizmler

## **2. Elektrik hereketlendirijileriň mehaniki häsiýetnamasynyň görnüşleri**

Hakyky mehaniki, emeli hyýaly häsiýetnamalar şu baglanyşyklar bilen görkezilýär.

$$w = f(M) ; n = f(M) \quad (2.1)$$

Eger elektrik hereketlendiriji işleýän bolsa,  $u_H$ -de,  $I_H$ -de,  $n_H$ - aýlanma tizlikde,  $P_H$  – ylaýyk kuwwatda işleýän wagtyndaky alynan häsiýetnama hakyky diýilýär.

Eger-de şulardan (laýyk ululyklardan) tapawutlanýan bolsa iş ýagdaýy, on-da hyýaly häsiýetnama alynýar.

### **2.1. Hemişelik elektrik akym maşynlarynyň mehaniki häsiýetleri**

Tapawutlandyryşlar generator iş ýagdaýy we hereketlendiriji iş ýagdaýy.

1. Generator iş ýagdaýy. Bu ýagdaýda elektrik energiýa umumy elektrik setine elektrik energiýany berýär. Muňa başgaça rekupirativ duruzma .
2. Elektrik energiýany özüne birikdirilen (maşyna) garşylyga ýa-da gysga utgaşma edilende şol iş ýagdaýa dinamiki duruzma diýilýär.
3. Ters birikdirme duruzmasy, set bilen elektrik maşyn aralygynda goşmaça garşylyk birikdirilýär.

Elektrik maşynlarda işleýişini görkezýän esasy düzgüni şu aşakdaky deňlemäň üsti bilen görkeziris

$U + E + IR = 0$  bu esasy deňleme

$E$  – elektrik hereketlendiriji maşyndaky

$U$  – setiň naprýaženiýesi

$IR$  – naprýaženiýeniň zynjyrda peselmesi

Şu deňlemede öz-özünüň induksiýasy we özara induksiýa hadysalary göz önünde tutulanok.

- a) Dwigatel iş ýagdaýynda deňleme şeýle görnüşde bolýar :

$$U - E - IR = 0 \quad , \quad n = 60t / P \quad (2.2)$$

Napryáženiýe elektrik hereketetiriji we napryáženiýe peselmesini döretmäge gidýär.

**R** – içki garşylygyň we goşmaça garşylygyň jemi

Bu deňlemede **U > E** bolmaly.

Napryáženiýe bilen tok ikisem bir ugurda bolýarlar  $U \Rightarrow I$ , ýöne elektrik hereketetiriji ters tarapa  $\leftarrow E$  ;

- b) rekupirativ duruzma iş ýagdaýy.

$$U - E + IR = 0 \quad (2.3)$$

bu ýerde  $E > V$  bolýar.  $E \Rightarrow I$  bolýar ;

- d) dinamiki duruzmada

$$U=0 - E + IR = 0 \quad (2.4)$$

bu ýerde  $E \Rightarrow I$  bolýar ;

- ç) tersbirikdirmede

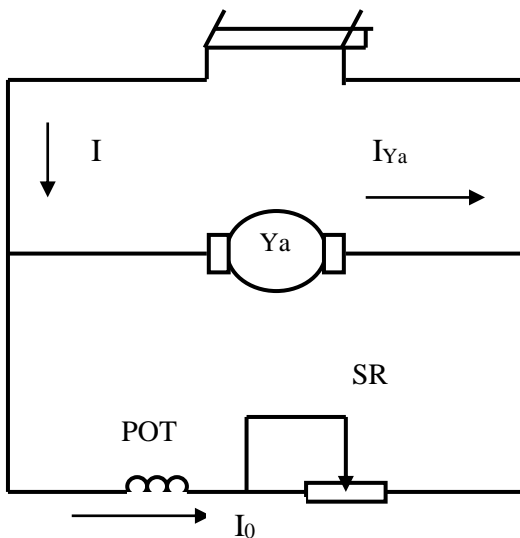
$$U + E - IR = 0 \quad (2.5)$$

bu ýerde  $U \rightarrow$

$E \rightarrow$   
 $I \rightarrow$  bolýar

## 2.2. Parallel oýandyryjyly elektrik hereketlendiriji

Mehaniki häsiýetnamany almak üçin şu aşakdaky deňlemäni ýazalyň.



2.2.1-nji çyzgy.

POT – parallel oýandyryjy tegek

Ya – ýakor

SR – sazlaýjy reostat

Mehaniki häsiýetnamany almak üçin şu aşakdaky deňlemäni ýazalyň.

Deňagramlylyk deňlemesi :

Elektrotehnikadan belli bolsy ýaly hemişelik akymda işleýän üçin.

$$U = E + IR \quad (2.2.1)$$

$$E = K_C \Phi_n \quad (2.2.2) \quad \text{dwigat. EDS.}$$

$K_C$  – hemişelik koeffisiýet elektrik hereketegetiriji.  
elektrik hereketegetiriji aýlanma tizlige we magnit akymyna bagly.

Oýandyryjydaky magnit akymy.  
 bu ýerde (2)-ni (1)-de goýsak

$$U = K_C \varphi_n + IR \quad (2.2.3)$$

bu ýerden n-i tapalyň

$$n = U - IR / K_C \varphi \quad (2.2.4)$$

bu deňlemede R – umumy garşylyk (ýakordaky we tegegiň öz garşylygy).

Deňlemäni tizlik häsiýetnamasy diýip atlandyrýarlar on-da biz ýazyp bileris.

$$n = f(I)$$

Ýakorda aýlandyryjy moment döreýär

$$M = K_m \varphi I \quad (2.2.5)$$

I – elektrik maşynynyň sepinde akýan tok

$$I = M / K_m \varphi \quad (2.2.6)$$

(5)-i (3)-de goýalyň

$$n = \frac{U}{K_e \Phi} - M \frac{R}{K_e K_m \Phi^2} \quad (2.2.7)$$

(6) deňlemeden elektrik hereketegetijiniň mehaniki häsiýetnamasyny alyp bilýäris

$$n = f(M)$$

ýa-da

$$n = \frac{U}{C_e} - M \frac{R}{C_e C_m} \quad (2.2.8)$$

Eger  $M=0$  bolsa (boş iş ýagdaýda işleýär garşylyk momenti ýok walda) onda  
onda

$$n_0 = \frac{U}{C_e} = \frac{U}{K e \Phi} \quad (2.2.9)$$

boş işdäki tizlik.

(6)-da

$$\Delta n = M \frac{R}{K c K m \Phi^2} \quad (2.2.10)$$

diýip alalyň bu peselme tizligi, tizligiň peselmesi  
onda

$$n = n_0 - \Delta n \quad (2.2.11)$$

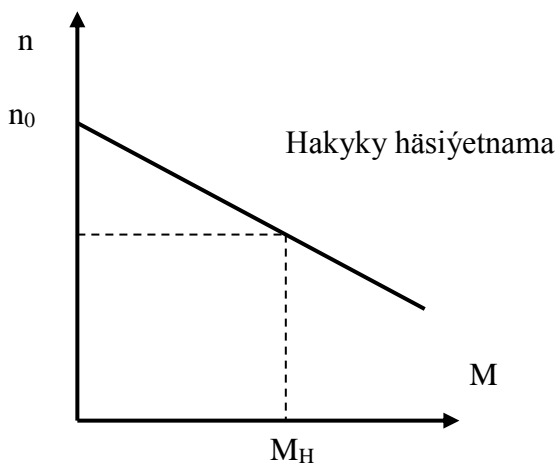
Elektrik duruzmanyň kadalarynyň deňeşdirmesi

2.2.1-nji tablisa

Duruzmanyň görnüşü	Artykmaçlygy	Ýetmezçiligi	Ulanylýan ýeri
Sete energiýa bermek bilen	1. Ygtybary 2. Shemada üýtgeşme bolmazdan dwigatel duruzma kada awtomatiki geçmegi. 3. Ekonomlygy energiýanyň sete gaýdyp berilmegi.	$n < n_0$ tizlikde duruzmanyň mümkin dälligi	Göteriji mehanizmde duruzma goýberiş.
Tersbirikdirme	1. Islendik tizlikde duruzmanyň ygtybarlygy. 2. Doly durumyň mümkinligi. 3. Hereketsiz hereketlen	1. Özüniň rewers şndurmekliginiň mümkinligi. 2. Setden köp energiýa talap etmegi.	Rewers ýöretmeler çalt durumy

	dirijide duruzma effektiniň nagtlygy. 4.Duruzmanyň intensiwligi. 5.Duruzma ýagdaýynyň deňeşdirme hemişeligi.	3.Duruzma häsiýetnamasy nyň uly beýikligi.	talap edýän ýöretmeler
Bagly däl oýandyryjyly dinamiki duruzma.	1.Ygtylary. 2.Shemasynyň ýöne- keýligi. 3. Duruzmany ýuwaş- lygy. 4.Kiçi beýiklikli häsi- ýetnamany almak mümkinçiligi.	1.Tizligi laýyk- lykda duruzma effektiniň azaldylmagy. 2.Oýandyry- jynyň sargylary iýmetlendirilme dik ýagdaýynda duruzma effek- tiniň ýitmegi.	Rewersiiv däl ýöretmede. Belli duruzmany talap edýän ýöretmäniň mehaniz- minde.
Öz-özünü oýandyryjyly dinamiki duruzma	1.Ygtybarly. 2.Shemasynyň ýöne- keýligi. 3. Tygşytlylygy. 4.Iýmitlendiriji getden napryženiýäniň bolmadyk wagtynda duruzmanyň mümkinligi.	Kritiki tizlikden kiçi bolan tizlikde duruzma effektiniň ýitmegi.	Awariýa duruzmasy.

Parallel oýandyryjyly hemişelik elektrik akymynyň hereketlendirijisiniň hakyky we emeli häsiýetnamasy.



2.2.2-nji çyzgy.

Hyýaly häsiýetnamany almak üçin şu deňlemäni ulanallyň

$$n_0 = n_H \frac{U_H}{U_H - I_H R} \quad (2.2.12)$$

$R = R_{ya}$  ýakoryň garsylygyn

$R_{ya}$  kesgitlemek üçin

$$R_{Ya} \approx 0,5(1 - \eta_H) \frac{U_H}{I_H} \quad (2.2.13)$$

peýdaly täsir koeffisiýenti

$$\eta_H = \frac{P_H}{U_H I_H} bu 0,87 \div 0,9 \quad (2.2.14)$$

aralykda bolup bilýär.



Hyýaly häsiýetnamany almak üçin şu deňlemäni ulanalyň

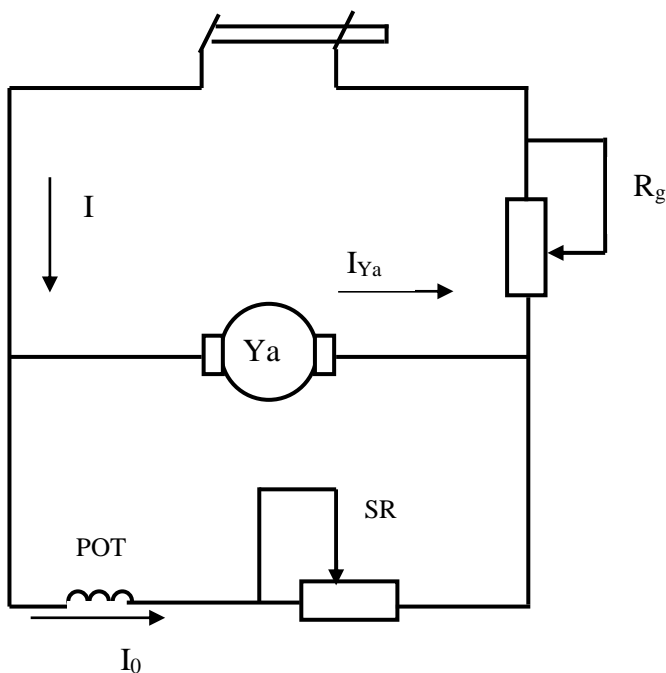
$$n_p = n_x = n_0 \cdot \frac{u_H - I_H (R_{Ya} + R_g)}{u_H - I_H R_{Ya}} \quad (2.2.15)$$

$n_p$  – reostat.

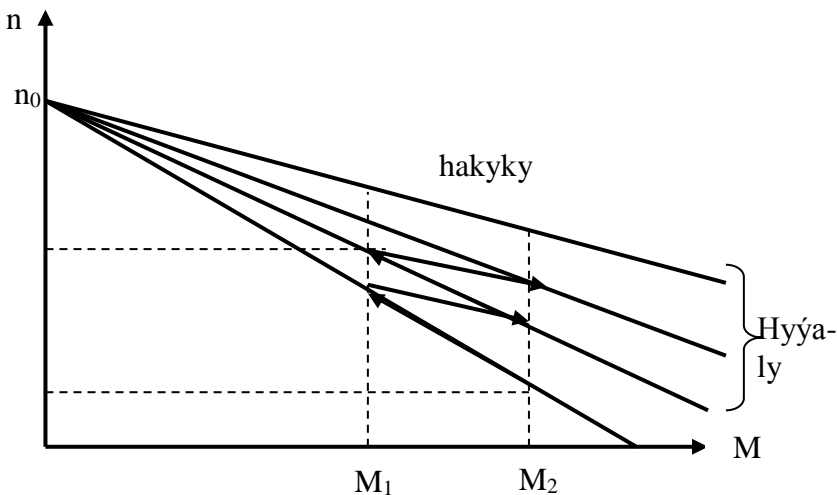
$n_x$  – hyýaly

$R_g$  – goşmaça garşylyk

Goşmaça garşylygy almak üçin shemada üýtdeşiklil geçirýäris.

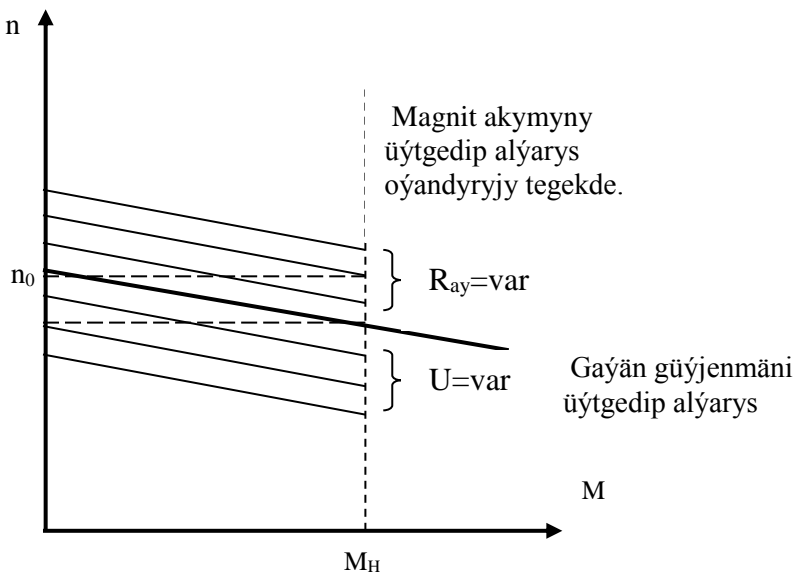


2.2.3-nji a çyzgy.



2.2.3-nji b çyzgy. Reostat ýa-da hyýaly häsiýetnama.

Goşmaça garşylygy üýtgetmek bilen reostat häsiýetnama alyp bilýäris.

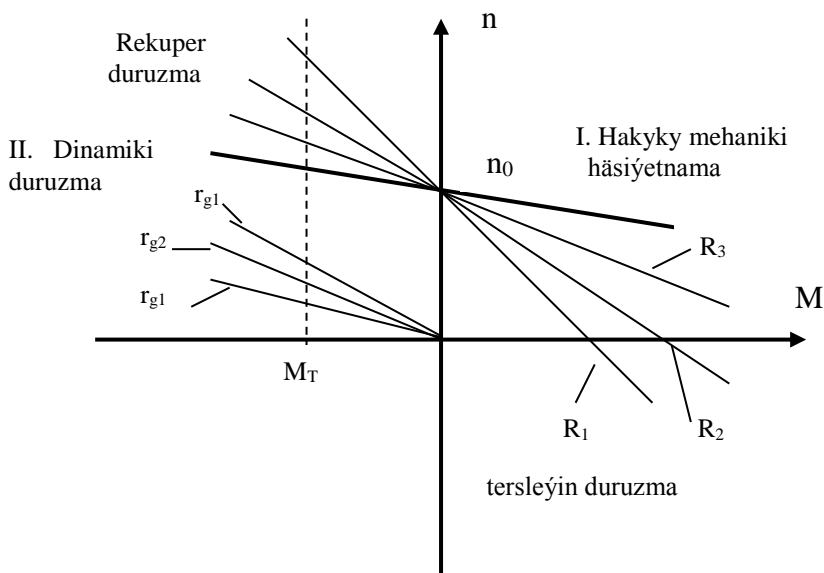


2.2.4-nji çyzgy.

### 3. Hemişelik elektrik akymynda işleýän parallel oýandyryjyly hereketlendirijiň duruzma ýagdaýyndaky mehaniki häsiýetnama

Hemme elektrik ýöretmeler awtomatlaşdyrylan. Duruzmakda hem awtomatiki duruzma duruzylýar. Şol ýagdaýa.

Duruzma ýagdaýynda bolýan mehaniki häsiýetnama.



3.1-nji çyzgy.

Şu döwrüň senagat mehanizmleriň awtomatiki goýberlişi ýaly duruzma hem şol ýagdaýda duruzylýar. Kähalatlarda elektrik ýöretmeleri çalt-çaltdan duruzmaly bolýar we tersine aýlamak ýagdaýlary hem kän bolýar.

Şonuň üçin elektrik ýöredijileri duruzyp goýbermeli (ýöretmeli) bolýar. (Ýörediji ýagdaýyndan duruzma ýagdaýa geçirmek).

I. Elektrik energiýany sete tersine bermek (Rekuperatiw duruzma). Bu ýagdaý transportda, galdyryjy mehanizmlerde, hemişelik tokda işleýän maşynlarda ulanylýar.

II. Dinamiki duruzma.

Elektrik setden aýrylan, haýsy hem bolsa bir garşylyga birikdirilýär. Transportda ulanylýar. Kinetik enengiýa boýunça herekete gelýär. Garşylyga berilýär, we duruzma bolýar.

III. Tersleýin açyk duruzma. Bu IY oktantada bolýar. Ýük aşak düşüşünde ters öçüriji bolýar (ters birikdirme). Näçe garşylyk uly bolsa ýumşak duruzma bolýar.

Şol ýagdaýda ýakoryň sepinde döreýän togy hasaplamaly bolýar. Garaşylyk gysga utgaşma bolmaz ýaly birikdirilýär. Setiň naprýaženiýesi bilen hereketlendirijide döreýän elektrik hereketegetiriji ugry gabat gelýär.

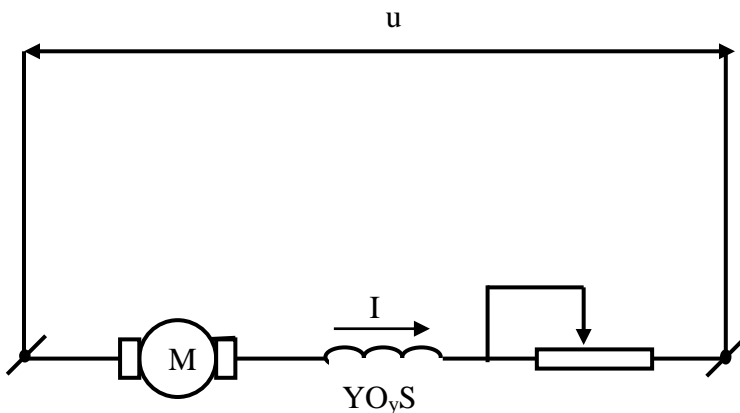
$$I_{duruzma} = \frac{U - E}{u_{ya} + r_g} \quad (3.1)$$

Bu ýerde,  $r_{ya}$  – ýakoryň garşylygy

$r_g$  – goşmaça garşylyk

$I$  – oktan-da dwigatel rez/m.

### 3.1 Hemişelik elektrik akymynyň yzygider oýandyryjyly ýöredijiň mehaniki häsiýetnamasy

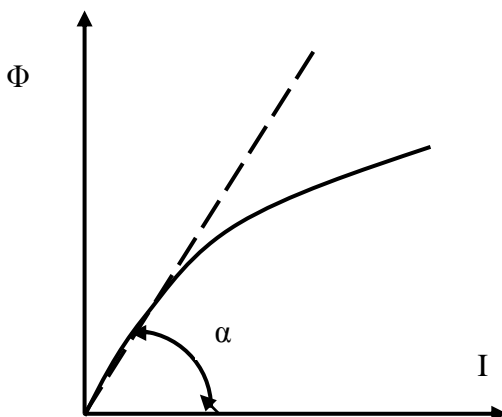


3.1-nji çyzgy.

Tizlik häsiýetnamasyny görkezýän formula

$$n = \frac{U - IR}{Ke\Phi} \quad (3.1.1)$$

Yzygider birikilmede bu analitik formulany almak kyn bolýar. Sebäbi tok ýakordan akýar. Ýakordan akýan tok oýandyryja täsir etmeýär. Bu ýerde bolsa täsir edýär. Biz bu ýöretmäniň magnitlendiriji häsiýetnamasyna seretmeli bolýarys.



3.2-nji çyzgy.

Ýüklenmäniň üýtgemegi bilen tok üýtgeýär. Ýüklenme ulalsa tok ulalýar. Tok üýtgeýän magnitde akym hem üýtgeýär.

$$\Phi = \alpha I \quad (1) \quad \Phi = f(I) \quad (3.1.2)$$

hereketlendirijiň elektromagnit momenti tizlenme häsiýetde

$$M = K_m \Phi I = K_m \alpha I^2 \quad (3.1.3)$$

$$n = \frac{U}{K_e \alpha I} - \frac{IR}{K \alpha I} \quad (3.1.4)$$

$$(2) I = \sqrt{\frac{M}{K_m \alpha}}; I - ni(3) - de goy - s \quad (3.1.5)$$

$$n = \frac{U}{K_e \alpha \sqrt{\frac{M}{K_m \alpha}}} - \frac{R}{K \alpha}$$

M- generator ýagdaýda duruzma  
M – hereketlendiriji ýagdaýda aýlaýjy

$$n = \frac{A}{\sqrt{M}} - B \quad (3.1.6)$$

bu ýerde A,B – hemişelik ulalyklar.  
bu ýerde M-i tapalyň

$$M = \left( \frac{A}{n + B} \right)^2 \quad (3.1.7)$$

Magnitlenmä laýyklykda şeýle bolar ýöne bu gutarnykly däl. Ýöne bu deňleme analitiki görnüşi mehaniki häsiýetnamasyny görkezýär.

Formulany alamyzdan soň şu aşakdaky netijeler ýüze gelip çykýar.

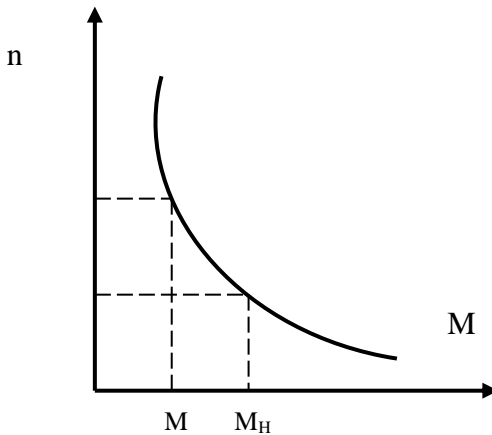
1. Ýüklenmäni 20-25%-den aşak almak gadagan (ýüklemek)

$$M=(20\div 25)M_H\% \quad (3.1.8)$$

Eger-de şu %-den aşak ýükleselek elektrik ýöredijimiz tizligi tükeniksizlige ( $\infty$ ) gitmegi mümkin.

2. Tizligiň ulalmagy bilen mehaniki häsiýetnamasy ýumşak bolar (goşmaça garşylygyn ulalmagy bilen).
3. Mehaniki häsiýetnamasy asimptotiki wertikal oka ýakynlaşmak bilen bolýar. Ýöne ony kesip geçmez. Şeýolip tizligi tükeniksizlige gider.

Tizligiň artmagy bilen generator ýagdaýa geçip bilmez. Şu aýdylan netijelere görä bir şu baglansygy çyzyp bileris.



3.2-nji çyzgy. Ýumşak mehaniki häsiýetnama.

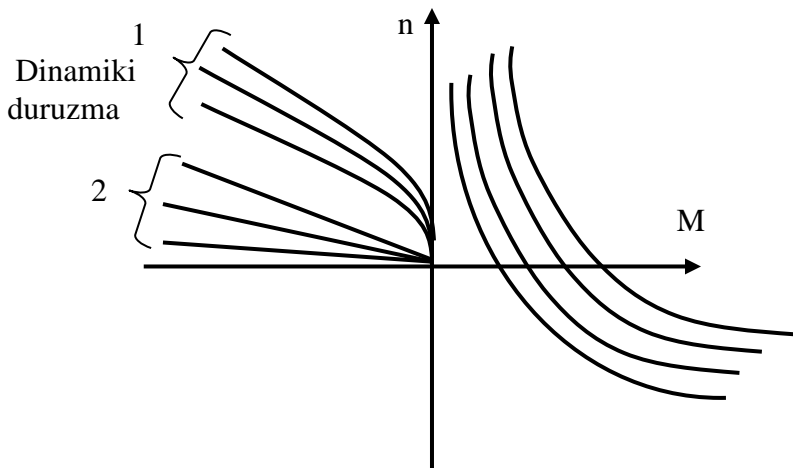
#### **4. Hemişelik elektrik togunyň yzygider oýandyryjyly ýöredijiniň duruzma ýagdaýyndaky mehaniki häsiýetnamalar**

Munuň iki sany duruzma mehaniki häsiýetnamasy bar :

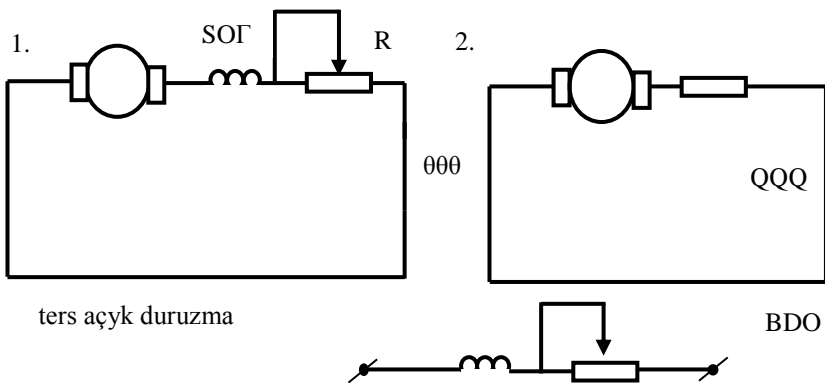
1. Ters açyn (protiwo Wkl) duruzma
2. Dinamiki duruzma.

Dinamiki duruzma 2 görnüşden durýar: 1-nji öz-özünden oýandyryjyly; 2-nji bagly däl oýandyryjyly.





4.1-nji çyzgy.



4.2-nji çyzgy.

1 – QQQý duruzma mehaniki häsiýetnama almanda duruzma ýagdaýy örän effektiv bolýar (çalt duruzma).

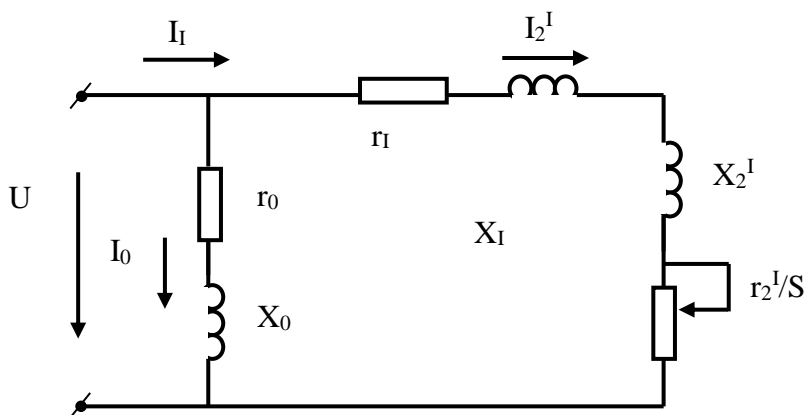
2 ýagdaý – BDO duruzma mehaniki häsiýetnamasy gaty ýumşak bolýar. Öl diýilogiki assa ýuwaş duruzma.

Ulanylýan ýerleri : Transportda (ulag serişdelerinde) ýük galdyryjylarda we urujy mehanizmlerde.

II – Dinamiki duruzma.

Rekupirativ duruzmaň ýoklugynyň sebäbi serhet tizligi ýok.

#### 4.1. Asinhron ýöredijileriň mehaniki häsiýetnamalary

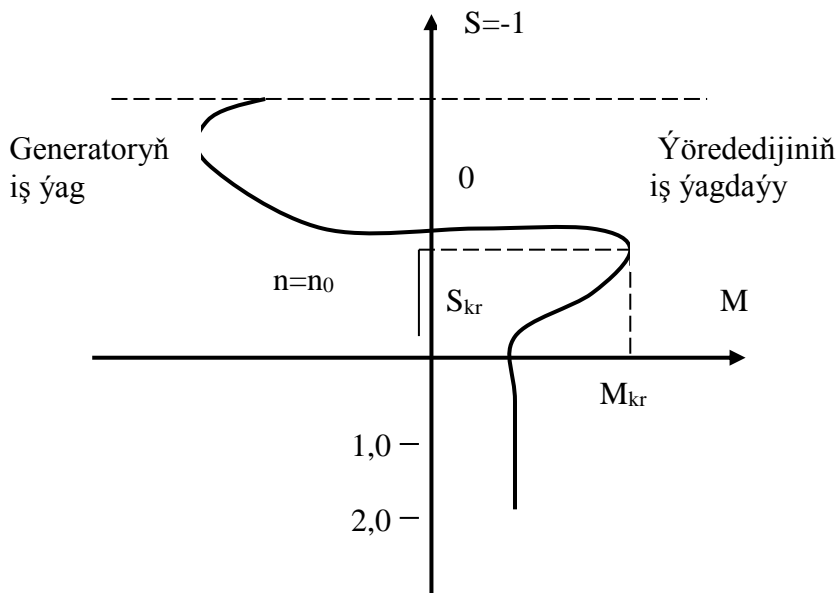


4.1.1-nji çyzgy. Ýönekeýleşen çalyşmanyň elektrik shemasy.

$$M = \frac{rM_{kp}}{\frac{S}{S_{kr}} + \frac{S_{kr}}{S}} \quad (4.1.1)$$

$$S_{kr} = \frac{r_2'}{X_1 + X_2'} \quad (4.1.2)$$

Bu ýerde :  $M$  – kritiki momenti  
 $S$  – tyrpma  
 $r_0, k_0$  – boş iş ýagdaýyndaky aktiw we reaktiw garşylyklary.  
 $r_1, k_1$  – statoryň aktiw we reaktiw garşylyklary.



