

**TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

**O. Annaýew**

**ELEKTRIK APPARATLARY WE  
AWTOMATIKANYŇ  
ELEMENTLERI**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

**O. Annaýew**, Elektrik apparatlary we awtomatikanyň elementleri.

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby, Aşgabat – 2010 ý.

## SÖZBAŞY

Garaşsyz baky Bitarap Türkmenistan döwletimizde geljegimiz bolan ýaşlaryň dünýäniň iň ösen talaplaryna 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 “Türkmenis-tanda 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 dünýägaraýysly, 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 önünde goýulan wezipeleri üstünlikli durmuşa geçirmek üçin, energetika ulgamlarynda işlejek ýokary bilimli hünärmenleri dünýä derejesinde taýýarlamak esasy mesele bolup durýar.

“Elektrik üpjünçiligi” we “Senagat desgalarynyň we tehnologiýa toplumlaryň elektroherketlendirilişi hem-de awtomatlaşdyrylyşy” hünäri boýunça bilim alýan talyp ýaşlaryň Türkmenistanyň syýasy – ykdysady ösüşlerini göz önünde tutup, Watanymyzyň gülläp ösmegi, halkymyzyň hal – ýagdaýynyň gowulanmagy üçin ýokary derejeli hünärmenleri taýýarlamagy esasy bolup durýanlygy aýdyňdyr.

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

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

## GIRIŞ

Apparatlaryň elektrodinamiki hem-de gyzmaklyga çydamlylygy. Apparatlara täsir edýän elektrodinamiki güýçler. Ýönekeý ýagdaý üçin güýç hasaby. Apparatyň dinamiki durnuklylygy. Apparatyň gysga, gaýtalanyp durýan gysga wagtda hem-de dowamly işleýişinde gyzmagy. Apparatyň gysga birleşme halyndaky gyzmasy. Agzalan iş durky ýagdaýynda apparatyň dürli bölekleriniň çäklendirilen gyzyş temperaturasy. Apparatyň gyzgynlyga durnuklylygy.

Elektrik kontaktlary. Kontaktlarda geçiş garşylyklar we olaryň dürli ýagdaýlara baglylygy. Kontaktlaryň iş durky (çatylanda, ýapyk ýagdaýy, açyk ýagdaýy). Kontaktlaryň zaýalanmagyny azaltmak usullary. Kontakt gurnawy we onuň materialy. Magnitli dolandyrylýan kontaktlar-gerkonlar, işleýiş prinsipi, häsiýeti.

Elektrik apparatlary diýip – öý hojalygynda önümçilikde energetikada ulanylýan gurnamalaryň her dürli ornan giň görnüşleridir.

Elektrik apparatlary bu elekttrik zynjyryny birikdirmek we ýazdyrmak, barlag, olceg, gorag yaly funksiýalary ýerine ýetirmek bilen,elektroenergiýany sarp edýan, paýlaýan, özgerdýan we geçirýan desgany sazlamak we dolandyrmak üçin niýetlenen elektrotehniki gurnamadyr.

Elektrik apparatlaryny işleýiş prinsipine baglylykda haýsy maksatlara nietlenendigine göre, haýsy şertlerde ulanylýandygyna göre, ulanylýan toguň görnüşüne göre konstruktiv aýratynlyklaryna, parametrlere baglylykda hasiýetlerine göre birnäçe uly toparlara bölünýär.

1.Komutasiýa apparatlary elektrik zynjyryny birikdirijiler we ýazdyrjylar bolup bulara rubilnikler, ýazdryjylar, uly we pes potensiýal ýazdyrjylar, ýolujylary (otdelitel), gysga birleşdirijiler, awtomat we awtomat däl rubilnikler, pereklyuçatel, awtomatlary goşmak bolar.

2.Gorayjy apparatlar - elektrik zynjyryny aşa ýükden we gysga utgaşma togundan goramak üçin nietlenendir.Bulara pes we yokary potensýial ereýji goraýjylary degişlidir.

3.Çäklendiriji apparatlary - reaktor, bu apparat gysga birleşmede tok ululygyny çäklendirmek üçin we potensýial yokarlanmasyny çäklendiriji razrýadnikler.

4.Göýberiji (pusk sazlaýjy) apparatlar - elektrik maşynlaryny işe göýbermekde, olaryň aýlawyny sazlamakda, toguny we potensýialyny üýtgetmekde ulanylyar.Bu topara kontaktorlar, (puskateller) göýberijiler,güýç we komanda kontroller, reostatlar degişlidirler.

5.Gözegçilik ediji apparatlar berilen.elektrik we elektrik dal parametrlere gözegçilik etmek üçin niyetlenendir. Bulara releler we dürli hilli datçikler degişlidir.

6.Ölçeg apparatlary (apparaty ölçemek üçin). bu apparatlar ölçeg abzallaryny uly tokly we uly potensýally linýalardan üzne saklamagy üpjün edýar. Bu topara toguň transformatorlaryny potensýal transformatorlaryny hem-de kondensatorly potensýal bölüjilerini goşmak bolar.

7.Sazlayjy apparatlar. Bu apparatlaryn işi öňünden göz öňünde tutulan ululyklary berlen programma boyunca yerine yetirmekdir. Potensýal, tok, temperatura,aylanma hereketi we başgada parametrleri üýtgöwsiz saklanmalydyr. Elektrik apparatlaryny iş prinsipi boýunça kontakly we kontaktsyz toparlara bölmek bolar.Kontaktly apparatlaryn kontaktlary bolup, ugrukdyrylyan zynjyry kontaktlar arkaly birikdirmek we yazdyrmak bilen tasir edyar.Kontaktsyz apparatlaryn birikdiriji kontaktlary bolmayar,bular öz elektrik parametrlerini üýtgetmek arkaly tasir edyar.Kontaktly apparatlar awtomat we awtomat däl bolup bilerler.Awtomat - bu maşynyň ya-da zynjyryn berilen iş režimine gora herekete gelmegidir.Awtomat däl bolsa dine operatoryn tasiri bilen iş düzgünine girizilyar.

# 1. Elektrik apparatlary

## Umumy düşüňjiler

Elektrik apparaty ýagdaýy üýtgetmek, durnuklylygy saklamak, sazlamak ýaly funksiýalary ýerine ýetirmek bilen elektrik, mehaniki we beýleki ýükleri ulanylýar.

Elektrik apparatlaryny birnäçe häsiýetlere görä toparlara bölýärler : işleýiş prinsipine baglylykda, haýsy maksatlarda ulanylýandygyna gorap, haýsy şertlerde ulanylýandygyna gorap, ulanylýan togyň görnüşini gorap, konstruktiw aýratynlyklaryna gorap we başgalar.

Haýsy maksatlary göz önünde tutýandygyna baglylykda elektrik apparatlary aşakdaky ýaly uly toparlarda bölünýärler :

Paýlaýjy serişdelerindäki kommutasivaly apparatlar. Kommutasiýalaryň sözi bolup üýtgetme manyny aňladýar. Kommutasiýa (üýtgetme) endigan ýa-da basgançakly bolýar. Basgançakly kommutasiýa elektrik zynjyry çatylanda ýa-da ýazdyrylanda bolup geçýär. Elektrik zynjyrynda togyň endigan kommutasiýasy dürli güýçlendirijileriň (usulýetleriň) dolandyryjy signallarynyň üýtgemeginde bolup geçýär.

Basgançakly apparatlar hataryna rubilnikleri, paketli ýazdyryjylary, ýük ýazdyryjylaryny, ýokary potensial ýazdyryjylaryny, ara açyjylaryny, ýolujularyny, gysga birleşdirijilerini, awtomatik ýazdyryjylary we ereýji-goraýjylary goşmak bolar.

1. Çäklendiriji apparatlar. Bu apparatlar gysga birleşmede tok ululygyny çäklendirýärler we potensial ýokarlanmasyny çäklendirýärler.
2. Goýberiji apparatlar, Bu apparatlar elektrik maşynlaryny işe goýbermekde, olaryň aýlawyny sazlamakda, toguny we potensialyny üýtgetmekde ulanylýarlar.

3. Gözegçilik ediji apparatlar. Bu topara releler hem-de dürli hili datçikler girýär.
4. Ölçeg apparatlary. Bu apparatlar ölçeg abzallaryny uly tokly hem-de uly potensiýally liniýalardan üžne saklamagy üpjün edýär. Bu topara togyň transformatorlaryny, potensiýal transformatorlaryny hem-de kondensatorly potensiýal bölüjilerini goşmak bolar.
5. Sazlaýjy apparatlar. Bu apparatlaryň ýerine ýetirmeli işleri önünden göz önünde tutulan ululyklary berlen programma boýunça ýerine ýetirmekdir. Potensial, tok temperatura, aýlaw hereketi we başgalary üýtgöwsiz saklamaly.

## **2. Magnit birlikleri (ululyklary)**

Magnit akymy (magnit induksiýasynyň akymy).

Magnit akymynyň birligi hökmünde Weber ýa-da Wolt-sekund ölçegi ulanylýar.

Weber ( $B_\delta$ ) –magnit akym birligi bolup, egerde şu ululykdaky magnit akymy kontury kesip geçýän ýagdaýynda 1 sekunt aralygynda peselip nula ýetende konturda 1 Wolt e.h.g ýüze çyksa, şonda magnit akym ululygy 1  $B_\delta$  diýip hasaplanylýar.

Akym ilteşigi  $\psi$  diýip, magnit akymy sargynyň kesekesiginden geçendäki akymyň sargy sanyna köpeltmek hasylyna aýdylýar :  $\psi = \phi \cdot w$ .

Magnit induksiýasy  $B$ . Induksiýa birligi aşakdaky ýaly aňlatmada kesgitlenilýär

$$B = \frac{\phi}{S} \quad (2.1)$$

bu ýerde:  $S$  – magnit akymynyň kesip geçýän meýdany,



Bu birlige  $1\text{m}^2$  meýdana düşýan magnit akymy  $\frac{B\delta}{m^2}$ , ýa-da başgaça tesla diýilýär

$$(T_l = \frac{B\delta}{m^2}) \quad (2.2)$$

Tesla diýilip birsyhly ululygy 1 Bδ bolan magnit akymy meýdany  $1\text{m}^2$  bolen tekizligi perpendikulýar ýagdaýda kesip geçendäki döredip biljek induksiýasyna aýdylýar.

Magnit meýdanyň dartgynlygy H. Aşakdaky ýaly aňlatmada kesgitlenilýar.

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad (2.3)$$

bu ýerde: I – semiň üstünden geçýän tok ululygy, A;  
r – tokly simden daşky aralyk, m.

Bu ululyga  $(\frac{A}{m})$  magnit dartgynlyk birligi diýilýär.

$(\frac{A}{m})$  ululygyň ölçenşi şeýle: Eger-de göni tükeniksiz uzyn simden  $4\pi$  amper ululygy bolan tok akdyrylanda, şol simden  $2m$  daşlykda döreýän magnit täsirine magnit dartgynlygy diýilýär.

Magnit hereketlendiriji güýç (m.h.g) ýa-da magnitlandyryş güýç F.

$$F = Iw \quad (2.4)$$

bu ýerde: I – tok güýji, A;  
w – sargy sany

Eger-de bu aňlatmada tok güýji  $I = 1\text{A}$ ,  $w=1$ , diýsek, onda m.h.g. birligi amper (A) hasabynda bolar. Bu birlige Amper ýa-da Amper-sarymy diýilýär.

### Induktivlik L

$$L = \frac{\psi}{I} \quad (2.5)$$

bu ýerde:  $\psi$  – akym ilteşigi (kontur bilen), haçanda konturdan I tok akanda. Eger bu ýerde  $\psi = 1\text{B}\delta$ ,  $I = 1\text{A}$  diýip hasap etsek, onda induktiwligiň ölçegi  $\frac{B\delta}{A}$  bolar. Bu ululyga ( $\Gamma\text{H}$ ) diýip atlandyrylýar.

Egerde akym ilteşigini (B·sek) görnüşde alsak, onda induktiwligile şeýle kesgitleme berse bolar :

Eger konturda tok ululygy 1 sek wagtda 1A üýtgände ol konturda 1 Wolt e.h.g. ýüze çyksa, onda konturyň 1Gs induktiwligi bar diýip hasap edilýär.

Häzirki wagtda edebiýatlarda CFCM ölçegleri giň ýaýranlygyny göz önünde tutup 2.1-nji tablisada CU ölçegi bilen arabaglylyk getirilýär.

2.1-nji tablisa

Ululykla r	Ölçeg birlikler MKCA (CИ)	Ölçegi	CFCM bilen baglylyk
1	2	3	4
Magnit induksiýasynyň akymy ( $\Phi$ )	Webep (Bδ)	B·sek	$1\text{B}\delta=10^8\text{Mks(M}$ akswel)
Magnit induksiýasy (B)	Tesla (Ta)	B·sek/ $\text{m}^2$	$1\text{Tl}=10^4\text{Gs}$
M.h.g. (F)	Amper (A)	A	$1\text{A}=4\pi \cdot 10^{-1} \text{Gb}$ (Gilbert)

Magnit dargynlygy (H)	Amper metr	$\frac{A}{m}$	$\frac{A}{1\ m} = 4\pi \cdot 10^{-3}\ e$ (Ersteg)
Induktiwlilik	Genri (Gn)	$\frac{B \cdot sek}{A}$	$1\ Gn = 10^9 Sm$ (Simens)

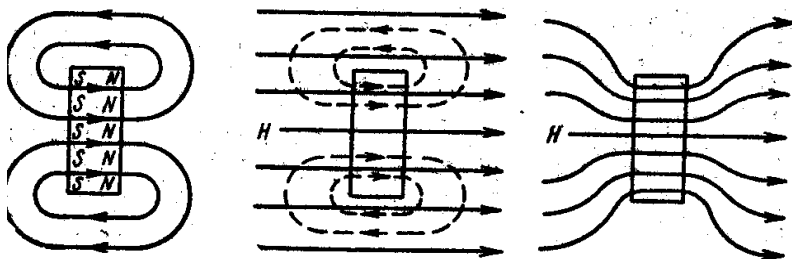
Magnit hemişeligi  $\mu_0$  induksiýasynyň magnit dargynlygyna bolan gatnaşygy

$$\mu_0 = \frac{B}{H} \quad (2.6)$$

şunlukde fiziki hemişeligi aňladýar, ululygy boýunça

$$\mu_0 = \frac{B}{H} = 4\pi \cdot 10^{-7} \left[ \frac{B\delta}{m^2} \cdot \frac{m}{A} \right], \quad \text{ýa-da} \quad \left[ \frac{Gn}{m} \right] \quad (2.7)$$

Magnitlanmadyk jisimde molekulýar toklar (elektronlaryň hereketi we olaryň şpinleri) elementar magnit dipollaryny döredýärler, olar bitertip ýagdaýda bolup özara täsiri netijesinde öz-özini ýok edýärler. Eger olary (dipollary) bir ugra gönükdirseň, onda olar magnit meýdanyny dörederler hem-de hemişelik magnita meňzeş bolarlar (2.1-nji ,a çyzygy).



2.1-nji çyzygy. Ferromagnit daşky magnit täsirinde.

- a) molekulýar toklaryň mahnit meýdany;
- b) molekulýar toklada daşky magnit meýdany;
- ç) netijeýji meýdan (akym).

Eger agzalan jisim  $H$  magnit dartgynlykly daşky meýdan täsirinde bolsa (2. 1-nji, b çyzgy), onda jisimiň öz meýdany daşky meýdan bilen goşulyşyp jisimiň içinde magnit dykzlygyny artdyrar. Şeýle ýagdaýda induksiýa wektoryny iki wektoryň jemi ýaly edip görkezmek bolar.

$$B = \mu_0(H + J) \quad (2.8)$$

bu ýerde:  $H$  – daşky magnit dartgynlygy;  
 $J$  – magnitlanýş, ýagny dipol magnit dartgynlygy.

Köplenç  $H$  we  $J$  parallel ýa-da antiparallel bolýarlar. Şeýle ýagdaýda skalýar ululyga geçmek mümkin. Egerde (2.8) aňlatmanyň iki tarapynda  $H$  ululyga bölsek

$$\frac{B}{H} = \mu_0 \left(1 + \frac{J}{H}\right) \quad (2.9)$$

Magnit induksiýasynyň daşky magnit meýdanynyň dartgynlygyna bolan gatnaşygyna jisimiň absolýut magnit ötgürligi diýilýär we köplenç ýagdaýda görnüşikde belleýärler

$$\mu_a + \mu \cdot \mu_0 + \frac{B}{H} \quad (2.10)$$

bu ýerde:  $\mu$  – otnositel magnit ötgürlük, özen bolsa ölçeg birligi ýok (atsyz), onda, san ululygy birlik sistema bagly däl (2.11) aňlatmadan görnüşine görä otnositel magnit ötgürligi birlik sandan kiçi ýa-da uly bolup bilmegi mümkin.

$$\mu + 1 = \frac{J}{H} , \quad (2.11)$$

Bu ýagdaý dipol magnit dartgynlygy bilen daşky magnit meýdanynyň dartgynlyklarynyň parallel ýa-da antiparalleldiklerine bagly bolup durýar.

Ähli materiallar otnositel magnit ötgürligine baglylykda üç synpa (topara) böpünýärler :diamagnit materillar ( $\mu < 1$ ), paramagnitler ( $\mu > 1$ ) we ferromagnitler ( $\mu \gg 1$ ). Elektromagnit elementleri, biziň gelejekde garajak meselelerimizde hemmesi ferromagnit materiallaryna degişlidir.

### **3. Magnit hasaplamalary barada umumy düşünje**

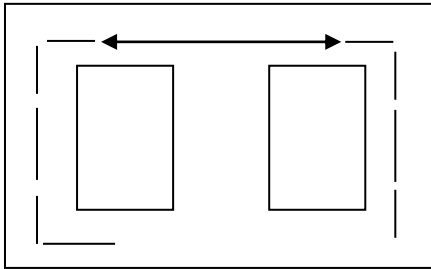
Boşluk bilen deňeşdirilip alnanda ähli jisimler diamagnitlere hem-de paramagnitlere bölünýärler. Eger magnit ötgürligi boşlugyň magnit ötgürliginden kiçi bolsa, ol hilli jisimlere diamagnitler diýýärler, tersine, jisimiň magnit ötgürligi, boşlugyň magnit ötgürliginden uly bolsa, ol hilli jisimlere paramagnitler diýýärler.

Paramagnit jisimleriniň içinde ferromagnitler aýratyn uly orun tutýarlar. Şeýlelikde magnit akymy umuman başlygyň, diamagnitiň ýa-da paramagnitiň üstünden geçip birleşýärler. Iş ýüzünde bolsa diňe iki sreda bilen çäklenilýär – howa hem-de ferromagnit, sebäbi ferromagnitleri göz önümizde tutanymyzda diamagnitleriň we paramagnitleriň magnit ötgürligi howa boşlugynyň magnit ötgürligine deňdir. Şonuň üçin bolsa gelejekde howa hem-de polat demri bilen iş salyşarys.

Magnit akymy bilen magnit hereketlendiriji (m.x.g.) güýjüniň arasyndaky analitik baglanşyk Kirgofyň iki kanunynyň esasynda amala aşyrylýar.

3.1-nji çyzgydan görnüşi ýaly “a” we “b” nokatlarynda Kirgofyň I kanuny esasynda magnit akymalarynyň algebraik jemi nula deň.

$$\Sigma \phi = O \quad (3.1)$$



3.1-nji çyzgy.

“a” nokat üçin

$$\phi + \phi_1 + \phi_2 = O$$

$$\phi = -(\phi_1 + \phi_2)$$

bu ýerde:  $\Phi$ ,  $\Phi_1$  we  $\Phi_2$ -magnit akymalary, (B·δ)

Kirgofyň ikinji kanunynyň üsti bilen ýagny, magnit çökündi (hereket ýolunda) onuň m.h.g. deňdir,

$$\oint \phi dR_m = I w_l \quad (3.2)$$

bu ýerde:  $\oint \phi dR_m$  - magnit çökündi, A ;

$I_w$  – magnit hereketlendiriji güýji, A;

$l$  – magnit akymynyň ýoly, m.

Eger, magnit ýoly birsyhly bolsa, onda  
 $\phi_l dR_m = R_m$ , şeýlelikde

$$\phi R_m = Iw \quad (3.3)$$

Magnit zynjrlarynda hasap geçirilende Kirgofyň ikinji kanunyny köplenç halatlarda doly tok kanuny görnüşinde aňladýarlar.

$$H_1 l_1 = H_2 l_2 = \dots + H_n l_n + Iw, \quad (3.4)$$

bu ýerde:  $H_1, H_2 - 1, 2$  we beýleki aralyklardaky magnit dartgynlygy;

$l_1, l_2 -$  bölüm aralyklarynyň uzynlygy, m, sm;

$H_1 l_1, H_2 l_2 - 1, 2$  we beýleki aralyklardaky magnit naprýeženiýesi.

Eger magnit zynjry birsyhly bolsa, onda (4) aňlatmany özgerdip aňlatmak bolar.

$$Hl + Iw \quad (3.5)$$

(3.3) we (3.5) aňlatmalardan

$$\phi R_m + Hl \quad (3.6)$$

Kä halatlarda (3.3) aňlatmany aşakdaky görnüşde getirýärler :

$$\phi = \frac{Iw}{R_m} \quad (3.7)$$

Ýa-da (3.6) aňlatmany ulanyp

$$\phi = \frac{Hl}{R_m} \quad (3.8)$$

bu ýerde:  $R_m$  – magnit ýolynyň magnit garşylygy.

$$R_m = \frac{l}{\mu \cdot S} \quad (3.9)$$

bu ýerde:  $\mu$  – magnit ötgürlük, (gn/m),  $\left[ \frac{G}{m} \right]$ ;

$S$  - magnit ýolynyň kese - kesigi,  $m^2$

Başgaça ,

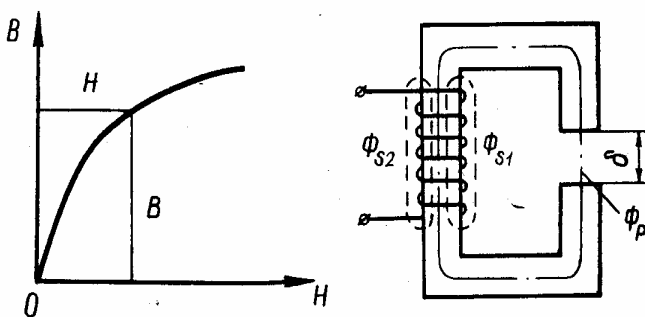
$$R_m = \frac{Hl}{B \cdot S} \quad (3.10)$$

(3.7) aňlatma görnüşi boýunça elektrik zynjyry üçin Omuň kanunyny ýa-da salýar.

$$I = \frac{E}{R} \quad (3.11)$$

Ýagny bu ýerde tok mahnit alymynyň analogiýasyny, m.h.g e.h.g.,  $R$  magnit garşylygynyň analogiýasyny berýärler.