4.1.2-nji çyzgy.

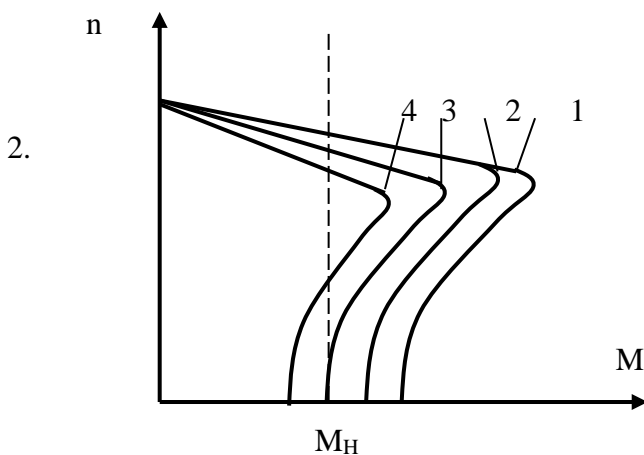
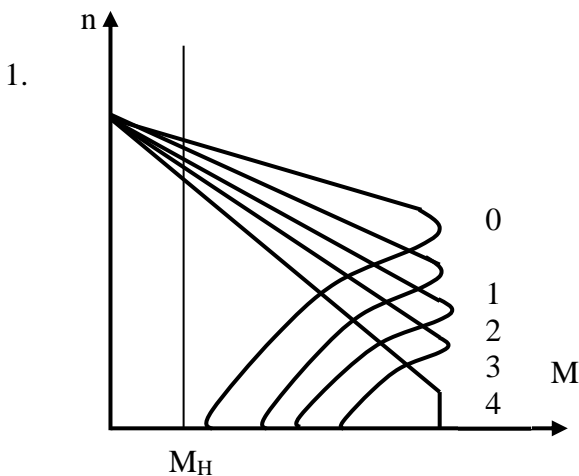
$n=f(M)$ ,  $S=f(M)$  – bu baglanyşyklar mehaniki häsiýetnamany aňladýar.  
 Senagatda 90% asinhron dwigateller ulanylýar.

## 4.2. Hakyky we hyýaly mehaniki häsiýetnamalar

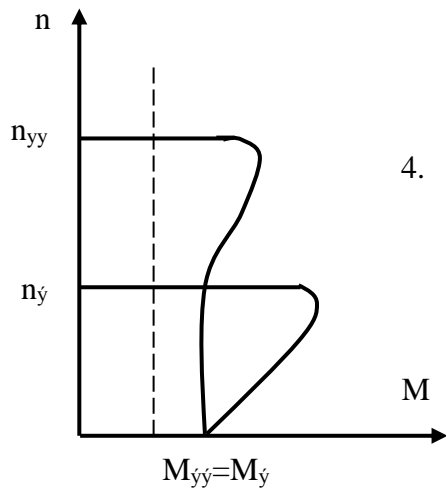
Şu häsiýetnamalar alyp bolýar :

1. Rotordaky aktiw garşylygy üýtgedip.
2. Naprýaženiýäni üýtgedip.
3. Elektrik akymynyň ýygylgyny üýtgedip.
4. Jübüt polýuslary üýtgedip.

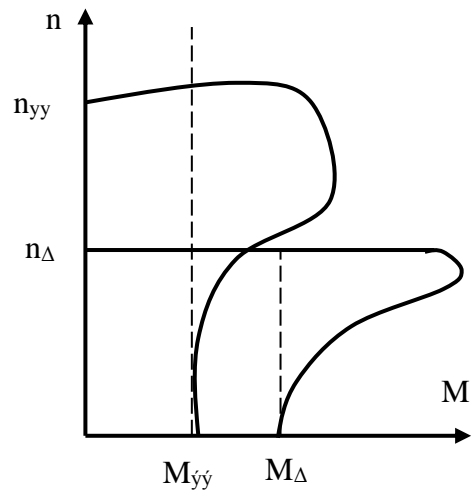
Nominal ululyklary gabat gelende alynýan häsiýetnama – hakyky häsiýetnama bolar.



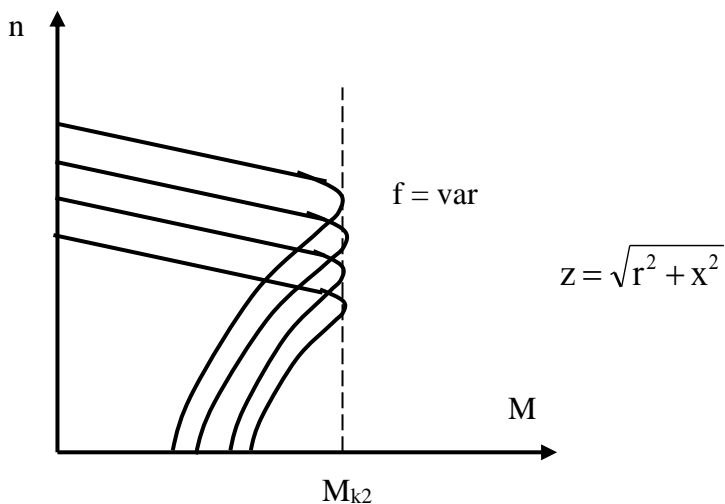
3.



4.

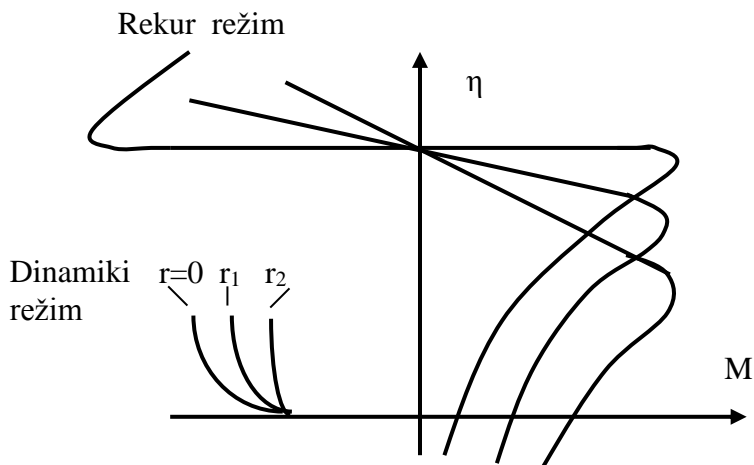


4.2.1-nji çyzgy.

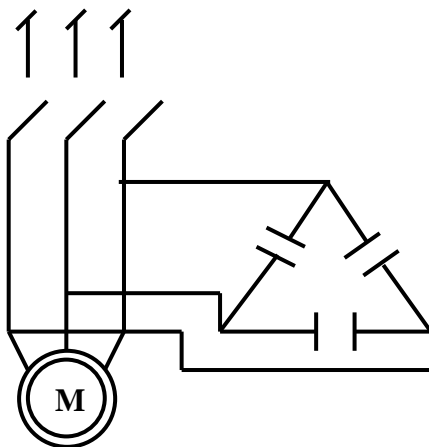


4.2.2-nji çyzgy.

Dürli iş ýagdaýyndaky asinhron ýöredijileriň mehaniki häsiýetnamalary.

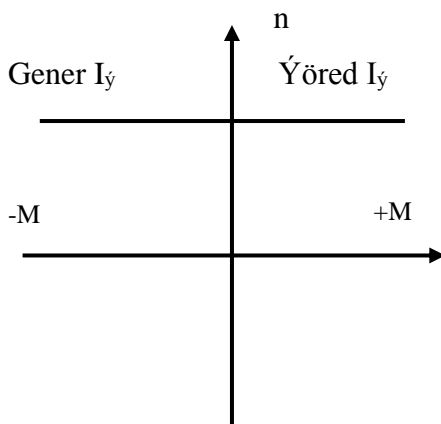
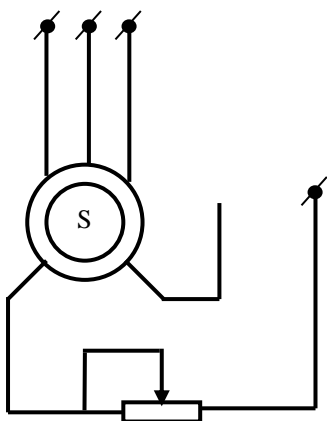


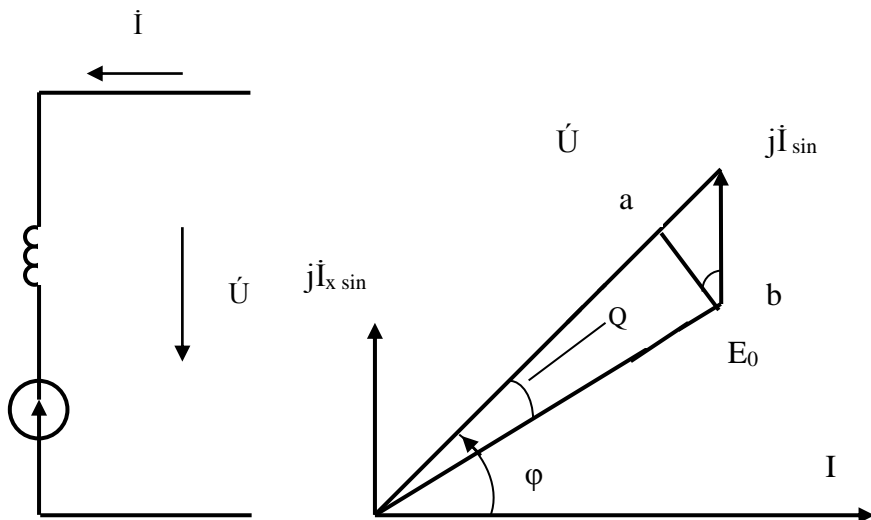
4.2.3-nji çyzgy.



4.2.4-nji çyzgy. Dinamiki dürtüzma shemasy.

## 5. Sinhron ýöredijileriň mehaniki we burç häsiýetnamalary





Wektor diagramma deňleme üçin (1)

5.1-nji çyzgy.

$$\dot{U} + \dot{E}_0 + j\dot{I}_x \sin \quad (5.1)$$

$x_{\sin}$  – sinhron reaktiw garşylyk

$E_0$  - sinhron ýöredijiniň oýandyryjy tegegindeki  
döreýan elektrik hereketegetiriji

$$\overline{ab} = \dot{I} x_{\sin} \cdot \cos \varphi = \dot{E}_0 \sin Q (x_3 \dot{U})$$

$$P = 3UI \cos \varphi = \frac{3e_0 \dot{U}}{x_{\sin}} \sin Q \quad (5.2)$$



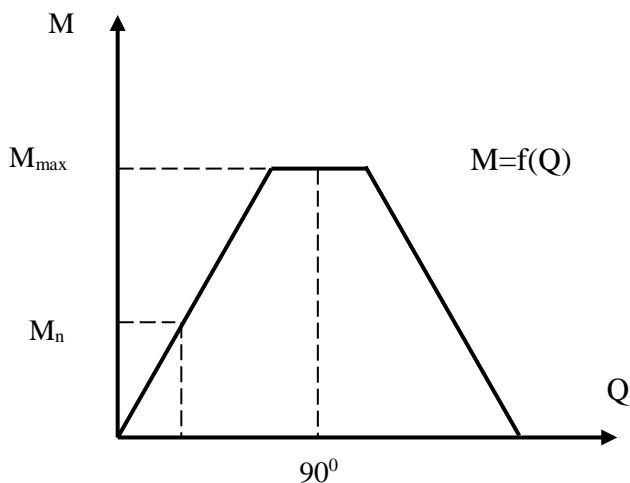
$\dot{U}$  – setden berlen naprýaženiýe  
 $Q$  – rotordaky we statordaky magnit meýdanynyň okunyň burçy

$$M = \frac{9,55P}{n_0} = \frac{9,55 \cdot 3e_0 U}{n_0 x_{\sin}} \cdot \sin Q \quad (5.3)$$

$$M_{\max} = \frac{9,55 \cdot 3E_0 U}{n_0 \cdot x_{\sin}}; M = M_{\max} \cdot \sin Q$$

$E_0 = \text{const}$  setde

$M = f(Q)$



5.2-nji çyzgy.

## **5.1. Elektrik ýöretmäniň aýlanma tizligini sazlamak**

Senagat köp ulanylýan mehanizmleriň aýlanma tizligini sazlamak (ATS) iň esasy meselesi bolup durýar. Prokat stanoklarda, metal kesýän stanoklarda, liftlerde, galdyryjy desgalarda, ekskowatorlarda we transport ulaglarynyň mehanizmlerinde gabat gelýär. Aýlanma tizligi sazlamak bilen mehanizmleriň öndürjiliginini we ýokary hilli işlemek bolýar. Sazlama 2 hili bolýar.

Hakyky we mejbury.

- a) mejbury aýlanma tizligini sazlamak elektrik ýöretmelerde tehnologiýa prosese bagly bolýar ;
- b) hakyky sazlama işleýän maşynlarda walyna düşýän momenti görä (ýüklemäniň üýtgemegi bilen). Şu sazlamalar awtomatiki ýa-da adamyň täsiri boýunça edilýär. Başga-da usullar bar.

Başgançakly şkiwleriň üsti bilen, çarhlaryň üsti bilen ýa-da frissionly sazlama. Bu usul ulanylanda tygşylylygy az bolýar. Onuň üstünede kinematiki shemasy çylşyrymly bolýar.

## **6. Elektrik ýöretmede aýlanma tizligini sazlamagynyň esasy görkezijileri**

1. Ahyrky ýa-da diapazon sazlamasy (çäk).
2. Endigan.
3. Berlen tizlikde (göra sazlama ugry) durnukly işletmek bilen sazlamak.
4. Tygşylyly sazlamak.
5. Esasy tizlige göre sazlama ugry (ýokaryň ýa-da aşak).
6. Dürli tizliklerde rugsat edilen ýüklenme.

1. Çäk ýa-da diapazon sazlamasy

$$K_c = D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} \quad (6.1)$$

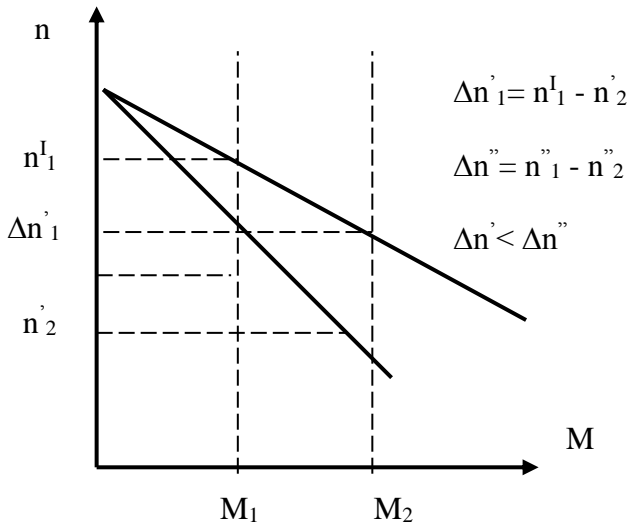
$D = (4:1) \dots D$  – diapazon

2. Endigan

$$K_{end} = \frac{n_i}{n_{i-1}} \quad (6.2)$$

3. Tygşytly sazlama

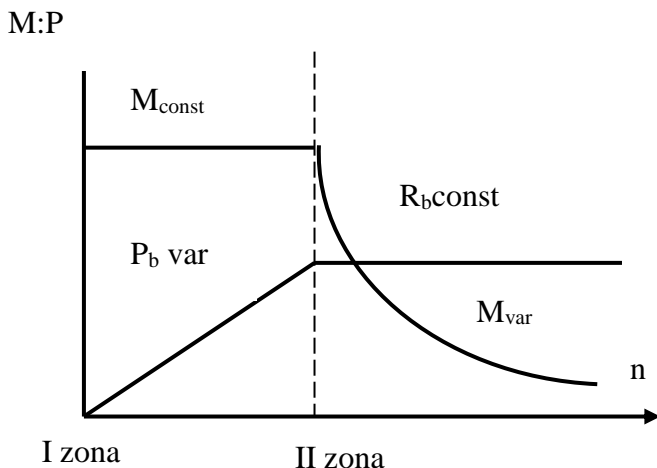
$$\iota = \frac{P_b(\text{waldaky kuwwat})}{P_b + \Delta P(\text{kuwwat yitgis})} \quad (6.3)$$



6.1-nji çyzgy.

5. Hakyky häsiýet-da aýlanma tizligi sazlamak ýokaryk ýa-da oýandyryjyň magnit meýdany üýtgedip, aşak naprýaženiýäniň ululygyny üýtgedip.

6. Munda meh-ň dürlüligine baglylykda aýlanma tizligini sazlamak bolup geçýär (galdyryjylar, kranlar we şuna meňzeşler-de hemişelik momentde bolýar).



6.2-nji çyzgy.

- I. bölek galdyryjy mehanizme degişli.
- II. bölek metal kesýan stanoklar.

$$M = k_m \cdot \Phi I \quad (6.5)$$

$$P = M_n \cdot 10^{-3} \quad (6.6)$$

(I zona degişli)

$$\Phi = \frac{U - IR}{K_e n} \quad \Phi = \frac{A}{n} \quad (6.7)$$

$$M = K\Phi I_n = \frac{A'}{n} \quad (6.8)$$

( II zona degişli)

### 6.1 Hemişelik elektrik akymynyň ýöredijisiniň tizligine sazlamak

Tizlik häsiýetnama deňlemesinden gedip çykýar.

$$n = \frac{U - IR}{K_e \Phi} \quad (6.9)$$

Şolaryň tizligine şu aşakdaky ululyklary üýtgedip alyp bolýar.

R – ýakoryň sepindäki garşylygy üýtgedip.

Φ – oýandyryjyly togeklí magnít meýdanyny üýtgedip.

U – ýöredijä getirilen naprýaženiýäni üýtgedip.

$$R = R_{\text{yak}} + R_{\text{goş}} \quad (6.10)$$

Ýakoryň sepindäki reostatyň kömegi bilen ýöredijiniň tizligini sazlamak.

a) II-l oýandyryjyly ýörediji

$$P = UI$$

$$U = E + IR \times I$$

$$UI = EI + I^2 R \quad (\text{kuwwat balansy})$$

$$E = K_e \Phi n$$

$$U = K_e \Phi n_o$$

$$K_e \Phi_{n0} I = K_e \Phi_n I + I^2 R \quad I^2 R = \Delta P \quad \Delta P = \delta P_1$$

$$\Delta P = K_e \Phi_{n0} I - K_e \Phi_n I = \delta P$$

$$P_1 = K_e \Phi I (n_0 - n) n_0 / n_0$$

$$\delta = \frac{n_0 - n}{n} \quad (6.11)$$

$\Delta$  – köp bolsa, on-de ýtgesi ulanyl.

Bu sazlama ekonom däl.

b) zzygider oýandyryjyly elektrik hereketlendiriji.

Şu seredilen usul boýunça aýlanma tizligini sazlamak uly ýitgiler (energiýa) bilen bolýar hem-de tizligiň kesilmesi şoňa proporsional. Tizligi sazlamak diňe bir taraplaýyn nominal tizliginden aşaga mehaniki häsiýetnamasy gaty (örän) ýumşak bolýar. Garşylygyň ýakor sepinde ulalmagy bilen bu usul ulanylýar: galdyryjy desgalar, çekiji desgalar.

ç) Oýandyryjysy çylşyrymly elektrik hereketirijiler. Bu elektrik hereketlendirijileriň aýlanma tizligini sazlama II we zzygider oýandyryjyly elektik hereketlendiriji ýaly.

## **7. Magnit meýdanyny üýtgedip hemişelik elektrik akymynyň hereketlendirijileriň aýlanma tizligini sazlamak**

a) Oýandyryjysy II-1 elektrik hereketlendirijiler.

Önki temalarda seredişimiz ýaly oýandyryjyda magnit meýdany üýtgedip mehaniki häsiýetnamasy alyndy. Şol usulda oýandyryjy magnit meýdanyny peseltsek aýlanma tizligi nominal tizlikden ýökaryk gidýar. Tizlik häsiýetnamasy  $n = f(I)$ .

Serhet tizligini:

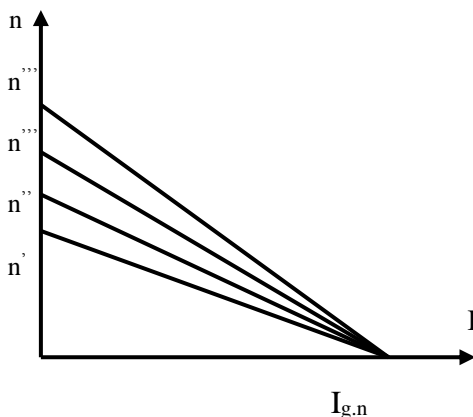
$$n_0 = \frac{U}{ke\Phi} \quad (7.1)$$

Onda her magnit meýdanyny üýtgetmek bilen: bize belli formula alynýar

$$n = 0 = \frac{U - IR}{Ke\Phi} \quad (7.2)$$

Gysga utgaşma elektrik akymyny bolan ýagdaýyda dürli tizlik häsiýetnamada, bir nokatda birleşýarler.

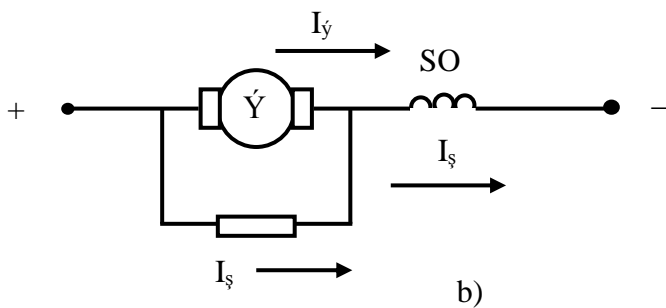
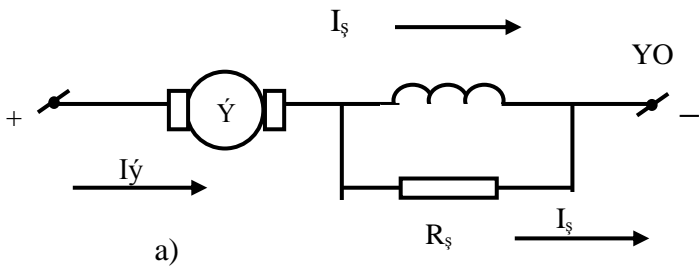
$$I_{g.n} = \frac{U}{R}$$



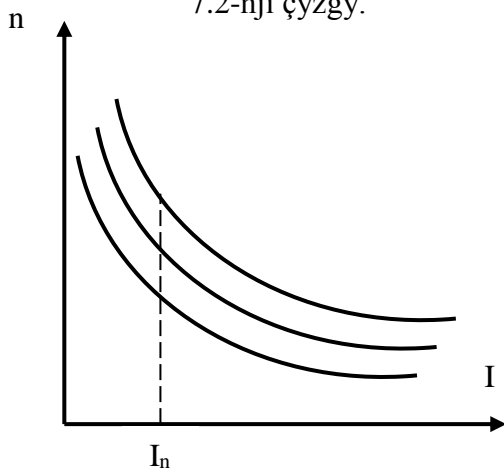
7.1-nji çyzgy.

Emma şu usul ulanylanda hereklendirijiniň mehaniki berkleğine seretmeli. Bu usul kommutasiýanyň peselmegine mümkinçilik (şert) döredýär. Şonuň üçin haýsy bolsada bir tizlikden ýokaryk sazlamak gadagan (çäkli sazlamak).

b) O'ýandyryjysy yzygider elektrik hereketlendirijili



7.2-nji çyzgy.



7.3-nji çyzgy.



Ş – şunt

1 – 1-e degişli

2 – 2-ä degişli

3 – eger-de şunt ýok bolsa, onda hakyky häsiýetnama.

Şu hereketlendiriji 2 usul bilen ulanylýar.

1. Oýandyryjyny şuntlamak;

2. Ýakoryny şuntlamak bilen aýlanma tizligini sazlamak mümkin.

1) egerde birden tizligini ulaltmaly bolsa;

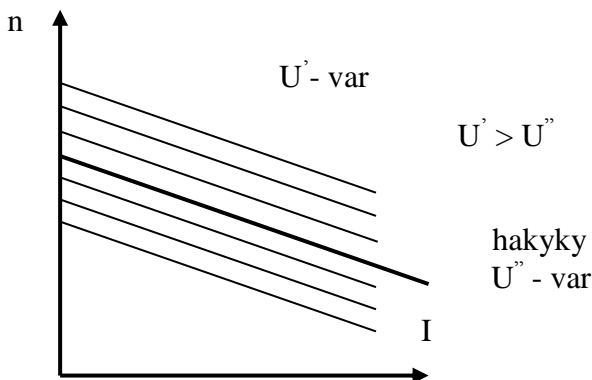
2) tizligi peseltmeli bolsa;

3) haçan şunt ýok – hakyky häsiýet.

ç) Oýandyryjysy garşykly elektrikhereketlendiriji:

Oýandyryjysy II-l yzygider hereketlendiriji ýaly aýlanma tizligini sazlamak.

Getirilen napryženiýäni üýtgedip elektrik hereketlendirijiniň aýlanma tizligini sazlamak. Şonuň ýaly usul bilen oýandyryjysy bagly däl elektrik hereketlendirijide ulanylýar.



7.4-nji çyzgy.

Şu usul ekskowatorda, gurluşyk maşynlarda, ýük galdyryjy elektrik ýöretmelerde ulanylýar.

## 8. Asinhron elektrik hereketlendirijiniň aýlanma tizligini sazlamak

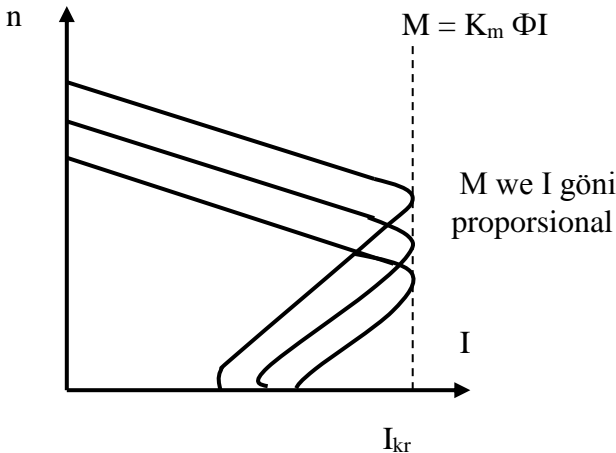
Asinhron ýörejileride aýlanma tizligini sazlamak üçin şu aşakdaky esasy deňlemesine sin edeliň.

$$n = \frac{60t}{P} (1 - s) \quad (8.1)$$

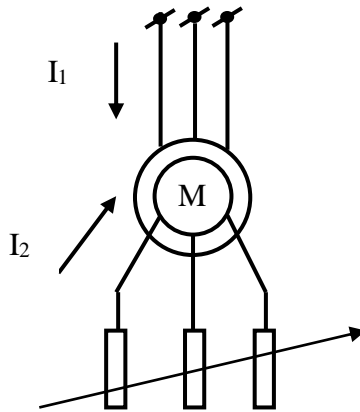
Toguň ýygylgy üýtgedip - jübüt polýusyny, formasyny üýtgedip we aýlanma tizligini sazlamanyşyny üýtgedip bolýar.

$$S = \frac{n_0 - n}{n_x} \quad (8.2)$$

a) faza rotorly asinhron ýörediji. Rotor sepine garşylyk girizip aýlanma t üýtgedip bolýar, şol wagta kritiki (gümürtik) momenti hem işlik galýar.



8.1-nji çyzgy.

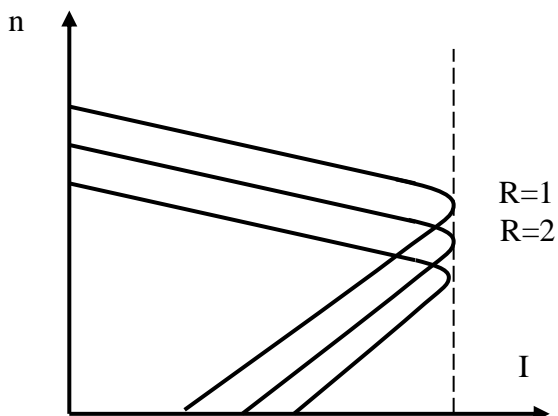


8.2-nji çyzgy.

Gaşylyk üýtgeşe S üýtgeýär, kritiki momenti hem üýtgeýär. Nominal tizligine görä aýlanma tizliginiň sazlamagyny 40% üýtgedip bolýar. Rotordaky rezistorlary saýlananda  $I_2$  toga görä saýlanýar.

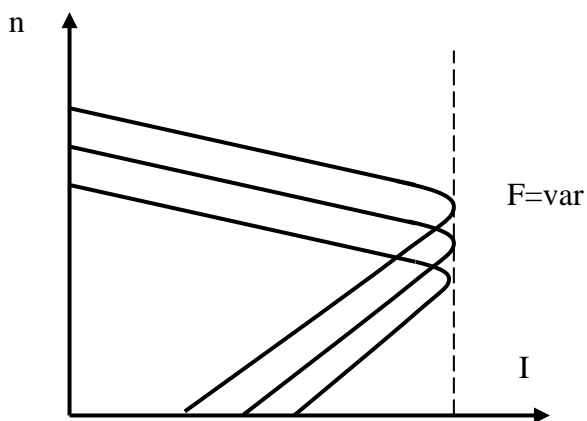
Bu usul gysga, gaýtadan gysga wagt iş ýagdalarynda (desgalarda bu liftada, kranlarda) ulanylýar.

b) Gysga utgaşdyrmalar asinhron ýöredijiniň stator tegegini jübüt polýuslaryny üýtgedip: aýlanma tizligini sazlamak mümkinçiligi döredýar. Bu usulla sazlananda elektrik energiýasyny tygşytlylygy gaty bolýar. Şu usul senagatda öz ornuny tapdy. Çykarylýan elektrik hereketlendirijiler 2,3 we 4 tizlikli edip taýarlanylýar.



8.3-nji çyzgy.

Ýyglygy üýtgedip aýlanma tizligini sazlaýarlar.  
Onda häsiýetnamalar bu ýagdaýda bolýar.



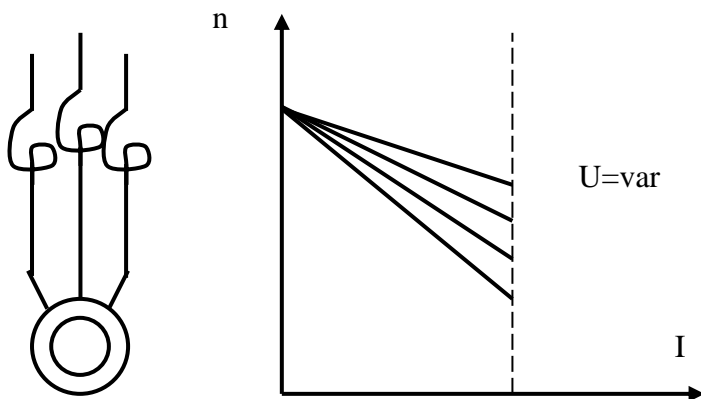
8.4-nji çyzgy.

Bu usully topar elektrik ýöredijiler üçin ulanylýar.

Generator naprýaženiýäni üýtgedip asinhron ýöredijiniň tizligini sazlamak mümkin.

Ýöne maksimal momenti peselýär we durnukly iş ýagdaýynda işlemägi mümkinçiligi bolanok.

Öwezini dolmak drosselleriň üsti bilen naprýaženiýäni asinhron tizligi sazlamak.



8.5-nji çyzgy.

Bu usulda asinhron ýöredijiniň stator sepine üýtgeýän reaktiw garşylyklaryň kömegi bilen naprýaženiýäni üýtgedip bolýar.

Drosseliň 2 sany tegege bolýar: 1) işçi tegek, 2) dolandyryjy tegek. Dolandyryjy tegege hemişilik elektirik tok berilýär, şol toguny üýtgedip işçi tegegiň reaktiw garşylygyny ulanylyp hem peseldip bolýar.

Işçi tegegiň çykýan ýerinde dürli naprýaženiýeler bolany sebäpli, ýörediji tizligini üýtgetmek mümkinçiligi döredýär.

Maksimal aýlanýan momenti naprýaženiýäniň kwadratyna proporsionaldyr hem-de ýaýran kuwwat koeffisiýenti peselýär.

$$M = U^2 \quad (8.3)$$

$$z = \sqrt{r^2 + x^2} \quad U = I \cdot z \quad (8.4)$$

Z – üýtgedilen naprýaženiýa görnüşi.

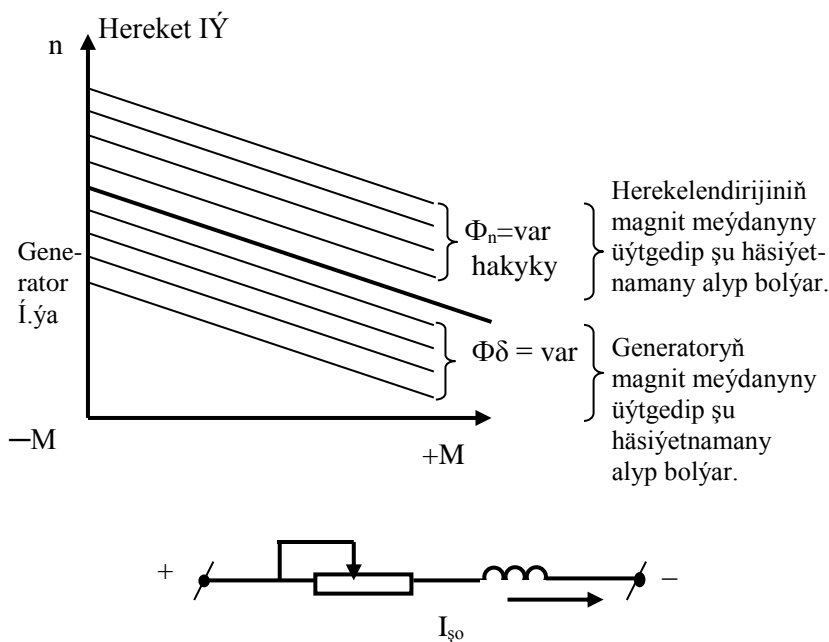
## 9. G – H ulgamynyň mehaniki häsiýetnamasy

Mehaniki h. almak üçin şu wagtda çylşyrymly senagatda elekt. ýöretmelerde generator hereketlendiriji ulgamy ulanylýar.

Bu ulgamynda elektrik hereketlendirijiniň bagly däl oýandyryjy bolmaly, şol oýandyryjylar başda çeşmelerden elektrik energiýa almaly.

Generator we oýandyryjy generator bir asinhron ýöredijiiden mehaniki energiýa alýar. Eger-de ulgam uly kuwwatly bolan ýagdaýyna asinhron hereketlendirijisine berine sinhron hereketlendirijiler ulanylýar.

$$n = \frac{E_0}{C_n \Phi_n} - \frac{z_{yn} + z_{yc}^{\odot}}{C_n \Phi_n} I \quad (8.5)$$



9.1-nji çyzgy. Generator hereketlendiriji ulgamy goýbermek.

Generator hereketlendiriji ulgamy goýberemizde hereketlendirijiniň oýandyryjy tegeginde doly naprýaženiýe berýär. Emma generatoryň oýandyryjy tegegi setden aýryly bolýar.

Generatory galma magnit meýdany sebäpli hereketlendirijä az mukdarda naprýaženiýe barýar. Hereketegetiriji azajyk tizlik bilen aýlanyp başlaýar. Şonra galtaşdyryjyny birleşdirip  $R_0$  kömegi bilen oýandyryja berlen naprýaženiýäni üýtgedip generatoryň elektrik hereketlendirijisini ýuwaşja galdyryp hereklendirijiniň tizligini ulanyp bolýar.

## 9.1 Generator hereketlendiriji ulgamy durazmak

Bu ulgamda generator hereketlendiriji ulanylanda gaty köp duruzmaly mehanizmlerde ulanylýar (ekskowator).

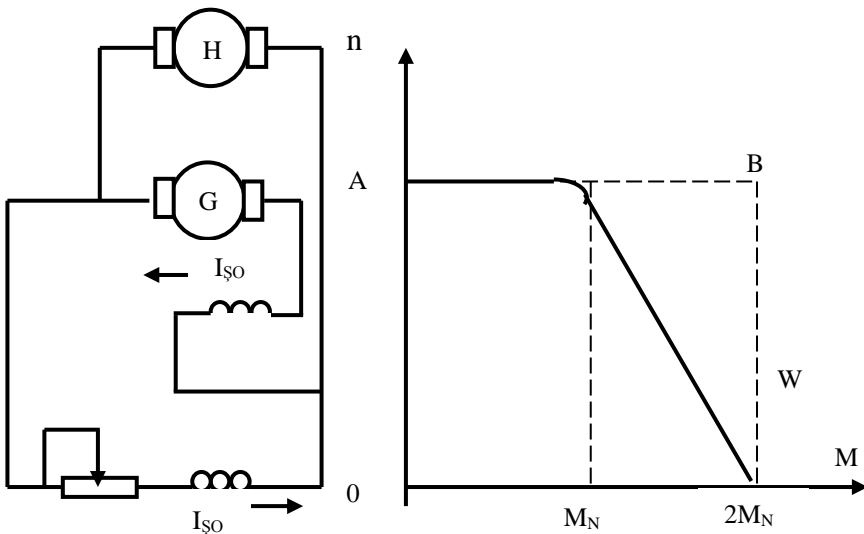
Şu ulgamda elektrik energiýa örän tygşykly bolýar, onda rekupirativ duruzma bolýar.

G – H ulgamy rewersirleme.

Şu ulgamda kontakt ýok, kontaktor üstüne galgaýar.

$$\begin{array}{l} \text{Rewers B – B} \\ \text{H – H} \end{array} > \text{knopkalar} \begin{array}{l} \text{Q-Q-öňe} \\ \text{Y-Y-yza} \end{array}$$

tagekli generator hereketlendiriji ulgamyň mehaniki häsiýetnamasy (ekskowator häsiýet) ýörite häsiýetnamalar, şol häsiýet-ry almak üçin şular ýaly shemany çyzmaly.



9.1.1-nji çyzgy.



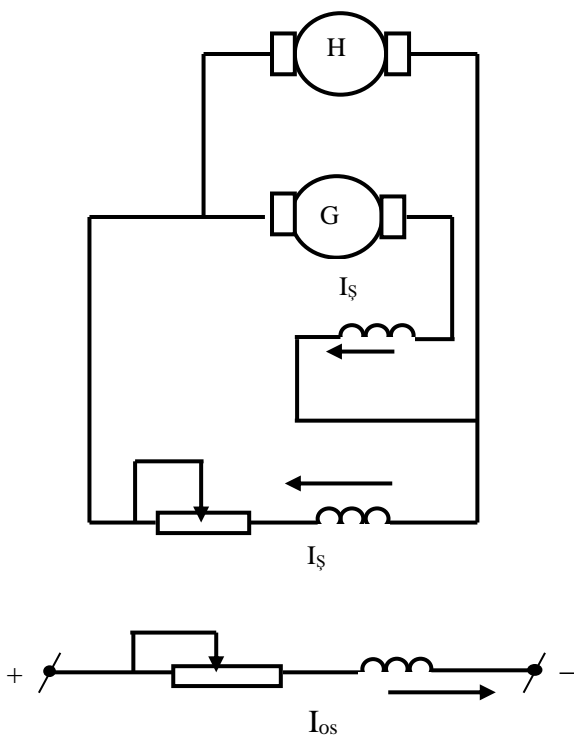
Doly magnit hereklendiriji güýç.

$$F = F_b + F_{\text{ş}} - F_s \quad (9.1.1)$$

Ekskowator mehaniki häsiýetnama

$$K_{\text{eks}} = \frac{GAW}{OABW} \quad (9.1.2)$$

$$P = I_b W_b + I_{\text{ş}} W_{\text{ş}} - I_s W_s \quad (9.1.3)$$



9.1.2-nji çyzgy.

$$F = F_b - F_{\text{ş}} + F_s \quad (9.1.4)$$

1. Egerde yüklenme köpelse onda tizlik peselmeyär.

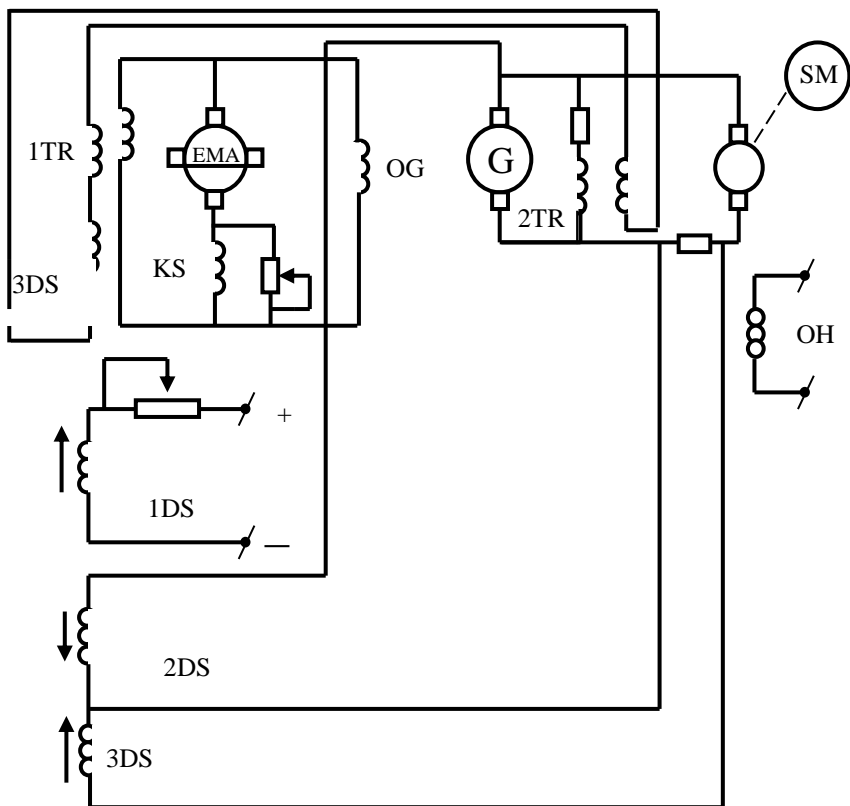
$$I > : I_s > F >, P_b < \quad (9.1.5)$$

Yzygiderlikde anotkada  $I > 0$  we magnit güýç  $F$ .

2. Egerde yüklenme ulananda, ondaky tizlik

$$F_s > 0 : F < 0 \quad (9.1.6)$$

Kontakly sistema ýok.



9.1.3-nji çyzgy.

Şu mehaniki häsiýetnama ulanylýan ýerde hemişelik.

## **10. Elektrik maşyn güýçlendirijili generator hereketlendiriji ulgamyň elektrik ýöretmesi**

DS ÷ 4DS dolandyryjy sargylar, olar sistemada dürli signallar üçin ulanylýar we elektrik maşyn güýçlendirijiniň üsti bilen güýçli kuwwat generator oýandyryjysynyň çeşmesi bolup hyzmat edýar.

I D.S – ýumuş beriji sargy;

II D.S – diffirinsal sargy, naprýaženiýä ters baglanşykly otrisatel sargy;

III D.S – stabilizirleýän sargy. (durnuklylyk);

IY D.S – toga (položitel ters bagly sargy).

KS – kompensirleýän sargy (ýakorynyň reaksiýasynyň döredýän magnit meýdany kompensirlenmek).

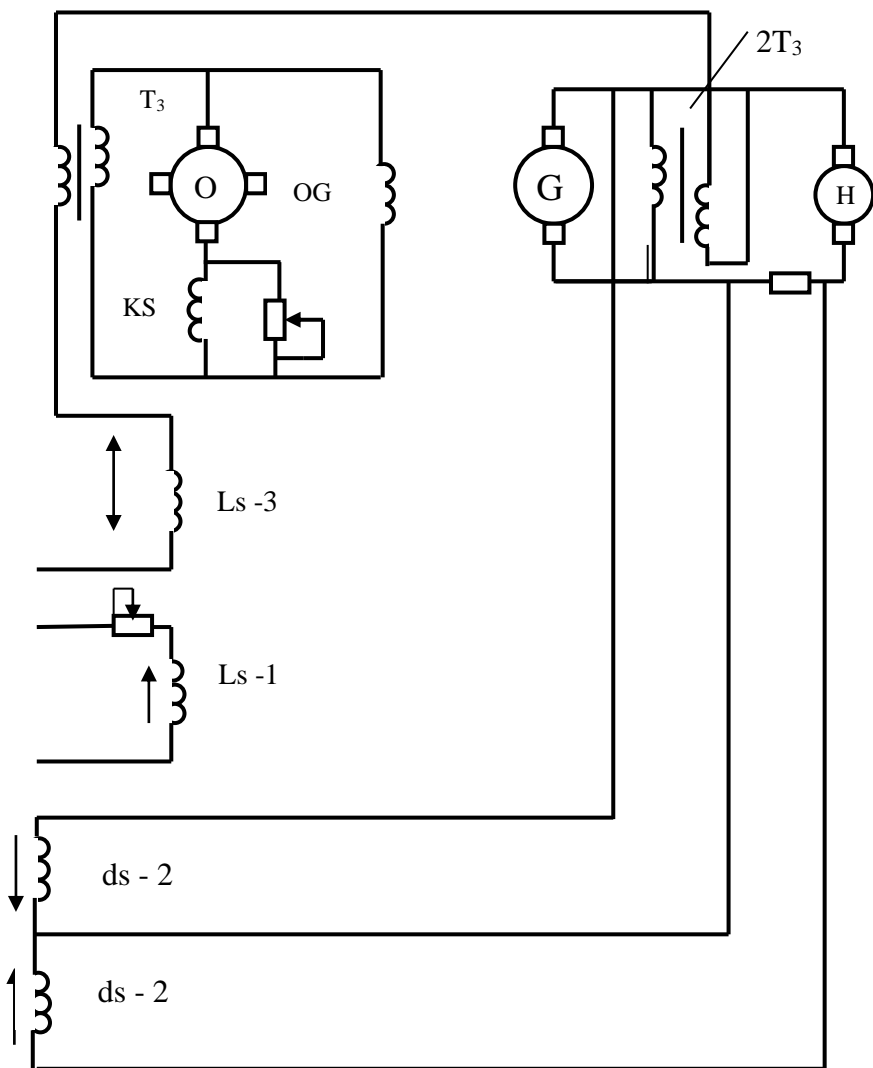
GO – generator oýandyryjy

OH – oýandyryjy hereketlendiriji

1TR – naprýaženiýesine görä maýyşgak ters baglanşykly signaly girizmek üçin.

2 TR – generatoryň naprýaženiýäni maýyşgak ters baglyňsykly signal girizmek üçin.

EMG – tegegiň ütgeýände 1TR ulanylýar, signal almak üçin şu signaly transformator edýar, ol 2TR bilen II-I goýulýar.



10.1-nji çyzgy.

$d_{S1}$  – buýrujy sargy;  
 $d_{S2}$  – naprýženiýä görä ters baglanyşykly otrisatel sargy  
 (differensial);

$d_{S3}$  – durnuklylyk sargysy (stabirleýän);

$d_{S4}$  – toga görä ters baglanyşyklyk položitel sargy;

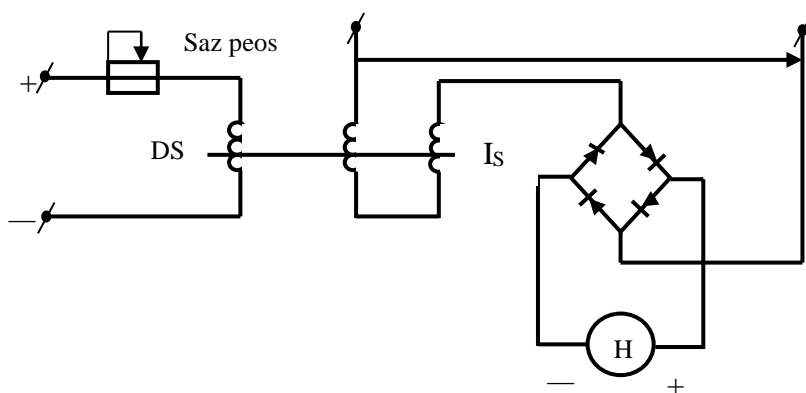
$K_S$  – kompensirleýji sargy. Ýakoryň reaksiýasynyň döreden magnit meýdanyny kompensirleýär.

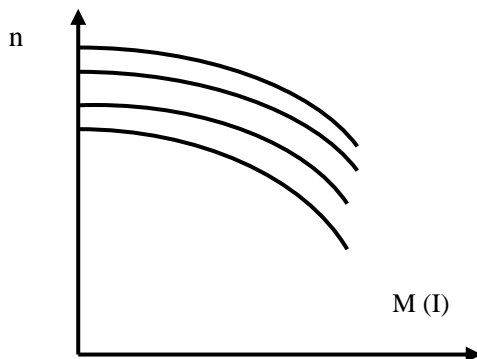
1  $T_S$  – güýçlendirijiniň naprýženiýesine görä ters baglanyşykly maýyşgak signaly girizmek üçin transformator.

2  $T_S$  – generatoryň naprýženiýesine görä ters baglanyşykly maýyşgak signallary girizmek üçin transformator.

## 10.1. Magnit güýçlendirijili sazlanýan elektrik ýöretme

Hemişelik elektrik togunda işleýän hereketlendirijiniň elektrik ýöretmä shemasy.





10.1.1-nji çyzgy.

DS – dolandyryjy sargy;

$I_S$  – işçi sargy;

GK – göneldiji köpri;

Işçi sargynyň reaktiw garşylygy üýtgeýär;

$$I_S - X_P = V_{ar} \quad (10.1.1)$$

$$\sim U = U_{ar} \quad (10.1.2)$$

Beýleki güýçlendirijiä garanyňda magnit güýçlendirijiniň gelejegi uly.

## 11. Tyrypma asinhron muftasy (duryzyjysy)

Aýlanma tizligi sazlamak üçin elektrik ýöretmelerde asinhron elektro-magnit muftalary ulanylýar. Onuň gurluşy esasy 2 bölekden durýar:

1. Ýakor (gysga utgaşdyrmaly asinhron rotory ýa-da bütewi polat özenli massiw tigrçek).
2. Induktor (hemişelik elektrik akarly oýandyryjy).

Muftalar iki dürli bolýarlar:

- a) Içki ýakorly ;
- b) Daşky ýakorly ;

Induktorlar hem edil muftalar ýaly içki we daşky ýakorlardan bolýar. Bu iki bölek hem hereketlenýändirler.

Tyrpmalaryň ululygy 1 – 2%

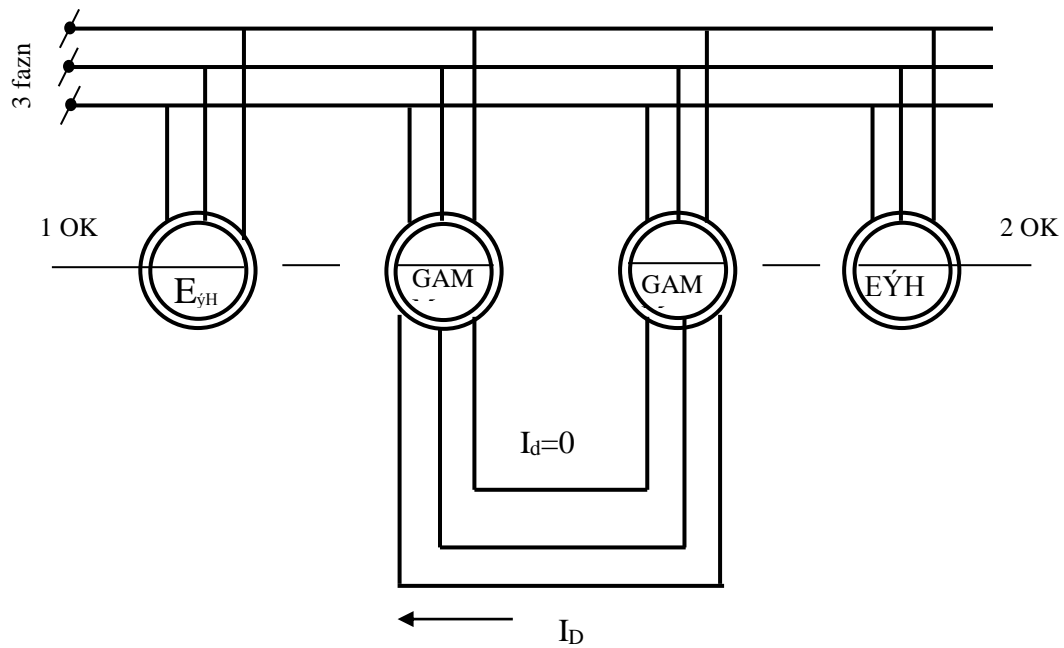
Ulanylýan ýerleri elastiki (maýyşgaklyk) baglanyşykly ýerlerde;

Esasy ulanylýan ýerleri kürekleýji desgalarda, uly gämilerde we asodinamiki desgalarda ulanylýar. Desgalaryň kuwwaty 8800 KWt deň.

### **11.1. Sinhron aýlanýan ulgamy we oka bilelikde işleýän elektrik hereketlendirijileri (elektrik waly)**

Uly kuwwatly maşynlar ulanylýar.





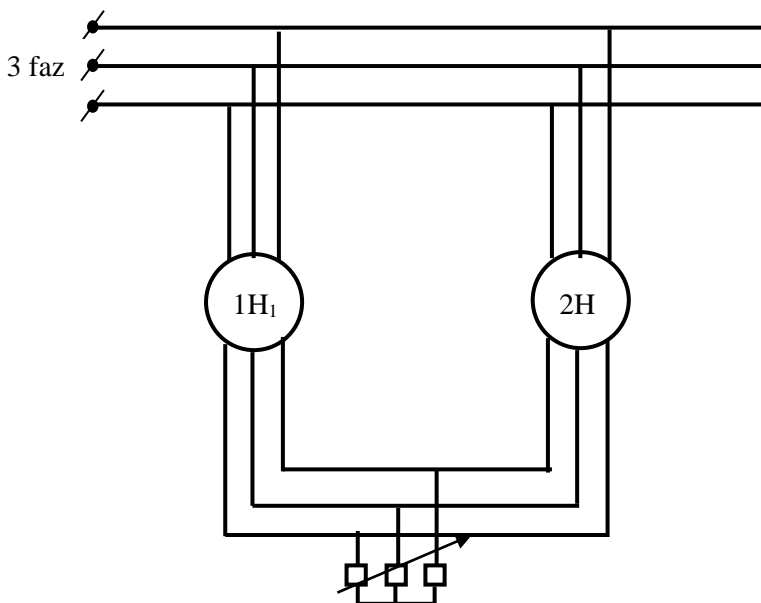
11.1.1-nji çyzgy.

Bu ýerde: EÝM-esasy ýöretme maşynlar.

GAM-goşmaça asinhron maşynlary.

$I_d$  – deňleýji tok.

Birinji okuň tizligi bilen ikinji okuň tizligi deň bolanda  $I_d=0$  kiçi kuwwatly maşynlar ulanylýar.



#### 11.1.2-nji çyzgy. Elektrik ýöretmelerde geçiş ýagdaýy.

Bir durnukly ýagdaýdan başga durnukly ýagdaýa geçýän mahalynda elektrik ýöretmelerde geçiş ýa-da durnukly däl ýagdaýy diýilýär.

Geçiş ýagdaýy mahaly akar moment we tizlik üýtgeýär. Elektrik ýöretmelerde geçiş ýagdaýyny öwrenmek senagatda uly ähmiýeti bar. Elektrik ýöretme hereketlendirijileriň kuwwatyny dogry saýlamak üçin duruzmany bat almany, bat almak aralygyny we wagtyny kesgitlemek üçin.

Garşylyk momentleriniň (güýjüň) we aýlandyryjy momentiň güýjüň arasyndaky baglanyşyk senagat mehanizmleriniň elektrik ýöretmesiniň iş wagtyna baglydygyny hem-de ulgamyň aýlanma massasynyň ululygyna baglydygyny görkezýär. Şu aşakda gönüçyzykly hereket üçin haýsy bolsa-da dürli iş ýagdaýlary üçin şu deňlemäni ýazalyň .

$$F = F_g = m \, dV/dt \quad (11.1.1)$$

Aýlanma hereket üçin deňagramlyk momenti üçin.

$$M - M_g = j \, dW/dt \quad (11.1.2)$$

Bu ýerde: FM – momentiň we güýjüň hereketlendiriji ululyklary

(kg we kg/m);

$F_g M_g$  – garşylyk görkezýän güýç;

m – jisimiň massasy (kg/m);

j– oka görä aýlanýan moment inersiýa (kg sek<sup>2</sup>);

V – gönüçyzykly tizlik (m/sek);

W – burç tizligi [ rad/sek];

t – wagt [sek];

Inžener hasaplamalarda moment inersiýanyň deregine aýlandyryjy momenti ulanmak (mahowyý moment) oňaýly bolýar.

Şonuň üçin aşakdaky formulany ýazalyň:

$$J = mg^2 = GD^2/Ag \quad (11.1.3)$$

Bu ýerde: P – inersiýanyň radiusy (m)

g – jisimiň agramy (kg)

D – inersiýanyň diametri

g – güýjiň tizlenmesi (m/sek<sup>2</sup>)

Generatory (11.1.3) deňlemeden (11.1.2) deňlemä goýup we  $W$ -niň deregine  $W\pi n/30$ ;

Elektrik ýöretmäniň hereketlendiriji deňlemesini alarys.

$$M - M_g = GD^2/375 \, dn/dt \quad (11.1.4)$$

Senagat mehanizmleriniň ýöretmesi şu aşakdaky ýagdaýlarda bolup biler:

a) Senagat we elektrik ýöretmäniň durnukly ýagdaýy.

Onda

$$M = M_g \quad dn/dt = 0 \quad (11.1.5)$$

b) Senagat mehanizmi we elektrik ýöretmäniň duryzlyan mahaly.

$$M < M_g \quad dn/dt < 0 \quad (11.1.6)$$

Elektrik hereketlendirijiniň aýlanan momenti ( $t$ ) diýip hasap edilýär.

Haçanda ol hereket edýän wagty, (-) diýip hasap edilýär. Haçanda elektrik ýöretmelerde bisazlyk ýa-da howply mahaly elektrik, elektrik ýöretmäni awtomatiki duruzmak üçin (-) duryzyjy momentimiz gulluk edýär. Eger-de ýüki aşak göýberilen mahalynda (belli bir tizlige) otrisatel duruzma moment ulanylýar. Eger deňölçegli hereket bolan mahaly göniçyzkly we aýlanma tizlikleriň bahasy const bolýar. Onda statiki garşylyklaryň täsiri bolýar (peýdaly we peýdasyz garşylyklar). Ondan başgada peýdaly deň ölçegli hereketler haçanda ýüki galdyranymyzda we ýüki süýşirenimizde we mehanizimleriň ýörän mahaly we şuna meňzeşler.

Başgaça aýdanymyzda tehnologiiki degişli ýagdaý däl garşy peýdaly mehanizimleriň sürtülmesi we daşky täsirler we şuna meňzeşler.

Deňölçeqli däl hereket mahaly tizlik üýtgaýar we statiki garşylyklar üýtgeýar we dinamiki garşylyklar ýüze çykýar, haçanda mehanizmleriň şertli ýagdaýynda.

## 12. Elektrik ýöretmede goýberme we duruzma wagty

Senagat mehanizminiň umumy iş sikliniň dowamlylygynyň esasy elementleriniň biri goýbermäniň we duruzmanyň dowamlylygy bolýar.

Mehanizmlerde iş döwründäki effektiv şonuň iş ýerine ýetirijiligi nominal tizlikdir. Emma goýberme we duruzma wagtlary gaty gysga wagtda bolup, şol wagtda peýdaly iş ýerine ýetirilýär.

Senagatda mehanizmi göterýän we ulag mehanizmleri, ekskawatörler we başgada gurluşyk maşynlarynda esasy kesgitlemeli period mehanizmiň goýberme döwri we duruzma döwridir. Sebäbi şular ýaly mehanizmler örän köp ýygylýan dowam edýär.