Ferromagnit materiallary üçin magnit induksiýasy bilen ( $B$ ) magnit dartgynlygynyň  $H$  özara baglylygy materialyň başlangyç magnitlanýş egrisi esasynda alynýar (3.2-nji çyzgy)



3.2-nji çyzgy.

bu ýerde:  $H$  – magnit meýdanynyň dartgynlygynyň, A;



$B$  – magnit meýdanynyň inguksiýasy, Tл  $\frac{B\delta}{m^2}$

Howa aralygy üçin  $B + \mu_0 H$

bu ýerde:  $\mu_0$  – howanyň magnit ötgürligi.

Magnit hasaplamalarynda kä halatda howa boşlugynyň üstünden geçýän işçi magnit akymyndan ( $\Phi_\delta$ ) başga-da serpigen magnit akymalaryny ( $\Phi_{S1}$  we  $\Phi_{S2}$ ) hem göz önünde tutmaly bolýar.

#### **4. Elektromagnit mehanizmleriniň durnukly (statika) çekiş güýji**

Elektromagnit mehanizmleriniň durnukly çekiş güýji diýip elektromagnit çekiş güýjüniň howaň aralygyna ýa-da öwrüm burçyna baglylykdaky üýtgemegine aýdylýar, onda

$$F + \varphi_1(\delta) ; M + \delta_2(\alpha) \text{ haçanda } Iw + \text{const} \quad (4.1)$$

$$F = f_1(Iw) ; M = f_2(Iw) \text{ haçanda } \delta = \text{const} ; \alpha = \text{const} \quad \text{ýa-da} \quad (4.2)$$

bu ýerde:  $F$  – çekiş güýji, H (N);

$M$  – aýlaýjy moment, Hm ;

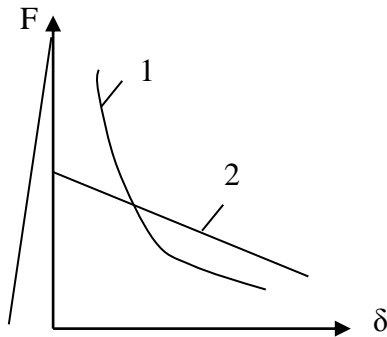
$\delta$  – howa aralygy, m ;

$\alpha$ - ýakoryň burç öwrümi, radian;

$Iw$  – m.h.g. , A.

Ýokarda getirilen ululyk baglanşyklarynyň häsiýetleri ýakoryň hereketsiz ýagdaýynda ölçenilip alynmalydyrlar ýa-da bolmasa onuň tükeniksiz (gutarnyksyz) ýuwaş hereketinde ölçenmelidir.

Elektromagnitiň durnukly çekiji güýjüniň häsiýetini 1-de getirilen çyzgydaky ýaly göz önüne getirmek bolar.



4.1-nji çyzgy.

1-nji egri hemişelik togyň elektromehanizminiňki,  
2-nji egri bolsa, üýtgeýän togyň elektomehanizminiňki.

Iki sany magnitlemen ferromagnit jisimleriň arasyndaky çekiş güýji Makswelliň formulasy bilen aşakdaky ýaly kesgitlenilýär.

$$F = \frac{\Phi^2}{8\pi S} \quad (4.3)$$

bu ýerde:  $F$  – çekiş güýji;  
 $\Phi$  – magnit akymy, Mks;  
 $\pi$  – 3,14;  
 $S$  – magnit geçirijiniň kese-keseği,  $\text{sm}^2$ .

4.3-nji formula peýdalanylanda haýsy tok görnüşi ulanylýandygyna seresap bolmaly.

## 5. Hemişelik we üýtgeýän tok

### Hemişelik tok

Hemişelik tok ulanylanda formula (4.3) kilogramm hasabynda aşakdaky ýaly görnüşi olar:

$$F = 4,06 \cdot 10^8 \frac{\phi_{\delta}^2}{S} \quad kg \quad (5.1)$$

bu ýerde:  $\Phi_{\delta} [B_{\delta}]$ ;  $S - [sm^2]$       ýa-da  $\phi_{\delta} = \frac{\phi}{\tau}$  ;

$$F + 4,06 \cdot 10^8 B_{\delta}^2 \cdot S \quad kg, \quad (5.2)$$

bu ýerde:  $\tau$  – serpigme (dargama) koeffisiýenti;

$B_{\delta}$  – iş (howa) aralygyndaky induksiýa,  $\frac{B_{\delta}}{m^2}$

### Üýtgeýän tok

Eger  $\Phi_t$  – göz açyp-ýumasy salymdaky magnit akymy diýip hasap etsek onda,

$$\Phi_t = \Phi_m \sin \omega t \quad \text{bolar.}$$

bu ýerde:  $\Phi_m$  – magnit akymynyň amplitudasydyr (max bahasydyr). Onda,

$$F_t = 4,06 \cdot 10^8 \frac{\phi_t^2}{S} \quad kg$$

ýa-da

$$F_t = 4,06 \cdot 10^8 \frac{\phi_m^2 \sin^2 \omega t}{S} \quad \text{kg} \quad (5.3)$$

4.6.formula çekiş güýjiniň göz açyp-ýumasy salymdaky ululygyny görkezýär, iş ýüzünde bolsa, çekiji güýjiň period aralygyndaky ortaça ululygy gyzyklandyrýar. Onda,

$$F_{ortaca} = \frac{1}{T} \int_0^T F_t dt = \frac{1}{T} 4,06 \cdot 10^8 \frac{\phi_m^2}{S} \int_0^T \sin^2 \omega t dt$$

bu ýerde:  $F_{ort}$  – ortaça güýç, kg ;

$$F_{ort} = \frac{1}{T} 4,06 \cdot 10^8 \frac{\phi_m^2}{S} \int_0^T \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} dt = \frac{1}{T} 4,06 \cdot 10^8 -$$

$$- \left( \frac{1}{2} \int_0^T dt - \frac{1}{2} \int_0^T \cos 2\omega t dt \right) = \frac{1}{T} \cdot 4,06 \cdot 10^8 \frac{\phi_m^2}{S} \cdot \frac{T}{2} = 2,03 \cdot 10^8 \frac{\phi_m^2}{S}$$

$$F_{ort} = 2,03 \cdot 10^8 \frac{\phi_{m\delta}^2}{S} \quad \text{kg} \quad (5.4)$$

$$F_{ort} = 2,03 \cdot 10^8 B_{m\delta}^2 S \quad \text{kg} \quad (5.5)$$

bu ýerde:  $\Phi_{m\delta}$  – howa aralygyndaky işçi magnit akymy;  
 $B_{m\delta}$  – howa aralygyndaky işçi magnit induksiýasy.

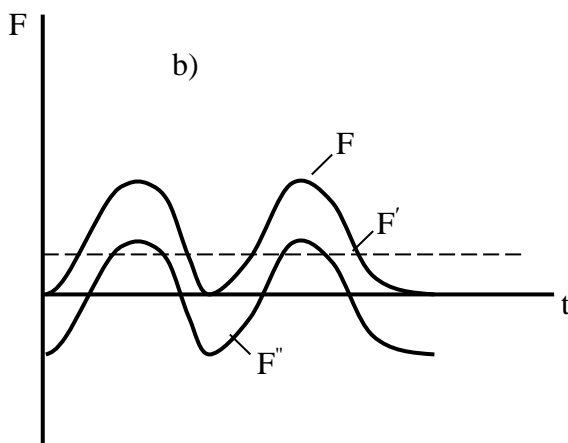
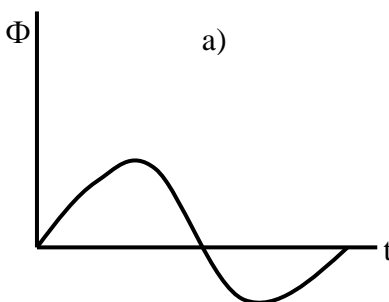
$$\phi_{b\delta} = \frac{\phi_m}{\delta}$$

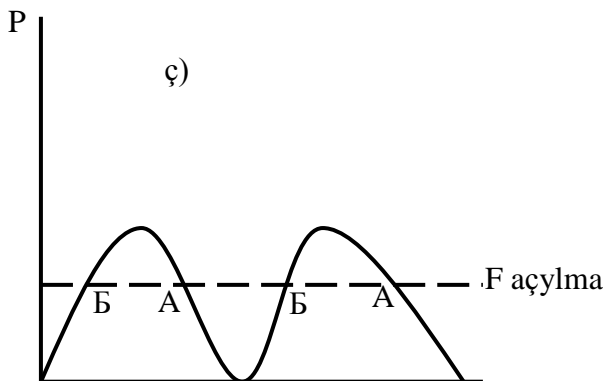
bu ýerde:  $\delta$  – serpigme koeffisiýenti:

$$F_{ort} = 2,03 \cdot 10^8 \frac{\phi_m^2}{\delta^2 S} \quad kg$$

Eger  $\Phi_p = \Phi_{m\delta}$  diýip hasap edenimizde  $f-l_a$  (4) bilen  $f-l_a$  (5.7) deňeşdirilende üýtgeýän tokda elektromagnitiň çekiş güýji hemişelik tokda işleýän elektromagnitiň çekiş güýjünden iki esse azdyr. Şeýlelikde, şol bir mamagnit materiallarynyň harç edilmeginde üýtgeýän toguň elektromagniti iki esse kiçi güýç ýüze çykarýar. (iki esse güýçsizdir).

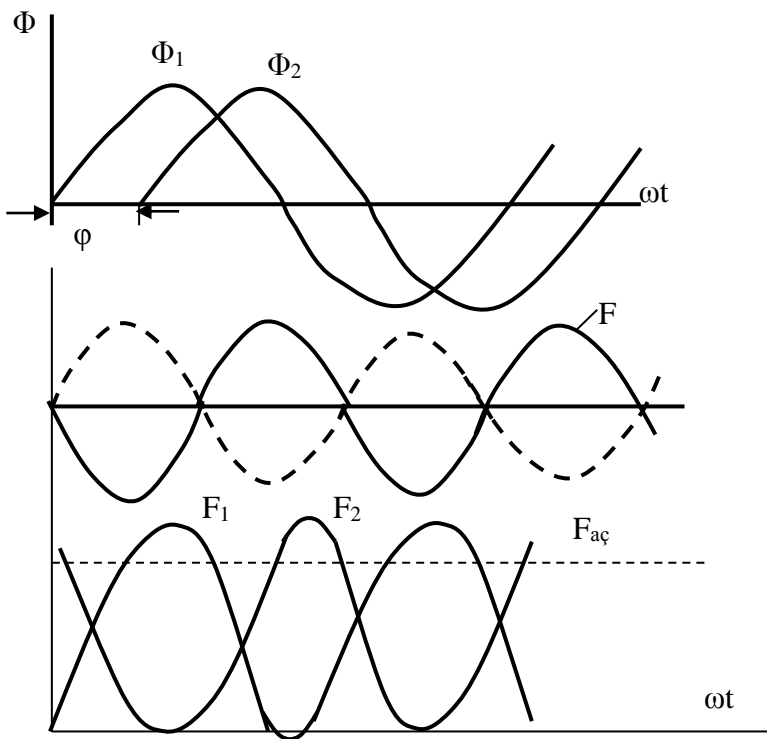
Güýjiň orta bahasy  $F_m/2$  bolar.





5.1-nji çyzgy. Elektromagnitiň çekiş güýjiniň üýtgeýiş egrisi (gysga birleşme halkasy ýok).

Eger elektromagnitiň açylma güýji  $F_{\text{аçылма}}$  bolsa, onda ýakor bir period aralygynda iki gezek aşyljak bolar (nokat A) we iki gezek hem ýapyljak bolar (nokat B). Şeýlelikde elektromagnitde sandyrama emele geler, seslener. Ol sandyramany aýyrmak üçin magnit geçirijiniň (70-80%) polýusyny gysga birleşme halka bilen gabap almaly (mis, latun).



5.2-nji çyzgy.

## 6. Üýtgeýän togyň elektromagnitli

Sinusoidal üýtgeýän tokda magnit akymy aşakdaky aňlatma görnüşinde berilýär.

$$\Phi = \Phi_m \sin \omega t \quad (6.1)$$

Şu ýagdaýda elektromagnitiň çekiş güýji

$$P = \frac{\Phi_m^2 \sin \omega t}{2\mu_0 S_\delta} \quad (6.2)$$

Eger, bellig etsek

$$\frac{\Phi_m^2}{2\mu_0 S_\delta} = P_m \quad (6.3)$$

Onda

$$P = P_m \sin^2 \omega t = \frac{P_m}{2} (1 - \cos 2\omega t), \quad (6.4)$$

ýagny, elektromagnitiň çekiş güýji ululygy boýunça iki esse ýygylýkda ulalyp hem kiçelip üýtgäp durýar. Şeýlelikde, çekiş güýjüni iki bölekden durýar diýip hasap edip bileris: wagt aralygynda üýtgöwsiz bölegi hem-de kosinuslar kanunyna laýyklykda üýtgäp durýan bölegi 1sektunt.

wagt aralygynda

$$P = \frac{P_m}{2}$$

$$P'' = \frac{P_m}{2} \cos \omega t$$

(period) ortaça çekiş güýji bolar.

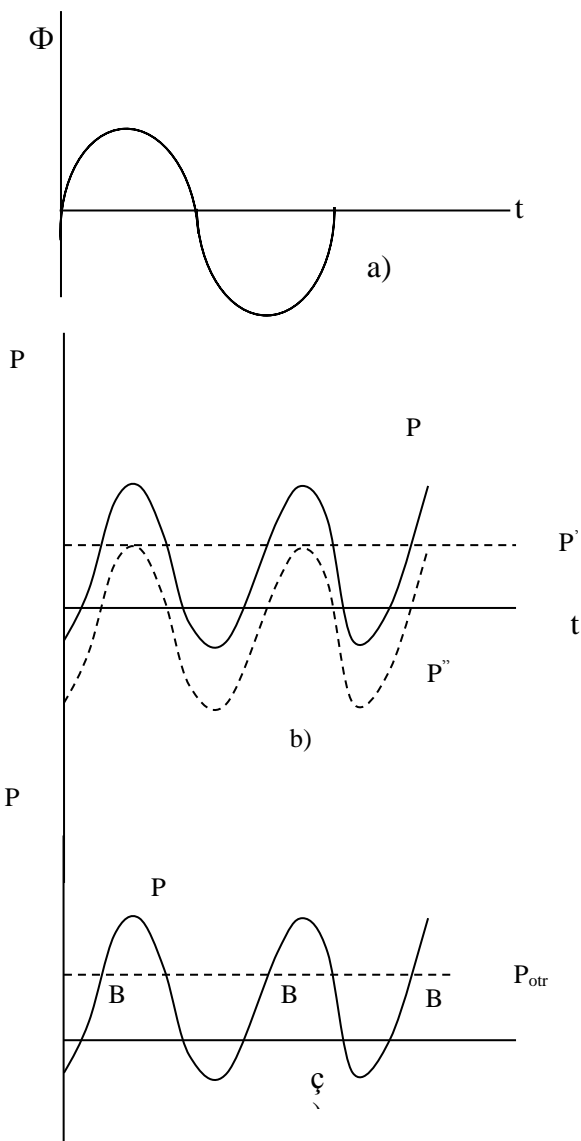
Eger, üzüji  $P_{otr}$  diýip bellesek, onda üzüji güýç period aralygynda (1 sekuntda) A nokatda iki gerek ýüze çykar, B nokatda bolsa 2 gezek çekiş güýji ýüze çykar. Şeýlelikde, elektromagnitiň ýakory 1 sekuntda wagt aralygynda iki gezek çekiş hem-de üzüş güýjiniň täsiri astynda galýar. Şu sebäbe görä ýakor sandyraýar hem-de ses edýär. Bu ýagdaý, magnit gurnawynyň tiz zaýalanmagyna getirýär.



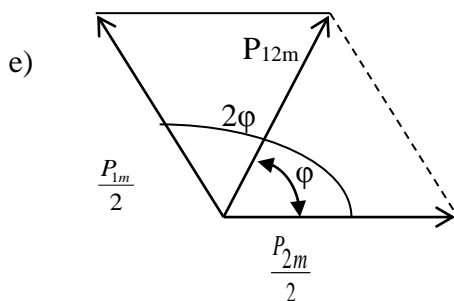
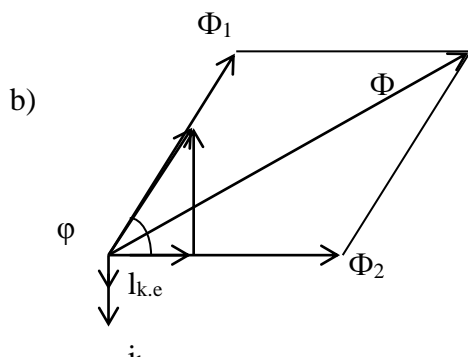
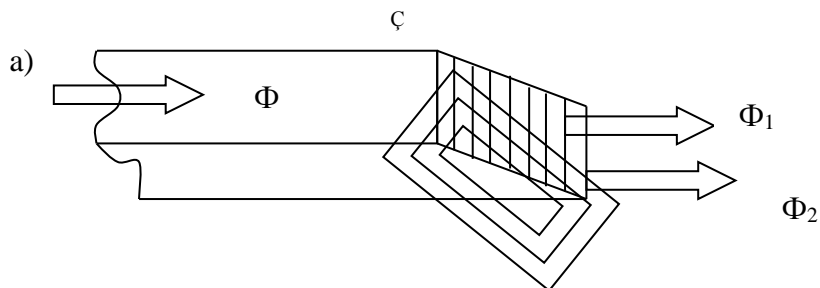
Şu ýagdaý ýüze çykmazlygy üçin üýtgeýän togyň elektromagnitinde magnitlenmeýän gysga birleşmeli halka göz önünde tutulýar. Ol halka (mis, latun) elektromagnitiň polýusynyň takmynan 70-80%-ni gurşap alýar.

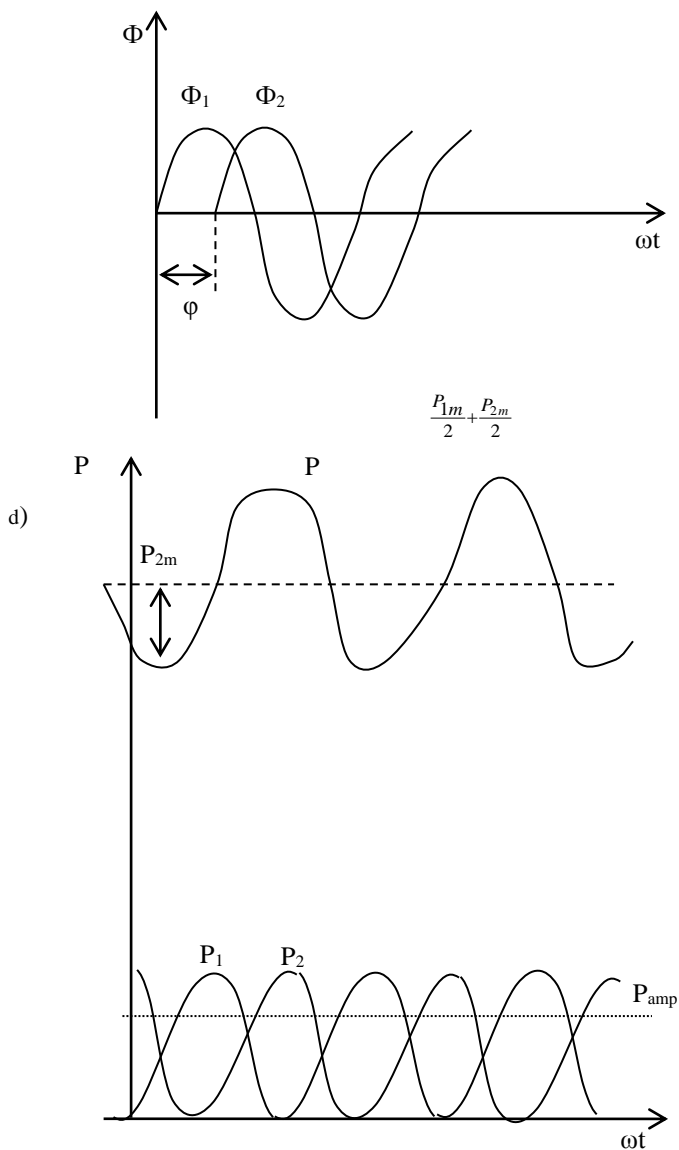
Gysga birleşme latundan ýa-da misden ýasalan halkanyň ýetirýän täsirini aşakdaky ýaly düşündirse bolar. Umumy dörän  $\Phi$  magnit akymy iki bölege bölünýär; biri halkanyň gurşap alan böleginden  $\Phi_2$ , beýlekisi bolsa, halka ýok böleginden  $\Phi_1$  geçýärler.  $\Phi_2$  magnit akymy gysga birleşme halkada  $e_{k.z.}$  elektrik hereketlendiriji güýji (e.h.g.) döredýär, öz gezeginde ol bolsa  $i_{k.z.}$  tok döredýär. Umuman tok  $i_{k.z.}$  e.h.g.  $e_{k.z.}$ -den  $\gamma_0$  burç yza galýar. Bu burç ululygy örän kiçi, ( $\gamma_0 \rightarrow 0$ ) sebäbi, gysga halkanyň induktiwligi örän kiçi, şonuň üçin, iş ýüzünde  $i_{k.z.}$  e.h.g. bolan  $e_{k.z.}$  bilen ugurdaş ýagdaýda diýip alanymyzda-da uly bir ýalňyşlyk goýberdigimiz däl. Tok  $i_{k.z.}$  täsiri astynda  $\Phi_{k.z.}$  magnit akymy döredýär. Bu akym esasy  $\Phi$  akym bilen täsirleşýär hem-de onuň haýallamagyna getirýär, netijede halka gurşalan bölekde yzagalak ( $\varphi$ -burç)  $\Phi_2$  akym bölünmesi ýüze çykýar.