Elektrik ýöretmeleriň hereketiniň dowamly geçiş iş wagtyny kesgitlemek üçin deňlemäni integrirlemek ýeterlikdir.

$$M - M_g = GD^2/375 \, dn/dt. \quad (12.1)$$

$$Dt = Gt^2 / 375 \, dn / M - M_g \quad (12.2)$$

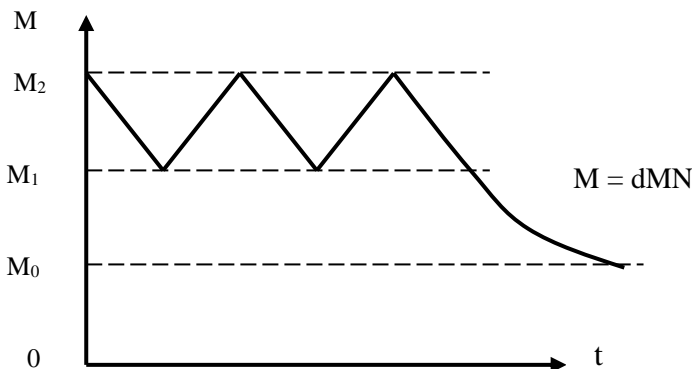
Bu ýerde:  $n_1 \div n_2$  – tizligiň üýtgemegi.

$$t = \int_{n_1}^{n_2} \frac{Gt^2}{375(M - M_g)} dn = \frac{Gt^2(n_2 - n_1)}{375(M - M_g)}; \quad (12.3)$$

Eger-de  $M = \text{const}$  bolsa onda goýberiş dowamlylygy

$$tg \alpha = \frac{GD^2 n_N}{375(-M_g)} = \frac{GD^2}{375Md}; M = dMN \quad (12.4)$$

Bu ýerde:  $n_N$  – haçanda goýberme wagt gutaranda we duruzma wagty başlanda tizligi;  
 $M = \alpha M_N$  – reostat bilen goýberilen wagtyndaky hereketlendirijiniň ortaça moment bahasy;



12.1-nji çyzgy.

Köp ýygylıkda goýberilen mahaly elektrik ýöretmelerde mohow moment uly bolan mahaly ony peseltmeli bolýar. Onuň üçin elektrik ýöredijileri ownatmaly bolýar. Emma bir ýöredijiniň deregine iki, üç we ş.m. bolup kuwwat jemleri bir ýöredijä deň bolmaly. Şonda mahowa momenti 30-40% peseldip bolýar.

Elektrik ýöretmelerde dinamiki momenti otrisatel bolan mahaly olaryň tizligini peseltmeli bolýar. Onuň deňlemesi aşakdaky görnüşde bolýar.

$$(M + M_g) = GD^2/375 \, dn/dt \quad (12.5)$$

Elektrik ýöretmeler ýene-de tizligini peseltmek eger ýörediji položitel ösdüren mahaly.

Garşylyk momenti ol položitel momentden absolýut uly bolanda, haçanda ýöredijini duruzan mahalymyz  $n_1=n_N$   $n_2=0$  bolanda we moment  $M < 0$  bolanda ahyrky alan deňlemäimizde wagt :

$$td=\int_{n_1}^{n_2} \frac{GD^2}{375(M - M_g)} dn = \frac{GD^2}{375Md}; \quad (12.5)$$

Elektrik ýöretme doly duruzylýança  $n = 0$  deň bolan wagt haçan ýöretme setden aýrylanda  $t_w$  formula aşakdaky ýaly bolýar.

$$t_w \frac{GD^2 n_N}{375M_g} - duruzmawagty; \quad (12.6)$$

Elektromehanikanyň we elektromagnitiň wagt hemişeligi.

Elektrik ýöretmeleriniň geçiş wagtyňy häsiýetlendirýän tizligiň akyşyna elektromehaniki wagt hemişeligi diýilýär.

Wagt hemişeligini –  $T_M$  belleýäris.

$$T_M = \frac{GD^2 \Delta n}{375M_N} = \frac{GD^2 r}{375C_e C_M} \quad (12.7)$$

Şu ýokardakylardan görüňýän ýöretmäniň mohowa momentden we tizliginden  $T_N$  üýtgemegi. Elmydama geçiş wagty şu aşakdakylara deň :

$$T = (3-4) T_M \quad (12.8)$$

Ýene-de geçiş wagtyň uzaklygy elektromagnit prosesinde toguň üýtgemegine bagly maşynyň oýandyryjysynyň induktiwliligine görädir.

Elektromagnit geçiş prosesi ýöredijileriň oýandyryjy sepinde şu deňlemeden kesgitlenilýär.

$$U = I_{ON} (I - e^{\frac{2}{1}t}) \quad (12.9)$$

Bu deňlemäni toga görä integrirläp şu aşakdaky deňlemäni alarys :

$$T_e = \frac{r}{l} \quad (12.10)$$

Bu ýerde: - bolan gatnaşyga elektromagnit wagt hemişeligi diýip atlandyrylýar, ýa-da oňa elektromagnit prosesiniň geçiş tizligini häsiýetlendirýär.

Şol ululyk  $T_e = 0,1 - 4,0$  sek oýandyryjy tegekler üçin wagt  $T_e$ .

Emma ýakoryň tegegi üçin: 100-den bir wagtdan 1000-den bir wagta çenli. Şonuň üçin  $T$  ululyk tejribede hasaba alynmaýar.

### **13. Elektrik ýöredijileriň kuwwatyny saýlamak**

Kuwwatyň dogry hasaplamasy we elektrik ýöretmäniň görnüşiniň saýlawy üçin berlenler tehnologiýa we konstruktiv talaplar bolup durýar. Ýagny bu talaplar öndüriji mehanizimleriniň netijeli ulanylmagy bilen baglykykda ýüze çykýar, şeýle hem olaryň işleriniň ýokary öndüriljeklikli, ygtybary we takyk bolmagyny üpjün edýär. Şeýlelikde elektrik ýöretmäniň esasy elementleriniň biri, onuň belli bir derejede tehniki we ykdysady görkezijilerini bahalandyryan elektrikhäretketlendiriji bolup durýar. Bu bölümde öňi bilen dürli ýagdaýlarda işleýän elektrik hereketlendirijiniň kuwwatynyň hasabynyň soraglaryna serediler.

Ýeterlik däl kuwwatly hereketlendirijileriň ulanylmagy mehanizmiň kadaly işiniň bozulmagyna getirip biler, ýagny onuň öndürilijiligiň peselmegi, hereketlendirijiniň hatardan



çykmagy. Ýokarlandyrylan kuwwatly hereketlendirijiniň ulanylmagy bolsa çykadjalaryň ulalmagyna, elektrik ýöretmäniň elektrik görkezijileriniň peselmegine, hereketlendirijiniň peýdaly täsir koeffisiýentiniň azamagyna getirýär, şeýle hem üýtgeýän toguň gurluşlarynda kuwwat koeffisiýentiniň ýaramazlaşmagyna getirýär. Kuwwat boýunça saýlawdan başgada hereketlendirijini ýerine ýetirilişi boýunça hem dogry saýlamak gerekdir, ýagny gorag derejesi boýunça (goragly, ýapyk, partlangoragly), sowadylyş usuly boýunça (öz-özünü wentilýasiýalaşdyрма, hakyky sowatmaly, bagly däl wentilýasiýaly) we howa şertlerinde ýerine ýetirilişi boýunça (tutuk, tropiki, sowuk howalar üçin). Bulary elektrik ýöretmäniň bellenilen ýerine we şertlerini, ýagny onuň işlejek ýerlerini bilip ýerine ýetirmek bolar. Ýerine ýetirilişi boýunça hereketlendirijiniň dogry saýlanyp alynmagyna işiň ygtybarlylygy ýeterlik derejede baglydyr (hereketlendirijiniň işiniň ygtybarlylygy). Şol bir wagtda esassyz saýlaw, meselem goraglyň ýerine ýanyk hereketlendiriji çykadjalaryň ýokarlanmagyna we düzüminiň kynlaşmagyna getirýär. Hereketlendirijiniň sowatma usul boýunça saýlawy sazlanýan elektrik ýöretmeler üçin aýratyn gerekdir, zerurdyr. Şeýlelikde bu ýagdaýda nädogry saýlaw hereketlendirijiniň ýeterlik derejede bellenen kuwwatynyň ýokarlanmagyna getirip biler, ýagny çykadjalaryň ýokarlanmagy, peýdaly täsir koeffisiýentiniň çalt peselmegine we üýtgeýän tok üçin kuwwat koeffisiýentiniň peselmegine getirip biler.

Eger halk hojalygyndaky mehanizmleriň köp derejedäki sanyny hasaba alynsa, elektrikhereketlendirijiniň kuwwatynyň dogry hasabynyň we ýerine ýetirilişi boýunça saýlawynyň ähmiýeti örän ýokarydyr.

Elektrik hereketlendirijiniň kuwwatyny saýlawy wala düşýän statiki ýüküň üýtgeýiş häsiýeti bilen şertlendirilýär, şeýle hem elektrik ýöretmede geçiş ýagdaýlarynyň şertleri bilen şertlendirilýär.

Statiki momentiň üýtgeýiş häsiýetine baglylykda öndüriji mehanizmleri indiki toparlara bölmek bolar:

Birinji topar. Statiki momenti hemişelik bolan mehanizmler, ýagny tizlige bagly däl. Bu mehanizmlere deňleşdirilen tanaply galdyryjy, kranyň galdyryjy mehanizmleri, lift degişlidir. Bu mehanizmleriň esasy işi sürtülme güýjini ýok etmek bilen baglanyşykly. Meselen metalkesiji stanoklaryň beriji mehanizmi we şuna meňzeşler:

$$M_s = \text{const} \quad (13.1)$$

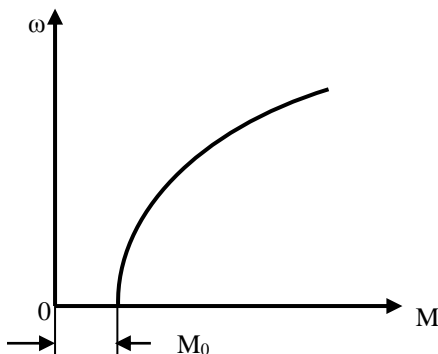
Tizlige bagly bolmadyk bu momentiň bahasy giň aralyklarda üýtgäp biler.

Ikinji topar. Statiki momenti burç tizligine bagly bolan mehanizmler. Meselem, merkezden daşlaşýan wentilýator, sentrifuga, merkezden daşlaşýam nasos, tüsse sorujy we şuna meňzeşler.

$$M_s = M_0 + k\omega^2 \quad (13.2)$$

bu ýerde  $M_0$  - mehanizmiň boş işiniň momenti.

Şeýle mehanizmleriň häsiýetnamasy aşakdaky çyzgyda görkezilendir.



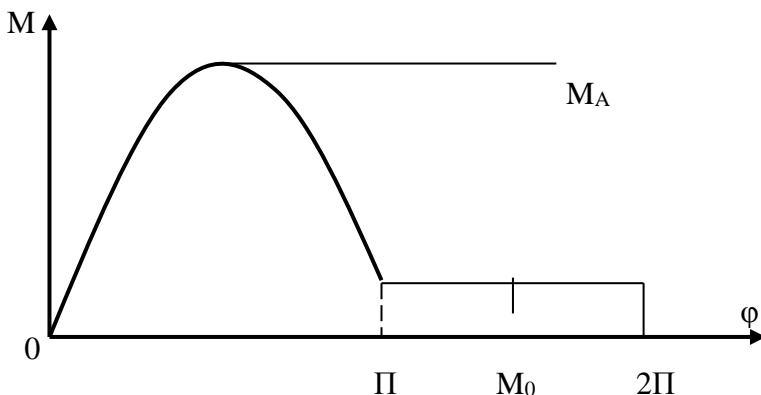
13.1-nji çyzgy. Merkezden daşlaşýan mehanizmleriň mehaniki häsiýetnamasy (mehanizmleriň II topary).

Bu topara çekiji ulag mehanizmleri, metal kesiji stanoklaryň esasy ýöretmeleri we şuna meňzeşler degişli bolup biler. Bu mehanizmler üçin ýüküň kuwwatynyň hemişelikligi häsiýetli bolup durýar, ýagny üçünji topar. Statiki momenti geçilen ýola bagly bolan mehanizmler. Muňa kriwoşip geçirijili gurluşlar degişlidir. Bu ýerde kriwoşipiň aýlaw burçuna -  $\varphi$  baglylykda ýük üýtgeýär (13.2-nji çyzgy) - bular metaly kesmek üçin pyçaklar, aýlaw stollar, daýançly kompressorlar, deňleşdirilmedik tanaply galdyryjylar we şuna meňzeşler. Bu topar üçin aşakdaky deňleme dogrydyr.

$$M_s = M_0 + M_A \sin \varphi \quad (13.3)$$

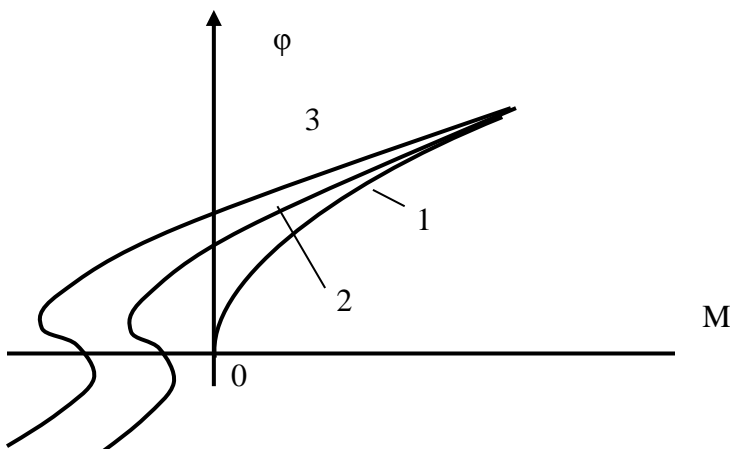
Bu ýerde  $M_0$ ,  $M_A$  - degişlilikde mehanizmiň boş işiniň momenti we iň ýokary momenti.

Bu topara mysal edip rotor ekskawatoryň gazyş mehanizmini getirmek bolar



3.2-nji çyzgy. Kriwoşip mehanizmleriň mehaniki häsiýetnamasy (mehanizmleriň III topary).

Dördünji topar. Bu topara statiki momenti tizlige we geçilen ýola bagly bolan mehanizmler degişlidir. Bu ýerde mysal bolup gämi gurluşyň kürek nurbatyny getirmek bolar. Bellenen tizlikdäki gäminiň hereketi üçin kürek nurbatynyň hereketlendirijisiniň walyndaky garşylyk momenti hereketlendirijiniň burç tizliginiň kwadratyna baglydyr.



3.3-nji çyzgy. Kürek nurbatyň mehaniki häsiýetnamasy (mehanizleriň IY topary).

Ugry üýtgetmäge buýruk berlende gämi ilki bada şol öňki ugry bilen hereket etmegini dowam etdirýär, we gäminiň hereket tizligine bagly bolan garşylyk momenti bu aralyk wagtda nurbatyň burç tizliginiň kwadratyna bagly däl ýagdaýda bolýar. Netijeleýji statiki häsiýetnama çylşyrymly görnüşe eýe bolýar we gäminiň hereketi dürli bellenen tizliklerde görkezilen (2 egr çyzyk - gäminiň hereketiniň kiçi tizligi üçin, 3-uly tizligi üçin). Bu ýagdaýda kürek nurbatyň walyndaky moment gäminiň hereketiniň tizligine bagly, gämi saklanan ýagdaýynda ýagny hereketiň tizligi peselende, onda moment

gäminiň geçen ýoluna, nurbatyn gezen ýoluna (bu ýollar dürlidir) we nurbatyň özüniň burç tizligine baglydyr. Bu topara rul gurluşlar hem degişlidir.

Başynjy topar. Bu mehanizmlerde statiki moment wagty içinde birden üýtgemegi bilen häsiýetlendirilýär. Meselem, daşdöwüjiler, sement senagatynda şar şekilli döwüjiler we ş.m.

Öndüriji mehanizmleriň ýokarda getirilen häsiýetnamalary belenen ýagdaýda dürli tizliklerde hereketlendirijiniň nähili ýükleri görterjekdigini bahalandyrmaga mümkinçilik berýär. Bu ýükleri degişlilikde üýtgeýän tehnologiýa şertleri bilen mehanizmiň öndürijiligini sazlamak üçin öňä berilýär.

Şeýlede bolsa elektrik ýöretmäniň walyndaky ýük diňe bir mehanizmiň tizligini sazlamak bilen baglanyşykda üýtgemekden başgada, mehanizmiň iş ýagdaýynyň üýtgemegi netijesinde ýa-da ýüküň momentiniň ýola baglylygy, ýagny wagta baglylygy netijesinde üýtgeýär.

Meselem, prokat ýasaýan stanyň kletinde basyş we deformirlenýän metalyň göwrümi bilen şertlendirilen prokatlama momenti (metalyň walnanda bir gerek geçirilmeginiň dowamynda) hemişilik görnüşinde galýar. Şeýlede bolsa geçirilmeden geçirilmä çenli aralykda prokatlama momenti üýtgeýär, we geçirilmäniň dowamlylygy hem üýtgeýän bolup galýar. Bir bölegi prokatlama wagtyň dowamynda ýük üýtgeýär, soň indiki bölegiň prokatlamasynyň täzeden başlanmagynda gaýtalanýar.

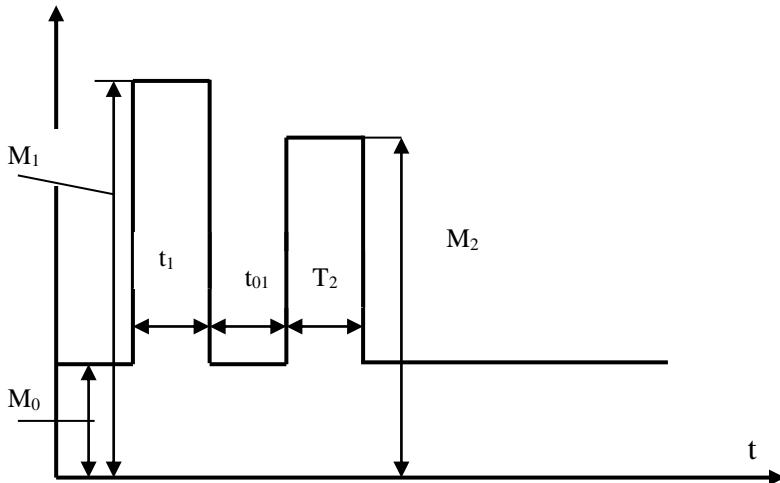
Wagta görä ýüküň momentiniň we burç tizligiň üýtgemegi gaýtalanma hereketli mehanizimler diýip atlandyrylýan mehanizmleriň gaty köpüsi üçin häsiýetlidir. Statiki momentiň we burç tizligiň wagta görä üýtgemesini adatça grafik görnüşinde görkezýärler.

Hereketlendirijiniň walyna getirilen mehanizmiň statiki momentiniň wagta baglylygynyň ( $M_s=f(t)$ ) grafiki görnüşine mehanizmiň ýük diagrammasy diýilýär.

Mehanizmiň ýerine ýetiriji böleginiň tizliginiň (hereketlendirijiniň walyna getirilen burç tizlik görnüşinde) wagta baglylygynyň  $\varphi = f(t)$  grafiki görnüşini elektrik ýöretmäniň (ýada mehanizmiň) tizliginiň diagrammasy diýip atlandyrylýar.

Deňleşdirilmedik kletli prokat stanynyň ýük diagrammasy, ýönekeýlik üçin walkadan iki metalyň geçirilmegi 13.4-nji çyzgyda getirilen. Geçirilmäniň sany stanyň görnüşine baglydyr we 13-15 we ondan hem köp bolup biler. Bu ýerde ýüküň beýgelineginiň boş iş bilen çalt gezeleşmegi häsiýetli bolup durýar.

Daýançly kompressoryň ýük diagrammasy mysal bolup biler (haçanda mehanizmiň statiki momentiniň wagt içinde üýtgemegi bu momentiň ýola baglylygy bilen baglanyşyklydyr). Onuň görnüşü kompressoryň tipine baglydyr. Mundan başgada slindrleriniň sanyna we kriwoşipleriniň süýşme burçuna baglydyr.



13.4-nji çyzgy. Deňleşdirilmedik kletli prokat stanynyň ýük diagrammasy (iki geçirme üçin).

Oka hereketli kompressir üçin käbir ýönekeýleşdirmeler bilen statiki momentiň egri çyzygyny aşakdaky formula bilen görkezmek bolar :

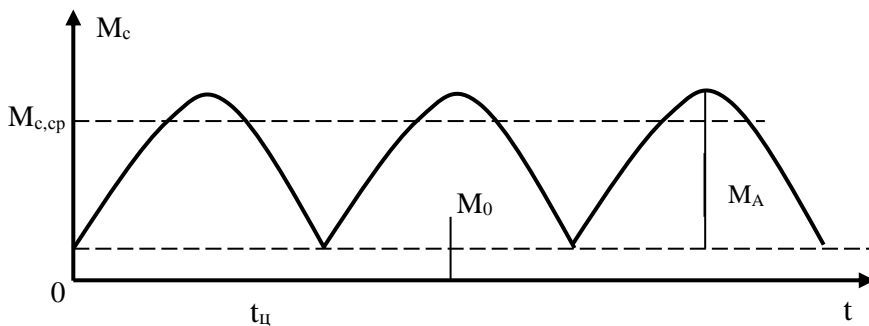
$$M_s = M_0 + M_A / \sin \Omega t / \quad (13.4)$$

bu ýerde  $\Omega = 2\pi/t = \omega/i$  - kriwoşipiň aýlanmasynyň aýlaw ýygyllygy ;

$t$  - sikliň (gaýtalanmaň) wagty;

$i$  - hereketlendirijiniň walyndan kriwoşipiň walyna geçirijilik sany.

Iki hereketli daýançly kompressoryň ýük diagrammasy 13.5-nji çyzygyda getirilen, ol ýerde  $M_0$  - mehanizmiň (boş işiniň) ýige momenti.



13.5-nji çyzygy. Iki hereketli daýançly kompressoryň ýük diagrammasy.

Trigonometriki hatara dargatmany ulanyp statiki momenti egrisini aşakdaky görnüşde getirmek bolar.

$$M_s = M_{s,or} + 0,43 M_A \sin \omega' t \quad (13.5)$$

bu ýerde  $M_{s,or} = M_0 + 0,64 M_A$  - ýüküň hemişelik düzüjisi (ýüküň ortaça momenti);

$\omega' = 2 \omega$  boýunça - ýonuýy stanogyň esasy ýöretmesiniň ýüki gaýtalanmaly üýtgeýär. Bu mehanizmiň işinde göni ýöremede statiki momentiniň köp üýtgewsiz kesme momentine laýyk gelýär we az bölegi bolsa - boş işiň momentine laýyk gelýär. Ters ýöremede hem statiki moment hemişelik, ýöne boş işiň momentine deň. Bu ýagdaýda stiliň göni we ters ýöremeleriniň tizligi dürlidir.

Şuňa meňzeşlikde ýene köp mysallar getirmek bolar, ýagny kesgitlenen gaýtalanýan ýagdaýda işleýän, başga mehanizmleriň ýük diagrammasyny şertlendirýän, ýagny olaryň emele gelmeginiň şertleriniň gaýtalanmasynda gaýtadan döretme häsiýetlerine eýedir. Şol sanda öňde görkezilişi ýaly duýdansyz ýük bilen şertlendirilen ýagdaýlar hem bar.

Duýdansyz ýagdaý (ýagdaý) diýip ony häsiýetlendirýän bir ýa-da birnäçe üýtgeýänler önünden aýdyp bolmaýan görnüşde üýtgeýärler, ýagny duýdansyz ululyklar bolup durýar. Meselem, lift gurluşlar üçin ýük diagrammanyň böleklerini aýryp görnezmek başartmaýar. ( $M_s(t)$  -niň grafikleri bu ýerde deň bolardylar). Hakykatdanda, eger lift gurluş ýolagçylardan gelýän buýruklar boýunça dolandyrylýan bolsa, onda liftiň işiniň ýük diagrammalary buýruklaryň käbir duýdansyz zygiderliginiň hereketleri netijesinde alynýar, ýagny bu ýerde buýruklar şol bir wagtda bir ugur boýunça barýan sada dürli wagtarda dürli ugurlar boýunça barýan ýolagçylar tarapynda berlen. Şu berlen mesele üçin liftiň hereketlendirijileriniň sagatda birleşdirme sany hem duýdansyz ululyk bolup durýar.

Başga mysal bolup ekskawator - draglaýnyň çekiji tanaplarynda susguýyň dolan ýagdaýynda napryaženiýä üýtgemeginiň häsiýeti biler. Bu ýerde ýüküň duýdansyz häsiýeti



her gerek gazys gaýtalanmada ýüküň birjynsly dældiginden, susgujyn päsgelçilik bilen gabat gelende maşinistiň dürli täsit edişinden bolup biler. Edil şu ýagdaýda gaýtalanmaň wagt hemişelik, ýöne ýüküň üýtgemegi duýdansyz.

Bulardan başgada elektrik ýöretmesiniň iş ýagdaýy duýdansyz bolup duran şu mehanizmleri agzamak bolar: yzlaýjy, ekstremal, adaptiw ulgamlaryň elektrik ýöretmeleri, şar şekilli owradyjylar (melnisa), gazys maşynlary, magdan goparýan maşynlaryň ýöretmeleri we ş.m.

Dürli mehanizmleriň elektrik ýöretme ulgamynyň taslama ýagdaýynda hereketlendirijiniň duýdansyz iş ýagdaýyny kesgitleýän şertleri hasaba almak zerurlygy ýüze çykýar. Bu duýdansyz ýagdaýlar ýüze çykýan ulgamda elektrik ýöretmäniň funksiýasynyň hemişe artýanlygy bilen baglydyr, şeýle hem elektrik ýöretmäniň taslamasynda ýagdaýyň (ýagdaý) kesgitlenen däl düzüjileriniň hasaba alynmagy gerekdir, şeýlelikde uly ýüke ýa-da gowy däl ýagdaýa edilen hasap, düzgün bolşy ýaly, ulgamyň elementleriniň esassyz kuwwatynyň ýokarlanmagyna, olaryň energetiki görkezijileriniň ýaramazlaşmagyna, uly çykdajylara getirýär.

Islendik ýagdaýda haýsy hem bolsa bir ýükde hereketlendirijiniň işinde onuň aşy gyzmaklygyny häsiýetlendirýän energiýanyň ýitgisi ýüze çykýar (hereketlendirijide), şeýle hem energiýäniň ýitgisi hereketlendirijiniň kuwwatyny we formasyny häsiýetlendirýär (kesgitleýär). Şonuň üçin hem öňi bilen alnan, geçiş ýagdaýyndaky hemişelik we üýtgeýän tokdaky hereketlendirijili elektrik ýöretmelerde energiýanyň ýitgisiniň tapylyşyna üns bermeli.

## 14. Hemişelik we üýtgeýän toguň elektrik ýöretmelerinde energiýanyň ýitgisi

Hereketlendirijidäki ýitgiler ýüke bagly bolan üýtgeýänlerden we ýüke bagly bolmadyk hemişelik ýitgilerden düzülendir.

Hemişelik toguň elektrik ýöretmesi üçin kuwwatyň ýitgileriniň jemi aşakdaka deňdir.

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_n + \Delta P_U = \Delta P_{oýan} + \Delta P_{polat} + \Delta P_{meh} + I^2 R \quad (14.1)$$

bu ýerde  $\Delta P_k$  - hemişelik ýitgiler,

$\Delta P_k = \Delta P_{oýan} + \Delta P_{polat} + \Delta P_{meh}$  ;  $\Delta P_{oýan}$  ,  $\Delta P_{polat}$  ,  $\Delta P_{meh}$  - deňişlilikde oýandyryja ýitgi, polada ýitgi we mehaniki ýitgi;  
 $I^2 R = \Delta P_U$  - hereketlendirijiniň güýç (ýakor) zynjyryndaky ýitgi.

Şuaa meňzeşlikde asinhron hereketlendiriji üçin.

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{polat} + \Delta P_{meh} + 3 (I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2') \quad (14.2)$$

Üýtgeýän ýitgiler  $\Delta P_U$  elektromagnit momentniň we otnositel tizligiň (ýa-da süztülmäniň) üsti bilen aňladylyp bilner, ýagny :

a) bagly däl oýandyryjyly hemişelik toguň hereketlendirijisi üçin

$$\Delta P_U = M (\omega_0 - \omega) = M_{\omega_0} \frac{\Delta \omega}{\omega_0} = P_{12} \frac{\Delta \omega}{\omega_0} \quad (14.3)$$

bu ýerde  $P_{12}$  - elektromagnit kuwwat;

$\Delta \omega$ ,  $\omega_0$  - deňişlilikde burç tizligiň parhy (M moment bilen şertlendirilen) we ideal boş işiň burç tizligi;

b) Asinhron hereketlendiriji üçin

$$\Delta P_U = M \omega_0 s (1 + R_1 / R_2) = P_{12} S (1 + R_1 / R_2) \quad (14.4)$$

Ýokarda hemişelik we üýtgeýän toguň elektrik ýöretmeleriniň burç tizligini sazlamaklygyň dürli usullaryna seredilende kadalaşan ýagdaýda hereketlendirijilerde ýitgini kesgitlemek üçin gerekli baglanyşyklar getirildi.

Hereketlendirijiniň gyzmasy we sowamasy. Elektrik ýöretmeleriniň işiniň ýagdaýlarynyň klassifikasiýasy.

Energiýanyň ýitgisi hereketlendirijiniň käbir bölekleriniň gyzmagyna getirýär. Hereketlendirijiniň ýol berilýän (rugsat edilen) gyzmaklygy ulanylýan goraýjy materiallaryň gyzgyna durnuklulugy bilen kesgitlenýär. Gyzgyna durnuklylyk näçe köp bolsa şonça-da şol kuwwatda hereketlendirijiniň ölçegleri az ýa-da şol ölçeglerde onuň kuwwatyny ýokarlandyrmak mümkin. Hereketlendirijiniň gowy ulanylmagyna onuň sowatmasynyň gutarnykly ulgamy hem kömek edýär.

Elektrik maşynlarynda ulanylýan goraýjy materiallar aşakdaky esasy gyçgyna durnuklylyk toparlara bölünýärler.

A topar aýyрма (izolýasiýa). Bu topara pagta-kagyz aýyrmalar, ýüpler, kagyzlar, suwuklandyrylan dielektrikde doýgunlandyrylan sellýulozadan we ýüneden taýýarlanan ýünük materiallar degişlidirler. Rugsat edilen temperatura çägi 105<sup>0</sup>S. Häzirki wagtda A topar aýyrmaly (izolýasiýaly) elektrik hereketlendirijiler praktiki taýdan taýýarlanylmaýarlar. Şular ýaly aýyрма (izolýasiýa) P seriýaly kuwwaty 2,2 kWt-a çenli bolan hemişelik toguň hereketlendirijisinde we A, AO, AK seriýaly asinhron hereketlendirijilerde bolýar. Bu ýerde AO seriýala 14.6-njy formula çenlisi girýär.

E topar aýyрма (izolýasiýa). Bu topara esasynda poliefir epoksidler we şoňa meňzeş mumlar bolan sintetiki syrçalar (simleriň izolýasiýa üçin), sintetiki organiki gatlaklar, sintetiki materiallar degişlidirler. Rugsat edilen gyzmaklyk

temperaturasynyň çäge 120<sup>0</sup> S. Bu aýyrma (izolýasiýa) az kuwwatly hereketlendirijilerde ulanylýar. Esasan hem B we F topar aýyrmaly (izolýasiýaly) hereketlendirijiler taýýarlanylýar.

B topar aýyrma (izolýasiýa). Bu topara slýuda, asbest, aýna süýümler degişlidir. Rugsat edilen gyzmaklyk temperaturasynyň çägi 130<sup>0</sup>S. By materiallar aýlanma oky 120 mm çenli bolan 2P seriýaly hereketlendirijilerde we aýlanma okunyň beýikligi 132 mm çenli bolan 4A seriýaly hereketlendirijilerde ulanylýar.

F topar aýyrma. Bu topara hem B topardaky materiallar degişlidir, ýöne sintetiki baglaşdyryjylar we doýgunlandyryjy düzüjiler bilen utgaşdyrylan, kremniý organiki birleşmeler bilen şekili üýtgedilen. Rugsat edilen gyzmaklyk temperaturasynyň çägi 155<sup>0</sup>s. Şular ýaly aýrymlar aýlanma okunyň beýikligi 132mm ýokary bolan 4A seriýaly, aýlanma okunyň beýikligi 225mm ýokary bolan 2P seriýaly, kuwwaty 14 kWt ýokary bolan köne P seriýaly hereketlendirijilerde bar.

H topar aýyrma. Bu topara hem B topardaky mzteriallar degişlidir, ýöne Kremniýorganiki baglaşdyryjylar we doýgunlandyryjy düzümler bilen utgaşdyrylan. Rugsat berlen gyzmaklyk temperaturasynyň çägi 180<sup>0</sup>S. Bu aýyrmalar bölek işe goýberlişli we hereketiniň ugry üýtgemeli (rewrslı) hereketlendirijilerde ulanylýar, şeýle hem daşky howa şertiniň ýokary temperaturasynda. Meselem, ýük galdyryjy maşynlar üçin şeýle hem metallurgiýa maşynlary üçin niýetlenen hereketlendirijiler. Şular ýaly aýyrmaly hereketlendirijilere D, MTN, MTKN seriýaly hereketlendirijiler degişlidir.

C topar aýyrma. Bu topara slýuda, keramiki materiallar, aýna, kwars degişlidirler. Bular organiki däl baglaşdyryjy düzümi bilen ýa-da baglaşdyрмаýan düzümleri bilen ulanylýar. Rugsat edilen gyzmaklyk temperaturasynyň çäge 180<sup>0</sup>S-dan ýokary. Bu materiallaryň gyzgyna durnuklylygy şu wagtky elektromaşyngurlyşykda peýdalanylmaýar, şonuň üçin bu topar üçin bu topar üçin gyzmaklyk temperaturasynyň çäge kadalaşdyrylan dälidir.

Rugsat edilen gyzmaklygyn temperaturasy boýunça kadaly çäkleriň berjaý edilmegi täze seriýaly hereketlendirijiler üçin elektrik maşynlaryň aýyrmalarynyň (izolýasiýalarynyň) hyzmat ediş möhletini 15-20 ýyl üpjün edýär (meselem, 4A seriýaly hereketlendirijiler - 15 ýyl, D seriýaly - 20 ýyl. Rugsat edilen temperaturanyň ýokarlanmagy sargynyň aýyrmalarynyň dargamagyna we hereketlendirijiniň hyzmat ediş möhletiniň gysgalmagyna getirýär. A topar aýyrma üçin rugsat edilen gyzmak temperaturasynyň 8-10<sup>0</sup>S ýokarlanmagy aýyrmanyň hyzmat ediş möhletini iki esse gysgaltýar.

Dürli toparly aýyrmaly hereketlendirijiniň sargysynyň çäk temperaturasy ylaýyk (nominal) ýükde ýerine ýetýär we daşky (sowadyjy) howanyň temperaturasy 40<sup>0</sup>S we deňiz derejesinden 1000m çenli beýiklikde 40<sup>0</sup>C-dan aşak temperaturada hereketlendiriji ylaýyk ýükden köpräk bolan ýük bilen ýüklenen bolup biler (A topar aýyrma üçin ylaýyk ýükden ýokarlanma rugsat edilmeyär). Daşky howanyň ýokary temperaturasynda we deňiz derejesinden 1000m ýokary bolan beýiklikde hereketlendirijiniň ýüki ylaýyk bahasyna görä peseldilen bolmalydyr. Peselme (ýa-da ýokarlanma) derejesi daşky temperatyra we beýiklikden başga-da aýyrma toparyna, hereketlendirijiniň iş ýagdaýyna we hemişelik üýtgeýän ýitgileriň özara baglanyşygyna baglydyr. 1000m çenli beýiklik üçin daşky howanyň temperaturasynyň 45<sup>0</sup> C-a çenli ýokarlanmasynda takmynan ýüküň togunyň talap edilen peselmesi 2-den 7%-e çenli düzýär, 50<sup>0</sup>S temperaturada - 4-den 15%-e çenli, 60<sup>0</sup>S-da - 10-dan 30%-e çenli. 40<sup>0</sup>S-dan pes bolan daşky howanyň temperaturasynda ýüki ylaýyk ýükden ýokarlandyrmak maslahat berilmeyär, şeýlelikde ortaça we ýokary temperaturanyň arasyndaky tapawut (sargynyň has gyzgyn böleginde) ýük koeffisiýentiniň kwadratyna göni baglylykda artýar, ýagny ýokary derejeli howply temperaturanyň ýüze çykmagyna getirip biler. Mundan başgada hereketlendirijiniň kadaly hyzmat ediş möhleti daşky howanyň temperaturasynyň hakyky yrgyldylaryny hasaba alýar, ýagny

hereketlendirijiniň sargysynyň rugsat edilen temperaturasyny laýyklaşdyрма bolup geçmeýär.

Hereketlendirijiler üçin sargynyň we maşynyň beýleki bölekleriniň rugsat edilen temperaturasy dälde, eýsem daşky howanyň temperaturasynyň üsti bilen sargynyň temperaturasynyň rugsat edilen ýokarlanmasy kadalaşdyrylýar.

Maşynyň aýratyň bölekleriniň çyzmaklyk şerti dürlidir. Uly gyzmaklyga maşynyň içinde ýerleşen sargynyň bölekleri sezewar bolýar. Dürli iş ýagdaýlarynda ýylylygyň bölünip çykması hem birmeňzeş däl, şonuň üçin maşynyň içindäki ýylylyk akymalarynyň ugry mydamalyk däl. Boş iş ýagdaýynda ýylylyk hereketlendirijiniň has köp gyzan poladyndan onuň sargylaryna berilýär, ýükli ýagdaýynda bolsa polada garanynda sargylar has köp gyzan we ýylylyk akynynyň ugry tersine. Bu ýagdaýlar ýylylyk hasabyny kynlaşdyrýar, we şonuň üçin degişli ýönekeýleşdirmeler bolmasa kuwwat saýlawyny geçirmek mümkin däl.

Hereketlendirijilerdäki ýylylyk ýagdaýlaryň barlagy şu indiki ýol berilmeler bilen ýerine ýetirilýär: 1) hereketlendiriji birjynsly jisim ýaly seredilýär, ýagny tükeniksiz uly ýylylyk geçirijilige eýedir we ýylylyk bölünip çykma nokatlarynyň ählisinde sowadyjy howa bilen ýakynlaşan nokatlarynda birmeňzeş temperaturaly; 2) daşky giňişlige ýylylyk berilme hereketlendirijiniň we daşky giňişligiň temperaturalarynyň tapawudynyň birinji derejesine göni baglanyşykly 3) sowadyjy giňişligiň temperaturasy mydamalyk (hemişelik); 4) hereketlendirijiniň ýylylyk sygymy, ýylylyk ýitgileriň kuwwaty we ýylylyk berilme hereketlendirijiniň temperaturasyna bagly däl.

Üýtgemeýän ýükde hereketlendirijiniň ýylylyk deňleşdirmesiniň deňlemesi aşakdaky görnüşde bolar :

$$Q_{dt} = A\tau dt + Cd\tau , \quad (14.1)$$

Bu ýerde  $Q$  - ýylylyk mukdary (hereketlendirijidäki ýitginiň kuwwaty), wagt birliginde hereketlendirijiniň bölüp çykarýan ýylylygy,

$J/s$ ;  $A$  - hereketlendirijiniň ýylylyk bermesi - temperaturanyň tapawudy  $1^{\circ}S$  bolanda wagt birliginde hereketlendirijiniň sowadyjy giňişlige berýän ýylylyk mukdary,

$J/(s.S)$ ;  $\tau$  - daşky giňişligiň temperaturasyň üsti bilen hereketlendirijiniň temperaturasyň ýokarlanmagy,

$$^{\circ}S. T = U_{her} - U_{d.g.} \quad (14.2)$$

bu ýerde  $U_{her}$ ,  $U_{d.g.}$  - degişlilikde hereketlendirijiniň we daşky giňişligiň temperaturalary,

$^{\circ}C$  ;  $C$  - hereketlendirijiniň ýylylyk sygymy - hereketlendirijiniň temperaturasy  $1^{\circ}S$  ýokarlandyrmak üçin gerek bolan ýylylyk mukdary,  $J/^{\circ}S$ .

(9) deňlemäniň çenlerini  $Adt$  bölüp alarys:

$$\frac{Q}{A} = r + \frac{C}{A} \frac{d\tau}{dt} \quad (14.3)$$

$$ya - da$$

$$\tau + T_g \frac{d\tau}{dt} = \tau_k \quad (14.4)$$

bu ýerde  $T_g$  - hereketlendirijiniň gyзма wagtyň hemişeligi -  $Q=\text{const}$  bolanda temperaturanyň  $\tau=0$ -dan kadaly baha  $\tau_k$  çenli ýokarlanmasynyň wagty we daşky giňişlige ýylylyk berilme ýok,  $T_g = C/A$

(12) deňlemäniň çözüwi

$$\tau = \tau_k (1 - e^{-t/T_g}) + \tau_0 e^{-t/T_g} \quad (14.5)$$

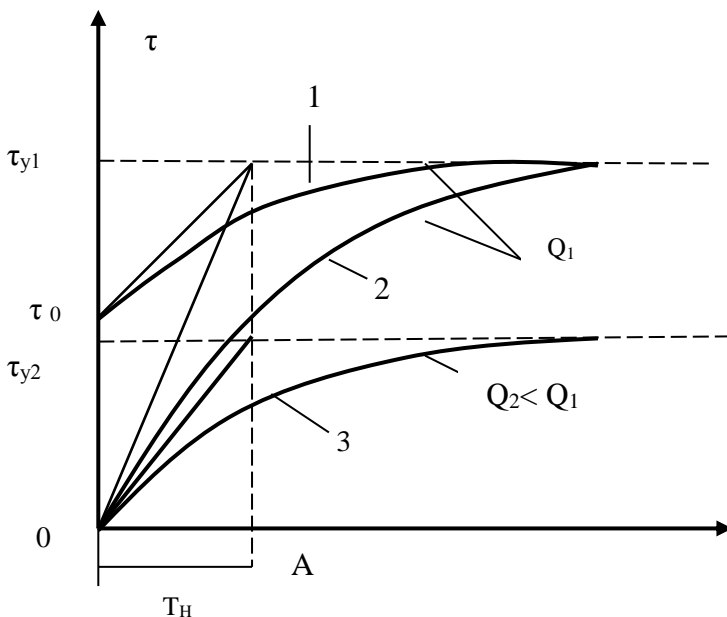
bu ýerde  $\tau_k$ ,  $\tau_0$  - deňişlilikde daşky giňişligiň temperaturasynyň üsti bilen hereketlendirijiniň temperaturasynyň ýokarlanmagynyň ahyrky (kadaly) we başky bahalary:

$$\tau_k = Q/A$$

Eger  $\tau_0=0$ , onda

$$\tau = \tau_k (1 - e^{-t/T_g}) \quad (14.6)$$

(14.4) we (14.6) deňlemelere laýyklykda hereketlendirijiniň gyzmagynyň 1 we 2 egri çyzyklary çyzgyda görkezilen. Bu ýerde şol bir ýükde ( $Q_1 = \text{const}$ ) 1 egri çyzyk  $\tau_0 > 0$  bolanda, 2 egri çyzyk  $\tau_0 = 0$  bolanda. Eger hereketlendiriji az ýüklenen bolsa ( $Q_2 < Q_1$ ), onda bu ýagdaýda  $\tau_0 = 0$  şertde 3 egri çyzyk bolar.

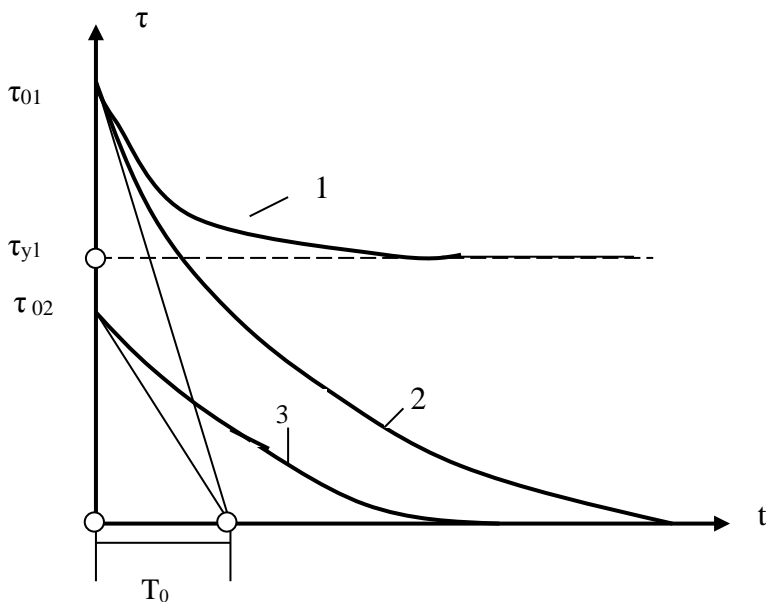


14.1-nji çyzgy. Hereketlendirijiniň gyzmasynyň egri çyzyklary.



14.2-nji çyzgyda hereketlendirijiniň sowatma ýagdaýyny şekillendirýän egri çyzyklar berlen.

Bu ýerde egri 1-nji çyzyk ýüküň azalmagyna degişli, egri çyzyklar 2 we 3 hereketlendirijiniň setden aýrylmagyna degişli.



14.2-nji çyzgy. Hereketlendirijiniň sowamasynyň egri çyzyklary.

Hereketlendirijiniň gyzma ýagdaýy sowadyjy giňişlige ýylylyk berilmezden bolup geçýär diýsek, onuň temperaturasynyň ýokarlanmagy çyzykly kanun boýunça üýtgeýär ( 14.1 we 14.2 çyzyglarda inçe çyzyklar). Bu ýerden hereketlendirijiniň gyzma (sowama) wagtynyň hemişeliginiň absissa okuna gesirilene perpendikulýar bilen (ýagny galtaşýan çyzygyň galtaşma nokadynyň üsti bilen eksponensial egri çyzyk  $\tau(t)$ -e geçirilen) bu galtaşýan bilen asimptotanyň kesişme

nokadynyň (14.1 we 14.2 çyzgyda bu ordinata oky) arasyndaky kesim bolýandygy gelip çykýar.

Haky şertlerde  $T_g$  wagtyň içinde hereketlendirijiniň ýylylyk bermesiniň netijesinde hereketlendirijiniň temperaturasynyň ýokarlanmagy  $\tau = 0,632 \tau_K$  baha baryp ýeter,  $t=T_g$  bolanda (15)-den gelip çykýar :

$$\tau = \tau_K (1 - e^{-1}) = 0,632 \tau_K \quad (14.7)$$

Gyzmanyň hakyky egrisi eksponentdan az-kem tapawutlanýar. Gyzma ýagdaýyň başynda hereketlendirijiniň temperaturasynyň ýokarlanmagy çalt bolup geçýär (teoretiki egri çyzyga görä) we diňe  $\tau = (0,5 \div 0,6)$  başlap  $\tau = \tau$  çenli hakyky egri çyzyk eksponensiala ýakynlaşýar.

Şonuň üçin galtaşdyrma usuly boýunça başky bölekde gyzma wagtynyň hemişeligini kesgitlemek köp derejede ýalňyşlyga getirmegi mümkin.

Orta we az kuwwatly açyl ýerine ýetirilişli öz-özünü wentilýasiýalaşdyrýan hereketlendirijilerde wagtyň hemişekigi 1 sag töweregini düzýär, uly kuwwatly ýapyk görnüşli hereketlendirijilerde-3-4 sag. Öz-özünden wentilýasiýalaşdyrylýan hereketlendirijiniň şçürilmesinde we onuň durmasynda sowatma wagtynyň hemişeligi  $T_0$  gyzma wagtynyň hemişeligi  $T_g$ -e garanynda has köp bolýar. Bu öz-özünden wentilýasiýalaşdyrylýan hereketlendirijiniň ýylylyk bermesiniň azalmagy bilen düşündirilýär. Gymyldysyz ýokarda (rotorda) ýylylyk berilmäniň ýaramazlaşmagynyň koeffisiýenti.

$$\beta_0 = A_0 / A \quad (14.8)$$

bu ýerde  $A_0$ ,  $A$  - degişlilikde gymyldysyz hereketlendirijidäki we kadaly burç tizlindäki ýylylyk berme.

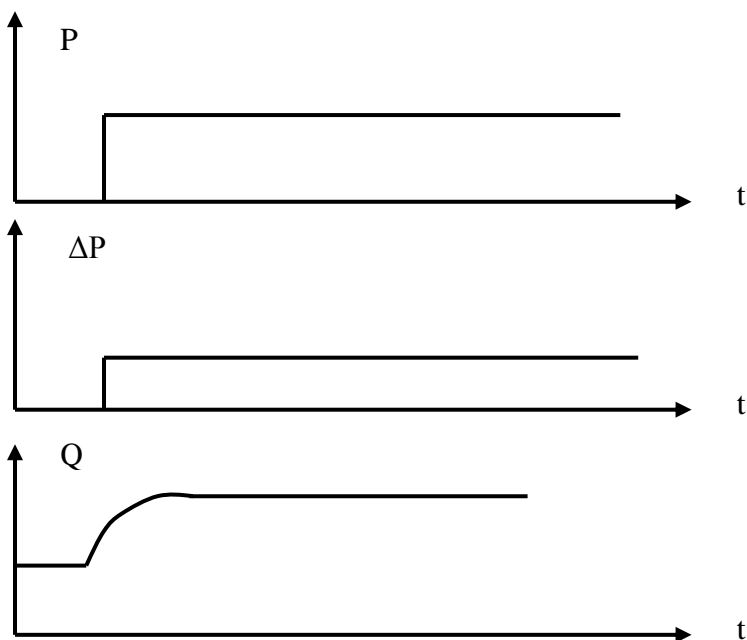
Dürli ýerine ýetirilişli hereketlendirijiler üçin koeffisiýent  $\beta_0$  bahasy aşakda getirilendir :

Hereketlendirijiniň ýerine ýetirilişi .....	<b>Bo</b>
Ýapyk bagly däl wentilýasiýaly .....	1
Ýapyk mejburi däl sowatmaly .....	0,95 - 0,98
Ýapyk öz-özünde wentilýasiýalaşýan .....	0,45 - 0,55
Öz-özünden wentilýasiýalaşýan goragly .....	0,25 - 0,35

(14.1) we (14.2)-den gelip çykyşy ýaly kadaly temperatura çenli hereketlendirijiniň gyзма wagty tükeniksizlige deň. Praktiki taýdan hereketlendirijiniň gyзmasyny gutaran diýip hasap etmek bolar, haçandadegişlilikde gyзmanyň başynda (3-4)  $T_g$  wagtdan soň onuň temperaturasynyň ýokarlanmagy (0,95 - 0,98 )  $\tau_K$  baha baryp ýeter.

Önümçilik mehanizmleriniň dürli iş şertleri elektrik ýöretmeleriniň dürli iş ýagdaýlaryny şertlendirýär, ýagny S1-den S8' çenli şertli belgiler bilen sekiz ýagdaýda klassifikasiýalaşdyrylýar, bu hem hereketlendirijiniň kuwwatyny has takyk hasaplamaga kömek edýär.

1) Elektrik maşynlaryň yzygiderli kadaly iş ýagdaýy (ylaýyk iş ýagdaýy) diýip (S1), onuň üýtgemeýän ýükdäki iş ýagdaýynda aýdylýar, ýagny bu ýagdaý (ýagdaý) käbir wagt içinde dowam edýär we şonda onuň ähli bölekleriniň temperaturasynyň ýokarlanmagy kadaly baha baryp ýetýär (14.3-nji çyzgy. Bu ýerde P,  $\Delta P$ , Q - degişlilikde hereketlendirijiniň walyna düşýän kuwwat, ýitgileriň kuwwaty we temperatura).

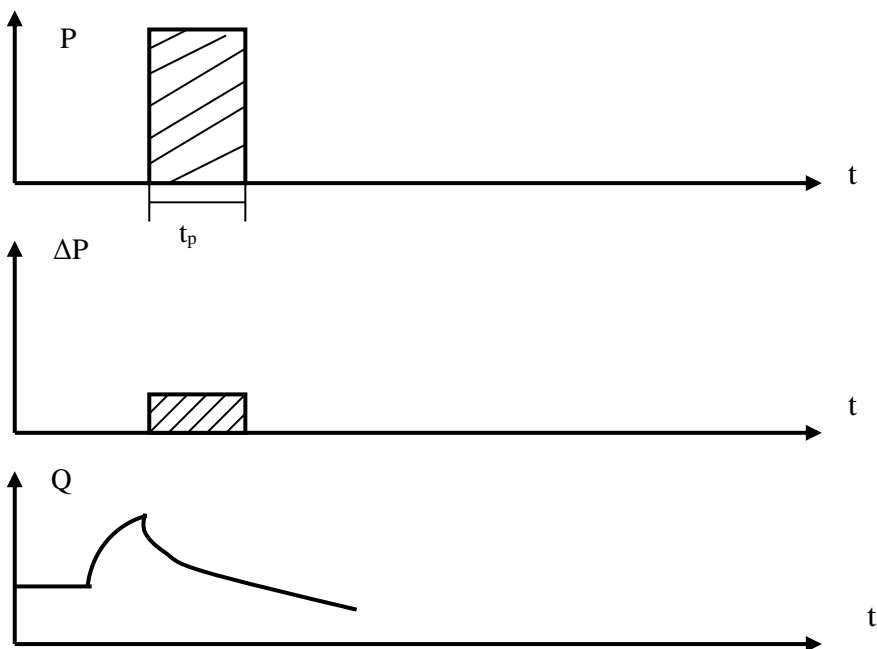


14.3-nji çyzgy

14.3-nji çyzgy. Yzygiderli ylaýyk iş ýagdaýynda (S1) hereketlendirijiniň walyna düşýän  $P$  kuwwatyň, ýigileriň  $\Delta P$  kuwwatynyň we  $Q$  temperaturanyň wagta baglylygy.

2) Gysga wagtly ylaýyk iş ýagdaýy diýip (S2), üýtgemeýän ylaýyk ýükleriň döwrüniň maşynyň öçürilme döwürleri bilen gezekleşýän ýagdaýyna aýdylýar; bu ýagdaýda maşynyň temperaturasynyň kadaly baha baryp bilmegi üçin ýüküň döwürleri ýeterlik yzak däl, şeýle hem durma döwürleriniň uzak bolany üçin onuň hemme bölekleri daşky giňişligiň temperaturasyna çenli sowaýar. Bu ýagdaýda iş döwrüniň dowamlylygy 10, 30 60 we 90 minut maslahat berilýär.

## 15. Gysga iş ýagdaýynda elektrik hereketlendirijini saýlamak



15.1-nji çyzgy. Gysga wagtly ýagdaý (S2) üçin  $P, \Delta P$  we  $Q$ -nyň wagta baglylygy.

3) Gaýtalanmaly - gysga wagtly ylaýyk iş ýagdaýy diýip (S3), üýtgemeyän ylaýyk ýükleriň gysga wagtly döwürleri (işçi döwürleri) maşynyň öçürilme döwürleri bilen (saklanma) gezekleşýär. Bu ýagdaýda temperaturanyň ýokarlanmagynyň kadaly baha baryp ýetmegi üçin işçi we saklanma döwürleri diýen dowamly däl.

Bu iş ýagdaýda gaýtalanmanyň dowamlylygy 10 min. ýokary bomaýar, we ýagdaýlar birleşdirmäniň dowamlylygy

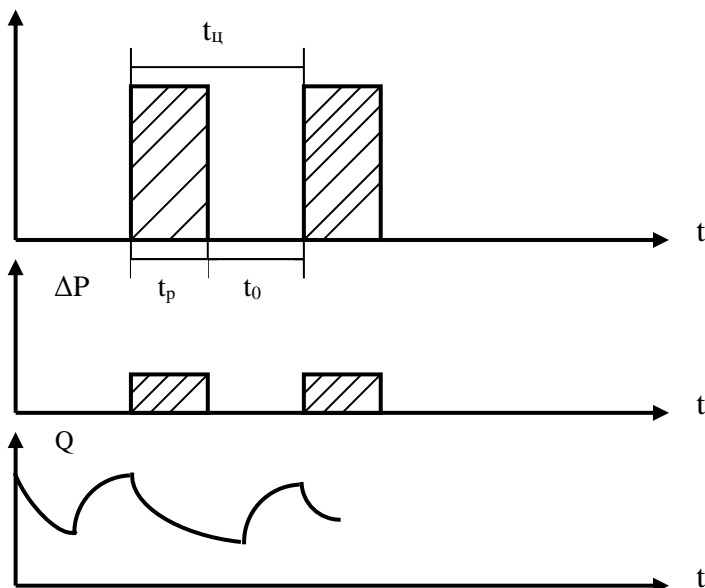
(PW) bilen häsiýetlendirilýär,  $PW=15,25,40$  we 60% aşakdaky formula bilen kesgitlenýär.

$$PW = \frac{t_i}{t_i + t_0} \cdot 100 = \frac{t_i}{t_g} \cdot 100 \quad (15.1)$$

bu ýerde  $t_i$  - iş wagty ;

$t_0$  - saklanma wagty;

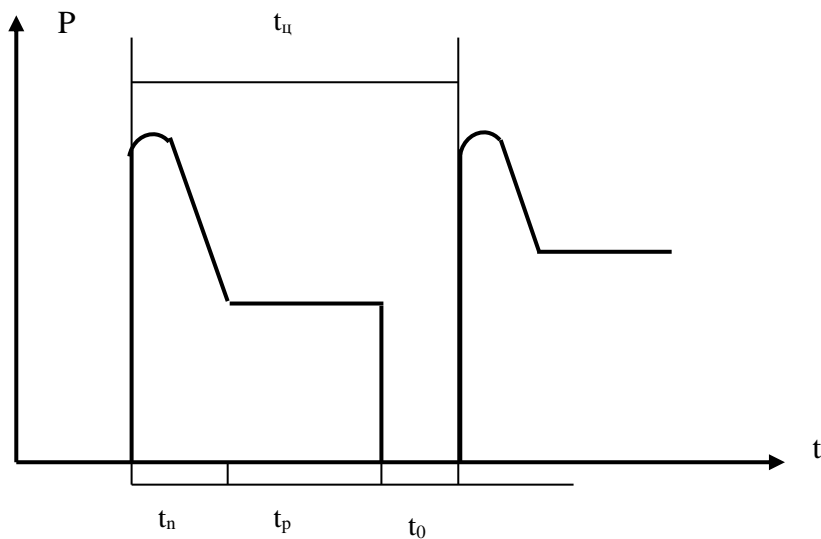
$t_g$  - gaýtalanma wagty.

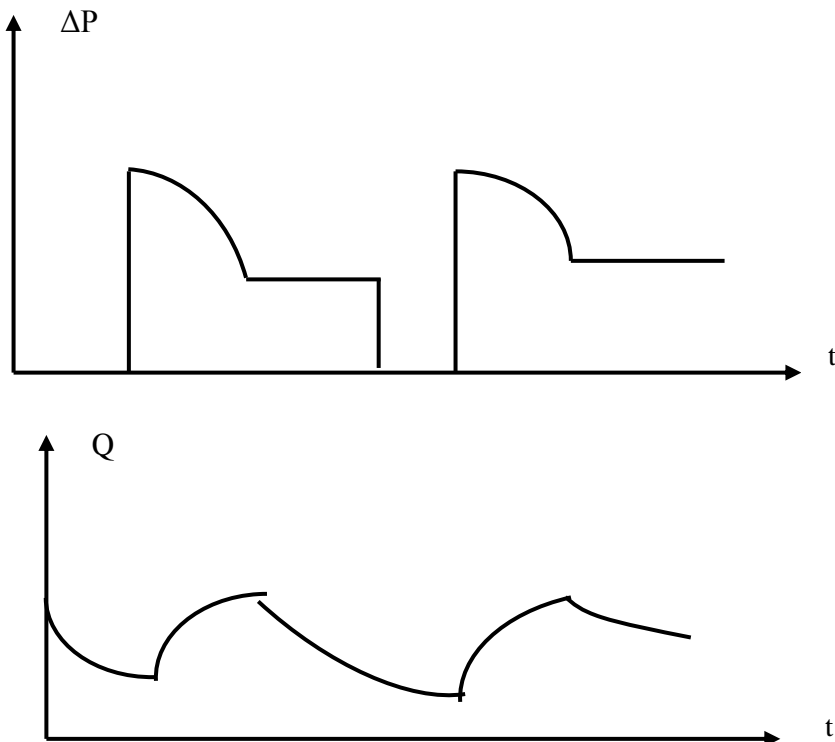


15.2-nji çyzgy. Gaýtalanma - gysga wagtly ýagdaý (S3) üçin  $P$ ,  $\Delta P$ ,  $Q$ -nyň wagta baglylygy.