Elektromagnitiň P çekiş güýji iki sany ýöne, pursat tapawutly  $P_1$  hem-de  $P_2$  pulsirleýji güýçlerden emele gelýar. Pursat tapawutlylyklary netijesinde umumy P çekiş güýjiň pulsirlenişi (tolkunmasy) örän azdyr we onuň iň kiçi (minimum) bahasy elektromagnitiň ýakoryny üzüji ( $P_{otrywnoýe}$ ) güýjinden ulydyr, şol sebäplere görä bolsa, ýakorda sandyramasy galýar, ses çykmasy maksimum ýok edilýär.



6.1-nji çyzgy. Üýtgeýän togyň elektromagnitde gysga birleşme bar ýagdaýyndaky çekiş güýjiniň häsiýeti.





6.2-nji çyzgy. Üýtgeýän togyň elektromagnitiň çekiş güýjiniň üýtgöwi.

Güýçleriň her haýsysy, ýagny  $P_1$  we  $P_2$  iki bölekden durýarlar:

$$P_1 = \frac{P_{1m}}{2} - \frac{P_{1m}}{2} \cos 2\omega t; \quad (6.5)$$

$$P_2 = \frac{P_{1m}}{2} - \frac{P_{1m}}{2} \cos 2(\omega t - \varphi) \quad (6.6)$$

Doly güýç bolsa,

$$P = \underbrace{\frac{P_{1m}}{2} - \frac{P_{2m}}{2}}_{\text{Üýtgeşsiz}} - \underbrace{\left[ \frac{P_{1m}}{2} \cos 2\omega t + \frac{P_{2m}}{2} \cos(2\omega t - 2\varphi) \right]}_{\text{Üýtgäp durýan bölegi}}; \quad (6.7)$$

Üýtgäp durýan bölegiň  $P_{12m}$  çekiş güýjüň amplituda bahasy

$$P_{12m} = \sqrt{\left(\frac{P_{1m}}{2}\right)^2 + \left(\frac{P_{2m}}{2}\right)^2 + 2 \frac{P_{1m}}{2} \cdot \frac{P_{2m}}{2} \cos 2\varphi}, \quad (6.8)$$

onda doly güýç aşakdaky ýaly kesgitlenilýär.

$$P = \frac{P_{1m}}{2} + \frac{P_{2m}}{2} - \sqrt{\left(\frac{P_{1m}}{2}\right)^2 + \left(\frac{P_{2m}}{2}\right)^2 + 2 \frac{P_{1m}}{2} \frac{P_{2m}}{2} \cos 2\varphi} \cdot \cos 2\omega t \quad (6.9)$$

6.9-njy aňlatmadan görnüşi ýaly, çekiş güýjüniň üýtgäp gormagy (pulsasiýa), ýagny tolkun atyp durmagy  $\Phi_1$  we  $\Phi_2$  magnit akymalarynyň arasyndaky pursat tapawudyna ( $\varphi$ -burçuna) bagly. Güýjiň tolkun atyp durmagy (pulsasiýa)  $\eta$

diýip, güýjüň üýtgeýän böleginiň amplitudasynyň güýjüň üýtgöwsiz bölegine bolan gatnaşygyna aýdylýar:

$$\eta = \frac{P_{12m}}{\frac{P_{1m}}{2} + \frac{P_{2m}}{2}} \quad (6.10)$$

Eger  $P_{12m}=0$ , onda güýç tolkunmasy (pulsasiýa) bolmaýar. Bu ýagdaý, diňe 2 şert ýerine ýetirilende amal bolýar:

$$1) \quad \frac{P_{1m}}{2} = \frac{P_{2m}}{2}, \text{ ýagny } \Phi_1 = \Phi_2;$$

2)  $2\varphi=\pi$ , ýagny  $\Phi_1$  we  $\Phi_2$  akymalaryň burç tapawudy  $90^\circ$ .

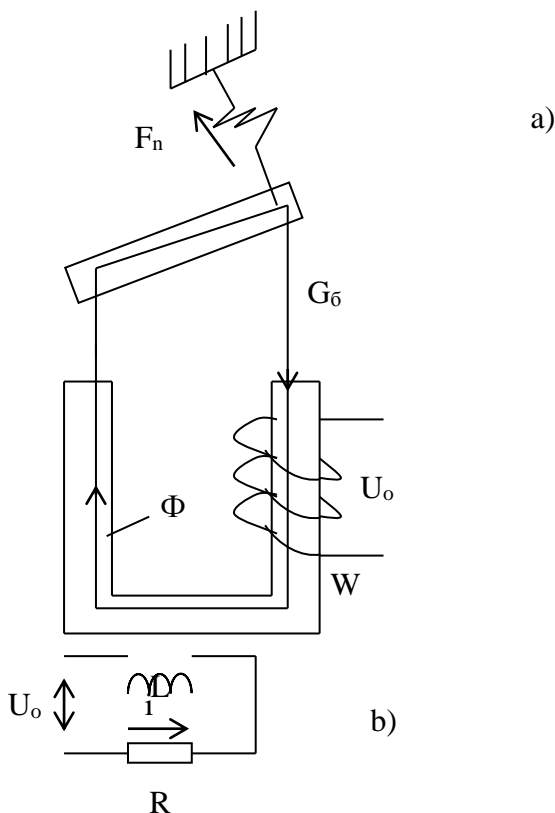
Gysga birleşme halkanyň kömegi bilen  $\Phi_1$  bilen  $\Phi_2$  aralygynda burç süýşmesini üpjün edip bolmaýar, bu ýagdaýda  $\varphi=50^\circ-80^\circ$ . Güýç tolkunmasynyň (pulsasiýa) iň kiçi bahasyny almak üçin 1-nji şerti ýeine ýetirmeklik ýeterliklidir.

## 7. Elektromagnit hereketi

Elektromagnitiň sargysyna potensiýal berlenden soňky bolup geçýän iş hadysalaryny iki ýagdaýa syrykdyrmak bolar (iki wagt aralygyna bölünýär).

- 1) sargyda tok ösýär, demirde magnit ösýär. Şu ýagdaýda elektromagnit güýji ýüze çykyp ( $F_3$ ) onuň ululygy ters täsir ediji pružiniň ( $F_{\Pi}$ ) güýjüne çenli ösýär. Bu ýagdaýda ýakor hereket etmeýär we howa aralyk öňkiligine galýar.
- 2) Ikinji wagt aralygynda ýakor herekete gelip, başlangyç ýagdaýdan tä elektromagnitiň hereketsiz polýusyna çenli baryp ýetýär. Şu aralyk wagtda elektromagnit güýji ( $F_3$ )

garşylyk güýjünden ( $F_n$ ) uly bolýar, howa aralyk başlangyç ýagdaýdan ( $\delta_o$ ) ahyrky ýagdaýa ( $\delta_{kon}$ ) çenli kiçelýar. Ýakor çekilip durandan soň durnuksyz ösýän tok özüniň durnukly ululygyna çenli baryp ýetýär.



7.1-nji çyzgy. Elektromagnit we onuň oruntutma sudury.

Eger birinji wagt aralygyny (I – pursat)  $t_1$ , ikinjini bolsa (II – pursat)  $t_2$  bellesek, onda elektromagnitiň doly çekiş wagty  $t_{\text{cпa}\delta} = t_1 + t_2$  bolar.

Çalasyn elektromagnitleriň çekiş wagty 0,05 sekuntan artmaýar; umumy elektromagnitleriň çekiş wagty takmynan  $\approx 0,15$  sekunt bolýar; haýal hereketli elektromagnitleriň çekiş wagty 0,25 sekuntan artýar.

### Birinji pursat.

Işe giriş ýa-da magnit ösüş pursaty diýilýan aralykda elektromagnitiň induktiwligi üýtgöwsiz diýilip hasap edilýär. Işçi howa aralygynyň in uly ýagdaýynda onuň magnit geçirijiligi az bolýar, magnit garşylygy köň bolýar. şol sebäbe görä magnit akymy az bolýar ( $\Phi$ ), elektromagnitiň polady doýgun bolmaýar, magnit geçirijiligi uly  $G_M$ , magnit garşylygy kiçi. Haçanda  $G_\delta \ll G_M$  bolanda, netijeleýji magnit garşylygy.

$$R_\Sigma = \frac{1}{G_\delta} + \frac{1}{G_M} \approx \frac{1}{G_\delta}$$

görnüşde aňlatmak bolar, elektromagnitiň induktiwligini bolsa  $L = W^2 \cdot G_\delta = \text{const}$  diýip kabul edip bolar.

Şu ýagdaýda elektromagnitiň oruntutma sudurynyň gysgyçlaryndaky potensiyal deňagramlygyny (çyzgy 7.1, b) aşakdaky ýaly aňlatmak bolar:

$$U_o = iR + L \frac{di}{dt} \quad (7.1)$$

Gosulyş toguny hem-de oňa bagly magnit akymyny ( $\Phi_{TP}$ ) elektromagnit çekiş güýjiniň ( $F_\Delta$ ) oňa garşy mehaniki güýçleriň ( $F_\Pi$ ) deňliginden kesgitlemek bolar. Eger elektromagnit güýjini Makswelliň formulasy bilen aňladylsa, onda



$$F_{\text{э}} = \frac{\Phi_{mp}^2}{2\mu_0 \cdot S} = F_{\Pi}; \quad \Phi_{TP} = \sqrt{2\mu_0 S F_{\Pi}} \quad (7.2)$$

Eger, polat demriň magnit garşylygyny ünse almasak, onda  $\Phi_{TP} \cdot R_{\delta} = I_{TP} \cdot \omega$ . Şu aňlatmalardan goşulma togunyň ýakynlaşan ululygyny taparys:

$$I_{TP} = \frac{R_{\delta}}{\omega} \sqrt{2\mu_0 \cdot S F_n} \quad (7.3)$$

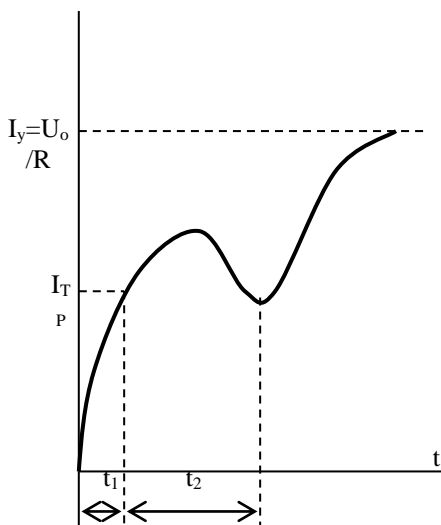
(7.1)÷(7.3) aňlatmalardaky ululyklaryň ölçegleri:

L-Г; R-Ом; t-с;  $I_{TP}$ -А;  $U_o$ -В;  $R_{\delta}$ -1/Г;  $\Phi$ -Вб;  $\mu_o = 1,25 \cdot 10^{-6}$  Г/М;  $F_{\Pi}$ -Н; S-М<sup>2</sup>.

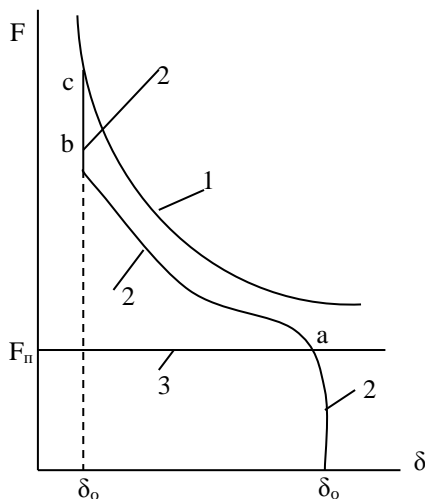
İkinji pursat. (Ýakor hereketde). Howa boşluk we onuň magnit geçirijiligi üýtgeýär, onuň bilen birlikde induktiwligi hem üýtgeýär  $L = \text{var}$ . Eger magnit seplesmäni  $\psi = Li$  diýip aňlatsak, onda potensiýal deňaramlylyk deňlemesi:

$$\sigma_o = iR + \frac{d\Psi}{dt} = iR + L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dt} \quad (7.4)$$

(7.4) aňlatmada  $i \frac{dL}{dt}$  ýakoryň hereketinde howa aralygyň üýtgemegi bilen elektromagnitiň induktiwliginiň üýtgemegi sebäpli geçiş ýagdaýda garşylyk ulalyp, tok kiçelmesine getirýär. Hakykatdan hem, eger üçünji goşulyjyny üýtgewsiz diýip çaklamak bilen ony deňligiň çep tarapyna geçirenimizde, onda (dördünji (7.4)) aňlatmany (7.1) aňlatma bilen deňeşdirenimizde potensiýal peselmesi bolup geçýänini aňladyr, netijede sargynyň togunyň azalmagyna getirýär.



7.2-nji çyzgy. Elektromagnit işlände togyň egrisi



7.3-nji çyzgy. Elektromagnitiň häsiýeti

Şu sebäbe görä-de elektromagnit ýapylandaky tok üýtgewiniň egrisi  $t_2$  wagt aralykda ep-esli çökýär. Netijede howa boşlugyndaky işçi magnit akymy azalyp çekiş güýjiniň pese gaçmagyna getirýär (7.2-nji çyzgy) [3]. Ýokarda getirilen delillere görä, ýakoryň hereketinde dinamiki çekiş güýji diýilip atlandyrylýan güýç elektromagnitiň durnukly çekiş güýjünden  $F_3=f(\delta)$  aşakda bolýar (2-nji egri, 7.3-nji çyzgy).

7.3-nji çyzgyň 3-de elektromagnitiň üýtgän häsiýetli ululyklary şekillendirilendir. 1 egri sargyda üýtgöwsiz tokdaky durnukly çekiş güýji, 3-garşydaş pružin güýji. Dinamiki çekiş güýç (2-nji egri) 3. a- nokat takmynan ýakoryň hereket başlangyjy, b – nokat bolsa hereket ahyry.

Ýakoryň hereketinde howa aralygy  $\delta$  azalýar, dinamika güýji ahyrynda ösüp durnukly çekiş güýje den bolýar (bc) aralyk.

## 8. Kontaktorlar

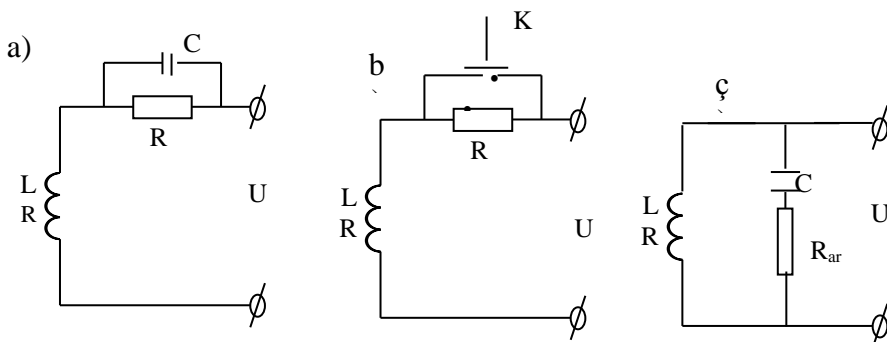
Kontaktor iki pozisiýaly apparat bolup, kuwwatly tok zynjyryny häli –şindi çatyp hem-de üzüp durmak üçin ulanylýar. Häzirki zaman elektropriwodlary sagatda 1200 we ondan hem aşa tok zynjyryny çatyp ýa-da üzüp durmany talap edýärler. Bu ýagdaý apparat üçin örän agyr iş durky bolup durýar. Her çatylmada ýa-da üzülmde kontakt zaýalanmasy bolup geçýär. Kontakt üzülmde elektrik dugasy (ýalyny) emele gelýär, çatylanda bolsa kontakt üsti uly urga sezewar bolýar we kontakt sandyramasy bolýar. kontaktoryň işjenligi onuň mehaniki hem-de kommutasiýaň durnuklylygy bilen kesgitlenilýär.

Mehaniki durnuklylygyny toksyz kontaktyň açylyp-ýapylma sany bilen kesgitlenilýär, ol san häzirki kontaktorlarda  $(10-20) \cdot 10^6$  çenli baryp ýetýär.

Kommutasiýaň durnuklylygyny kontaktyň tokly açylyp-ýapylma sany bilen kesgitleýärler, ol san takmynan 2-3 million operasiýa ýetýär.

Kontaktor esasan şeýle böleklerden durýar: kontakt sistemasyny, duga söndüriji sistema, elektromagnit mehanizmi, blok-kontakt sistemasy.

Kontaktoryň işini çaltlaşdyrmak maksady bilen sarga yzygider aktiw garşylyk birleşdirýärler. Şeýlelikde, elektromagnit hemişelik wagty ( $L/R=T$ ) azalýar. Ol artykmaç ( $R_{art}$ ) garşylyga parallel kondensator çatylsa (C), onda sarga barýan tok ulalýar we elektromagnitiň işi çaltlaşýar.



8.1-nji çyzgy. Elektromagnitiň işini çaltlaşdyрма hem-de haýallatma usullary.

Elektromagnitiň işini çaltlaşdyrmagyň başga bir usuly (8.1-nji ,b çyzgy)) görnüşinde getirilendir. Artykmaç garşylygy k-düwme bilen parallel çatsak elektromagnitiň togy artyp işi tizleşýär.

Awtomatikanyň käbir işlerinde haýal işleýän elektromagnit gerek bolýar, şeýle ýagdaýda magnit geçirijide gysga birleşme halka ulanýarlar, ýa-da elektromagnitiň sargysyna parallel kondensator birleşdirýärler. Potensiýal öçende (U) setiň potensialyna çenli zarýadlanan kondensator sargyny iýmitlendirýär we kontaktoryň açylma wagty uzaýar (8.1-nji ,ç çyzgy)).

Elektromagnitiň üýtgeýän tokda çekiş güýji

$$F = F_m \sin^2 \omega t = \frac{F_m}{2} (1 - \cos 2\omega t) \quad (8.1)$$

şu formuladan görnüşi ýaly çekiş güýji üýtgäp durýar, onuň ugry üýtgemeyär (hemişe položitel). Bu çekiş güýç iki bölekden

durýar, Birinjsi-hemişelik wagta bagly däl  $F' = F_m/2$  Ikinji-bölegi wagta baglylykda iki ýyglylykly üýtgeýär

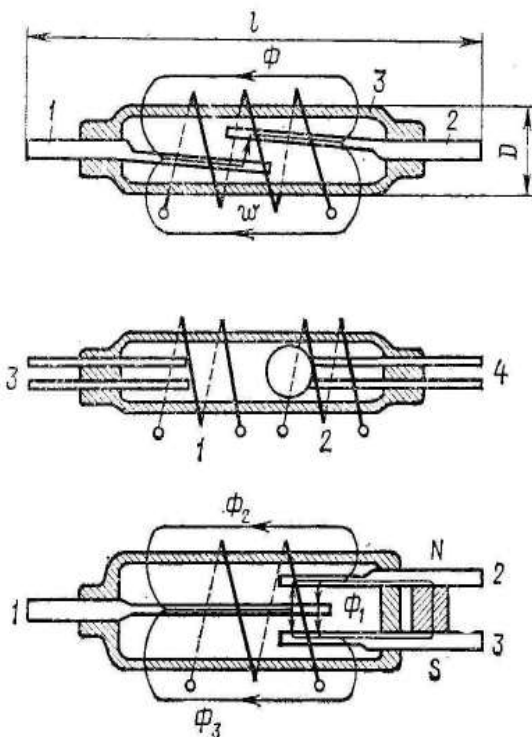
$$F'' = \frac{F_m}{2} \cdot \cos 2\omega t \quad (8.2)$$

Güýjiň orta hasaby  $F_m/2$  bolar.

## 9. Magnit dolandyryşly kontaktlar

Releleriň kontaktlary açyk howa şertlerinde işlänlende olar tozan bilen, metal bugy bilen ýa-da bolmasa elektrik dugasy zerurly bolup geçýän himiki reaksiýa netijesinde okisel örtügi bilen we başgalar bilen hapalanyp zaýalanýarlar. Şonuň üçin durnukly kontaktlary talap edilen halatlarda kontakty wakumda ýa-da inert gazly gaplarda ýerleşdirýärler we ol gaplar germetik (hiç bir zat syzdyрмаýan) gaplar bolmalydyr. Şeýle kontaktlara germetik kontaktlar ýa-da “gerkonlar” diýip aýdýarlar.

Iň ýönekeý görnüşli “gerkon” 9.1-nji çyzgyda getirilendir. Inert gazyndan doldurylan çüýşe gabynyň (3) içinde tok geçiriji maýyşgak 1 we 2 ferromagnit plastinkalary oturdylandyr. Çüýşe gabyň daşyndan saralan sargydan tok geçende magnit akymy döräp, ol akym 1 we 2 plastinalaryň üsti bilen geçip birleşýärler hem-de plastinalaryň uçlaryny magnit çekiş güýjiniň hasabyna birleşdirýär. Şeýlelikde 1 we 2 plastinalar tok birleşmesini üpjün edýärler. Eger daşky sargynyň togyny kessek 1 we 2 plastinalaryň maýyşgaklyk güýjiniň hasabyna olar tok birleşmesini üzýärler. Şeýlelikde, gerkondaky kontakt boşlugy magnitli işçi aralygy bolup durýar, 1 we 2 plastinalar bolsa şol bir wagtda hem magnit geçirijiler hem-de tok geçirijileri bolup hyzmat edýärler.