Bu ýagdaýda işe goýberiliş ýitgileri maşynyň bölekleriniň temperaturasynyň ýokarlanmagyna praktiki taýdan täsir etmeýär.

4) Bölekleriň işe goýberilişli gaýtalanmaly - çysga wagtly iş ýagdaýy diýip (S4) işe goýberiliş döwrüň we kadaly (ylaýyk ýüküň üýtgemeyän gysga wagtly döwrüň maşynyň öçürilme döwri bilen gezeleşme ýagdaýyna aýdylýar we bu ýagdaýda maşynyň bölekleriniň temperaturasynyň ýokarlanmagynyň kadaly baha baryp bilmegi üçin işçi we saklanma döwürleri ýeterlik dowamly däl. Bu ýagdaýda boş işleýişin ýitgileri maşynyň bölekleriniň temperaturasynyň ýokarlanmagyna täsir edýär. Bu ýerde öçürilenden hereketlendirijiniň saklanmasy mehaniki duruzmanyň kömegi bilen amala aşyrylýar, şeýlelikde hereketlendiriji öçürilende onuň sargylarynyň goşmaça çyzmasy bolup geçmeýär.





15.3-nji çyzgy. Bölekleýin işe goýberilişli gaýtalanma gysga wagtly ýagdaý üçin  $P$ ,  $\Delta P$  we  $Q$ -nyň wagta baglylygy.

Berlen ýagdaý birleşdirmäniň dowamlylygy bilen, sagatda işe goýberiliş sany bilen we ýöretmäniň inersiýa koeffisiýenti bilen häsiýetlendirilýär.

Birleşdirmäniň otnositel dowamlylygy aşakdaky görnüşde kesgitlenýär.

$$PW = \frac{t_{i.g} + t_i}{t_{i.g} + t_i + t_0} \cdot 100 \quad (15.2)$$



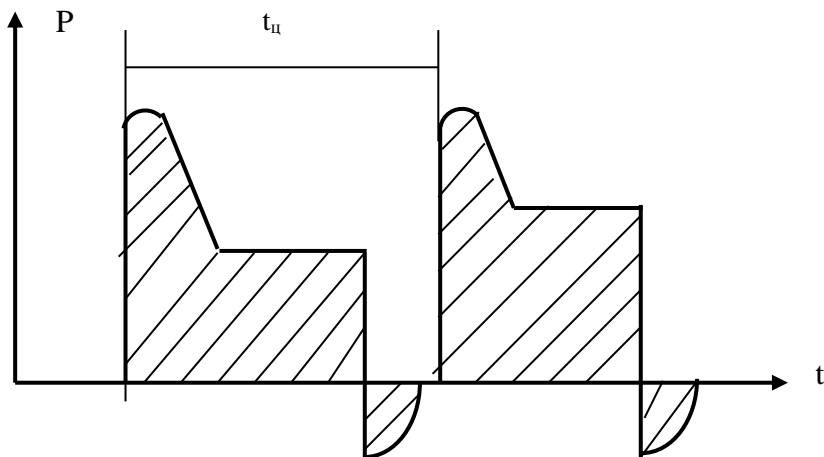
Kadalaşdyrylan bahalar  $PW=15,25,40$  we  $60\%$  sagatda işe goýberilişini kadalaşdyrylan sany - 30, 60, 120 we 240.

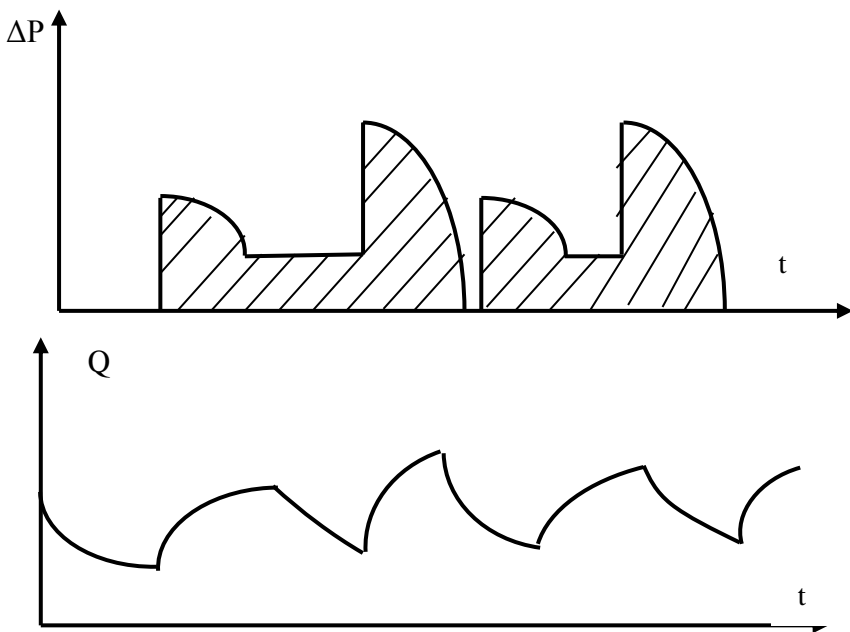
Inersiýa koeffisiýenti - bu hereketlendirijiniň walyna getirilen (getirme mehanizmiň inersiýa momentiniň we hereketlendirijiniň ýakorynyň ýa-da rotorynyň inersiýa momentiniň jemi) hereketlendirijiniň ýakorynyň (rotorynyň inersiýa momentine bolan gatlaşygydyr.

$$F I = J_{\Sigma} / J_r \quad (15.3)$$

Inersiýa koeffisiýentiniň kadalaşdyrylan bahalary : 1, 2 ; 1,6 ; 2,5 ; 4; 6,3 ; 10.

5) Bölekleyin işe goýberilişi we elektrik duruzmaly gaýtalama - gysga wagtly ylaýyk iş ýagdaýy diýip (S5), işe goýberilişiniň döwri, gysgawagtly üýtgemeyän ylaýyk ýükli döwür we elektrik duruzma maşynyň öçürilme döwürleri bilen gezekleşýär, bu ýagdaýda maşynyň bölekleriniň temperaturasynyň ýokarlanmasynyň kadaly bahalara baryp bilmegi üçin işçi we saklanma döwürleri ýeterlik dowamly däl.





15.4-nji çyzgy. Bölekleyin işe goýberilişli we elektrik duruzmaly gaýtalanma - gysga wagtly ýagdaý üçin P,  $\Delta P$  we Q-nyň wagta baglylygy.

Bu ýagdaýda işe goýberiliş ýitgiler we elektrik duruzmadaky ýitgiler maşynyň bölekleriniň temperaturasynyň ýokarlanmagyna täsir edýär. Bu ýagdaý birleşdirmäniň dowamlylygy, sagatda işe goýberilişniň sany we inersiýa koeffisiýenti bilen häsiýetlendirilýär.

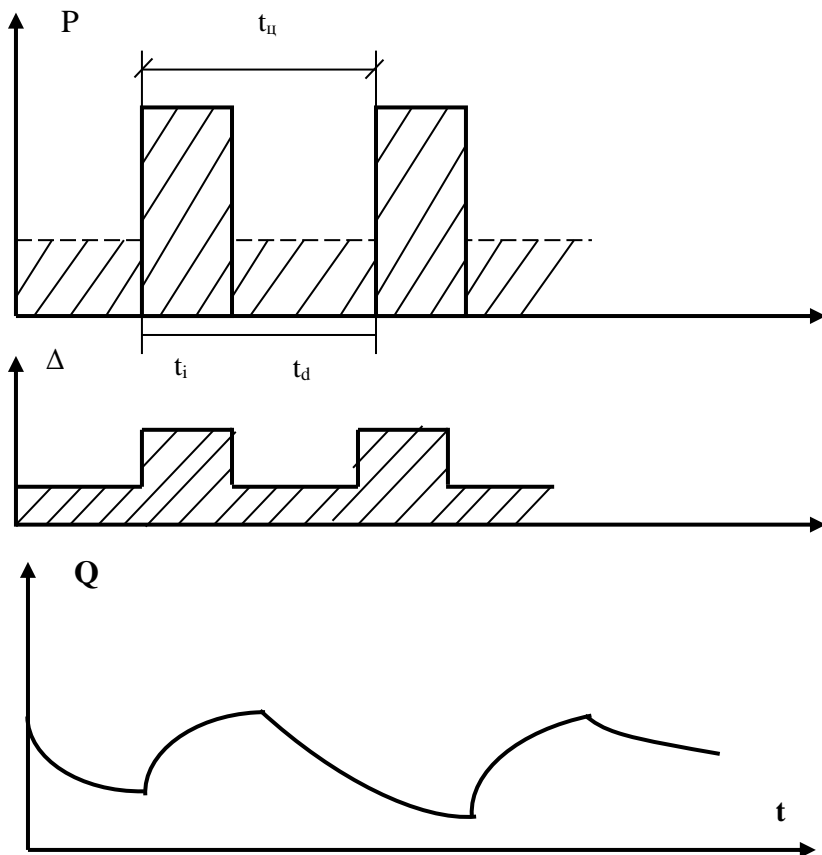
Birleşdirmäniň otnositel dowamlylygy, %

$$PW = \frac{t_{i.g} + t_i + t_d}{t_{i.g} + t_i + t_d + t_0} \cdot 100 \quad (15.4)$$

PW kadaly bahalary, sagatda işe goýberilişniň kadalaşdyrylan bahasy we inersiýa koeffisiýentleri S4 ýagdaýda

meñzeş, ýöne bu ýagdaýda  $F I = 6,3$  we  $10$  bahalar ýök, muňa derek  $F I = 2$  goşmaça baha bar.

6) Arakesmeli dowam edýän ylaýyk iş ýagdaýy diýip (S6), hereketlendirijiniň öçürilmeýän wagty içinde üýtgemeyän ylaýyk ýükli gysga wagtly döwrüň (işçi döwrüň) boş işiň döwri bilen gezekleşme ýagdaýyna aýdylýar, bu ýagdaýda maşyny bölekleriniň temperaturasynyň ýokarlanmagynyň kadaly baha ýetip bilmegi üçin işçi we boş iş döwürleri ýetirmek dowamly däl.



15.5-nji çyzgy. Arakesmeli dowam edýän ýagdaý üçin (S6)  $P$ ,  $\Delta P$ ,  $Q$ -nyň wagta baglylygy.

Bu ýagdaýda bir gaýtalanmanyň dowamlylygy 10 minutdan geçmeli däl.

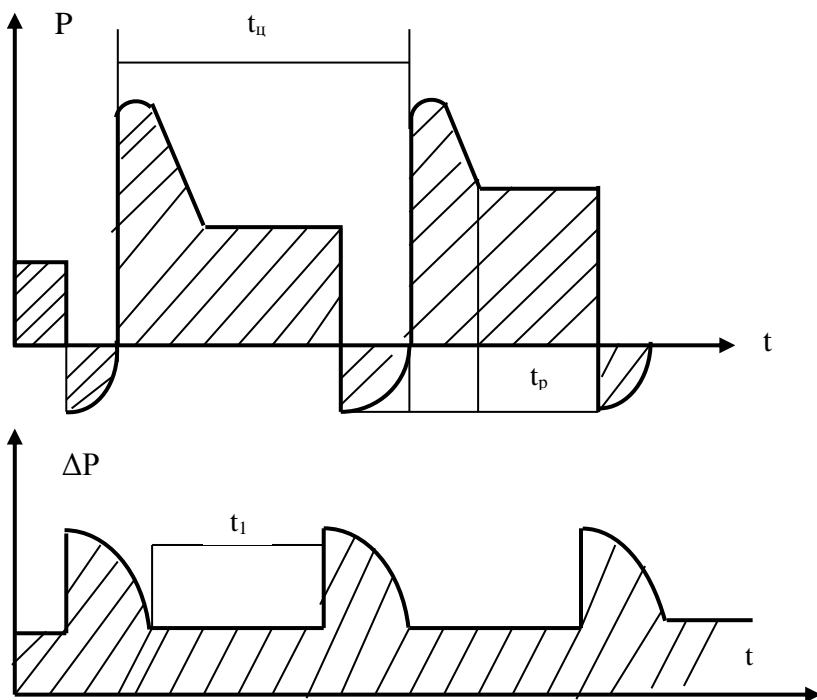
Ýüküň otnositel gaýtalanmasy, %

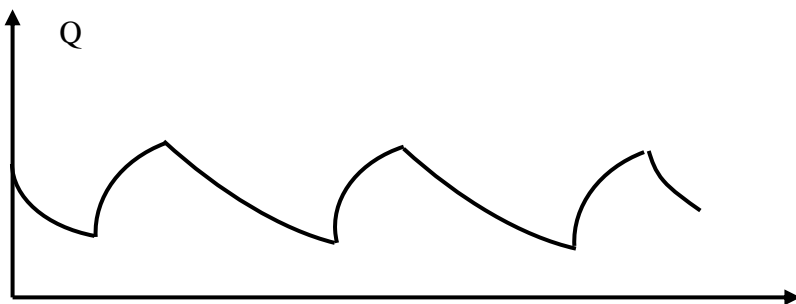
$$PN = \frac{t_i}{t_i + t_{b,i}} \cdot 100 \quad (15.5)$$

bu ýerde  $t_{b,i}$  - boş işiň wagty.

Kadalaşdyrylan bahalar  $PN=15, 25, 40$  we  $60\%$ .

7) Bölekleyin ters hereketli (rewersli) arakesmeli dowam edýän ylaýyk iş ýagdaýy diýip (S7), ters hereketiň döwrüniň üýtgemeyän kadaly ýüküň döwri bilen gezekleşýän ýagdaýyna aýdylýar, we bu ýagdaýda maşynyň bölekleriniň temperaturasyny ýokarlanmasynyň kadaly baha baryp bilmegi üçin soňky döwürler ýeterlik dowamly däl.





15.6-njy çyzgy. Böllekleyin ters hereketli arakesmeli dowam edýän ýagdaý üçin  $P$ ,  $\Delta P$  we  $Q$ -nyň wagta baglylygy.

Bu ýagdaýda ters hereketdäki ýitgiler maşynyň bölekleriniň temperaturasynyň ýokarlanmagyna täsir edýär, ýagny bu ýagdaýda mydama naprýaženiýe astynda bolup durman işleýär. Berlen ýagdaý sagatdaky ters hereketiň sany bilen häsiýetlendirilýär (30, 60, 120 we 240) we inwersiýa koeffisiýenti bilen häsiýetlendirilýär (S5 ýagdaýdaka meňzeş).

8) Iki ýa-da ondan köp burç tizlikli arakesmeli dowam edýän ylaýyk iş ýagdaýy diýip (S8), bir tizlikde bir ýükli döwrüň başga degişli burç tizlikli ýükde şu burç tizlikli işiň döwürleri bilen gezekleşýän ýagdaýyna aýdylýar. Maşynyň bölekleriniň temperaturasynyň ýokarlanmasynyň kadaly bahalara baryp bilmegi üçin her burç tizlikleriň ýük döwürleri ýeterlik dowamly däl. Bu ýagdaýda bir burç tizlikden başga bir burç tizlige geçilendäki ýitgiler maşynyň bölekleriniň temperaturasynyň ýokarlanmagyna uly täsir edýär.

Iki ýada ondan köp burç tizlikli berlen ýagdaý sagatdaky gaýtalanmanyň sany, inersiýa koeffisiýenti we ýüküň otnositel dowamlylygy (%) bilen häsiýetlendirilýär.

Ýüküň otnositel dowamlylygy aýratyn bölekler üçin aşakdaky formulalar bilen hasaplanýar :

$$PN_1 = \frac{t_{i.g} + t_{i2}}{t_{i.g} + t_{i1} + t_{d1} + t_{i2} + t_{d2} + t_{i3}} \cdot 100; \quad (15.6)$$

$$PN_2 = \frac{t_{d1} + t_{i2}}{t_{i.g} + t_{i1} + t_{d1} + t_{i2} + t_{d2} + t_{i3}} \cdot 100; \quad (15.7)$$

$$PN_3 = \frac{t_{d2} + t_{i3}}{t_{i.g} + t_{i1} + t_{d1} + t_{i2} + t_{d2} + t_{i3}} \cdot 100; \quad (15.8)$$

bu ýerde  $t_{i1}$ ,  $t_{i2}$ ,  $t_{i3}$  - her burç tizlikde iş wagty;  
 $t_{d1}$ ,  $t_{d2}$  - elektrik duruzmanyň wagty;  
 $t_{i.g}$  - işe goýberiliş wagty.

Iki ýa-da ondan köp tizlikli arakesmeli dowam edýän ýagdaý üçin  $P$ ,  $\Delta P$  we  $\tau$ ,  $\omega$ -nyň wagta baglylygyny. Sagatdaky gaýtalanma sanynyň kadalaşdyrylan bahasy: 30, 60, 120, 240;

Inersiýa koeffisiýentiniň kadalaşdyrylan bahalary: 1, 2 ; 1,6 ; 2 ; 2, 5 ; 4.

## 16. Elektrik ýöretmeleriň ýük diagrammalary

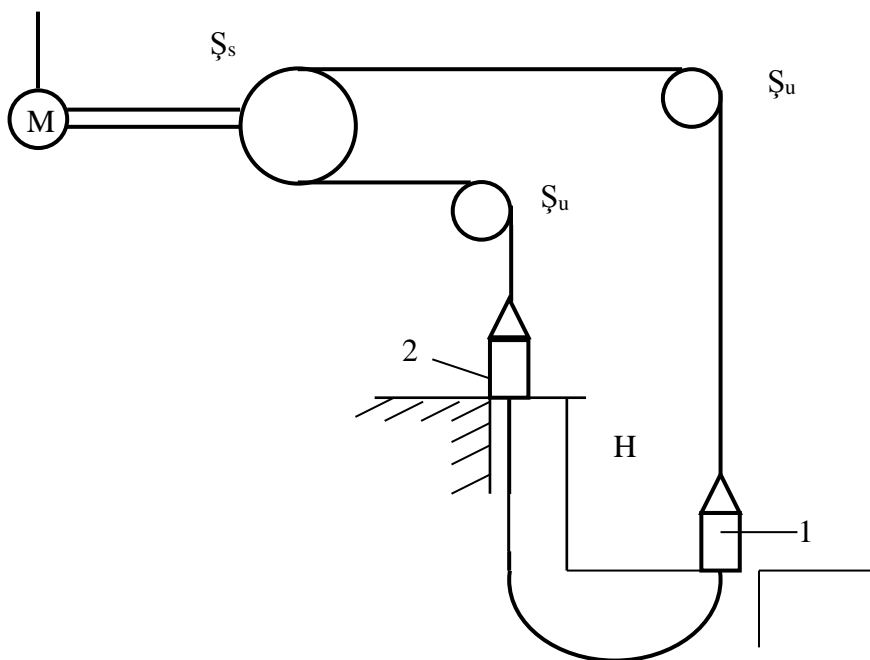
Elektrik ýöretmäniň ýük diagrammasy aýlanma momentiniň, toguň ýa-da kuwwatyň wagta görä baglylygyny häsiýetlendirýär. Ýük diagrammalar elektrik ýöretmäniň öte ýüklenmege ukyplylygyny bahalandyrmak üçin, elektrik hereketlendirijiniň berlen görnüşi üçin ony (öte ýüklenmege ukyplylygy) rugsat edilen gysgawagtlaýyn ýük bilen deňeşdirmek üçin, şeýle hem gyzmaklygy boýunça önünden saýlanan hereketlendirijiniň kuwwatyny barlamak üçin ulanylýar.

Elektrik ýöretmäniň ýük diagrammasy statiki we dinamiki ýükleri hasaba alýar, ýagny bu ýükler mehanizmiň işiniň gaýtalanma dowamlylygynda elektrik ýöretme arkaly ýenilip geçilýär.

Statiki ýükler önümçilik mehanizmiň toparynyň (haýsy hem bolsa bir topar) işini häsiýetlendirýän tehnologiýa berlenler boýynça kesgitlenýärler. Dinamiki ýükler bolsa inersiýa momentleri arkaly bahalandyrylýar. Inersiýa momentleri mehanizmiň berlen öndürilijini häsiýetlendirýän deňişli burç tizliklerini üpjün etmek üçin elektrik ýöretme arkaly güýçlenýärler.

Käbir görnüşli mehanizmleriň elektrik ýöretmeleriniň ýük diagrammalarynyň gurluşyna seredeliň.

- a) Deňleşdirilen tanaply şaht galdyryjynyň elektrik ýöretmesiniň ýük diagrammasy. Deňleşdirilen tanaply we sürtülme şkiwlik şaht galdyryjynyň kinematiki shemasy getirilen.



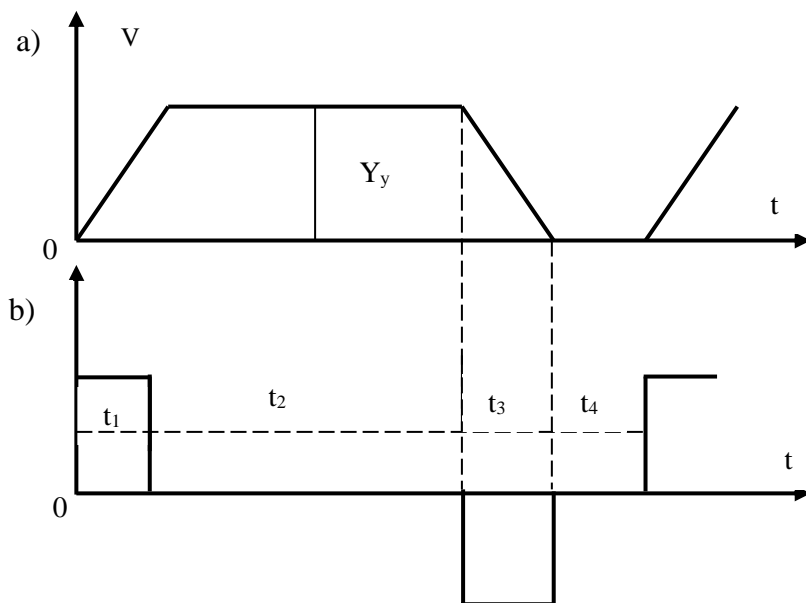
16.1-nji çyzgy. Deňleşdirilen tanaply we sürtülme şkiwli şaht galdyryjynyň kinematiki shemasy.

Bu ýerde 1 we 2 - galdyryjy gurulmalar, ýagny bularda peýdaly G ýük galdyrylýar we düşürilýär;

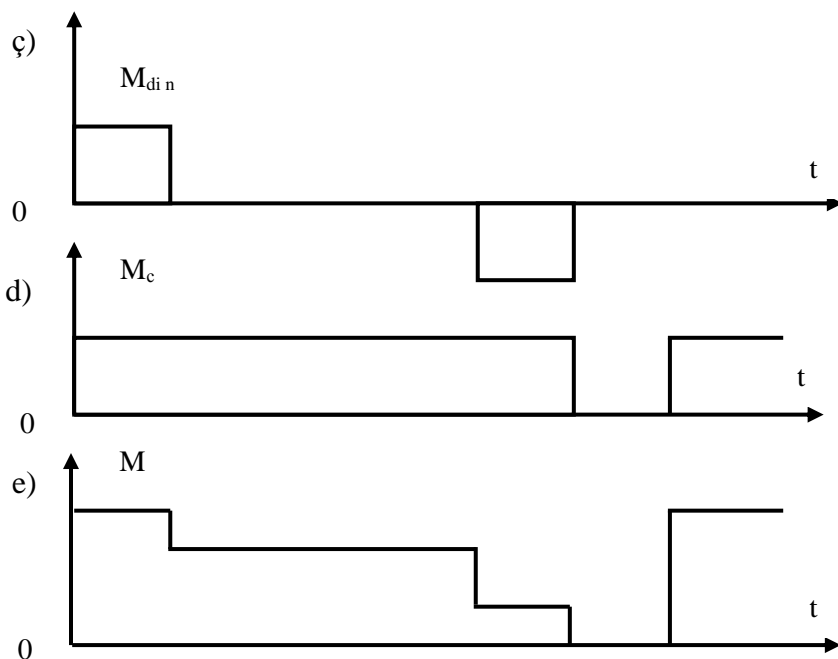
$\Sigma_s$  - sürtülme şkiw, ýagny bu gös-döni M ýöretme hereketlendiriji bilen birikdirilen we  $\Sigma_u$  - ugrukdyryjy şkiwler.

Galdyryjy gurulmalar bilen özüniň ahyrlary birleşdirilen we şkiwleri gurşap alan tanap hereketlendiriji arkaly hereket getirilýär.

Mehaniki enjamyň tehnologiكي berlenleri bilen degişlilikde we şahtanyň talap edilýän öndürijiligine degişlilikde galdyryjynyň işiniň bir gaýtalanmasynyň tizliginiň mysaly diagrammasy (tahogtamma) berilýär -  $U = f(t)$ , ýagny şu aşakdakylary göz önünde tutýar: burç tizlenmäniň  $t_1$  wagty, kadaly ýagdaýyň  $t_2$  dowamlylygy, burç haýallama  $t_3$  we goňşy galdyrylmalaryň arasyndaky saklanma wagty  $t_4$ .







16.1-nji çyzgy. Şaht galdyryjynyň elektrik ýöretmesiniň ýük diagrammasyny gurmak üçin shema.

a - elektrik ýöretmäniň tizliginiň diagrammasy (tahogramma);

b - ýöretmäniň tizlenmesiniň çyzgysy;

w - dinamiki momentiň çyzgysy;

g - galdyryjynyň (mehanizmiň) ýük diagrammasy;

d - elektrik ýöretmäniň ýük diagrammasy.

Galdyryjynyň işiniň soňky gaýtalanmasy (siklleri) gaýtalanýar. Tizligiň çyzgysyna burç tizlenmäniň we haýallamanyň çyzgylary degişli bolup durýar, ýagny olaryň bahalary absolýut baha boýunça hemişelik we degişlilikde  $t$ , we

$t_3$  böleklerde dürli bahalara eýe bolýar. Işe goýberiliş we gurnama böleklerdäki (uçastokda) momentiniň dinamiki düzüjileri

$$M_{din} = J \Sigma \frac{d\omega}{dt} \quad (16.1)$$

deňdir.

Mundan soň hereketlendirijiniň walyna getirilen ýüküň statiki momenti kesgitlenýär:

$$M_s = F_s R / \eta, \quad (16.2)$$

bu ýerde  $F_s$  - sürtülmäniň şkiwiniň töwerek çyzygynda hasap güýçlenme;

$R$  - sürtülme şkiwiň radiusy;

$\eta$  - geçirilmäniň peýdaly täsir koeffisiýenti.

Galdyryjy guramlaryň (klet) we tanapyň agyrylyk güýçleri statiki momentiniň hasabyna girmeyär, şeýlelikde olar deňleşdirilen. Ýöne ulgamyň ähli güýçlenýän hereket edýän we aýlanýan elementleriniň massalary ýöretmäniň inwersiýa momentiniň jeminiň kesgitlenmegi bilen baglylykda hasaba alynýar. Bu ýere hereketlendirijiniň ýöretme inwersiýa momenti, öňünden saýlanan kuwwat we burç tizlik degişlidir.

Hereketlendirijiniň kuwwaty takmynan aşakdaky formula boýunça hasaplanýar

$$P = k F_s U_k \cdot 10^{-3} / \eta \quad (16.3)$$

Bu ýerde  $k$  - dinamiki momantleriň täsirini hasaba alýan ygtybarlylyk koeffisiýenti ( $k=1,2 \div 1,3$  );

$U_k$  - galdyryjynyň kadalaşan burç tizligi, ýagny bahasy boýunça  $U_k = \omega R$  deňlemä laýyklykda hereketlendirijiniň ylaýyk burç tiäligi kadalaşdyrylýar.

Görnüşi ýaly, seredilýän ýagdaýda  $M_s$  moment hemişelik bolup galýar. Elektrik ýöretmäniň ýük diagrammasyny görkezýän  $M=f(t)$  baglanyşygy statiki we dinamiki momentleriň jeminiň netijesinden almak bolar, ýagny  $M(t) = M_s + M_{din}(t)$ .  $M=f(t)$  grafik çyzgy.17 (d)-de görkezilen. Ýöretmäniň haýallama böleginde statiki we dinamiki momentleriň gatnaşygyna baglylykda položitel ýa-da otrisatel moment ýüze çykyp biler. Berlen ýük diagramma bölekleyin işe goýberilişi gaýtalanma gysga wagtyly ýagdaýy (S4 görnüş) şekillendirýär, haýallama böleginde otrisatel momentniň barlygynda ýük diagramma S5 ýagdaýyň diagrammasyna ýakyn bolar.

- b) Boýuna - ýonujy stanogyň esasy ýöretmesiniň ýük diagrammasy.

Boýuna-ýonujy stanogyň esasy ýöretmesi özgerdiji bilen dolandyrylýan bagly däl oýandyryjyly henişeli toguň hereketlendirijisiniň kömegi bilen ýerine ýetirilýär, we işlenip bejerilýän önümlü stola gaýtadan-öňe gitme orun üýtgemäni bermek üçin niýetlenendir.

Hereketlendirijiniň önünden kuwwat hasaby talap edilýän ölçeg aralygy (diapazon) we tizligi sazlamak usuly hasaba alyp tehnologiýa berlenleriň esasynda ýerine ýetirilýär, şeýle hem dinamiki ýagdaýlara ätiýaçlyk (ygtybarlylyk) koeffisiýentini girizmek bilen.

Stanogyň işiniň gaýtalanmasy önümiň işlenip bejerilişi alnyp barylýan wagtyndaky göni işden we ters boş işden durýar. Göni işiň tizligi kesme ýagdaýy bilen şertlendirilen, ters işleýiş bolsa göni işiň tizliginden 2-3 esse köp tizlikde ýerine ýetirilýär. Ýöretmäniň iş ýagdaýy ýöretmäniň iň ýokary çalt hereketini kesgitleýän kommutasiýaň şertleri boýunça (kollektoda) çäklil rugsat edilen tokly bölekleyin ters hereketler bilen alnyp barylýar.