9.1-nji çyzgy.

9.1-nji ,b çyzgynyň görnüşinde ferromagnit şarikli gerkonyň gurluşy görkezilendir. Dolandyryjy sargy bolan 2 bellikli sarga tok berenimizde elektromagnit güýjiniň çekmegi bilen şarik 4 kontakt uçlaryny birleşdirýär. Eger 1 sarga tok bersek, onda 3 kontakt uçlary birleşýärler.

Polýarlaşdyrylan gerkonyň gurluşy 9.1-nji, d çyzgyň görnüşinde getirilendir. Kontakt boşlugynda NS hemişelik magnitiň kömegi bilen  $\Phi_1$  magnit akymyny döredýärler. Dolandyryjy sargynyň magnit meýdany 1 plastinanyň üsti bilen geçip kontakt boşlugynda ikä bölünýärler:  $\Phi_2$  we  $\Phi_3$ . Kontakt

boşlugynyň ýokarky böleginde  $\Phi_1$  we  $\Phi_2$  magnit akymalarynyň tapawudy ( $\Phi_1 - \Phi_2$ ) täsir edýär, aşaky böleginde bolsa olaryň jemi ( $\Phi_1 + \Phi_3$ ) täsir edýär. Şol sebäbe görä bolsa 1 plastina aşak tarap çekilip 3 plastinka bilen birleşme döredýär. Eger dolandyryjy sargydaky togyň ugruny üýtgetsek, onda 1 plastina 2 plastina bilen birleşer. Şeýlelikde, gerkonyň işleýşi dolandyryjy sargydaky togyň ugruna bagly bolup durýar, ýagny gerkon polýarlaşan bolup galýar. Şeýle gerkonlara polýar gerkonlary diýilýär.

Gerkonyň simap kontaktly görnüşleri hem bolýar. Germetik göwrümde simabyň azajyk mukdary bilen ferromagnit detal ýerleşdirilýär. Dolandyryjy sargynyň magnit meýdanynyň täsiri bilen ferromagnit detal simaba çümdürilýär, simap ýokary göterilýar-de hereketsiz duran kontakt bilen birleşýär. Magnit akymyny kesmek bilen kontakt birleşmesi üzülýär. Şeýlelik bilen gerkonyň işinde simap, hereketli kontaktyň ornuny tutýar.

Gerkonyň kontaktnyň üstünden umuman geçýän togyň ululygy  $0,5 \div 1$  A uly bolmaýar, potensialy bolsa onlarça wolt möçberinde. Şonuň üçin onuň kommutasiýa kuwwaty, ýagny togyň potensiala köpeltmek hasyly bary-ýogy onlarça watta ýetýär. Şeýle bolansoň gerkonyň ölçegleri ol diýen uly bolmaýar: uzynlygy birnäçe sm, diametri bolsa (çüýşe gabyň) D birnäçe mm. Kontakt boşlugy örän az (millimetriň onlukdan bir bölekleri töweregi), kontakt üstlerini gymmat metal örtükleri bilen örtýärler (Pt, Au, Ag we başg.). Şeýle örtükler kontaktlaryň magnit galyndysy zerarly ýelmeşip galmazlygyny üpjün edýär, ýagny özboluşly “magnitsyz prokladkalaryň” roluny oýnaýarlar. Gerkonlaryň kontakt birleşmesindäki garşylyklary  $0,03 \div 0,2$  Om töberegine bolýarlar hem-de üýtgöwsiz galýarlar. Gerkonlaryň kontaktlarynyň iýilip zaýalanmazlygy onlarça we ýüzlerçe million açylyp-ýapylma döz gelýärler, toksyz açylyp-ýapylma bolsa milliarda çenli döz gelýärler. Gerkonlarda agramly elementleriň bolmazlygy olaryň

çalt hereketini üpjün edýärler. Gerkonyň işleýiş wagty  $0,5 \div 2$  m/s.

Gerkonlar – örän duýgur apparatlardyr. Iş magnit güýji umuman  $10 \div 200A$  bolýar. Bu ululyk gerkony işledip bilýän togyň sargysynyň sargy sanyna köpeltmek hasylyna deňdir. Eger germetik çüýşe gabyň daşyny polatdan magnit geçiriji bilen gabasaň, onda gerkonlaryň duýgyrlygyny has hem artdyrmak bolar.

Gerkonlaryň “ýatkeşleri” hem bolýar, olar ýaly gerkonlara ferridler diýilýär. Olary işe girizmek üçin gysga wagt aralykda tok impulsyny bermek ýeterlik bolýar. Soňra dolandyryjy sargydan togy öçüräýmeli, kontaktlar ýapyklygyna galýarlar. Kontakty ýazdyrmak üçin dolandyryjy sarga ters ugurly tok bermek ýeterlikli bolýar. Gerkonlaryň şeýle iş ýagdaýynda beýleki gerkonlaryň işi bilen deňeşdirilende dolandyryjy sargynyň sarp edýän energiýasy örän az bolýar.

9.2-nji çyzgyda elementar ferridiň gurluş nusgasy getirilendir. Daşyna dolandyryjy sargy saralan serdeçnik 1 uly elektrik garşylykly bolmalydyr, sebäbi, kontaktlaryň (2 we 3) açyk ýagdaýlarynda sargynyň togyny aňsat öçürer ýaly. Şol bir wagtyň özünde bolsa, serdeçnik 1 ferromagnit häsiýetinde bolmalydyr.

Gerkonyň simap kontaktly görnüşleri hem bolýar.

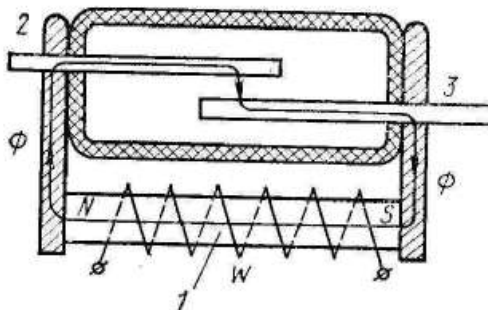
Germerik göwrümde simabyň azajyk mukdary bilen ferromagnit detal ýerleşdirilýär. Dolandyryjy sargynyň magnit meýdanynyň täsiri bilen ferromagnit detal simaba çümdürilýär, simap ýokary göterilýär-de hereketsiz duran kontakt bilen birleşýär. Magnit akymyny kesmik bilen kontakt birleşmesi üzülýär. Şeýlelik bilen gerkonyň işinde simap, hereketli kontaktyň ornuny tutýar.

Gerkonyň kontaktynyň üstünden umuman geçýän togyň ululygy  $0,5 \div 1A$  uly bolmaýar, potensialy bolsa onlarça wolt möçberinde. Şonuň üçin onuň kommutasiýa kuwwaty, ýagny togyň potensiýala köpeltmek hasyly bary-ýogy onlarça watta



ýetýär. Şeýle bolansoň gerkonyň ölçegleri ol diýen uly bolmaýar: uzynlygy birnäçe sm, diametri bolsa, (çüýşe gabyň) D birnäçe mm. Kontakt boşlugy örän az (millimetriň onlukdan bir bölekleri töwerigi), kontakt üstlerini gymmat metal örtükleri bilen örtýärler (Pt, Au, Ag we başg.). Şeýle örtükler kontaktlaryň magnit galyndysy zerarly ýelmeşip galmazlygyny üpjün edýär, ýagny özboluşly “magnitsyz prokladkalaryň” roluny oýnaýarlar. Gerkonlaryň kontakt birleşmesindäki garşylyklary  $0,03 \div 0,3$  Om töwereginde bolýarlar hem-de üýtgöwsiz galýarlar.

Şeýle häsiýetlere ferritler gabat gelýärler, olaryň udel elektrik garşylygy ýönekeý polatlaryňka garanynda million gezek artykdyr. Bulardan başga-da, serdeçnigiň durnukly galyndyly magnitlanyşy bolmaly. Ýönekeý ferritleriň gisterezis petlesiniň meýdany az bolýar. Şonuň üçin olaryň magnit energiýasyny saklaýyş ukyby az bolýar. olaryň deregine “remendýur” ady bilen belli bolan garyndy ulanylýar ( $48\%Co$ ,  $48\%Fe$ ,  $3,5\%Va$ ,  $0,5\%Mn$ ). Bu materiýal uly gisterezis meýdany hem-de ýokary magnit doýgunlygy ( $B_s \approx 1,7T$ ) bilen tapanýar.



9.2-nji çyzgy.

Serdeçnigiň daşyna saralan sarga tok impulsy berlende magnit akymy  $\Phi$  gerkonyň kontaktlaryny ýapýar hem-de

serdeçnik magnitlanyp galýar. Tok impulsy ýok wagtda-da kontaktlar ýapyklygyna galýarlar, sebäbi remendýur serdeçnikde galyndyly magnitlanyş bar. Kontaktlary açmak üçin dolandyryjy sarga ters ugurly tok bermeli.

Impuls ululygy 20A çenli ýetýär, şona görä dolandyryjy gurnawyň ýeterlik kuwwaty bolmaly bolýar, bu ýagdaý bolsa, ol hili serişdeleriň ýetmezçiligi bolup durýar.

## **10. Awtomat öçürjiler**

Kada boýunça awtomat öçürjiler setde näsazlyk bolanda (gysga birleşme, artyk ýükde, potensiýal peselmeginde we başg.) işe girýärler. Eger şeýle ýagdaýlarda elektrik çatgysy üzülmese, onda enjam ýa-da bir giden enjamlar zaýalanmagy mümkin bolýar.

Eger walyna hemişelik mehaniki moment ýüklenen ýagdaýda potensiýal peselmesi ýüze çyksa hereketlendirijileriň setden alýan togy artar, netijede nominal bahadan artyk tok hereketlendirijileriň zaýalanmagyna getirer. Şeýle ýagdaýdan gorag serişdesi hökmünde gyzgynlykdan epilýän bimetal rele ulanylýar. Hereketlendirijileriň ýüki artan ýagdaýynda-da ol rele togyň artmagy bilen gyzyp, awtomat öçürijiniň ýazdyryjysyna täsir edip hereketlendirijini setden öçürýär.

Awtomatlaryň birnäçe görnüşli aýratynlyklary bolýarlar: uniwersal awtonatlar) olar kada boýunça paýlaýjy desgalarda, şitlerde açyk görnüşde oturdylar. Köplenç şeýle awtomatlarda mümkin bolan ähli gorag serişdeleri göz önünde tutulýar), gurnaw awtomatlary (bu awtomatlar gelim-gidimli jaýlarda daşy plastmass gurşawly bolýarlar hem-de şeýle awtomatlarda diňe maksimum tok goragy zawotda sazlanyp goýberilýär).

Awtomatlara aşakdaky ýaly talaplar goýulýar:

1. Awtomat nominal togy näçe wagt işläninde-de kadadan üýtgewsiz ýagdaýda geçirip bilmeli.

2. Awtomat kân gerek, gysga birleşme toguny öçürüp bilmeli, soňra ýene-de uzal wagtlap nominal togy geçirmeklige ukyply bolmaly.
3. Elektrodinamiki hem-de terniki (gyzyş) durnuklylygy gaçmaz ýaly gysga birleşmede togy öçüriş wagty örän az bolmaly.

Awtomatyň açylma (öz hususy wagty)  $t_1 \geq 0,01$  sekunt bolanda şeýle awtomatlara gurnaw awtomatlary diýilýär.

Çalt işleýijili awtomatlarda  $t_1$  0,002-0,008 sekunt töwereginde bolýar.

Uniwersiýal awtomatyň işleýiş sudury 1-nji çyzgyda getirilendir. Tok geçiriji zynjyrdaky esasy (3) we elektrik ýoluny öçüriji (1) kontaktlar bar. Awtomaty el bilen (12 sap) ýa-da elektromagnit (4) kömegi bilen işe girizip bolýar. 6 we 7 bölek detallar hem-de 13 daýanç serişdeler erkin ýazdyryjy mehanizmlerine girýärler. Awtomaty el bilen (12 sapyň kömegi bilen) ýa-da 5,8,10,11 ýazdyryjylaryň kömegi bilen öçürüp bolýar. 5 bimetal rele, artyk ýükden goraýar, 8 elektromagnit ýazdyryjy-gysga birleşmede işleýär, 10 potensiýal peselmesinde işleýär, 11 awtomaty daşdan öçürmek üçin elektromagnit mehanizmidir.

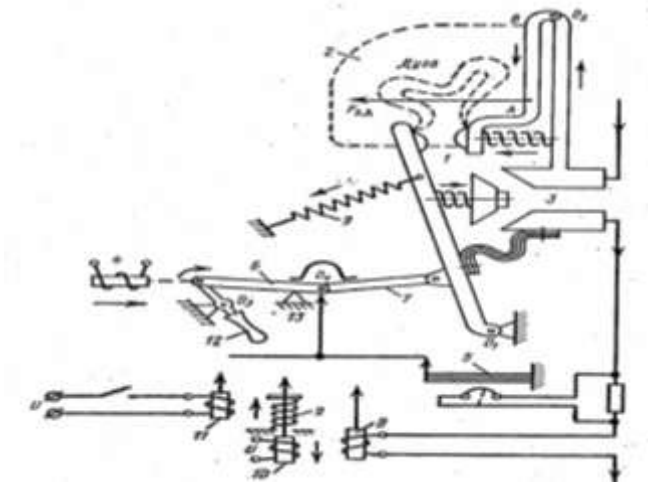
Awtomaty toga çatmak üçin 3 sapyň kömegi bilen  $O_1$ ,  $O_2$  we  $O_3$  nokatlar bilen bagly erkin ýazdyryjy mehanizme täsir etmek ýeterlikdir (sapy sagat diliniň ugryna towlamaly). Şeýle edilende 4 we 5 ryçaglary güýç düşüp 6 detaly 0 nokadyň daşynda aýlap kontaktlary ýapar. Ilki 8 we 10 kontaktlar ýapylar, soňra bolsa 7 we 11 kontaktlar ýapylar.

Awtomat ýapylanda pružina 2 dartgyn ýagdaýda bolýar. Haçanda elektromagnit ýazdyryjynyň üstünden gysga birleşme togy geçende onuň ýakorynda elektromagnit güýç döräp, 4 we 5 ryçaglary hereketsiz nokatdan ýokary aşyrýar. Netijede awtomat 2 pružiniň kömegi bilen kontaktlaryny awtomat ýagdaýda açýar. Ýüze çykan elektrik ýalyny 9 kamera tarap üflenýär we öçýär.

4 we 5 ryçaglar toplumy erkin ýazdyryjy mehanizmiň funksiýasyny ýerine ýetirýär. Eger 4 we 5 ryçaglar hereketsiz nokatdan ( $0_1$  we  $0_3$  nokatlary birleşdirýän göni çyzykdan  $0_2$  nokat ýokary) ýokary geçse onda iteriji güýç bilen hereket etdirilýän mehanizmiň arasynda güýç baglansygy üzüler, netijede awtomat öçer.

Erkin ýazdyryjy mehanizm awtomatyň yzly-yzyna açylyp ýapylymagynyň önüni alýar, şeýle ýagdaý önünden bar gysga birleşmede awtomat çatylanda bolup biläýjek hadysa. Önünden gysga birleşme bar ýagdaýda awtomat çatylsa elektromagnit 1 ýazdyryjy herekete gelip, 4 we 5 erkin ýazdyryjy mehanizmiň ryçaglaryny hereketsiz nokatdan ýokary geçirir we awtomat soň çatylmaga ukypsyz bolar, sebäbi iteriji güýç bolmaz. Eger erkin ýazdyryjy bolmadyk bolsa, onda awtomat yz ýany bilen setden öçürilmedik halyna ýenede iş girerdi, bu ýagdaý dowamly bolardy, awtomat zaýalanardy.

10.1-nji çyzgyda gurnaw awtomatynyň gurluş sudury getirilendir.



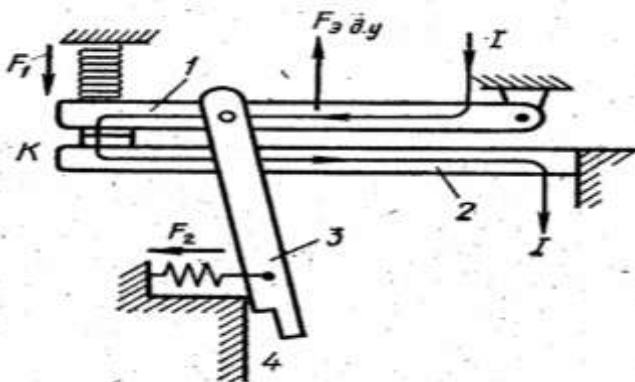
10.1-nji çyzgy.

Awtomat öçürilende ilkinji 7 we 11 esasy kontaktlar ýazylýarlar, ondan soňra parallel 8 we 10 kontaktlar açylarlar. 8 we 10 kontaktlar elektrik ýalnyny gurşap alan ýalyňa çydamly serişde bilen we ony öçüriji bilen üpjün edilendir.

Awtomat çatylanda ilkinji bolup ýalyn öçüriji 8 we 10 kontaktlar birleşýärler, soňra 7 we 11 esasy kontaktlar çatylyarlar.

Kä halatlarda (transportda, özgerdijilerde) hemişelik toguň enjamlaryny goramak üçin örän çalt işleýän awtomatlar gerek bolýar. Olaryň hususy işe girýän wagty millisekundyň bölekleri bilen ölçelýär. Umummy awtomatlaryňky bolsa sekundyň ondan bir böleklerinde ölçelýär.

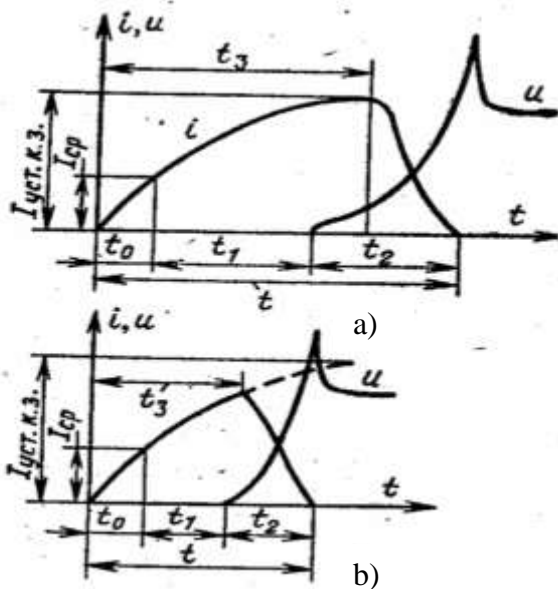
Şeýle çalt işleýän awtomatyň bir görnüşi çyzgyda getirilendir. Tok geçiriji 1 we 2 detallar bir birine örän golaý ýerleşen, şonuň üçin tok geçende özara elektrodinamika güýç täsiri uly bolýar. Üýtgeýän tokda şeýle ýakyn ýerleşende tok geçende ýakynlyk effekti ýüze çykýar. Dürli tarapa ugrugan toklaryň magnit meýdanly detallary daşky taraplarynda kän bolup, içki ýüzbe-ýüz tarapynda bolsa, az bolýar. Şeýle sebäplere görä detallaryň ýüzbe-ýüz taraplarynyň kesesiginde tok dykzlyklary uly bolýarlar. Ýakynlyk (golaýlyk) effekte görä toklaryň oklary özara ýakynlaşýarlar, şoňa baglylykda tok artmagynda (geçiş prosesinde) elektrodinamika güýç artýar. Eger elektrodinamika güýjüň  $F_{e.d.}$  mehanika momenti (1 we 2 detallaryň arasynda ýüäe çykýan) oňa garşy  $F_1$  pružiniň güýjiniň döredýän momentinden artsa, onda 1 detal ýokary itiler we kontakt K açylar, tok zynjyry üzüler.  $F_2$  pružiniň güýç täsiri bilen 3 detalyň basgançagy 4 serişdäniň basgançagyna düşüp ornaşar, awtomat öçük ýagdaýynda galar.



10.2-nji çyzgy.

Başga bir gönüşiniň sudury getirilendir. Esasy tok zynjyryna 1 sargy çatylan. Gysga birleşme togy ýüze çykyp ösüp başlanda oňa laýyklykda onuň döredýän magnit meýdany ( $\Phi_n$ ) hem özgerýär, netijede 2 alýumin diskde köwlenme togy ýüze çykýar (döreyär). Lensiň inersiýa düzgünine görä ol köwlenme togyň döredýän magnit meýdany esasy togyň magnit bilen ters ugrukdyrylan. Magnit akymalarynyň esasy bölegi gysga aralyk boýunça birleşýarler, ýagny sargy bilen disk ara üst boýunça. Ol magnit akymlar arasynda itergi güýji ýüze çykýar we 2 diski saga itýar, disk bilen bagly süýşmäge ukuply serişde saga süýşüp K kontakty açýar. Bu iteriji güýç geregiçe uly bolup bilýär, sebäbi disk süýşdigiçe  $\Phi_1$  we  $\Phi_2$  magnit akymalarynyň özara täsiri artýar.

Awtomatyň esasy parametrleri: dowamly nominal togy, nominal potensialy, in ýokary öçüriş togy, hususy öçüriş wagty ( $t_1$ ), doly öçüriş wagty ( $t_3$ ).

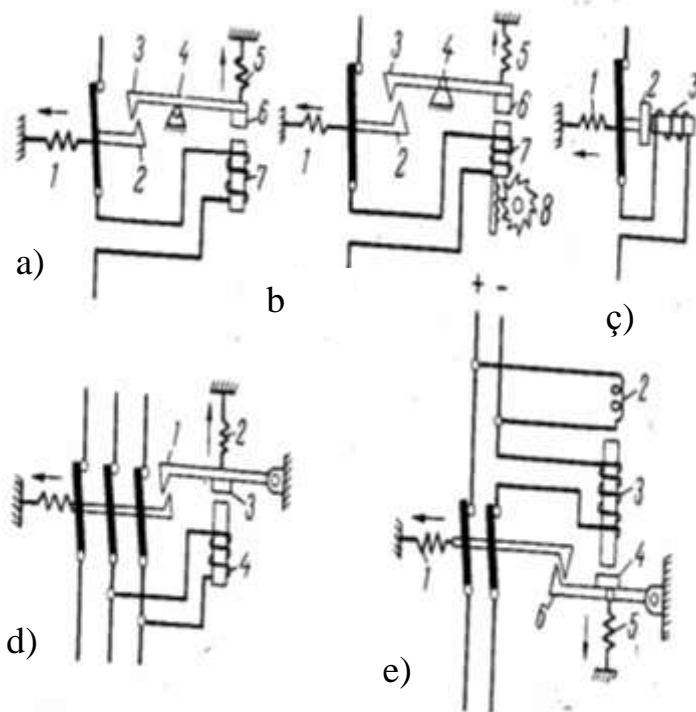


10.3-nji çyzgy.

Getirilen çyzgyda awtomat öçende tok hem-de potensiýal egrileriniň kontaktdaky üýtgewi görkezilen. Gysga birleşme bolan wagtynda tok eksponenti boýunça  $I_{ort}$  ululuga çenli  $t_0$  wagtda ýetýär. Soňra  $t_1$  wagt aralygynda (husudy öçüriş wagty) kontakt açylýar,  $t_0+t_1$  wagt ýazdyryjynyň ilgençeginiň işe girmegine hem-de kontakt aralygyny geçmäge sarp bolýar. Kontakt açylansoň, elektrik ýalyny  $t_2$  wagt aralygynda öçýär.

Ýerine ýetirýän funksiýalaryna görä olar awtomat maksimum tok, minumum tok, minumum potensiýal we ters kuwwat akymly toparlara bölünýärler. Hususy öçüriş wagtyna görä ( $t_1$ ): kadaly –  $t_1 = 0,01 \div 0,1$  sek, (wagt tapawutly) –  $t_1 = 1$  sekunda çenli, çalt işleýän  $t_1 \leq 0,002 \div 0,008$  sekuntda, awtomatlar toparlara bölünýärler.

Maksimum tok awtomaty-bu awtomatlar toguň bellenen ululygyndan artanda tok zynjyry üzýärler. Çyzgydan görnüşi ýaly 7 elektromagnitiň güýji 5 pružiniň dartyş güýjünden artanda, 3-4-6 çekýär we ilteşik ýazýar (2-3), öçüriji 1 pružiniň täsiri bilen açylýar. Pružiniň dartyş güýjüni sazlamak bilen öçürijilik ukybyny  $1-2 I_{nom}$  aralyga çenli üýtgedip bolýar. Eger awtomatdakylaň zynjyrdaky gysga wagtlaýyn ýük artmasy bolýan ýagdaýynda, onda awtomatda wagt artdyрма göz önünde tutulýär.



10.4-nji çyzgy.

Toguň minumum bahasyna sazlanan awtomat ýazdyryjysy çyzgynyň ç görnüşinde getirilendir.



Potensiýal peselmesine sazlanan awtomatyň sudury çyzgynyň d görnüşinde getirilen.

Kuwwatiň ters akymyna sazlanan awtomatyň işleýiş prinsipi çyzgynyň e görnüşinde getirilendir. Bu ýagdaýda awtomatyň elektromagnit sargysy 3 sete yzygider birleşen. Tok ugry 3 hem-de 2 sargylarda ugurdaş bolsa, çekiş güýji 5 pružynyňkydan artar we elektromagnit 6 ilgençegi saklar. Toguň ugry üýtgän ýagdaýynda 3 we 2 sargylaryň ,magnit akymlyary biri-birine ters ugrukdyrylan bolar, netijede 6 ilgençek ýazar we set öçüriler.

### **11. Magnitli goýberijiniň işleýşi**

Magnitli göýberijiler esasan gysga birleşmeli rotorly asinhron elektrik maşynlaryny işe göýbermek üçin ulanylýar. Magnitli göýberiji kontaktor diýilýän aparat boldugydyr, ondan ýeke-täk tapawudy kontaktorlarda ýylylyk relesi ulanylmaýar, emma magnitli göýberijilerde bolsa ýylylyk relesiniň bolmagy hökmanydyr, ýagny ol elektrohereketlendiriji artyk ýükden goralýar we kä halatlarda bolsa bir fazada tok bolmadyk ýagdaýyndan goraýar. Asinhron maşynlaryň üznüksiz işini üpjün etmekde magnitli goýberijileriň roly uludyr. Şonuň üçin bolsa olara gaty uly talaplar ýüklenilýär: berk, ömri uzak, saz işleýişli hem-de maşyny artyk ýükden ygtybarly goraýjy bolmalydyr.

Magnit goýberijiniň özboluşly iş aýratynlygy şeýleräk ýagdaýda bolýar, ýagny, maşyn işe goýberilende onuň göýberliş togy maşynyň nominal diýilýän ( $I_{nom}$ ) togyndan 6-7 esse artyk bolýar. şeýle şertde kontaktda çalaja-da bolsa sandyrama (sarsgyn zerarly) ýüze çykaýsa, kontakt zaýalanýar. Şol sebäpli onuň kontaktlaryna goýulýan talap uludyr. Sandyradýjy az wagtlaýyn bolar ýaly edip onuň hereketdäki bölegini mümkin boldugyça ýeňil edip ýasaýar, tizligini azaldýarlar we şol bir wagtyň özünde bolsa jebislikde özara basyşyny artdyryýarlar. Şu çäreler ПА tipli sürtülmä çydamly kontaktly hem-de elektrikden

zaýalanmagyna durnukly magnitli göýberijileri döretmäge ýardam etdi, olar  $2 \cdot 10^6$  gezek toga çatyp hem öçürmäge çydamlydyrlar.

Barlaglar esasynda şeýle netijä gelindi, ýagny togyň ululygy 100A çenli bolsa, onda kontaktorlarda kümüş nakladkalaryny ulanmak we 100A uly bolanda bolsa kümüşüň okisiniň garnawyny prokladka edip ulanmak maksada laýyk bolýar (KMK-10A).

Maşynyň görkezilen tizligine ýetenden soň onuň togy nominal bahasyna çenli peselýär.

Magnitli göýberijini öçüren wagtymyzda onuň kontaktlarynda setiň potensialy bilen hereketlendirijileriň elektrik hereketlendiriji güýjiniň (e.h.g.) arasyndaky tapawut potensiyaly ýüze çykýar. Netijede, kontaktda 15-20%  $U_{nom}$  potensiyal döreýär, bu ululykdaky potensialy üzmeklik ýenilleşýär.

Asinhron maşyn işe göýberilenden magnitli göýberijiniň öçýän halatlary az bolmaýar, şeýle ýagdaýda göýberiji 7 esse nominal tokdan artyk togy, onda-da maşynyň kuwwat koeffisiýentiniň kiçi wagtynda ( $\cos\varphi=0,3$ ) elektrik birleşmäni üzmeli bolýar. Bu ýagdaýda kontaktlarda potensiyal nominal ( $U_{nom}$ ) ululyga eýedir. Göýberiji duran maşyny 50 gezek işe göýberip, soňra bolsa öçürip barlananda soň iş ukyplylygyny saklamalydyr.

Magnitli göýberijiniň ömrüniň uzak bolmagyny gazanmak üçin, olary göýberip bilýän kuwwatlygyndan artyk kuwwatlykda saýlap almaly.

Magnitli göýberijileriň köp ulanylýandygyny göz önünde tutsak, onda olaryň işleýşi üçin sarp edilýän kuwwaty azaltmak has maksada laýyk bolýar. göýberijide kuwwat elektromagnit üçin hem-de ýylylyk rele üçin harç bolýar. Kuwwat ýitgisini 100% alsak, onda elektromagnitde 60%, ýylylyk relede bolsa 40% ýitýär. Ýitgini azaltmak maksady

bilen elektromagnitde sowuklygyna sozulan polat listleri ulanylýar, ol hili poladyň Э310 belligi bardyr (markasy).

### **11.1. Rewerssiz magnitli göýberijiniň işine garap geçeliň**

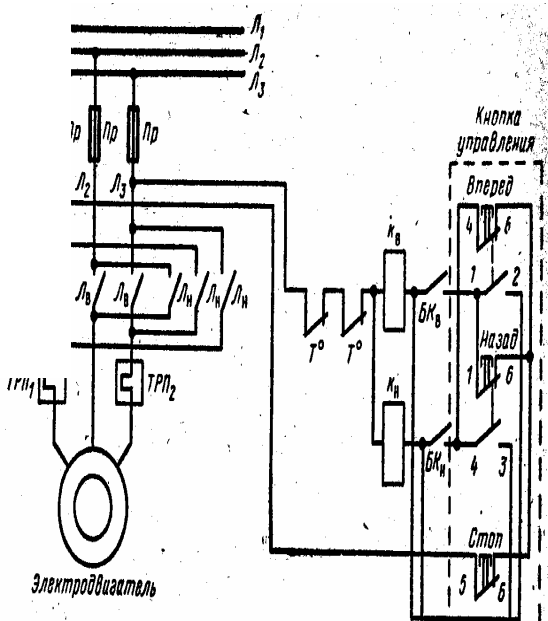
Göýberijiniň esasy (güýç) kontaktlary KM elektrik maşynlaryny iýmit-lendiriji simiň aralygyna çatylýar. Şol simleriň iki fazasyna ýylylyk releleriň gyzduryjy elementleri yzygider çatylýar FP1 we FP2.

Elektromagnitiň sargysy KM sete SB2 dolandyryjy düwmäniň hem-de ýylylyk reläniň açyjy kontaktlary bolan FP kontaktlaryň üsti bilen birleşdirilýär. SB2 düwmäni basan ýagdaýymyzda elektromagnitiň sargysyna (KM) potensiýal SB1 düwmäniň 1-2 kontaktlarynyň we ýylylyk reläniň FP kontaktlarynyň üsti bilen berilýär. Elektromagnit ýakoryny çekýär hem-de SB2 düwmäniň 3-4 kontaktlaryny KM blok-kontakty şuntirleýär (gurşap alýar). SB2-düwme goýberiji we SB1-düwme öçüriji (stop) düwmeler diýip atlandyryýarlar. Maşyny saklamak üçin SB1 düwme basaymak ýeterlikdir. Maşynyň ýüki çakdan artyk bolanda ýylylyk reläniň gyzduryjy elementleri (olar bimetallardan ýasalýar) gyzyp kontaktlary (FP) açýar, netijede elektromagnitiň sargysy KM iýmitlendirmeden mahrum bolýar, elektromagnit ýakoryny göýberýär, maşyn setden üzülýär.

Friksiýon diskler 5 (sürtülme üstler) sürtülme koeffisiýenti ýokary, sürtülme durnukly materiallardan ýasaýarlar. Bu maksat üçin ýönekeý materiallar hem ulanylyp biliner: mysal üçin polat – polat, polat – çouýun, polat – bronza, bronza – bronza we başgalar. Metallakeramikadan ýasalan friksiýon diskler has maksada laýykdyrlar. Mysal hökmünde şeýle gyrynda ýüzleneliň; mis 68 %, galaýy 8 %, gurşun 7%, grafit 6%, kremniý 4%, demir 7%. Şeýle düzümiň oňat garnuwy (poroşok görnüşinde) birnäçe onlarça mün  $H/sm^2$

basyşda basgylap, soňra 700-800 °C temperaturada bişirilýär. Ýeňil ereýän bölegi (galaýy, gurşun) ilkinji eräp öýjüklere siňýärler we garyndyny durky bilen bişirýärler. Metallokeramika friksiýon diskler endigan işe üpjün edýärler, az iýilýärler hem-de temperaturanyň ýerli ýokarlanmadan durnukly bolýarlar (umumy talaba laýyklykda bolsa 200)

Rewersli magnitli göýberijiniň sete çatylyşynyň we onuň işleýiş prinsipiniň elektrik birleşme sudury 11-1-1-nji çyzgyda getirilendir. Dolandyryjy düwmede “Öňe” (вперед) 1-2 ýapyjy we 4-6 açyjy kontaktlar bardyr. Şolara meňzeş kontaktlar “Yza” diýen düwmede hem bardyr.



11.1.1-nji çyzgy.

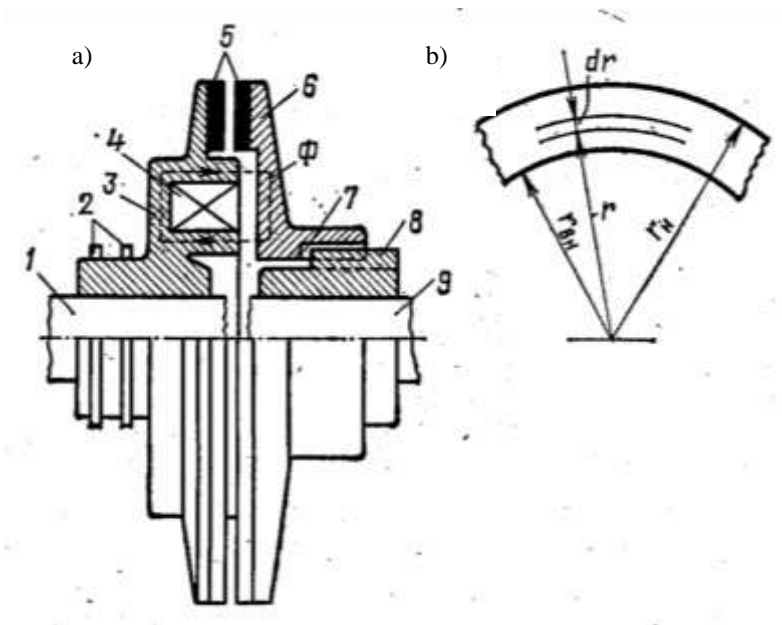
Asinhron maşyn işe goýberilende, mysal üçin “Öňe” (SB2) bu düwmäniň 1-2 düwmeleri birleşýärler we iş amala aşyryşy edil rewerssiz göýberijiniňki ýaly bolup geçýär, tapawut diňe haçanda SB2 düwmäni basanymyzda KM1 sargy “Yza” düwmäniň 1-6 kontaktlarynyň üsti bilen ýýmitlenýär. Şol bir wagtyň özünde bolsa, “Öňe” düwmäniň 4-6 açyjy düwmeleri açylyp “Yza” düwmede oturan (SB3) KM2 sargynyň zynjyry üzülýär. “Yza” düwmäni basanymyzda ilki bilen 1-6 düwmeler açylýar, KM1 ýýmitini ýitirýär we “Öňe” göýberiji işini togtadyr. Soňra, 4-3 düwmeler arkaly “Yza” bolan elektromagnit arkaly göýberiji işe girýär we maşyn tersine aýlanýar.

## 12. Elektromagnit muftalary

Aýlaýan hem-de aýlanýan waly elektroherketlendirijiniň aýlawyny togtatmazdan birleşdiriji dolandyryşly enjama mufta diýilýär. Elektromagnit muftalarynyň işleýşinde elektromagnit güýji ulanylýar. Şeýle muftalar giňden ulanylýarlar. Olaryň oňaly tarapy az wagtda işe göýberilýär, gabarasy kiçi, dolandyryjy sargynyň talap edýän kuwwaty, az, şol bir wagtda bolsa uly momentli wallary dolandyryp bilýär. Elektromagnit muftalary mehaniki ýükleri kommutirleýji topara girýärler.

Mälim bolan elektromagnit muftalarynyň üç görnüşleri ulanylýarlar : friksiýaly (sürtülme muftalary), ferroporoşokly (demir poroşokly) we magnit bagly muftalar.

Friksiýaly mufyanyň (bir diskaly) ýönekeý gurnaw sudury 12.1-nji çyzgyda görkezilendir. Aýlaýjy 9 walda ugrukdyryjy 8 wtulka oturdylyan (ornaşdyrylyan). Ýakor 6 walyň ugry boýunça süýşmeklige ukyply. Ýakoryň içki oýugyna (pazyna) 7 wtulkanyň 8 gerişleri girýärler (wystupy), ýakor wtulka bilen bile aýlaw etmeli bolýar.

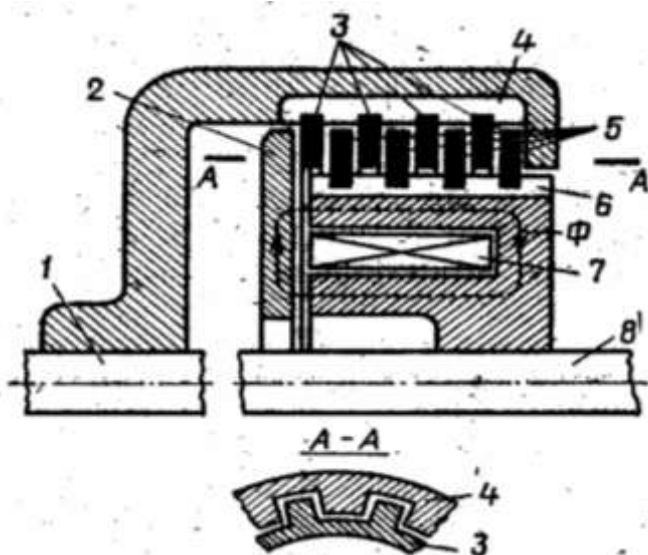


12.1-nji çyzgy.

Elektromagnit muftanyň korpusy 3 aýlanmaly 1 walda oturdylyan. Muftanyň oýandyryjy 4 sargysyna potensiyal 2 kontakt beriji halkanyň üsti bilen amala aşyrylýar. Bu sargy magnit akymyny  $\Phi$  döredýär, ol akym mufta ýakorynyň 6 üsti bilen birleşýär. Elektromagnit güýji 6 ýakory çepe süýşürýär. Şeýlelikde, aýlaýjy we aýlandyrylmaly bölekler 5 sürtülme üstler boýunça birleşýärler. Haçanda oýandyryjy 4 sargydan potensiyal öçürilse, magnit  $\Phi$  akymy bolmaýar, yza dartyjy pružina (çyzgyda görkezilmedik) 6 ýakory saga süýşýär we ara üzülýär.

Friksiýaly diskler 5 (sürtülme üstler) sürtülme koeffisiýenti ýokary, sürtülmä durnukly materiallardan ýasaýarlar. Bu maksat üçin ýönekeý materiallar hem ulanylyp biliner: mysal üçin polat – polat, polat – çöýün, polat – bronza,

bronza – bronza we başgalar. Metallakeramikadan ýasalan friksiýaly diskler has maksada laýykdyrlar. Mysal hökmünde şeýle garynda ýüzleneliň; mis 68 %, galaýy 8 %, gurşun 7%, grafit 6%, kremniý 4%, demir 7%. Şeýle düzümiň oňat garnuwy (poroşok görnüşinde) birnäçe onlarça mün  $H/sm^2$  basyşda basgylap, soňra 700-800 °C temperaturada bişirilýär. Ýeňil ereýän bölegi (galaýy, gurşun) ilkinji eräp öýjüklere siňýärler we garyndyny durky bilen bişirýärler. Metallokeramiki friksiýal diskler endigan işe üpjün edýärler, az iýilýärler hem-de temperaturanyň ýerli ýokarlanmadan durnukly bolýarlar (umumy talaba laýyklykda bolsa 200 °C-dan ýokarlanmaly däl hasap edilýär).



12.2-nji çyzgy.

Aýlandyrylan waly gerek ugruna aýlanmak üçin rewersli muftalar ulanylýar. Şeýle sistemada iki aýlandyryşly wal bolýar

we dürli ugurlara aýlanýarlar. Haçanda bir aýlaýjy walyň sargysyna potensiýal çatylanda, muftanyň ýakory şol tarapa çekilýär we aýlandyrylyjy wal şol ugura aýlanýar, aýlow ugry üýtgediljek bolanda bolsa, beýleki aýlaýjy walyň muftasynyň sargysyna potensiýal çatylýar, netijede ýakor ters tarapa süýşüp aýlaýjy wal bilen aýlandyrylyşly wal çatylýar, aýlow tersine bolýar.

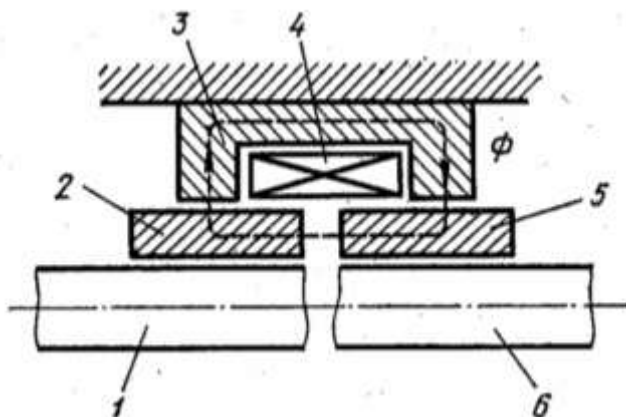
Şuňa esasan salgylanyp mufta-tormoz almak bolar. Munuň üçin aýlaýjy walyň biriniň deregine hereketsiz çatgyly sistemany almak ýeterlikdir. Şeýle edilende sarga potensiýal çatylanda muftanyň ýokary hereketsiz sistema dartylýp hereketini togtadýar.

Bir diskli muftalar ulanmaga aňsat hem-de ygtybarly, ýöne az effekt berýär. Şonuň üçin köpdiskli muftalar ulanylýarlar. Bu muftalar kiçi gabarada uly moment döredýärler.