Tehnologiýa ýagdaýlary bilen berlen ýöretmäniň mysaly tahogramasy (elektrik ýöretmäniň tizliginiň diagrammasy) ω

(t) şu indiki böleklerden durýar. Göni işiň başky aralygynda hereketlendiriji uly bolmadyk  $\omega_{gir}$  burç tizligi çenli baryp ýetýär, bu ýagdaýda kesiji gural işläp bejerilýän önümi kesip onuň içinde ýerleşýär. Mundan soň bolsa ýöretmäniň doly yükde göni işiň kadalaşan  $\omega_{g.iş.}$  burç tizliginde çenli güýçlenmesi (batlanmasy) bolup geçýär. Göni işiň ahyrlamasynyň ön ýanynda yüküň astynda haýallama bolup geçýär we  $\omega_{çyk} \approx \omega_{giriş}$  bolanda kesigi guralyň önümden çykmagy bolup geçýär. Mundan soň göni işiň az burç tizliginden ters işiň burç tizligine ( $\omega_{t.iş.}$ ) çenli ýöretmäniň hereketiniň üýtgemegi bolup geçýär. Stoluň ters işi boş görnüşinde amala aşyrylýar, bu ýagdaýyň ahyrynyň ön ýanynda ýöretme köp bolmagyk  $\omega_{gir}$  burç tizlige çenli haýallaýar, we mundan soň –  $\omega_{gir}$ -den  $\omega_{gir-e}$  çenli hereketi üýtgeýär. Yzygiderlikde gaýtalanma bolup geçýär.

Geçiş ýagdaýlarynda hereketlendiriji gysga wagtlaýyn maksimak (iň ýokary) rugsat berlen  $I_p = I_t = I_{h.ü.} \approx 2 \div 2,5 I_{nom}$  tok bilen yüklenýär. Seredilen ýagdaýa degişlilikde çyzgy.18-de bir gaýtalanma üçin ýöretmäniň takmynan yük diagrammasy ( $i=f(t)$ ) gurulan, ýagny önünden saýlanan hereketlendirijide gyzmaklyk boýunça geçirilen barlagyň esasynda ýerine ýetirilýär.

Bu berlen ýagdaýda rugsat edilen gysga wagtlaýyn aş a yüklenmegiň barlagynyň gerekligi ýok. Bu önünden kommutasiýaň şerti boýunça çäk tok bilen reglamentirlenen, ýagny awtimatiki dolandyryşyň degişli ulgamynda geçiş ýagdaýlarynda saklanyp bilýär.

Elektrik ýöretmäniň seredilen iş ýagdaýyny bölekleyin hereketini üýtgetýän S7 görnüşli arakesmeli dowam edýän iş ýagdaýa ýa-da iki ýa-da ondan köp burç tizlikli S8 görnüşli iş ýagdaýa degişli etmek bolar, ýagny berlen ýagdaýda yük diagrammada iki ýagdaýyn hem almatlary bar, ýöne şeýlede bolsa S8 görnüşe ýakyn.

## 17. Dowamly iş ýagdaýynda (S1) hereketlendirijiniň kuwwatynyň hasaby

Tizligini sazlamazdan üýtgemeyän ýa-da az üýtgeýän ýükli dowamly işleýän mehanizmler bar. Muňa mysal edip nasosy, wentilýatory getirmeli bolar. Bu ýagdaýlar üçin hereketlendirijiniň kuwwatynyň hasaby örän ýönekeý, eger mehanizmiň harç edýän kuwwaty belli bolsa.

Berlen kuwwata hereketlendirijini saýlap, rugsat edilen temperaturanyň ýokarlanmagy boýunça doly ulanylyp boljakdygyna ynamly bolynsa bolar. Eger katalogda hasap boýunça alnan kuwwaty boýunça hereketlendiriji ýok bolsa, onda kuwwaty boýunça ýakyndaky ulusy saýlanyp alynýar.

Şeýlelikde dowamly iş ýagdaýda hereketlendiriji az goýberilýär, onda işe goýberliş ýitgiler hereketlendirijiniň gyzmaklygyny aýdyň mälüm edip bilmez. Kä wagtda, şeýle-de bolsa, hereketlendiriji boýunça güýçlenýän işe goýberiliş momentleriň ýeterlikligini barlamak gerek bolýar. Bu ýagdaýda käbir mehanizmleriň başda ýerinden gozgananda ýokarlana sürtülme garşylygyna eýe bolýandygyny hasaba almak gerekdir.

Nasos üçin hereketlendirijiniň kuwwaty, kWt, aşakdaky formula boýunça hasaplaýarys:

$$P = \frac{V\gamma H_g}{\eta_{nas} \cdot \eta_{gec}} \cdot 10^{-3} \quad (17.1)$$

bu ýerde V-nasosa berme, m<sup>3</sup>/s; γ-nasoslar guýulýan suwuklygyň dyklyzlygy, kg/m<sup>3</sup>;

H-galdyrmanyň hasap beýikligi, m; η<sub>nas</sub>-nasosyň. Pedaly täsir sy (daýançly üçin 0.8-0.9; merkezden daşlaşýan ýokary basyşly üçin 0.5-0.8; pes basyş üçin 0.3-0.6);

η<sub>gec</sub>-hereketlendirijiden nasosa bermäň P.T.K-sy; g-agyrlık güýjiniň tizlenmesi, g=9.8 m/s<sup>2</sup>

Wentilýator üçin hereketlendirijiniň kuwwaty, kWt:

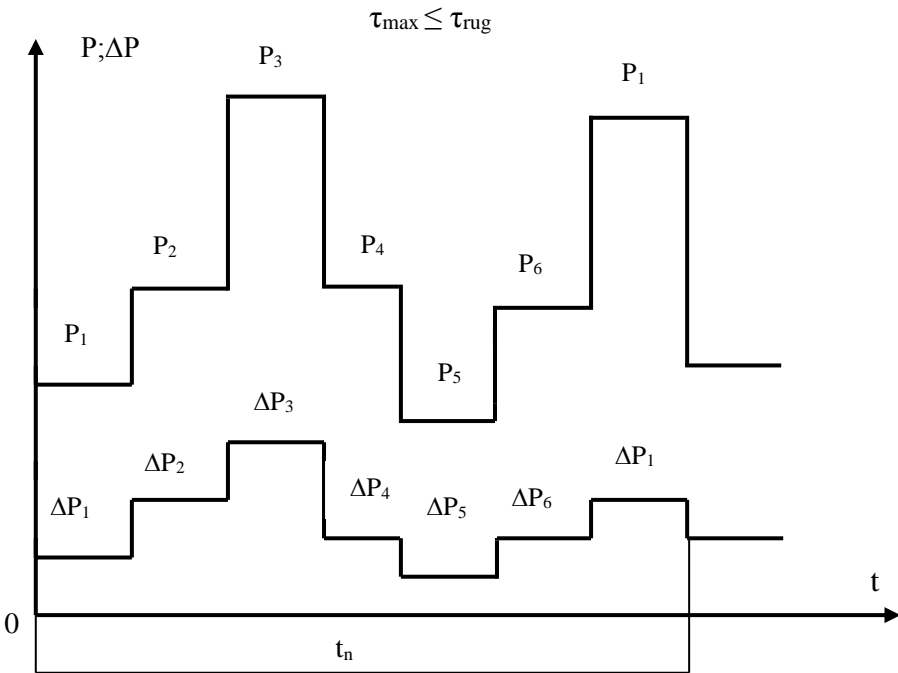
$$P = \frac{V_P}{\eta_{went} \cdot \eta_{gec}} \cdot 10^{-3} \quad (17.2)$$

bu ýerde p-wentilýatoryň çykyşyndaky basyş;

$P_a$ ;  $\eta_{weny}$ -wentilýatoryň P.T.K-sy (0.3-den 0.8-e çenli-kiçi bahalar az we orta kuwwatly wentilýatorlara degişli).

a) Üýtgeýän ýük (arakesmeli dowam edýan ýagdaý  $S_6$  we şoňa meňzeşler).

Dowamly üýtgeýän ýükdäki basgansakly grafik 17.1-nji çyzgyda görkezilen (umumy görnüşde). Öňünden saýlanan hereketlendirijiniň dowamly iş ýagdaýynyň barlagyny şu indiki görnüşde ýerine ýetirmeli. Gaýtalanma dowamyna temperaturanyň  $\tau_{rug}$ . Bilen deňeşdirmeli. Bu ýagdaýda aşakdaky şert ýerine ýetirilmeli.



17.1-nji çyzgy. Dowamly üýtgeýän ýükde hereketlendirijiniň walyndaky kuwwatyň we ondaky ýitginiň basgançakly grafiği.

Şeýlelikde hereketlendirijiniň kuwwatynyň barlagy gyzmaklygyň egri çyzygyny gurmaklyk bilen baglanyşyklydyr. Bu bolsa köp wagt alýar. Tejribede hereketlendirijiniň kuwwatynyň barlagynyň az takyk, ýöne örän ýönekeý usullaryny ulanýarlar. Köplenç barlag orta ýitgiler usuly boýunça ýerine ýetirilýär. Bu usulyň düýp manysy üýtgemeyän ýylylyk berilmde hereketlendirijiniň temoeraturasynyň ýokarlanmagyny gaýtalanmadaky ortaça ýitgileriň üsti bilen kesgitlemekden durýar :

$$\Delta P_{ort} = \sum_{i=1}^m \Delta P_i t_i / t_g \quad (17.3)$$

bu ýerde  $\Delta P_i$  - i aralykdaky ýitgileriň kuwwaty;  
 $t_i$  - i aralygyň dowamlylygy ;  
 $m$  - gaýtalanmadaky aralyklaryň sany;  
 $t_g$  - gaýtalanma wagty.

Tapylan ortaça ýitgiler (gaýtalanmadaky) ylaýyk ýitgi bilen deňeşdirilýär, we eger  $\Delta P_{ort} \leq \Delta P_{nom}$  bolsa, onda temperaturasynyň ortaça ýokarlanmasy rugsat edilen bahadan ýokary däldir, ýagny

$$\tau_{ort} \leq \tau_{nom} = \tau_{rug}$$

Eger gaýtalanmadaky ortaça ýitgiler  $\Delta P_{ort} > \Delta P_{nom}$ , onda hereketlendiriji gereginden artyk gyzyp ; tersine,  $\Delta P_{ort} < \Delta P_{nom}$  şertde hereketlendiriji gyzmaklygy boýunça doly derejede ulanylmaýar. Bu ýagdaýlarda hökmany çyzgyda başga hereketlendiriji saýlap almaly,  $\Delta P = f(t)$  baglanyşygy täzedan gyrmaly we ýenede ortaça ýitgilerusuly boýunça hereketlendiriji barlamaly.

Temperaturanyň hakyky maksimal (iň ýokary) ýokarlanmasy ortaça ýokarlanmadan tapawutlanýar, ýöne  $t_{gaý} \ll T_{gyz}$  we  $q \cdot t_{gaý} > 4 T_{gyz}$  bolanda, bu ýerde  $q$  - gaýtalanma sany,

we diňe şu şertler ýerine ýetende ortaça ýitgiler usulyndan peýdalanma mümkin.

Şol ýagdaýda, haçanda gaýtalanmanyň dowamynda hereketlendirijiniň ýylylyk bermesi aralygyň böleklerinde dürledir, meselem, öz - özünden wentilýasiýalaşdyrylýan hereketlendirijiniň burç tizliginiň üýtgame ýagdaýynda, ortaça ekwiwalent ýitgiler şu indiki formula boýunça hasaplanýar

$$\Delta P_{ort.e} = \sum_{i=1}^m \Delta P_i t_i / \sum_{i=1}^m \beta_i t_i \quad (17.4)$$

bu ýerde  $\beta_i$  - i aralykda ýylylyk berilmäniň ýaramazlaşma koeffisiýenti, bu aralykdaky burç tizligiň bahasyna degişlilikde.

Takmynan ýylylyk berilmäniň ýaramazlaşma koeffisiýentiniň burç tizlige bolan baglylygyny göni çyzykly diýip hasap etmek bolar :

$$\beta = \beta_0 + (1 - \beta_0) \omega / \omega_{nom}$$

bu ýerde  $\beta_0$  - hereket etmeýän ýakordaky (rotordaky) ýylylyk berilmäniň ýaramazlaşma koeffisiýenti.

## **18. Ortaça ýitgiler usuly boýunça kuwwat hasabynyň tertibi**

1. Hereketlendirijiniň ýylylyk bermesiniň we burç tizliginiň hemişelik ýagdaýynda mehanizmiň ýük diagrammasy boýunça hereketlendirijiniň walyndaky ortaça kuwwaty hasablaýarys.
2. Dowamly üýtgeýän ýükde hereketlendirijiniň  $i = f(t)$  togunyň grafigi.



$$P_{ort} = \sum_1^m P_i t_i / t_g \quad (18.1)$$

öz - özünden wentilýasiýalaşdyrylýan hereketlendiriji ýagdaýynda aralyklardaky dürli burç tizliklerde

$$P_{ort.e} = \frac{\sum_{i=1}^m P_i \frac{\omega_{nom} t_i}{\omega_i}}{\sum_{i=1}^m \beta_i t_i} \quad (18.2)$$

Eger hereketlendiriji bagly däl wentilýasiýaly bolsa, onda (18.2)  $\beta_i=1$  diýip kabul edýäris. Mundan soň  $P_{ort.e}$  - ni ygtybarlylyk koeffisiýentini  $K_y = 1,1 \div 1,3$  köpeltýäris, ýagny hereketlendirijiniň ýük diagrammasynyň mehanizmiň diagrammasyndan tapawudyny hasaba alýar. Bildirýän dinamiki ýükleriň bar wagtynda (bular burç tizligiň üýtgemekligi bilen baglanyşykly)  $K_y$ -nyň uly bahalaryny almak hökmanydyr.

1) Alnan hasap kuwwatyň esasyndan katalog boýunça degişli hereketlendirijini saýlaýarys.

2) Dürli burç tizliklerde ýüküň funksiýasynda hereketlendirijiniň peýdaly täsir koeffisientiniň çyzygyny ýerleşdirip, ýük diagrammanyň her bir aralygy üçin kuwwat ýitgisini tapýarys we  $\Delta P = f(t)$  grafigi gurýarys.

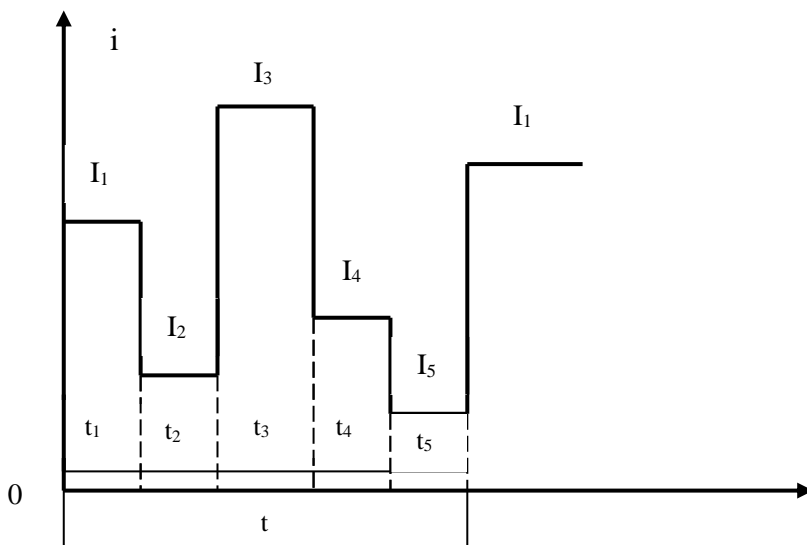
3) Deňleme boýunça gaýtalanmadaky ortaça ýitgileri hasaplaýarys, we olary ylaýyk baha bilen deňeşdirýäris :

$$\Delta P_{ort} \leq \Delta P_{yl} = P_{yla}(1 - \eta_{nom}) / \eta_{nom} \quad (18.3)$$

bu ýerde  $P_{yl}$ ,  $\eta_{nom}$  - degişlilikde ylaýyk kuwwat we hereketlendirijiniň peýdaly täsir koeffisienti.

Ýüke baglylykda peýdaly täsir koeffisientini kesgitlemekde kynlyk ýüze çykan ýagdaýynda, ýöne

hereketlendirijiniň sarp edýän togunyň grafigi bar bolan ýagdaýynda, saýlanan hereketlendirijiniň barlagy üçin ekwiwalent tokmusulyndan peýdalanmak bolar, Ekwiwalent tok - bu hereketlendirijide şol bir ýitgileri döredýän hemişelik bahaly tokdyr, ýagny onda akyp geçýän tok. 18.1-nji çyzgyda dowamly üýtgeýän ýükde  $i = f(t)$  grafigiň mysaly görkezilen



18.1-nji çyzgy. Dowamly üýtgeýän ýükde hereketlendirijiniň  $i = f(t)$  togunyň grafigi

Eger hemişelik toguň hereketlendirijisi ulanylýan bolsa, onda ondaky ortaça kuwwat ýitgisi, onuň  $I_e$  tok (ekwiwalent tok) bilen ýüklenen ýagdaýynda şu indikä deňdir:

$\Delta P_s = K$  - hemişelik ýitgileriň kuwwaty ;  $I_e^2$  - ýüke bagly bolan üýtgeýän ýitgiler.

(29)-a degişlilikde gaýtalanmadaky ýitgileriň ortaça kuwwaty şu indiki görnüşde hasaplanyp bilner:

$$\Delta P_{ort} = \frac{(\Delta P_1 t_1 + \Delta P_2 t_2 + \dots + \Delta P_n t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \quad (18.4)$$

Her bölekde kuwwat ýitgileri deňişlilikde hemişelik we üýtgeýän düzüjileriň üsti bilen çalşyp, alarys

$$K + I_e^2 R = \frac{t_1(K + I_1^2 R) + (K + I_2^2 R)t_2 + \dots + (K + I_n^2 R)t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \rightarrow \frac{+ (K + I_n^2 R)t_n}{+ t_n} \quad (18.5)$$

ýa-da

$$K + I_e^2 R = \frac{K(t_1 + t_2 + \dots + t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} + \frac{R(I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + I_n^2 t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \quad (18.6)$$

bu ýerden ekwiwalent tok

$$I_e = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n I_i^2 t_i}{tg}} \quad (18.7)$$

Umumy ýagdaýda toguň grafiginiň erkin görnüşinde

$$I_2 = \sqrt{\frac{1}{tg} \int_0^{tg} i^2(t) dt} \quad (18.8)$$

Öz-özünden wentilýasiýalaşdyrylýan hereketlendirijini we gaýtalanmanyň böleklerinde üýtgeýän tizligi ulanylan wagtynda (18.8) we (18.9)-de  $tg$  ýerine  $\sum_{i=1}^n \beta_i t_i$  goýmalydyr.

Ekwiwalent tok tapylandan soň, ony hereketlendirijiniň ylaýyk togy bilen deňeşdirýäris:  $I_e \leq I_{nom}$  bolanda

hereketlendiriji gymaklygy boýunça doly ulanylmak şertine jogap berýär.

Ekwiwalent tok usulynyň ýitginiň oýandyryja bagly dældigini çak edýändigini, polatdaky ýitgiler we mehaniki ýitgiler ýüke bagly dældigini hereketlendirijiniň esasy zynjyrynda garşylygyň henişelikligini (ýük grafigiň ählil böleklerinde) bellemek gerek.

Köplenç gymaklygy boýunça hereketlendirijiniň barlagy üçin esasn hem onuň öňünden saýlanan ýagdaýynda hereketlendiriji arkaly güýçlenýän kuwwatyň ýa-da momentiň grafiklerinden peýdalanmaly bolýar.

Üýtgemeyän magnit akymynda, haçanda hereketlendirijiniň momenti  $M=EI$  bolanda, hereketlendirijiniň barlagy üçin ekwiwalent moment usulyndan peýdalanysa bolar. Basgançakly grafik üçin ekwiwalent momenti şu indiki formula boýunça hasaplaýarys

$$M_e = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 t_i}{tg}} \quad (18.9)$$

Üýtgeýän ýylylyk berilmede (18.9)-da tg-niň ýerine  $\sum_{i=1}^n \beta_i t_i$  goýýarys. Ekwiwalent momenti hereketlendirijiniň ylaýyk momenti bilen deňeşdirýäris, ýagny ylaýyk magnit akymly işleýär. Mundan başga-da, bu usulyň hem ulanylmagy üçin hereketlendirijiniň hemişelik ýitgileriniň we aktiw gatşylyklarynyň üýtgemezlik şerti ýerine ýetirilmelidir.

Haçanda elektrik ýöretmäniň we mehanizmiň ýük diagrammasy hereketlendiriji arkaly güýçlendirilýän kuwwat grafigi boýunça berlen bolsa, onuň gymaklyk boýunça saýlawy we berlagy ekwiwalent kuwwat usuly boýunça geçirilip bilner, ýöne diňe tok bilen kuwwatyň arasynda göni baglanyşyk bar bolsa, ýagny  $\Delta P_s = \text{const}$  bolanda  $R = \text{const}$ ,  $\varphi = \text{const}$ ,  $\omega = \text{const} = \omega_{\text{nom}}$ .

Basgançakly grafik üçin ekwiwalent kuwwaty aşakdaky formula boýunça kesgitleýäris

$$P_e = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i^2 t_i}{tg}} \quad (18.10)$$

we hereketlendirijiniň ylaýyk kuwwaty bilen deňeşdirýäris, bu ýagdaýda  $P_e \leq P_{nom}$  bolmalydyr.

Ekwiwalent kuwwat usuly asinhron we sinhron hereketlendirijiniň gyzmaklyk boýunça barlagy üçin ulanylyp bilner, şeýle hem ylaýyk akymly we hemişelik ýa-da az üýtgeýän burç tizlikli işleýän bagly däl oýandyryjyly hemişelik toguň hereketlendirijilerinde ulanylyp bilner.

Ekwiwalent kuwwat usulyny üýtgeýän burç tizlik ýagdaýynda hem ulansa bolar. Bu ýagdaýda  $\omega_i$  burç tizlikdäki kuwwaty  $\omega = \omega_{nom}$  bolandaky ekwiwalent kuwwata getirmeli. Bu ýerde  $P_{ei} = P_i \omega_{nom} / \omega_i$  gatnaşygy ulanyp almaly. Bu ýagdaýda üýtgeýän tizlik we ýylylyk berme ýagdaýy üçin ekwiwalent kuwwatyň formulasy aşakdaky görnüşe geler.

$$P_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i \omega_{nom} / \omega_i)^2 t_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i t_i}} \quad (18.11)$$

Gyzmaklyk boýunça hereketlendirijiniň barlagy üçin ähli seredilen usullar (üýtgeýän ýükde) ýük diagrammanyň S1 ýagdaý üçin standart diagramma ekwiwalent öwürme usuly bolýandygyny bellemek gerek, ýagny bu ýagdaýda hereketlendiriji dowamly ýagdaýa niýetlenen. Bu usullar

boýunça (degişli çäklenmeler ýerine ýetirilende) dowamly ýagdaýyň hereketlendirijileri barlanyp bilner, ýagny S7, S8 we bulara meňzeş S3, S4, S5 ýagdaýda işleýänler. Has köp dürli taraply we takyk usul bolup, ähli seredilen usullaryň içinde orta we ekwiwalent ýitgiler usulydyr.

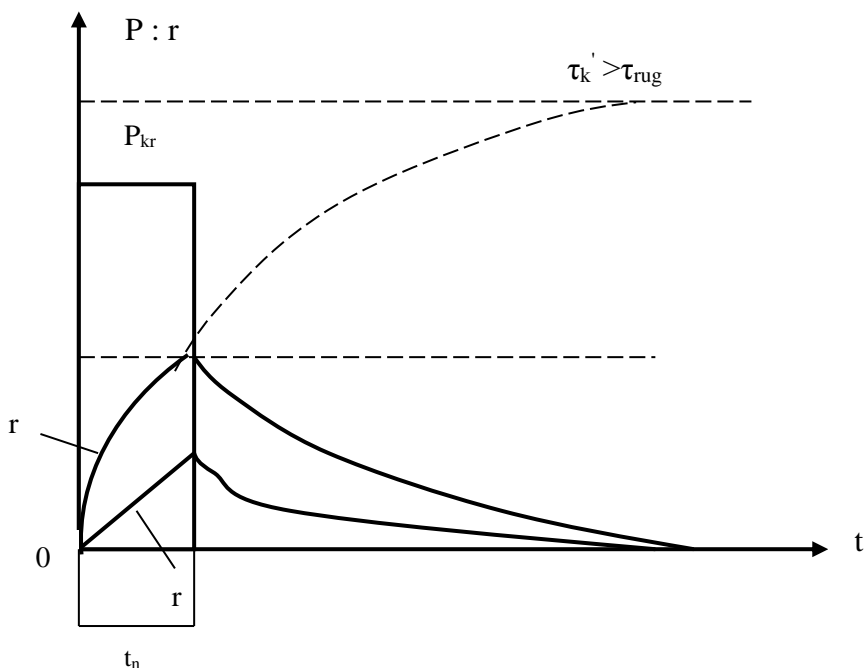
Eger ortaça ýitgiler we ekwiwalent toklar usuly diňe öňünden saýlanan hereketlendirijiniň gyzmaklyk boýunça barlagy üçin niýerlenen bolsa, onda ekwiwalent moment we kuwwat usullaryny mehanizmiň ýük diagrammasy boýunça hereketlendirijiniň öňünden saýlawy üçin ulanmak bolar (ýa-da hereketlendirijiniň inersiýa momentini hasaba almazdan gurlan ýönereý ýük diagramma boýunça), ýagny bu ýagdaýda hereketlendirijiniň momenti (kuwwaty) degişli statiki bahalara eýedir. Şeýle saýlaw orta kuwwat boýunça saýlawdan has takyk bolup durýar. Öňünden saýlaw şu formulalar boýunça amala aşyrylýar.

$$M_{nom} \geq K_{ygt} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_{si}^2 t_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i t_i}} \quad (18.12)$$

$$P_{nom} \geq K_{ygt} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{si} \omega_{nom} / \omega_i)^2 t_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i t_i}}$$

## 19. Gysga wagtly iş ýagdaýynda (S2) hereketlendirijiniň kuwwatynyň hasaby

Gysga wagtly iş ýagdaýynda hereketlendirijiniň iş grafigi 19.1-nji çyzgyda getirilen.



19.1-nji çyzgy. Gysga wagtly iş ýagdaýynda hereketlendirijiniň iş shemasy.

Bu ýagdaýyň kesgitlemesinden gelip çykyşyna görä hereketlendirijiniň temperaturasynyň ýokarlanmagynyň kadalaşmagy üçin onuň işiniň bir gaýtalanmasyna seretmek bilen çäklense bolar, ýagny aşakdaly deňlemede kesgitlenýär:

$$\tau = \tau_k (1 - e^{-t/T_g})$$

Eger  $P_{kr}$  kuwwatly dowamly ýagdaý üçin niýetlenen hereketlendirijini saýlasak, onda gysga wagtly ýagdaýda temperaturanyň ýokarlanmasy  $t_i$  - iş gaýtalanmanyň ahyryna çenli  $\tau_k$  - kadaly baha ýetip bilmez (çyzgy.21 1-egri çyzyk). Şonuň üçin bu ýagdaýda hereketlendiriji gyzmaklygy boýunça doly ulanylmaýar.

Berlen ýükde we berlen iş gaýtalanmanyň  $t_i$  wagtynda ýylylyk gatnaşykda az kuwwatly hereketlendiriji doly derejede ulanylar, bu ýagdaýda  $t_i$  wagtda temperaturanyň ýokarlanmasy  $\tau_{\text{rug}}$  deň bolar (19.1-nji çyzgy. 2-nji egri çyzyk). Bu ýagdaýda hereketlendiriji az wagtlaýyn artykmaç ýüklener we onuň üçin kadaly temperaturasy  $\tau_k^{1>} \tau_k = \tau_{\text{rug}}$  bolar. Artykmaç ýüklenme örän az  $t_0$ -da bolup buler.

$\tau_k$  we  $\tau_k$  arasyndaky gatnaşyk aşakdaky görnüşde tapylyp bilner

$$\varepsilon_k = \tau_k' (1 - e^{-t_i / T_{g.\text{ort}}}) \quad (19.1)$$

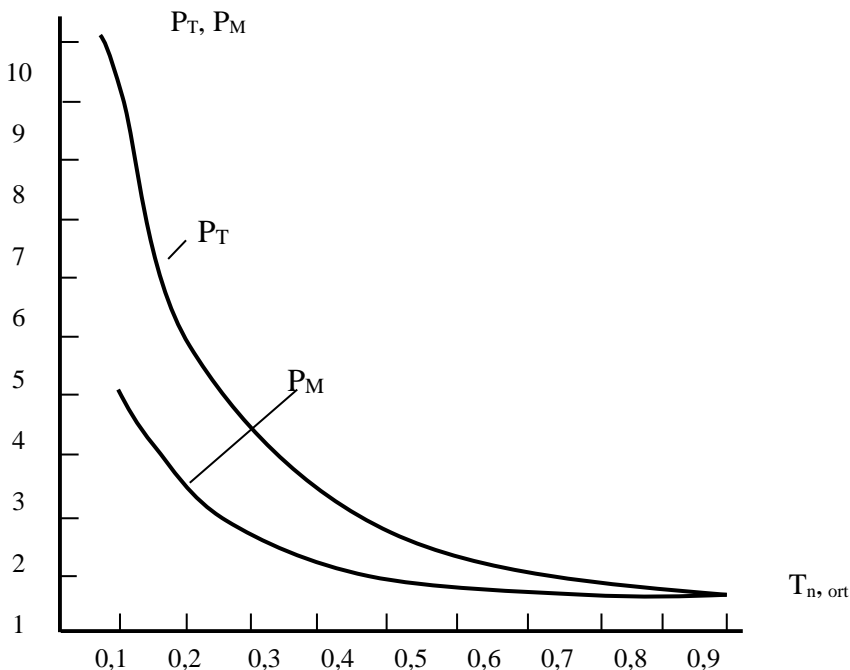
bu ýerde  $T_{g.\text{ort}}$  - gyzmaklygyň başky we ahyrky ýagdaýynda gyzmaklygyň hemişelik wagtyňyň ortaça bahasy,  $T_{g.\text{ort}} = (T_{g.\text{baş}} + T_{g.\text{ahyr}}) / 2$ ;  $\tau_k = \Delta P_{kr} / A$ ;  $\Delta P_{kr} - P_{kr}$  ýükde hereketlendirijide kuwwat ýitgisi.

Gysga wagtyly ýükdäki ýitginiň ylaýykdaka bolan gatnaşygy termiki artykmaç ýüklenmäniň koeffisiýenti diýip atlandyrylýar we aşakdaky görnüşde alnyp bilner (19.2).

$$P_t = \Delta P_{kr} / \Delta P_{\text{nom}} = 1 / (1 - e^{-t_i / T_{g.\text{ort}}}) \quad (19.1)$$

$P_t = f(t_i / T_{g.\text{ort}})$  baglanyşyk 19.2-nji çyzgyda görkezilen





19.2-nji çyzgy.  $P_t$  - ýylylyk koeffisiýentiniň we  $P_M$  - mehaniki koeffisiýentiniň (artykmaç ýüklenmede) işiň otnisitel wagtyna baglylygy.