7 sargydan tok geçende  $\Phi$  magnit akymy döreýär, ol 2 ýakoryň üsti bilen birleşip, ony okuň ugry boýunça süýşürýär. Haçanda ýakor süýşende onuň ýokarynyň bölegi 3 we 5 diskleri gysýar. Şeýlelikde aýlaýjy wal bilen aýlanmaly wal çatylýar. 3 disk aýlaýjy walyň üstünde pazlara diskiň dişleri girer ýaly edilip oturdulan. Edil şonuň mysalynda 5 disk aýlanmaly walyň üstünde oturdulan. Şeýlelikde, haçanda 3 we 5 diskler bir-birine jebis çatylanda aýlaýjy wal bilen aýlandyrylýan wallar doly baglydyrlar.

Ýokarda agzalan muftalaryň esasy ýetmezçiliginiň biri dolandyryjy sarga tok bermek üçin aýlaýjy walyň üstünde kontakt şýotkaly tigirleri oturtmaly bolýar, olar bolsa wal bilen bile aýlanýarlar. Şeýle ýetmezçilikden kontaktsyz muftalar dynçdyr.





12.3-nji çyzgy.

Aýlandyrylmaly 1 walyň üstünde 2 detal oturdylan, aýlaýjy 6 walyň üstünde bolsa şonuň ýaly 5 detal ornaşdyrylan. Ol detallar walda aýlanmaz ýaly, ýöne walyň ugry boýunça süýşüp biler ýaly edilip oturdylýar. Sarga 4 potensiýal çatylanda onuň magnit meýdany elektromagnit güýç döredip 2 we 5 detallary biri-birine garşy süýşmäge mejbur edýär, olar özara birleşýärler, wallar bilelikde aýlanýarlar. Haçanda sargyda tok kesilende 2 we 5 detallar dartyjy pružinlaryň kömegi bilen yza süýşýärler, aýlaw kesilýär.

### 13. Ferroporoşok muftalar

Bu hili muftalarda ferromagnit garyndynyň magnit meýdanynda „gatamak“ (magnitleşmek) häsýeti ulanylýar. Iki sany polat detal biri-birine gabatlaşyp ýary, üst ara az-kem boşluk bar. Bu detallaryň bir walda mäkäm berklenen, beýlekisi bolsa aýlandyrylýan wal bilen berk baglanan. Eger şeýle detallar araboşlugyny ownuk ferromagnit poroşogy bilen doldursak, onda ol araboşlukda magnit meýdany täsir etse,

poroşogyň bölejikleriniň arasyndaky mehanika baglylyk ýüze çykar we detallary birleşdirýän güýç ýüze çykar. Netijede aýlanýan waldan aýlandyrylan wala aýlanma hereketi beriler. Magnit akymy kesilen halatynda bolsa detallar arabaglanşygy üzüler aýlow bolmaz.

Ferroporoşokly muftalarda karbonil demri diýilýän demir giňden ulanylýar. Onuň däneleri sferik formadadyr (togalak) (bölejikleriň diametri 10 mk takmynyndadyr). Şeýle poroşogy pentakarbonil demrini dargadyp alýarlar.  $F_2(CO)_5 = Fe + 5CO$ . Bu poroşok uglerod okisiniň demire  $T = 200^\circ C$  hem-de basyş derejesi  $P = 150 \cdot 10^5 \text{ Па}$  bolanda emele gelýär. Bu suwuklyk  $+ 102,7^\circ C$  gaýnaýar we  $- 20^\circ C$  gataýar. Eger  $Fe (CO)_5$  boguny  $200-250^\circ C$  temperaturaly kameradan göýberilede ownuk demir poroşogy emele gelýär. Posa garşy durnuklylygyny şu  $O_2$  ýa-da  $Al_2O_3$  plenasyny örtmek bilen gazanýarlar.

Ferromagnit poroşogyny bir-biri bilen ýelmeşmezlik (bir-birine ýapyşmazlyk) hem-de tokda tutmazlyk üçin araüzüji materiallar bilen garyp ulanýarlar. Demiriň 20-bölegine 1 bölek bölüji garýarlar. Şeýle garyndylar hökmünde grafit sinkiň okisi, kremniniň ikilik okisi, talk we başgalar.

Ferroporoşok mineral ýaglar ýa-da kremniý organik suwuklyklar bilen hem ulanylyp biliner.

Ferroporoşokly muftalar ulanylanda aýlow tizligi 3000 aý/min geçmeli däl, sebäbi ondan ýokary tizliklerde ferroporoşok bölejikleri daşky gyra toplanyp muftany doňup galmaklyga eltmeği ähtimaldyr. Bu muftalaryň dolandyryş kuwwaty az, işe girizilmek wagty elektromagnit muftanyňka garanyňda on esse ( $\sim 10$  esse) diýen ýaly azdyr. Kän çatylyşa, hem-de çalt işleýşe ukyply bolýar.

**Induksiýaly muftalar.** İşleýiş prinsipi magnit meýdany bilen tüweleý togy ady bilen belli bolan toguň döredýän magnit meýdanynyň özara güýç täsiri astynda bolup geçýär. Esasy magnit meýdanyny induktor döredýär, ýokarda bolsa tüweleý

togunyň meýdany döreýär. Induktor-aýlaýjy, ýakor-aýlandyryjy. Diýmek induksiýaly muftanyň işleýşi asinhron maşynyň iş prinsipine laýyk eken.

**Gisterezis muftalar.** Bu muftalarda aýlaýjy wal bilen aýlandyrmaly wal arasyndaky güýç birleşmegi magnitgatylykly jisimlerde magnitlanýş galyndy saklanmak häsýetine esaslanandyr. Gisterezis muftasy iki bölek magnit sistemasyndan düzülen: biri aýlanyjy wal 1 (1,2,3,4,5 detallar), beýlekisi bolsa – aýlaýjy wal 8 (6 we 7 detallar) bilen jemlenen.

3 sargynyň döreden magnit akymy  $\Phi$  esasy magnit geçiriji 2 we onuň üstünde oturdylan, çykyp duran birnäçe polýuslaryň magnit gatylykly 6 gisterezis diskleriň (bu diskler aýlaýjy 8 walyň üstünde oturdylan), 5 diskli ferromagnit diskleriň (bu diskler izolirleýji 4 detalyň üstünde ornaşan), 4 detaly bolsa, 2 esasy magnit geçirijide oturdylan.

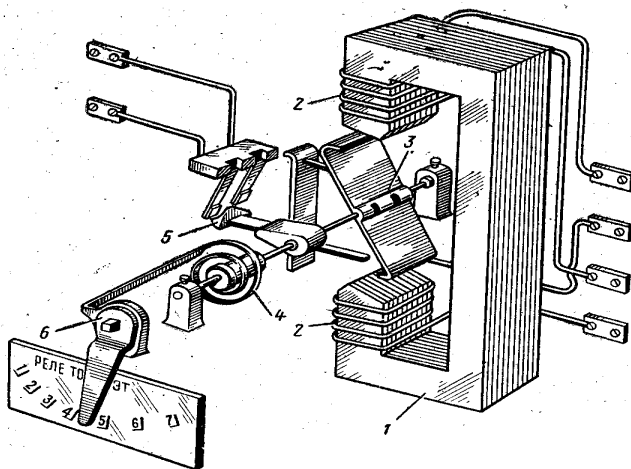
Oýandyryjy sargynyň magnit akymy 2 magnit geçirijiniň diş-diş bolup çykyp duran böleklerinden geçer. Magnit akymynyň çyzgydaky ugruna laýyklykda çyzgylara garanymyzda ýokarky polýuslar demirgazyk N, aşakylar bolsa günorta S polýuslar bolarlar. Magnit akymy 6 gisterizes diskleriň üstünden geçip, olarda magnitlanan  $N_s$  (elementar) ýönekeýje aralyklary döreder, olar bolsa öz gezeginde 2 we 5 detallaryň N we S polýuslary bilen täsirleşip, elektromagnit güýç dörederler. Mysal üçin, eger biri-biri bilen berk bagly 2 we 5 detallar çepden saga süýşse, onda olaryň N magnit polýuslary (elementar) ýönekeýje magnitlaryň 6 S polýuslaryndan daşlaşar, şol bir wagtda bolsa, ýönekeýje magnitlaryň 6, ýönekeýje magnitlaryň N polýusyna ýakynlaşar. Şeýlelikde, özara güýç sebäpli 2 we 5 detallaryň ugruna 6 detallar herekete geler.

## 14. Elektromagnit releleri we gözleýji releler

Elektromagnit releleri hemişelik ýa-da üýtgeýän toguň elektromagnit bilen herekete getirýärler. Köplenç şeýle ýagdaýda tok hem-de aralykçy releler işleýärler. Aralykçy releleriň sargylaryny doly potensiala çatýarlar, olaryň uly elektrik garşylygy bolýar. Onuň tersine tok releleriniň elektrik garşylygy (sargysy) örän az bolýar hem-de ol sargylar ýük bilen yzygider birikdirilýär. Tok relesi çatylanda zynjyryň toguna täsiri bolmaly däl (tok relesiniň sargysy aralykçy reläniň sargysyna garanynda ýogyn simden gurnaýarlar).

14.1-nji çyzgyda elktromagnit tok relesiniň çatlyşy görkezilendir.  $Z_0$  garşylygy bolan w sargy  $Z_H$  garşylygy bolan elektrik ýüküne yzygider birleşendir, onuň üstünden geçýän  $I_p$  tok  $\Phi$  magnit akymyny döredýär, ol akym 1 magnit geçirijiniň, 2 ýakoryň hem-de aralygy  $\delta_0$  bolan howa boşlugynyň üstünden geçýär. Şu ýagdaýda, eger magnit akymynyň döreýän güýji pružiniň garşylyk  $F$  güýjünden artyk bolsa, onda rele ýakory dartýar:  $K_1$  kontakt açylyp  $O_1$  orny energiýadan keser, şol bir wagtyň özünde bolsa  $K_2$  kontakty ýapyp  $O_2$  orny energiýa bilen üpjün eder.

Reläniň işleýşine haýsy faktorlaryň (sebäpleriň) täsir edýänligine garalyň. Eger magnit sepikmesi ýok hem-de magnit geçiriji polat demriň magnit garşylygy örän az diýip hasap etsek, onda magnit akymy bilen ony döredýän magnit hereketlendiriji güýjiň (m.h.g.) arasyndaky baglanyşyk aşakda getirilen aňlatma mysalynda bolar:



14.1-nji çyzgy. Elektromagnit tok relisi.

$$\Phi R_{\delta} = I \omega \quad (14.1)$$

bu ýerde:  $R_{\delta} = \frac{\delta}{\mu_0 S}$  - howa boşlugynyň garşylygy

(Om.s) s-magnit polýusynyň meýdany,  $\mu^2$ ;

$\delta$ -howa boşlugy;

$\mu$ . K ýüzünde lektromagnit reläniň dartýş toguny sargynyň sargy sanyny üýtgetmek bilen hem-de pružiniň garşylyk güýjini sazlamak esasynda üýtgedýärler.

Awtomatikada kän elektrik birleşmäniň içinden haýsam bolsa birini saýlap almaly bolýar. Şeýle ýagdaýda elektrik zynjyryny dyngysyz, tä gözlenýän birleşmäniň üstünden barylýança çatyp – ýazdyryp duran elektromagnit apparaty

ulanylýar, ol apparata gözleýji, ýa-da gözläp tapyjy diýip atlandyrylarlar.

Elektromagnitiň 1 sargysyna tok impulsy berlende 8 ýakory dartylýar we 6 detaly  $O_2$  okuň daşynda sagat diliniň ugry boýunça öwürseler hem-de diş-diş mehanizmiň täze dişine düşürer. Tok kesilende elektromagnitiň dartys güýji kesilip diş-diş mehanizimiň 4 tigiri  $O_1$  okuň daşynda bir diş aşak düşüp 7 pružiniň dartys güýji bilen bir diş öwrüm eder. Şu ýagdaýda hereketdäki kontakt 3 dişli öwrüm edip, indiki tok geçiriji kontakt lameli 2 bilen birleşer. Sargy 1-de toguň her impulsynda hereketlenýän kontakt täze kontakt lameniliň üstüne düşer. Lamerleriň sany bolsa köplenç ýagdaýda 11-den 50-ä çenli ýetýär, hereket sany bolsa 1-den birnäçe onluga 1 sekund aralygynda ädim edýär.

Soňky wagtlarda gerkonlary ulanmak bilen gözleýji apparatlar düzýärler. Töwerek boýunça birnäçe gerkonlary ýerleşdirýärler, olaryň ýanyndan belli bir tizlikde hemişelik magnity herekete getirýärler. Haýsy gerkonyň ýanyna magnit gabatlaşdygy onuň kontakty ýapylýar, magnit gerkonyň deňinde geçdigi kontakty açylýar.

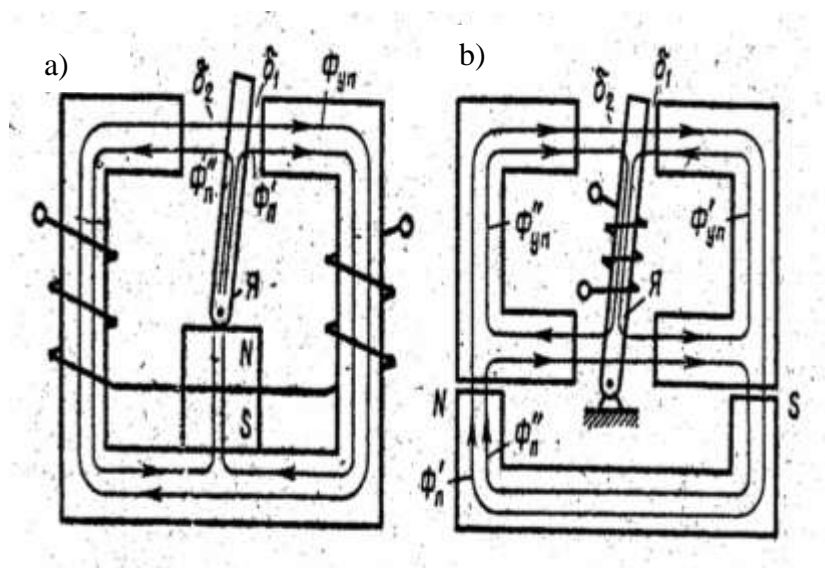
## 15. Polýarlaşan releler

Polýarlaşan releler üç sany aýratynlyklar bilen tapawutlanýarlar. Çaltlygy, ýokary duýgyrlygy we dolandyryjy toguň ugruna baglylygy. Bu ýagdaýlar reläniň magnit zynjyryna polýarlaýjy hemişelik magnit dakylmagy bilen amal edilýär. Bu releleriň m.h.g. (ýa-da Amper sargylygy) ululygy 1A töwereginde bolýar, şol wagtyň özünde bolsa, işleýiş wagty birnäçe millisekundlar (ms) bilen ölçenýär.

Mysal edip polýarlaşan ПП-4 reläniň  $IW_{\phi} \approx 2A$ , bir sekundaky açylyp ýapylmagy bolsa,  $z=200$  m/c. Polýarlaşan reläniň zyzgider magnit zynjyrlý görnüşiniň sudury getirilen. Sargy soralan magnit geçirijiniň ara üzügine  $N_s$  hemişelik

magnit oturdyran. W sanly sargy dolandyryjy sargy atlandyrylýar. Hemişelik magnitiň magnit akymy  $\Phi_{\Pi}$ , onuň ugry dolandyryjy sargynyň magnit akymynyň  $\Phi_{\Sigma\Pi}$  ugry bilen ugurdaşdyr.

Eger hemişelik magnit bolmadyk bolsa, onda dolandyryjy sarga tok çatanymyzda magnit akymynyň üýtgeýşi bolup giçerdi. Bu ýagdaýda reläni işe göýberiji magnit akymy üçin  $t_1$  wagt gerek bolardy. Haçanda hemişelik magnit ulanylanda bolsa, bu wagt  $t_2$  pursat bilen kesgitlenilerdi. Şeýlelikde, rele hem duýgur hem-de çalasyn işleýär. Sargyda tok ugry üýtgände rele işlemeyär.



15.1-nji çyzgy.

Reläniň differensiýal a) we köpri görnüşli b) hilleri. Polýarlaşan reläniň defferensiýal hem-de köpri görnüşli gurnawlary bolýar.

## 16. Wagt releleri

Goraýyş we awtomatikanyň shemalarynda iki ýa-da birnäçe apparatlaryň özara birleşme (çatylma) prosesinde köplenç halatlarda wagt saklowy gerek bolýar. Tehnologik prosesleri awtomatlaşdyrylanda wagt yzygiderligini üpjün etmeli ýagdaýlar az bolmaýar.

Ine şeýle ýagdaýlarda wagt gijikdiriji apparatlar ulanylýar, şeýle funksiýany ýerine ýetiriji apparatlara wagt releleri diýip atlandyrylýarlar. Wagt relelerine umuman aşakdaky ýaly talaplar goýulýar:

1. Wagt gijikdirmesi durnukly bolmaly; iýmitlendiriji potensiyalyň üýtgewine, ýygylýgyna, daşky temperatura we başga faktorlara bagly bolmaly däl;
2. Göwrümi kiçi, ýeňil hem-de az kuwwat talapy bolmaly;
3. Kontakt ulgamy kuwwatly, ygtybarly bolmaly.

Reläniň öňki ýagdaýyna dolanmagy hemişe diýen ýaly sargynyň togy kesilen ýagdaýynda bolup geçýär, şonuň üçin bolsa onuň gaýdyş koeffisiýenti  $K_g$  diýen ululyga aýratyn hem üns talap edilýär.

Nirede, haýsy şertde işlenilendigine garap, wagt relelerine özboluşly talaplar goýulýar. Awtomat dolandyryşly herekete getirijileriň sagatda kän çatylýp – üzülmegi bolup geçýän shemalarynda wagt releleriniň elektromehaniki durnuklylygy (5-10)  $10^6$  çatylyşa çydamlylygy talap edilýär. Çatylma ýa-da açylma wagty 0,25-10 sekunda ýetýär. Şeýle releleriň takyk işleýşine aýratyn ünüs hem berlip durulmaýarlar, wagt sazlaýyşdaky üýtgew 10% çenli bolup biler. Önümçilik şertlerinde bu releler sarsgynly hem-de sandyraýyşly ýagdaýlarda işleýärler.



Energoulgamlarda goraýyş maksatlarynda işleýän wagt releleriniň işleýiş takyklygy örän ýokary bolmaly. bu releleriň işleýän wagtlyary bolýar, şonuň üçin bolsa elektromekanika durnuklylygyna aýratyn üns berlip durulmaýar, işjeňligi  $(5-10) \cdot 10^3$  çatylma ýarasa kanagatlanarly hasap edilýär. bu releleriň wagt gijikdirilmesi 0,1-20 sek ýetýär.

Tehnologik prosesler awtomatlaşdyrylanda kän wagt gijikdirmesi talap edilýär, ýagny birnäçe minutdan sagat dowamlylygyna ýetýär.

Reläniň işleýşini haýallatmakda elektromagnit haýallatma usulyny ulanýarlar. Bu usuly köwlenme tok ady bilen belli bolan toguň reläniň çatyş işini haýallatmakda ulanýarlar.

## **17. Ýarymgeçiriji diodlar**

Iki sany ýarymgeçirijiniň kontakt birleşmesinden ýarymgeçiriji diod alynýar. Ýarymgeçirijileriň biri elektron geçirişli, beýlekisi bolsa, öýjük (deşik) geçirişli bolmaly. Elektron geçirişli ýarymgeçirijä ýarymgeçirijileriň n-görnüşlisi (n-tipa), öýjük geçirişlisine hem P-görnüşlisi (P-tipa) diýip at berýärler ýarymgeçirijileriň n-görnüşlisinde elektronlaryň uly toplumy bolmagy netijesinde olar birini ýarymgeçirijiden ikinjä tarap dyňzap geçýärler. Edil şoňa meňzeş halda P-görnüşden n-görnüşe öýjükler dyňzaşyp geçýärler.

Iki ýarymgeçirijiniň birleşmesinde ýukajyk gatlakda ýarymgeçirijiniň n-görnüşinde položitel, p-görnüşinde bolsa otrisatel zarýadlar jemlenýärler. Şu iki gatlagyň arasynda potensial tapawudy ýüze çykýar, oňa bolsa potensiýal päsgelçiligi (potensiýalyny baryer) diýilýär. Ol potensiýal päsgelçilik dartgynlygy  $E_n$  bolan-elektrik meýdanyny döredýär, ol meýdan bolsa, öz gezeginde elektronlaryň we öýjükleriň bir ýarymgeçirijiden beýlekisine geçmegine päsgel berýär. Şeýlelikde, iki ýarymgeçirijiniň kontakt birleşmesinde örän ýukajyk zarýad geçirijilerine (elektronlara hem-de öýjüklere

garap) ýetmezçilikli gatlak döreyär. Ol gatlagyň garşylygy örän uly bolýar. Şu gatлага ýapyk gatlak, ýa-da p-n geçirijiligi bolan gatlak diýip atlandyrylar.

Ýüze çykan p-n geçirijiligiň elektrik meýdanyna ýylylyk hereketi zerarly, esasy däl zaryad geçirijileri (elektronlar p-tarapdan we öýjükler n-tarapdan) düşýärler. Esasy däl zaryad göterijileriň (geçirijileriň) p-n geçirilişini meýdanynyň täsiri astyndaky hereket ugry esasy geçirijileriň dyňzaýyş togynyň garşysyna ugrukdyrylandyr. Esasy däl zaryad göterijilerden döran toga dreýf togy ýa-da ýylylyk togy diýilýar. Dreýf togunyň ululygy temperatura ýokary derejede bagly bolýar.

Eger, çeşmäniň položitel gysgyjyny n-görnüşli ýarymgeçirijiniň metal elektrodyna daksak, çeşmäniň otrisatel gysgyjyny p-görnüşli ýarymgeçirijiniň elektrodyna daksak, onda p-n geçirilişdäki  $E_r$  elektrik meýdanynyň ugryna ugurdaş daşky  $E_b$  elektrik meýdany dörär. Şeýle  $E_b$  meýdan esasy zaryad göterijileriniň p-n geçişden geçmegine has hem päsgel döreder. Şeýlelikde, gadagan gatlagyň (p-n geçişini) üstünden gaty az, esasy däl zaryad göterijilerinden döran ters akýan  $I_{t,t}$  (ters tok) tok ýüze çykar. Diodyň tersleýin togy temperatura has bagly bolup, onuň ýokarlanmagyndan ulalýar.

Eger, çeşmäniň gysgyçlaryny üýtgedip çatsak, onda  $E_b$  bilen  $E_r$  meýdanlar garşylyklaýyn bolarlar, elektronlar we öýjükler bir-birlerine garşy hereketde bolarlar, p-n geçişde esasy zaryad göterijileriň sany artar, netijede potensiyal päsgelçiligi (potensiyal barýeri) azalar, elektrik garşylygy azalar (kada boýunça  $E_b \gg E_n$ ). Şeýlelikde elektrik zynjyrynda göni tok akyp başlar. Bu togyň ululygy çeşmäniň potensiyaly heniz az ýagdaýynda-da ep-esli derejä ýetip bilýär.

Germaniý elementrinden ýasalan diodyň wolt-amper karakteristikasy we onuň şertleýin şekillendirilişi getirilendir. Has aýdyňlyk maksady bilen karakteristikanyň sag goly (çyzgynyň sag tarapy) we ters akymy (çyzgynyň çep tarapy) dürli ölçeglerde alnandyr. Çyzgydan görnüşi ýaly, çeşmäniň

ugurdaş potensiyalynyň  $U_{göni}=1$  wolt bahasynda diodyň gysgyçlaryndan esli derejede tok akýar. Eger, çeşme ters çatylanda bolsa, diodyň üstünden örän az tersleýin tok geçýär.

Şeýlelikde, ýarymgeçiriji diod togy birtaraplaýyn goýberýär hem-de wentil häsiýetinde bolýar.

Käbir ýagdaýlarda has ýokary ýygylkly elektrik birleşmelerinde işleýän diodlar talap edilýär. Ine, şonuň ýaly ýagdaýlarda tunnel diody diýilýän diod ulanylýar (çeşme hökmünde ulanmak üçin, güýçlendiriji hökmünde, açyp-ýapyjy çatyjy hökmünde we başga ýagdaýlarda).

Tunnel diodyny ýasanlarynda  $p$  ýa-da  $n$  bolsun, olara garnuw goşantlaryny has köp mukdarda goşýarlar (beýleki diodlaryňka garanynda 2 esse, 3 esse artyk goşulýar). Şeýle bolansoň, olaryň  $p$ - $n$  geçiş galyňlygy örän az bolýar,  $p$ - $n$  geçişiniň  $E_n$  potensiyal meýdanynyň dartgynlygy örän uly bolýar.

17.1-nji çyzgyda (17.3-nji çyzgy, a) tunnel diodynyň wolt-ampere harakteristikasy getirilendir. Onuň esasy parametrleriniň biri hökmünde: Pik toguny  $I_1$ , çöküş toguny (minimalnyý)  $I_2$ , Pik potensiyalyny  $U_1$ , çöküş potensiyalyny  $U_2$ , açylyş potensiyalyny (naprýeženiýe rastwora)  $U_3$  – ikinji galyş golunda tok ululygy pik toguna ( $I_1$ ) deň bolandaky ugurdaş (göni) potensiyaly, diodyň sygymyny  $C$  –  $U_2$  potensiyal täsiri wagtynda  $p$ - $n$  geçişi we diodyň korpusynyň arasyndaky umumy sygym.

Ters potensiyalda tersleýin tok potensiyalyň artmagy bilen örän çalt öçýär, sebäbi, tunnel diodynyň garşylygy tersleýin toga örän az. Ugurdaş potensiyalda ( $U_{göni}$ ), potensiyal artanda ugurdaş tok başda ösüp pik derejesine ( $I_1$ ) ýetýär. Şu ýerde potensiyal ululygy  $U_1$  birnäçe onlarça milliwolt derejesinde, soňra tok azalyp başlaýar (AB-boýunça) we  $I_2$  bahasy çenli aşaklaýar, ( $U_2$ ) bahasy birnäçe yüzlerçe milliwolt. Ýene-de potensiyal artmagy bilen tok täzedan artp başlaýar. Tunnel diodynyň üstünden geçýän tok iki togyň jemi

ýaly edip görse bolar, ýagny  $I=I_T+I_D$ , bu ýerde  $I_T$  – tünnel togy,  $I_D$  – adaty diod togy.

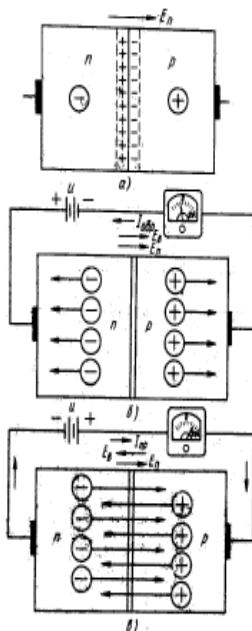
Wolt-ampër harakteristikasyndaky gaýdyş doly (AB-gol) şeýle düşündirmek bolar. Potensiýal ýokarlanmasy tünnel togyny artdyrýar, ýöne, şol bir wagtyň özünde bolsa p-n geçişň elektrik meýdanynyň dartgynlygy azalýar. Göni ugur bilen berlen potensiýalyň belli bahasynda ( $U_2$ ) p-n geçişň elektrik meýdanynyň dartgynlygy birden peselýär hem-de tünnel togy bolmaýar ( $I_T=0$ ). Şeýle bolansoň, p-n geçiş umumy diodlaryň häsiýetine eýe bolýar.

$I_p$  – tünnel geçişli;

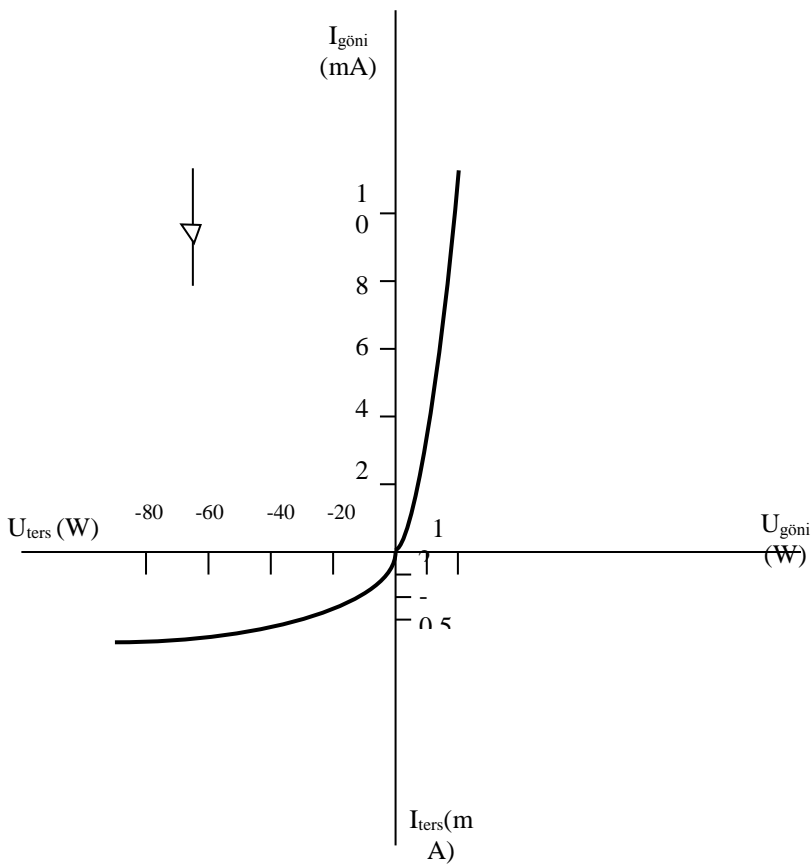
p-zonadan elektronlaryň n-zona geçisindäki togy;

$I_n$  – tünnel geçişli n-zonadan elektronlaryň p-zona geçişli;

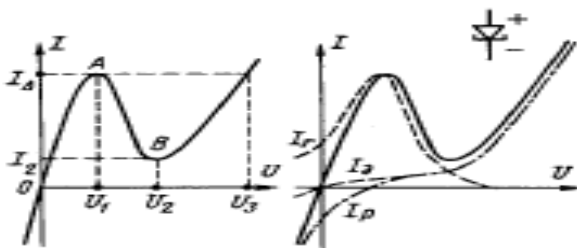
$I_D$  – adaty diod togynyň üýtgew häsiýeti.



17.1-nji çyzgy. Ýarymgeçiriji diod. a – enjamyň sudury, b – çeşmäniň ters dakylýş sudury, ç – çeşmäniň ugurdaş dakylýş sudury.



17.2-nji çyzgy. Germaniý diodynyň wolt-amper hasiýetnamasy we onuň şertleýin şekillendilişi.



a)

b)

17.3-nji çyzgy.

Tünnel diodynyň

Şertli belligi

a) hasiýetnamasy,

b) tok üýtgöwiniň egrisi

## 18. Tranzistoryň işleýşini öwrenmek

Elektrik tolkunlaryny güýçlendirip hem öndürüp bilýän iki sany p-n geçişli abzala tranzistor diýilýär. Tranzistorlar kremniý ýa-da germaniý elementlerinden plastina görnüşde üç gat edip ýasaýarlar. Gyrazy iki gat hemişe bir görnüşli geçirijilikli edilip ýasalýar, ortaky gat bolsa, olara garşylykly geçirijiligi bolmalydyr. Eger, iki gyrazy (çetki) gatlar elektron geçirijilikli bolup, ortaky gat bolsa, öýjük geçirijilikli bolsa, onda beýle tranzistora n-p-n görnüşli tranzistor diýilýär. Gyrazy gatlar öýjükli geçirijilikli bolup, ortaky gat elektron geçirijilikli bolsa, onda, olar ýaly tranzistorlara p-n-p görnüşli tranzistorlar diýilýär (18.1-nji çyzgy).

Tranzistorlaryň işleýişlerinde bolup geçýän fiziki prosesler ikisinde hem bir meňzeş, aýratynlyk diňe, birinjidenä iýmitlendiriji çeşme çatylanda olaryň polýarnosty biri-biriniňkä ters, ikinjiden bolsa n-p-n görnüşde togy esasan, elektronlar

döredýän bolsa, p-n-p görnüşde tok öýjükler tarapyndan döreýär. P-n geçişli üç gata degişlilikde, emitter Э, baza Б we kollektor К diýip atlandyrylarlar.

Emitter diýmeklige dörediji, ugradyjy ýa-da göýberiji diýen ýaly düşüjelerde düşünmek bolar. Mysal üçin, tranzistoryň n-p-n görnüşlerinde zarýad äkidiji elektronlary herekete girizýär, p-n-p görnüşli tranzistorlarda bolsa, öýjükleri herekete girizýär. Kollektor diýip, zarýad äkidijileri ýygnaýan diýip düşünse bolar. Baza-ortaçyl bolup, esas manysyny berýär.

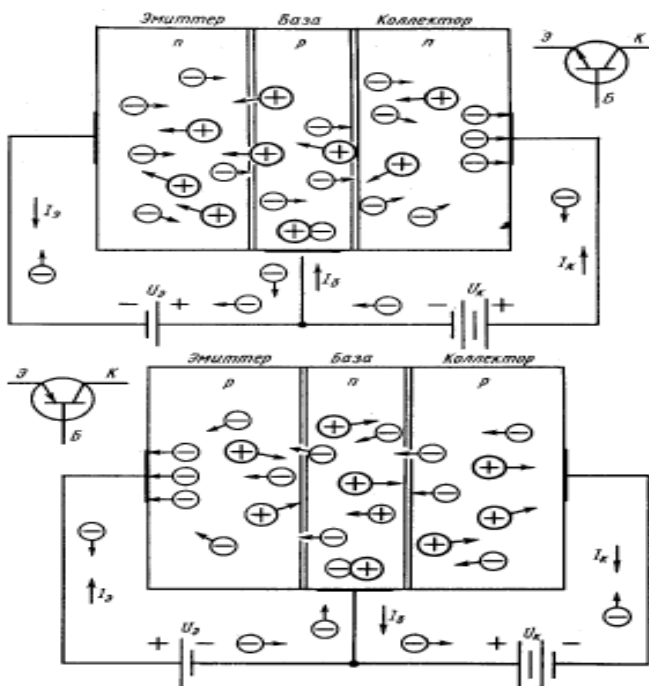
Tranzistorlaryň işinde çetrapaky p-n geçişe ugurdaş edip  $U_{Э-Б}$  (emitter-baza) potensiýalyny çatýarlar, sag tarapdaky p-n degişe ugurdaş bolmadyr (tersleýin)  $U_{Б-К}$  potensiýalyny çatýarlar. Elektrik meýdanynyň täsiri bilen zarýad äkidijileriň köp bölegi çep tarapdan (emitterden) p-n geçişin üsti bilen örän inçejik (darajyk) ortaky bölege, ýagny baza geçýärler. Soňra, şol geçişdäki zarýad äkidijileriň köpüsi ikinji p-n geçişe tarap ugurlaryny dowam etdirýärler hem-de oňa golaýlaşýarlar we daşky çeşmäniň  $U_{Э-К}$  potensialynyň döreden elektrik meýdanynyň täsirine düşýärler. Bu elektrik meýdany zarýad göterijileri (äkidijileri) kollektora tarap çekip alýar. Şeýlelikde,  $U_{Э-К}$  batareýa zynjyrynda tok artýar. Eger,  $U_{Э-Б}$  artdyrylsa, onda zarýad äkidijileriň mukdary emitterden baza tarap artar, hem-de emitteriň togy  $\Delta I_{Э-Б}$  ululyga artar. Şu ýagdaýda bazadan kollektora geçýän tok hem  $\Delta I_{Б-К}$  ululyga artar.

Emitterden baza geçen zarýad äkidijileriň az bölegi bazadaky erkin gezip ýören zarýad äkidijileriň ters polýarlaşanlary bilen birleşýärler we netijesiz galýarlar. Olaryň öwezini bazadan gelýän  $I_{Б}$  togyň kömegi bilen dolýarlar. Şeýlelikde, kollektoryň togy  $I_{К}=I_{Э}-I_{Б}$  emitteriň togyndan sähelçe tapawutly bolýar. eger baza-kollektor potensiýaly üýtgewsiz bolsa, ýagny  $U_{Б-К}=\text{const}$ , onda  $\alpha=\Delta I_{К}/\Delta I_{Э}$  gatnaşyga toga görä güýçlendirme koeffisiýenti diýilýär, onuň ululygy umuman  $\alpha=0,9\div 0,995$ .

Eger emitter-baza zynjyryny üzüp ( $I_b=0$ ), kollektor bilen baza  $U_{К-Б}$  potensiyaly çatsak, onda kollektor zynjyrynyň üstünden uly bolmadyk tersleýin tok akar  $I_{KO}$  (ýylylyk tok), bu tok esasy däl zarýad äkidijilerinden döreýär. Bu tok, temperatura örän bagly bolýar hem-de tranzistorlaryň esasy parametrleriniň biri bolup durýar (şu tok näçe kiçi bolsa, tranzistor hil taýdan oňat hasap edilýär).

Emitter-baza p-n geçişi ugurdaş potensiyalda bolansoň, onuň garşylygy az bolýar, onuň tersine, kollektor-baza p-n geçende ters ugurly potensiyal birleşýär, şonuň üçin onuň garşylygy uly bolýar. şol sebäplere görä, emittere örän kiçi potensiyal (woltyň ondan bir bölegi çemesi) çatylyar. Onuň tersine, kollektora çatylyan potensiyal ululygy örän uly (onlarça wolta barabar). Emitter zynjyryndaky tok üýtgöwi (örän kiçi potensiyalda), edil şonça kollektor zynjyrynyň tok üýtgöwine getirýär (bu ýerde potensiyal uly). şeýle ýagdaýda, tranzistor kuwwaty güýçlendirýär.





18.1-nji çyzgy.

Транзисторlaryň işleýişleri.

*a* – n-p-n,

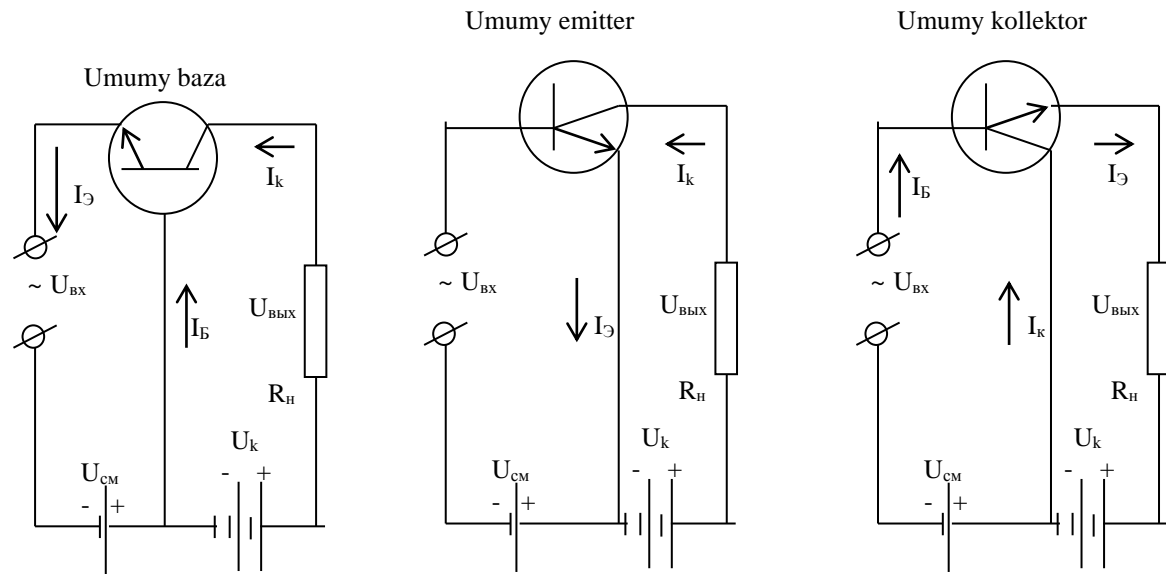
*b* – p-n-p

## 18.1. Tranzistor-güýçlendiriji

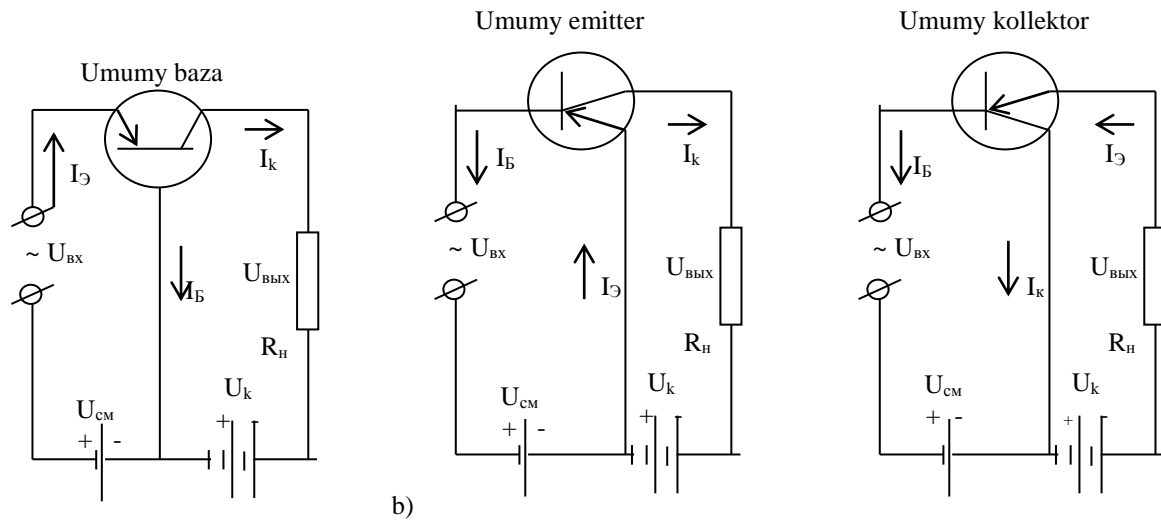
Tranzistor güýçlendirijiniň rolunda işlände onuň girişini güýçlendirmeli. Üýtgeýän togyň potensiyalyny hemişelik togyň çeşmesindäki  $U_{cm}$  potensiyaly bilen yzygider birleşdirip, emitter bilen baza aralygyna çatýarlar. Çykyşda bolsa, güýçlendirilen  $U_{bix}$  potensiyaly (signaly) ýük göteriji  $R_H$  garşylygyň üstünden alýarlar.

Umumy bazaly UB, umumy emitterli UE we umumy kollektorly UK n-p-n hem-de p-n-p görnüşdäki tranzistorlaryň üç görnüşdäki elektrik çatylyşynyň sudurlary getirilendir. Getirilen sudurlaryň adyna baglylykda, haýsy elektrodyň girişi bilen çykyş aralygynda umumylygyny görkezýärler. Tranzistorlaryň sudurlarynyň çatylyş usullary olaryň işleýiş aýratynlyklaryna bagly bolýar, emma olaryň signaly güýçlendiriş prinsipleri üýtgöwsizdir.

Umumy bazaly tranzistorda girişine položitel potensiyal artdyrmasy berilse  $\Delta U_{bx}$ , onda ol emitteriň togunyň  $I_e$  artmagyna getirer we bir wagtyň özünde kollektor togunyň  $I_k$  hem-de çykyş potensiyalynyň  $\Delta U_{bix}$  artmagyna getirer, ýagny  $\Delta U_{bix} \gg \Delta U_{bx}$ .



a)



18.1.1-nji çyzgy. Tranzistorlaryň çatylyş sudury.  
a) n-p-n; b) p-n-p.