Artykmaç ýüklenmäniň termiki koeffisiýenti boýunça artykmaç ýüklenmäniň mehaniki koeffisiýentini tapyp bolar, ýagny dowamly ýükde  $P_{kr}$  kuwwatyň  $P_{nom}$  ylaýyk kuwwata bolan gatnaşygy,  $P_M = P_{kr} / P_{nom}$

Hakykytdan-da,

$$P_t = \frac{\Delta P_{k.nom} + \Delta P_{v.nom} (P_{kr} / P_{nom})^2}{\Delta P_{k.nom} + \Delta P_{v.nom}} = \frac{a + P_m^2}{a + 1} \quad (19.2)$$

Bu ýerden

$$P_M = \sqrt{(1 + a)P_t - a} \quad (19.3)$$

bu ýerde  $a = \Delta P_{k.nom} / \Delta P_{v.nom}$  - ylaýyk ýükde hemişelik ýitginiň üýtgeýän ýüke gatnaşygy (19.3)-de (19.1)-daky  $P_t$ -niň bahasyny goýup alarys.

$$P_m + \sqrt{(1+a)/(1-e^{-t_i/T_{g.ort}})} - a \quad (19.4)$$

(19.4) formula we berlen  $a$  koeffisiýenr boýunça  $P_m$  mehaniki aşa (artykmaç) ýüklenmäniň koeffisiýentiniň  $t_i / T_{g.ort}$  işiň otnositel wagtyna baglylygyny gurmak bolar.

Hemişelik ýitgileri hasap etmän ( $a=0$ ), (19.3)-ni aşakdaky görnüşde ýazmak bolar:

$$P_m = \sqrt{P_t} = \sqrt{1/(1-e^{-t_i/T_{g.ort}})} \quad (19.5)$$

Eger ýük iş aralygynda (period) üýtgeýän bolsa, onda hasap formulalarynda  $P_{kr}$ -niň ýerine  $t_i$  wagtdaky ekwiwalent kuwwat girizilýär.

Gysga wagtly ýükde hereketlendirijiniň kuwwatynyň hasaby we ilaryň ulanylyşy (dýwamly ýagdaý üçin niýerlenen) rugsat berlen gyzmaklyk we artykmaç ýüklenmek boýunça öndürilýär, şeýle hem ylaýyk kuwwatlar aşakdaka deňdir:

$$P_{nom.ekw} = P_{kr} / P_t \quad (19.6)$$

$$P_{nom.max} = P_{kr} / K_r \quad (19.7)$$

bu ýerde  $K_r$  - hereketlendirijiniň rugsat berlen ýüklenme ukyplylygy.

$K_r$  - niň bahalary aşakda getirilen.

<u>Hereketlendirijiniň görnüş-i</u>	<u>K<sub>r</sub></u>
Hemişelik toguň hereketlendirijileri.....	2 - 2,5
Kadaly ýerine ýetirilişli gysga utgaşdyrylan rotorly asinhron hereketlendirijiler.....	1,7 - 2,2
Şonuň ýaly faza rotorly.....	2,0 - 2,5
Sinhron hereketlendirijiler.....	2,0 - 2,5

Ýük grafiğini  $i=f(t)$  ýa-da  $M=\varphi(t)$  görnüşinde berlende hasap formulalarynda  $P_{kr}$  kuwwatyň ýerine toguň ýa-da momentiniň deňişli bahalary girizilýär.

19.2-nji çyzygyda egri çyzyklaryň takyklamasyndan görnüş-i ýaly  $t_i / T_{g.ort} \leq 0,35$  we gyzmaklyk boýunça artykmaç ýüklenmede (rugsat edilen artykmaç ýüklenmede) mehaniki artykmaç ýüklenmäniň koeffisiýenti 2,5 deň bolar, ýagny hemişelik toguň hereketlendirijileri üçin çäge bolup durýar.

Asinhron hereketlendirijiler az artykmaç ýüklenmäni goýberýär; mundan başga-da, eger iýmitlendiriji setiň bolup biljek napryžaeniýesiniň peselmesi hasaba alynsa, onda ol has hem az bolar, şonuň üçin dowamly ýagdaý üçin niýetlenen we gysga wagtly iş ýagdaýda ulanylýan hereketlendirijiler rugsat edilen gyzmaklyk şertinden az hasaplanýlar, ýagny köp ýagdaýlarda ýylylyk gatnaşykda olar doly derejede ulanylmaýar. Gyzmaklyk boýunça  $t_i/T_{g.ort}$ -nyň uly däl bahalarynda hereketlendirijileriň has gowy ulanylmagy ýokarlandyrylan artykmaç ýüklenmeklik ukyby bilen tapawutlanýan ýörite ýerine ýetirilişli hereketlendirijileriň ulanylan ýagdaýynda bolup biler. Gysga utgaşdyrylan rotorly asinhron hereketlendirijiler hem uly işe goýberiliş momentine eýe bolmaly.

Gysga wagtly iş ýagdaýy üçin niýetlenen hereketlendirijiler 10, 30, 60 we 90 minut kadalaşdyrylan dowamly iş ýagdaýly görnüşinde öndürilýär. Şeýlelikde, bu ýagdaý üçin katalog boýunça saýlanan hereketlendiriji görkezilen wagtyň dowamynda ylaýyk kuwwat bilen ýüklenen bolup biler we ol gyzmaklygy boýunça doly derejede ulanylar.

Eger hereketlendirijiniň iş wagty katalogdakydan tapawutlanýan bolsa, onda hereketlendirijini gyzmaklygy boýunça doly derejede ulanylyp bolynjak  $P_{kr}$  tapyp bolar.

Ylaýyk ýükli we  $t_{i.kat}$  kadalaşdyrylan wagtly hereketlendirijiniň temperaturasynyň ýokarlanmagy:

$$\tau_{rug} = \frac{\Delta P_{nom}}{A} (1 - e^{-t_{i.kat}/T_g}) \quad (19.8)$$

bu ýerde  $T_g$  - gysga wagtly iş ýagdaýynda gyzmaklyk wagtyň hemişeligi  $t_i$  nakyky wagtyň dowamynda ylaýyk ýükden tapawutlanýan ýükli, temperaturanyň ýokarlanmasy

$$\tau_{ryg} = \frac{\Delta P_{kr}}{A} (1 - e^{-t_i/T_g}) \quad (19.9)$$

bu ýerde  $\Delta P_{kr}$  - ylaýykdan tapawutlanýan gysga wagtly ýükdäki ýitgiler.

Termiki artykmaç ýüklenmäniň koeffisiýenti :

$$P_t = \frac{\Delta P_{kr}}{\Delta P_{nom}} = \frac{1 - e^{-t_{i.kat}/T_g}}{1 - e^{-t_i/T_g}} = \frac{a + (P_{kr} / P_{nom})^2}{1 + a} \quad (19.10)$$

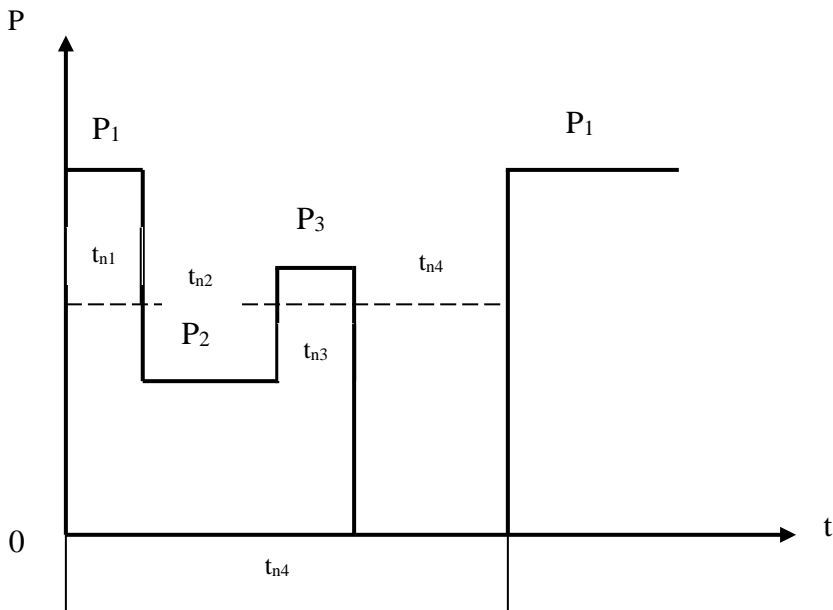
bu yerde

$$P_{kr} = P_{nom} \sqrt{(1 + a) \frac{1 - e^{-t_{i.kat}/T_g}}{1 - e^{-t_i/T_g}} - a}$$

Eger  $t_i < t_{i.kat}$ , hereketlendiriji rugsat edilen artykmaç ýüklenmä barlanan bolmaly.

## 20. Gaýtalanma - gysga wagtly iş ýagdaýynda (S3) Hereketlendirijiniň kuwwatynyň hasaby

Gaýtalanma-gysga wagtly iş ýagdaýyny häsiýetlendirýän köp basgançakly ýük grafigi 20.1-nji çyzgyda görkeäilen.



20.1-nji çyzgy. Gaýtalanma-gysga wagtly iş ýagdaýyny häsiýetlendirýän köpbasgançakly ýük grafigi.

Şunuň ýaly ýa-da has çylşyrymly grafigi (aýratynlykda S4, S5 ýagdaýlar üçin grafikler) formulany ulanyp ekwiwalent bir basgançakla getirip bolar.

$$P_e = \sqrt{\frac{P_1^2 t_{i1} + P_2^2 t_{i2} + P_3^2 t_{i3} + \dots P_n^2 t_{in}}{t_{i1} + t_{i2} + t_{i3} + \dots + t_{in}}} \quad (20.1)$$

Umumy ýagdaýda ýük grafigi hasap burç tiälikli iş bölekleri, saklanmalary, işe goýberiliş we duruzma bölekleri özünde jemläp bolar. Şeýle gtafigi hem aşakdaky formulany ulanyp bir basgançakla getirip bolar.

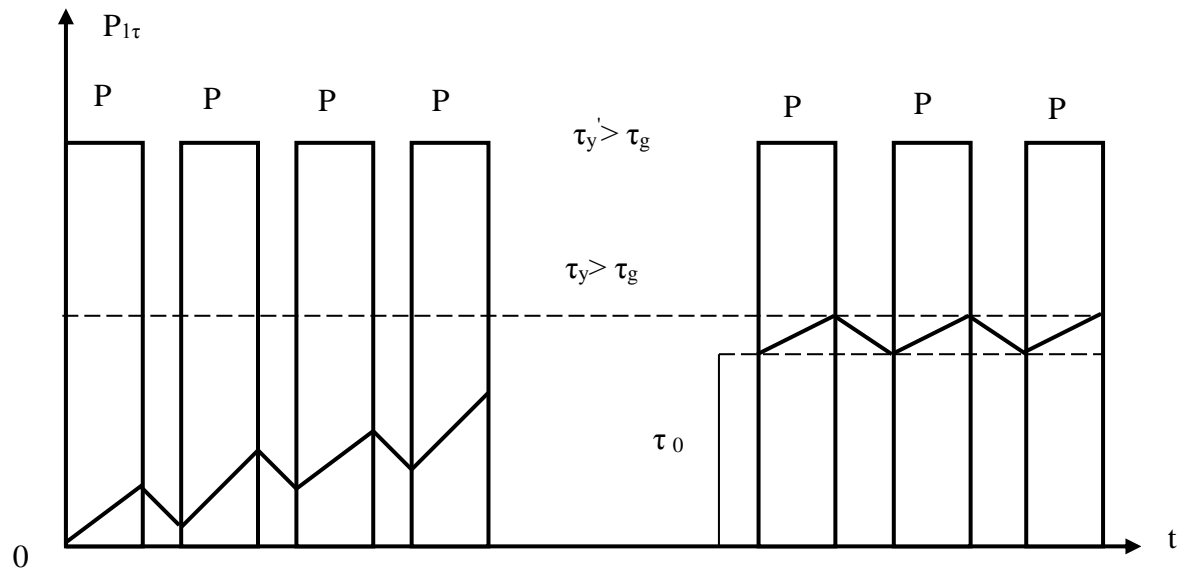
$$P_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i \omega_{nom} / \omega_i)^2 t_{i,i}}{\sum_{i=1}^n \beta_i t_{i,i}}} \quad (20.2)$$

$$t_{i,e} = \sum_{i=1}^m t_{i,i}; t_{o,e} = \sum_{q=1}^n t_{o,q}; PW_a = \frac{t_{i,e}}{t_{i,e} + t_{o,e}} \cdot 100\%$$

bu ýerde m - gaýtalanmadaky işçi bölekleriň sany;  
n - gaýtalanmadaky saklanmalaryň sany.

Şuna meňzeşlikde ekwiwalent ululyklaryň formulasyny ulanyp toguň we momentin grafikleri birbasgançakla özgerdilýär.

Bellenilişi ýaly, S3 ýagdaý üçin (bir basgançakly grafikli) işçi gaýtalanmalaryň we saklanmalaryň gezeleşmegi häsiýetlidir, şeýle hem olaryň dowamlylygy şeýle, ýagny hereketlendirijiniň temperaturasynyň ýokarlanmagy iş gaýtalanmadaky ýaly saklanmada hem kadaly baha baryp ýetmeýär.



20.2-nji çyzgy. Gaýtalanma-gysga wagtly iş ýagdaýyň sazlanan grafiginde elektrik hereketlendirijiniň temperaturasynyň üýtgemegi.

Ýöretmäniň işiniň başyndan yrgyldy gaýtalanmanyň ýeterlik daşlaşdyrylmagy üçin tempereturanýň ýokarlanmasy  $\tau_k = \tau_{\text{rug}}$  we  $\tau_0$  kadalaşdyrylýar. Gyzmaklyk we sowamaklyk wagtynyň hemişelikleriniň deň ýagdaýynda (bagly däl wentilýasiýalaşdyrylýan hereketlendiriji ýagdaýda) şeýle ýazmak bolar:

$$\tau_k = \tau_k^{\odot} (1 - e^{-t_i/Tg}) + \tau_o e^{-t_i./Tg} \quad (20.3)$$

$$\tau_0 = \tau_k e^{-t_0/Tg} \quad (20.4)$$

(20.3)-den  $\tau_0$  bahasyny (20.4)-de goýup alarys :

$$\tau_{yk} = \tau_k^{\odot} (1 - e^{-t_i/Tg}) + \tau_k e^{-(t_i+t_0)/Tg} \quad (20.5)$$

Bu ýerden çylşyrymly däl özgertmelerden soň PW-ε-ly gaýtalanma-gysga wagtydaky ýaly şol bir ýükde dowamly iş ýagdaýda hereketlendirijiniň artykmaç ýylylyk ýüklenmesiniň koeffisiýentini alyp bileris :

$$P_t = \frac{\tau_k^{\odot}}{\tau_k} = \frac{1 - e^{-(t_i+t_0)/Tg}}{1 - e^{-t_i./Tg}} = \frac{1 - e^{-t_i./Tg \varepsilon}}{1 - e^{-t_i./Tg}} \quad (20.6)$$

Bu ýerde  $\varepsilon$  - birleşdirmäniň otnositel dowamlylygy,  $\varepsilon$  -  $t_i$  ( $t_i + t_0$ ).

Dowamly iş ýagdaýy üçin niýetlenen, ýöne bir basgançakly grafikli gaýtalanma wagtyly ýagdaýda ulanylýan hereketlendirijileriň kuwwatynyň hasaby şu indikileriň esasynda amala aşyrylýar. Gaýtalanmanyň dowamynda ylaýyk temperatura ýokarlanmasynda hereketlendiriji boýunça berilýän ýylylygyň doly mukdary:



$$\Delta P_{nom} t_i + \Delta P_{nom} \beta_0 t_0 = (\Delta P_{knom} + \Delta P_{0nom}) \cdot (t_i + \beta_0 t_0) \quad (20.7)$$

Hereketlendiriji öçürilende saklanma döwründe ýitgiler bolmaýar, şonuň üçin dowamly ýagdaýda ylaýyk ýüke garanynda iş döwründe onuň ýüki ulanylyp biliner. İş döwründe hemişelik ýitgiler üýtgemeyär, üýtgeýän ýitgiler bolsa baha çenli artar.

$$\Delta P_0 = \Delta P_{g,nom} (I_{g.g.\omega} / I_{d,nom})^2 \quad (20.8)$$

bu ýerde  $I_{d,nom}$  - dowamly ylaýyk iş ýagdaýyndaky tok;  
 $I_{g.g.\omega}$  - gaýtalanma - gysga wagtly ýagdaýdaky tok.

Gaýtalanma döwründe hereketlendirijiden çykýan ortaça ýitgiler aşakdaky görnüşde bolar.

$$\Delta P_{ort} = [\Delta P_{k,nom} + \Delta P_{g,nom} (\frac{I_{g.g.\omega}}{I_{d,nom}})^2] t_i \quad (20.9)$$

Hakyky däl kadalaşan ýagdaýda haçanda tempereturanýň ýokarlanmasy  $\tau_{rug}$ . Ýetende gaýtalanma - gysga wagtly ýagdaýda hereketlendiriji arkaly çykýan ýylylyk mukdary we daşky ýagdaýa ýaýraýan ýylylyk mukdary aşakdaka deň, ýagny (20.9) we (20.8)-i deňlemeli:

$$(\Delta P_{k,nom} + \Delta P_{g,nom})(t_i + \beta_0 t_0) = [\Delta P_{k,nom} + \Delta P_{g,nom} (I_{g.g.\omega} / I_{d,nom})^2] t_i \quad (20.10)$$

ýa-da

$$(\Delta P_{k,nom} + \Delta P_{g,nom})[1 + \beta_0(1/\varepsilon - 1)] = \Delta P_{k,nom} + \Delta P_{g,nom} (I_{g.g.\omega} / I_{d,nom})^2$$

bu yerde

$$I_{d,nom} = I_{g.g.\omega} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon + \beta_0(1+a)(1-\varepsilon)}} \quad (20.11)$$

(20.11) boýunça dowamly ýagdaý üçin alnan tok saýlanan hereketlendirijiniň ylaýyk togy bilen deňeşdirilýär,  $I_{d,nom} \leq I_{nom}$  şertde hereketlendiriji gyzmaklyk boýunça geçýär.

Eger hemişelik ýitgiler hasaba alynmak we hereketlendirijiniň gymldysyz ýagdaýynda ýylylyk berilme ylaýyk burç tizlik üçin ( $\beta = 1$ ) bolandaky ýaly bolsa, onda

$$I_{d,nom} = I_{g.g.\omega} \sqrt{\varepsilon} \quad (20.12)$$

Hereketlendirijiniň kuwwatynyň hasaby üçin şuna meňzeş formulalar ýük grafigiň  $M=f(t)$  ýa-da  $P=f(t)$  berlen görnüşinde alynýar.

Ýük grafigiň çylşyrymly köp bölekli ýagdaýynda dowamly iş ýagdaý üçin niýetlenen hereketlendirijiniň gyzmaklyk boýunça barlagy we önünden saýlawy üçin adaty gaýtalanma - gysga wagtyly ýagdaýyň berlen grafiginiň dowamly ýagdaýyň standart grafigine özgerdilmesi amala aşyrylýar. Ýagny üýtgeýän ýükli dowamly iş ýagdaýda bolşy ýaly, ýöne bu formulalaryň maýdalawjylarynda saklanma wagtyny hasaba almak bilen ortaça ýitgileriň we ekwiwalent ululyklaryň usullary we formulalary ulanylýar. Gerek ýerinde, haçanda ýagdaýlar S4, S5 ýagdaýlara ýakyn bolanda - birleşdirmäniň, duruzmanyň uly sanynda ýa-da mehanizmiň uly inersiýa massalarynda, geçiş ýagdaýlaryndaky ýitgileri hem hasaba alynýar. Meselem, ortaça ýitgileriň formulasy aşakdaky görnüşe eýe bolar:

$$\Delta P_{ort.e} = \frac{\sum_{i=1}^m \Delta P_i t_{i,i} + \sum_{j=1}^k \Delta A_{g.y.j}}{\sum_{i=1}^m \beta_i t_{i,i} + \beta_0 \sum_{q=1}^n t_{oq} + \sum_{j=1}^k \beta_j t_{g.y.j}} \quad (20.13)$$

bu ýerde  $\Delta A_{g.y.j}$  -  $\beta_j$  ýylylyk berilmäniň ýaramazlaşma koeffisiýentiniň ortaça bahasynda  $t_{g.y.j}$  wagtyň içinde dowam edýän,  $j$  geçiş ýagdaýyndaky energiýanyň ýitgisi;

$k$  - gaýtalanmadaky geçiş ýagdaýlaryň sany.

Gaýtalanma-gysga wagtly iş ýagdaýy üçin artykmaç ýüklenmek ukyplylygyna we ýokarlandyrylan işe goýberiliş momentine eýe bolan ýörite hereketlendirijileri peýdalanmak amatly, ýagny olaryň gyzmaklygy boýunça ýokary derejede ulanmaklyga mümkinçilik berýär. Şeýle hereketlendirijiler kesgitli birleşdirme dowamlylygynda we gaýtalanma uzaklygynda kadalaşdyrylan ylaýyk kuwwatly çykarylýar. Gaýtalanma uzaklygynyň (kadalaşdyrylan uzaklygynyň) ýokarlanmasynda hereketlendirijiniň kuwwat hasaby dowamly ýagdaýdaky ýaly ýerine ýetirilýär (kataloglarda bu hereketlendirijileriň käbirinde dowamly ýagdaý üçin ylaýyk kuwwat görkezilýär, ýöne şeýle hereketlendirijileriň birnäçesi dowamly ýagdaýda boş işde hem işläp bilenok, ýagny hemişelik ýitgileriň köplügi artykmaç gyzýar).

PW esasy bahasy bolup köne seriýalar üçin  $PW=25\%$  ( $\varepsilon = 0,25$ ) we täze seriýaly hereketlendirijiler üçin  $40\%$  ( $\varepsilon = 0,4$ ) bolup durýar. Kataloglarda PW-niň dürli bahalary üçin hereketlendirijiniň ylaýyk kuwwaty getirilýär.

Eger  $\varepsilon$  birleşdirmäniň hasap dowamlylygy we hereketlendirijiniň talap edilýän (hasap) kuwwaty birmeňzeş ýük grafikde standart bahalar bolsa, onda hereketlendirijiniň kuwwat saýlawy kynçylykly bolmaýar. Gaýtalanma - gysga wagtly ýagdaýdaky PW standartdan tapawutlanýan üçin hereketlendiriji başga kuwwata eýedir, ýagny  $\varepsilon$  degişlilikde gözlenilýän kuwwatdaky ýitgiler ylaýyk kuwwatdaky ýitgilere deň bolýan dygyndan gelip çykýar, meselem  $P_{0,25}$  we  $\varepsilon=0,25$  bolanda, ýagny :

$$(\Delta P_k + \Delta P_{g,0,25})t_g \cdot 0,25 = (\Delta P_k + \Delta P_{g,0,25} \frac{P_{\varepsilon}^2}{P_{0,25}^2})t_g \varepsilon \quad (20.14)$$

bu ýerde  $\Delta P_{0,0,25} - P_{0,25}$  bolanda hereketlendirijidäki üýtgeýän ýitgileri (20.14)-den alarys :

$$P_{\varepsilon} = P_{0,25} \sqrt{(a_{0,25} + 1) 0,25 / \varepsilon - a_{0,25}} \quad (20.15)$$

bu ýerde:  $a_{0,25}$  -  $P_{0,25}$  ýükde hemişelik ýitgileriň koeffisiýenti,

$$a_{0,25} = \Delta P_k / \Delta P_{v0,25}.$$

$\varepsilon > 0,25$  bolanda  $P_{\varepsilon} < P_{0,25}$ ;  $\varepsilon < 0,25$  bolanda  $P_{\varepsilon} > P_{0,25}$ .

Hemişelik ýitgiler hasaba alynmasa (20.15) formula ýönekeýleşer:

$$P_{\varepsilon} = P_{0,25} \sqrt{0,25 / \varepsilon} \quad (20.16)$$

(20.16)-dan ýakynlaşan ýük grafiginden alnan (meselem, çyzgy.23 getirilen)  $\varepsilon$  otnositel birleşdirme dowamlylykly kuwwatyň täzeden hasaplamaklygyny jemlemek bolar

$$\varepsilon = t_i / t_g = (t_i + t_2 + t_3) / (t_i + t_2 + t_3 + t_0) \quad (20.17)$$

standart bahalara aşakdaky gatnaşyklaryň bizi boýunça amala aşyrylyp bilner:

$$\begin{aligned} P_{0,15} &= P_{\varepsilon} \sqrt{\varepsilon / 0,15}; P_{0,25} = P_{\varepsilon} \sqrt{\varepsilon / 0,25}; \\ P_{0,4} &= P_{\varepsilon} \sqrt{\varepsilon / 0,4}; P_{0,6} = P_{\varepsilon} \sqrt{\varepsilon / 0,6}; P_{1,0} = P_{\varepsilon} \sqrt{\varepsilon} \end{aligned} \quad (20.18)$$

bu bahalardan haýsysy PW standart baha has ýakyn bolsa şol saýlanýar  $\varepsilon$  we PW standartyň arasyndaky uly tapawutda formuladan peýdalanmak gerek.

Bölekleyin işe goýberlişli we elektrik duruzmaly gaýtalanma - gysga wagtly ýagdaý üçin (S5) kuwwat hasaby, haçanda işe goýberiş we duruzma ýitgileri hereketlendirijiniň gyzmaklygyna täsir edende, öňdäkä meňzeşlikde amala aşyrylýar, ýagny hereketlendirijidäki ýitgileri hasaba almak usuly boýunça.

Eger ähli ýitgiler hereketlendirijiniň özünde ýüze çykýan bolsa (medelem, gysga utgaşdyrylan rotory asinhron hereketlendirijiniň ýymitlendiriji sete birleşdirilen ýagdaýynda), onda birleşdirmeleriň rugsat berlen sanyny çäklendirýän hereketlendirijiniň ýokary derejeli aş gyzmaklygyna seredilýär. Bu ýagdaýda kuwwat hasaby (gyzmaklyk boýunça barlagy) birleşdirmäniň rugsat edilen ýygylgyny kesgitlemäge we onuň birleşdirmäniň talap edilen ýygylgy bilen deňeşdirmäge getirilýär.

## Edebiýat

1. Türkmenistanyň Konstitusíasy. 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 ruhubelent-ligiň 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-ýaşayyş 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» gazetini, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. G.Orazow, O.Gurbannazarow, I.Mamadaliýew. Elektrikenjamlardan amaly iş üçin gollanma, TPI, Aşgabat, 2007.
11. G.Orazow, I.Mamadaliýew.Elektrikenjamlary boýunça tejribe işleri. TPI, Aşgabat, 2003.
12. Блантер С.Г., Суд И.И. Электрооборудование нефтяной и газовой промышленности. М., Недра, 1971.

13. Ланген А.М, Красник В.В. Электрооборудование предприятий текстильной промышленности. М., Легпромбытиздат, 1991.
14. Липкин В.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. М., Высшая школа, 1973.
15. Хализев Г.П., Серов В.И. Расчет пусковых, тормозных и регулировочных устройств для электродвигателей. М., Высшая школа, 1966.

## Mazmuny

Sözbaşy	7
Giriş	9
1. Elektrik ýöretme we onuň bölekleri	10
1.1. Elektrik hereketlendirijileriň mehaniki häsiýetnamasy	12
2. Elektrik hereketlendirijileriň mehaniki häsiýetnamasynyň görnüşleri	15
2.1. Hemişelik elektrik akym maşynlarynyň mehaniki häsiýetleri	15
2.2. Parallel oýandyryjyly elektrik hereketlendiriji	16
3. Hemişelik elektrik akymynda işleýän parallel oýandyryjyly hereketlendirijiň duruzma ýagdaýyndaky mehaniki häsiýetnama	24
3.1 Hemişelik elektrik akymynyň yzygider oýandyryjyly ýöredijiň mehaniki häsiýetnamasy.	26
4. Hemişelik elektrik akymynyň yzygider oýandyryjyly ýöredijiniň duruzma ýagdaýyndaky mehaniki häsiýetnamalar	29
4.1. Asinhron ýöredijileriň mehaniki häsiýetnamalary	31
4.2. Hakyky we hyýaly mehaniki häsiýetnamalar	32
5. Sinhron ýöredijileriň mehaniki we burç häsiýetnamalary	36
5.1. Elektrik ýöretmäniň aýlanma tizligini sazlamak	39
6. Elektrik ýöretmede aýlanma tizligini sazlamagynyň esasy görkezijileri	39
6.1 Hemişelik elektrik akymynyň ýöredijisiniň tizligine sazlamak	42
7. Magnit meýdanyny üýtgedip hemişelik elektrik akymynyň hereketlendirijileriň aýlanma tizligini sazlamak	43
8. Asinhron elektrik hereketlendirijiniň aýlanma tizligini sazlamak	47
9. G – H ulgamynyň mehaniki häsiýetnamasy	51



9.1 Generator hereketlendiriji ulgamy durazmak	53
10. Elektrik maşyn güýçlendirijili generator hereketlendiriji ulgamyň elektrik ýöretmesi	57
10.1. Magnit güýçlendirijili sazlanýan elektrik ýöretme	59
11. Tyrpbma asinhron muftasy (duryzyjysy)	60
11.1. Sinhron aýlanýan ulgamy we oka bilelikde işleýän elektrik hereketlendirijileri (elektrik waly)	61
12. Elektrik ýöretmede goýberme we duruzma wagty	66
13. Elektrik ýöredijileriň kuwwatyny saýlamak	69
14. Hemişelik we üýtgeýän toguň elektrik ýöretmelerinde energiýanyň ýitgisi	79
15. Gysga iş ýagdaýynda elektrik hereketlendirijini saýlamak	90
16. Elektrik ýöretmeleriniň ýük diagrammalary	99
17. Dowamly iş ýagdaýynda (S1) hereketlendirijiniň kuwwatynyň hasaby	106
18. Ortaça ýitgiler usuly boýunça kuwwat hasabynyň tertibi	109
19. Gysga wagtly iş ýagdaýynda (S2) hereketlendirijiniň kuwwatynyň hasaby	119
20. Gaýtalanma - gysga wagtly iş ýagdaýynda (S3) hereketlendirijiniň kuwwatynyň hasaby	122
Edebiýat	131