Umumy bazaly sudurda (shemada) giriş potensiyal çeşmesi emitter-baza zynjyryna çatylan, yük bilen iýmitlendiriji çeşme bolsa kollektor-baza zynjyryna çatylýar. Umumy bazaly ИБ birleşmede girişdäki garşylyk (elektrik garşylygy) az (birnäçe Om ýa-da onlarça Om), sebäbi, emitterli geçiş potensiyalyň göni ugruna (ugurdaş potensiyala) çatylan. Onuň tersine, çykyşdaky garşylygy örän uly (ýüzlerçe kOm), sebäbi kollektor geçişli gatlak potensiyalyň ters ugryna çatylandyr. Umumy bazaly ИБ suduryň girişdäki garşylygynyň azlygy onuň esasy ýetmezçiliginiň biridir, şonuň üçin bolsa, olary güýçlendirijiler hökmünde ulanmagy çäklendirýärler. Giriş signal çeşmesiniň üstünden emitter togunyň hemmesi geçýär, şol sebäbe göre şu sudurda (shemada) tok boýunça güýçlenme bolmaýar.

$$\frac{\Delta I_{çyk.}}{\Delta I_{gir.}} = \alpha \quad (18.1.1)$$

Onuň tersine, potensiyal güýçlendirmesi ýa-da kuwwat güýçlendirmesi ýüzlerçe essä baryp biler.

Umumy emitterli birleşmede giriş potensiyalynyň çeşmesi emitter-baza zynjyryna çatylýar, yük göteriji  $R_H$  garşylyk we iýmitlendiriji çeşme bolsa, emitter-kollektor zynjyryna dakylýar. Şeýlelikde, emitter giriş hem-de çykyş zynjyrlarynyň aralygynda umumy elektrod bolup hyzmat edýär. UE suduryň giriş garşylygy ИБ suduryňyňka garanynda uly bolýar. Bu sudurda giriş togy bolup  $I_B$  togy bolýar, ol bolsa emitter we kollektor togyndan kän kiçidir. Bu garşylyk, ýüzlerçe Om garşylykda bolýar. UE suduryň çykyş garşylygy

uly bolýar, onuň ululygy ýüz kilo Oma ýetip bolýär. Şu suduryň tok güýçlendiriji koeffisiýenti

$$\beta = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_B} = 10 \div 200$$

haçanda,  $U_k = \text{const}$  bolanda dürli transformatorlar üçin dürli bahalarda bolýar. Eger-de,  $I_D = I_k + I_B$  we  $\alpha = \Delta I_k / I_D$  bolýanlygyny göz önünde tutsak, onda

$$\beta = \frac{\Delta I_k}{(\Delta I_D - \Delta I_k)} = \frac{\Delta I_k / \Delta I_D}{(1 - \Delta I_k / \Delta I_D)} = \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \quad (18.1.2)$$

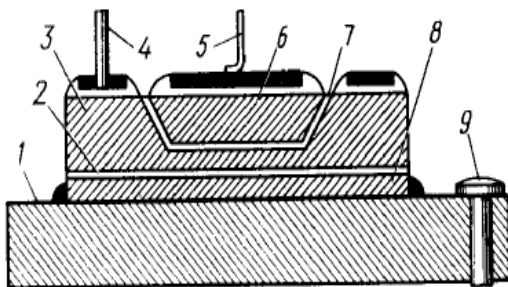
UE sudurdaky potensiýal güýçlendirmesi takmynan UB suduryňky ýalyrak bolýar, emma kuwwat güýçlendiriji koeffisiýenti wölin  $k_p = \beta \cdot k_u$  UK suduryňka garanyňkda kän esse artykdyr.

UE sudurda giriş potensiýaly güýçlendirilende çykyş potensiýalynyň ýarymperiod faza öwrümi bolup geçýär, ýagny  $180^\circ$  öwürim edýär. Girişde potensiýalyň otrisatel üýtgöwine getirýär, we tersine.

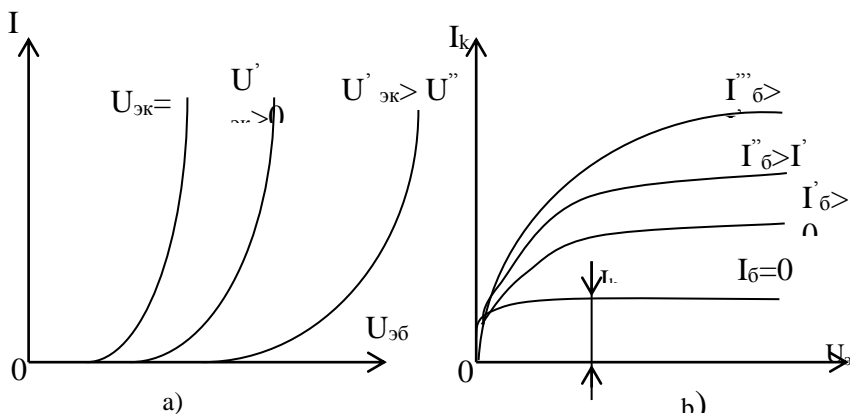
Umumy kollektorly UK sudurda giriş potensiýal çeşmesi baza zynjyryna birleşdirilýar, iýmitlendiriji çeşme hemde ýük göteriji garşylyk bolsa emitter zynjyryna çatylýar. Giriş togy bolup baza togy hyzmat edýär, çykyş togy bolup bolsa, emitter togy hyzmat edýär. Bu sudur üçin tok boýunça güýçlendiriji koeffisiýent

$$K_i = \frac{\Delta I_D}{\Delta I_B} = \frac{\Delta I_D}{(\Delta I_D - \Delta I_k)} = \frac{1}{(1 - \alpha)} \quad (18.1.3)$$

UK suduryň giriş garşylygy örän uly bolýar (onlarça kOm), çykyşynyň garşylygy az (1-2 kOm çenli). UK sudurda potensiýal güýçlendirme koeffisiýent  $K_u=0,9\div0,95$ , ýagny bire ýakyn; bu sudur birleşmesine köplenç emitter gaýtalanyşly diýip atlandyrylar. UK sudurlar, güýçlendirijileriň aýry kaskad-larynyň işini sazlamakda, signal çeşmesi hökmünde ýa-da güýçlendirijili ýük hökmünde peýdalanylýarlar.



18.1.2-nji çyzgy. p-n-p geçişli iekiz goňuşue germaniý elementinden ýasalan tranzistoryň sudury.



18.1.3-nji çyzgy. p-n-p geçişli UE bolan tranzistoryň statik häsiýetnamalary.

## 19. Tranzistorlaryň häsiýetnamalary

Tranzistoryň häsiýetnamasy diýip, onuň girişdäki hem-de çykyşdaky toklarynyň we potensiyallarynyň özara baglylykdaky üýtgöwine aýdylýar. Dürli birleşmelerde girişdäki we çykyşdaky üýtgöwler hem dürli bolýarlar, sebäbi, çatuwa baglylykda sudurlaryň işleýiş ýagdaýlary üýtgäp durýarlar. Şoňa görä olara degişli karakteristikalary hem üýtgeýär.

Mysal, UE suduryň giriş zynjyry bolup baza zynjyry hyzmat edýär we onuň giriş häsiýetnamasy bolup bolsa, baza togunyň emitter baza potensiyalyňa baglylygy, emitter-kollektor potensiyalyňyň  $U_{Э-К}$  üýtgöwsizligindäki ýagdaýy göz önünde tutulýar, ýagny  $I_B=f(U_{Э-Б})$  we  $U_{Э-К}=const$ . Bu sudur üçin çykyş zynjyry bolup kollektor zynjyry hyzmat edýär. Şeýle ýagdaýda çykyş häsiýetnamasy bolup kollektor togunyň emitter-kollektor potensiyalyňa baglylygy göz önünde tutulýar, ýöne bir şert bilen, ýagny baza togy üýtgöwsiz bolmaly, ýagny  $I_K=f(U_{Э-К})$  we  $I_B=const$ . 18.1.1-nji çyzgynyň a we b böleklerinde tranzistoryň p-n-p görnüşiniň giriş we çykyş häsiýetnamalarynyň

mysaly görnüşleri getirilendir. Emitter we baza aralygynyň potensiyalyňyň ( $U_{Э-Б}$ ) kiçi bahalarynda bazanyň togy azdan ösýär, sebäbi p-n geçişiniň garşylygy uly, soňra ol garşylyk tok ulaldygyça kiçelýär. Kollektorda potensiyalyň artmagy ( $U_{Э-К}$ ) bilen giriş karakteristikalary saga tarap süýşýärler, ýagny  $U_{Э-К}$  ulalmagy bilen baza togyny üýtgäwsiz ( $I_B=const$ ) saklamak üçin  $U_{Э-Б}$  potensiyalyny artdyrmaly bolýar. çykyş häsiýetnamalaryň häsiýetine (üýtgöwine) garasak, onda  $U_{Э-К}$  häsiýetnamanyň işçi böleginde kollektor togyna  $I_K$  az täsir edýär, sebäbi bu tok esasa süýşýän öýjükleriň mukdaryna bagly, ýagny emitteriň toguna bagly. Bipolýar tranzistorlar germaniý we kremniý elementlerden ýasalýarlar.

Mysal hökmünde 18.1.2-nji çyzgyda getirilen p-n-p geçişli germaniý elementinden ýasala tekiz tranzistora garalyň. Plastina 3 elektron geçirijilikli kristallik kremniden bejerilen, tranzistoryň bazasy bolup durýar. Plastinanyň iki tarapyna



elektrodlar eredilip jebislenen, 6 – emitter we 8 – kollektor. Indiý elektrody eredilip, germaniý plastinasyna (baza) ýelmeşdirilende 7 – emitterli we 2 – kollektorly p-n geçişler ýüze çykýar. 8 – kollektor 1 kristall saklaja berkidilýär we ondan daşyna kollektor gysgyjyna 9 çykarylýar. 5 emitteriň gysgyjy we 4 bazanyň gysgyjy korpusdan izolirleýji çüýşe gapda daşyna çykarylýarlar. Tranzistoryň umumy durky metaldan ýasalan korpusda ýerleşdirýär.

### **19.1. Meýdanly tranzistorlar**

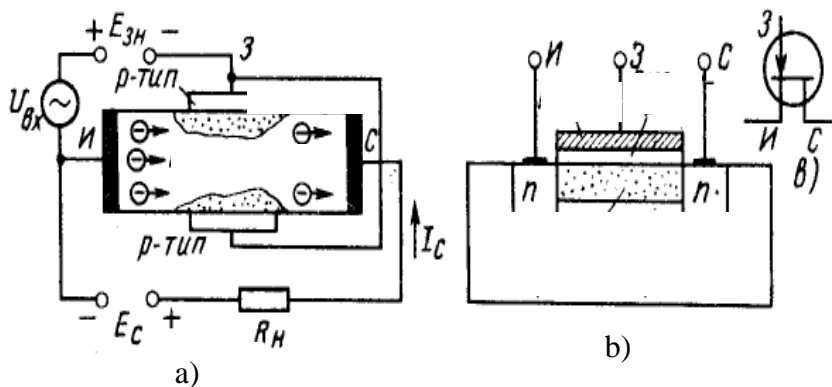
Meýdanly tranzistorlarda tok esasy zarýad äkidijilere ugurdaş elektrik meýdanynyň täsir etmegi bilen döreýär we olaryň dolandyrylşy wölin keseleýin elektrik meýdanynyň täsiri astynda amala aşyrylýar. Keseleýin meýdan bolsa, dolandyryjy elektroda çatylan potensial täsiri bilen döreýär. Ýarymgeçirijiniň n ýa-da p-tipiniň kanaly boýunça esasy zarýad äkidijileriň akymy döreýär. Ol akymyň dolandyrylşy bolsa kanalyň kese-kesegini üýtgedip amala aşyrýarlar. Kanalyň kese-kesegini dolandyryjy elektrodyň üsti bilen elektrik meýdanyny üýtgetmek ýoly arkaly ýerine ýetirilýär.

Meýdanly tranzistorlaryň üç sany çatgy gysgyjy bolýar: I(istok) akys, ýagny şu elektrodyň üsti bilen kanala esasy zarýad äkidijiler akyp girýärler; S (stok) çykyş, ýagny şu elektrodyň üsti bilen esasy zarýad äkidijiler çykyp gidýärler; Z (zatwor) baglaýyş, ýagny şu elektrodyň kömegi bilen kanalyň kese-keseginiň meýdanyny geregiçe sazlap bolýar. gysgyçlar ýa-da ösüntgiler elektrowakum triod bilen deňeşdirilende I-katod, S-anod, Z-setka hökmünde garamak bolar. Eger-de bipolar tranzistor bilen deňeşdirilende bolsa, I-emitter, S-kollektor, Z-baza hökmünde garamak bolar.

Özüniň gurnaw aýratynlyklaryna garap, meýdanly tranzistorlary iki topara bolmek bolar: p-n geçişli (kanally, ýa-

da birmeýdanly) we gurşalan zatworly, ýa-da, başgaça MDÝ-tranzistorlar.

Bu ýerde МДП – magnit dielektrik ýarymgeçiriji 19.1.1-nji, a çyzgynyň böleginde p-n geçişli meýdanly tranzistoryň gurluş we çatlyş sudury getirilendir. Iki gapdaly p-n geçiş bilen garşalan ýarymgeçirijiniň n ýa-da p-tipiniň ýukajyk gatlagyna kanal diýilýär. Iýmitlendiriji çeşmäniň potensiyalynyň polýaryna baglylykda kanalyň n ýa-da p geçirijiligi bolup biler. Giriş zynjyrynda p-n geçişde kanal bilen zatworyň arasynda ters taraplaýyn (ters süýşüwli) iýmitlendiriji çeşme dakylan  $E_{3H}$  we üýtgeýän togyň potensialy  $U_{BX}$ .  $U_{BX}$  signalyny güýçlendirmeli bolup durýar. Çykyş zynjyryda hemişelik potensiyally  $E_C$  iýmitlendiriji çeşme hem-de ýük garşylygy  $R_H$  bardyr. Eger  $E_C = \text{const}$  we  $R_H = \text{const}$  onda daşky zynjyryň togy diňe kanalyň garşylygyna bagly bolar.



19.1.1-nji çyzgy. Meýdanly tranzistoryň gurluş sudury.

a-p-n geçişli b – örtükli baglaýjyly.

Ters süýşümli  $E_{3H}$  potensiýalyň ulalmagy bilen p-n geçişniň galyňlygy artýar (ýagny p-n geçişli zatwor bilen kanalyň aralygy), şol sebäbe görä bolsa, kanalyň tok geçiriji kese-keseği kiçelýär we giriş (I) bilen çykyş (S) aralygynyň garşylygy artýar, tok  $I_c$  kiçelýär. Baglaýja (zatwora) uly ters potensiýal berilse, kanal baglanýar we üstünden tok geçip bilmeýär. Şeýle iş ýagdaýyna iş durkunyň üzülmegi diýilýär. Baglaýjyda (zatworda) ter potensiýalyň kiçelmegi bilen kanal açylyp başlaýar, garşylygy azalýar, tranzistoryň togy artýar. Güýçlendirmeli potensiýal  $U_{BX}$  girişe berilende, çykyş zynjyrynda tok üýtgeýär, ol ýük göteriji  $R_H$  garşylygynyň üstünden geçip, onda potensiýal çökmegini ýüze çykarýar. Onuň üýtgeýşi bolsa, giriş  $U_{BX}$  potensiýalyň üýtgeýiş kanunyna laýyk gelýär. Şeýle ýüze çykma effekt ýarymgeçirijiniň udel garşylygy näçe uly bolsa, şonçada uly bolýar. Şonuň üçin, meýdanly tranzistorlary ýasamaly bolanda ýokary garşylykly materiallar ulanylýarlar.

Örtükli baglaýjyly meýdanly tranzistoryň gurluş sudury : b) bölümünde görkezilendir. Bu tranzistoryň durky metal-dielektrik-ýarymgeçiriji bolup, iki tipli bolýar: oýandyryşly we oturdylyan kanally Oturdylyan kanally tranzistoryň esasy p-görnüşü bolup monokristallik kremniniň plastikasy hyzmat edýär. Giriş hem-de çykyş zonalary bolup kremniniň n-görnüşü bilen güýçli legirlenen garyndysy hyzmat edýär. Baglaýjy (zatwor) metal plastinkadyr, ol ýarymgeçirijiden dielektrik gaty bilen izolirlenendir. Giriş (I) bilen çykyşyň (S) aralygynda, şeýle edilende kremniniň p-görnüşiniň darajyk zolagy (kanal) emele gelýär. Oýandyryşly kanally tranzistorda metallan edilen zatwor bilen n-tipli ýarymgeçiriji dielektrik gatlak bilen bölünip ýasy kondensator emele getirýär. Şeýlelikde, eger metal zatwora položitel potensiýal berlen ýagdaýynda, onda ol zatworyň položitel zarýady ýarymgeçirijili oblastda (tarapda) otrisatel zarýadyň döremegine sebäp bolýar. Dimek, kanalyň bir

gapdalynda položitel zarýad ýüze çyksa, beýleki gapdalynda şoňa degişlilikde otrisatel zarýad döreýär.

Eger tranzistor oturdylan kanally görnüşde bolsa, onda giriş (I) bilen çykyş (S) aralygy (kanaly) diffuziýa usulynda n-görnüşli geçirijilikli edip doldurýarlar, plastinkany bolsa p-görnüşli edip ýelmeýärler.

Zatwora (3) potensiýal berilmedik ýagdaýda giriş (I)-çykyş (S) aralygyndaky tok n-kanalyň garşylygy bilen kesgitlenilýär. Zatwora otrisatel potensiýal birlikde kanaldaky zarýad geçirijileriniň toplumy azalýar, zarýada garyplaşan gatlak emele gelýär. Şol sebäbe görä bolsa, giriş (I)-çykyş (S) aralygynyň garşylygy ulalýar we tranzistoryň togy azalýar. Zatwora (3) položitel potensiýal birlikde bolsa, çykyş (S) togy artýar, sebäbi plastinkadan (podložkadan) kanal elektronlary sorup alýar hem-de kanal zarýad geçirijilerine baýlaşýar.

Şeýlelikde, meýdanly tranzistoryň izolirlenen zatworlaýyşy potensiýalyň položitel hem-de otrisatel ýagdaýynda-da iş ukyply bolýar, ýagny kanal zarýad geçirijilerine baýlaşanda we garyplaşanda iş ukybyny ýitirmeýär. Onuň tersine, p-n geçişli tranzistor diňe potensialyň (zatworda) otrisatel ýagdaýynda, işleýär, ýagny, zarýad geçirijilere kanalyň garyplaşan wagtynda işläp bilýär.

19.1.1-nji çyzgynyň a) bölümünde meýdanly tranzistoryň izolirlenen zatworly görnüşiniň çykyş (S) togunyň  $I_c$  onuň çykyş (S) potensiýal  $U_c$  arabaglylygynyň  $I_c=f(U_c)$ , haçanda giriş (I) bilen zatwor (3) aralygynyň potensialynyň  $U_{зи}$  üýtgöwsiz  $U_{зи}=const$  ýagdaýyndaky çykyş wolt-ampere häsiýetnamasynyň toplumy görkezilendir. Eger, potensiýal  $U_{зи}=0$  bolsa, ýagny giriş bilen zatwor aralygynyň potensialy bolmasa, onda, çykyşyň (S) potensialynyň  $U_c$  artmagy, çykyş (S) togunyň  $I_c$  artmagyna getirýär. Ol üýtgöw  $U_c$  potensiala proporsional bolýar  $I_c=U_c$ . Ýöne bir ýagdaý ýüze çykýar,  $I_c$  toguň artmagy bilen kanalda potensiýal pese düşmesi ýüze çykýar, ol bolsa p-n geçişde ters potensiýal ýokarlanmasyny

döredýär. Şol sebäbe görä bolsa, çykyş (S) togy  $I_c$  ösmegi haýallanýar.

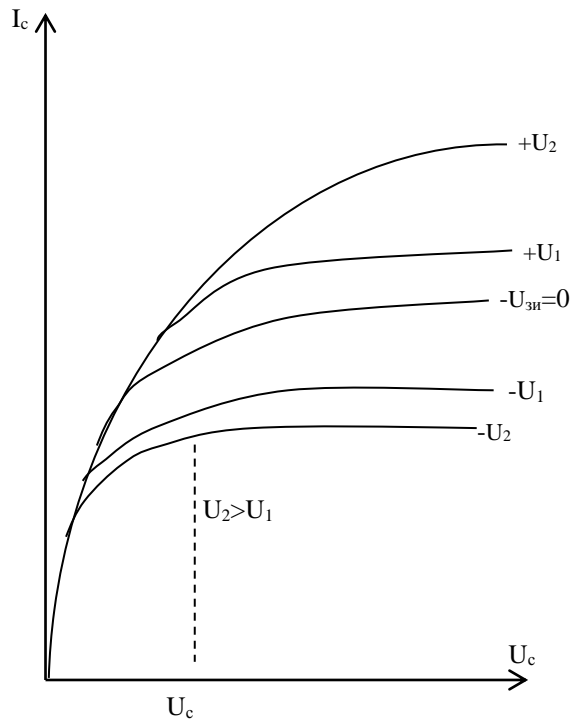
Netijede, kanal örän inçelýär (gysylýar), çykyşyň (S) potensiýalynyň soňraky artdyrylmasy ( $U_c$ ) çykyş togunyň ( $I_c$ ) artmagyna eltmeýär, şeýle ýagdaýda tranzistor doýgun hala gelýär. Çykyşyň (S) potensiýalynyň doýgun ýagdaýdaky ululygyna “doýgun) potensiýaly ( $U_{\text{doýgun}}=U_{\text{насыщения}}$ ) diýilýär. Bu potensiýal ululygy giriş (I) bilen zatwor (3) aralygyndaky potensiýala bagly bolýar, şonuň üçin,  $U_{3И}$  potensiýalyň dürlliliginde  $U_{\text{doýgun}}$  hem dürli-dürlidir.

Eger,  $I_c=f(U_c)$  baglylygy  $U_{3И}$  potensiýalyň dürli bahalarynda gözegçilik etsek, onda izolirlenen zatworly meýdan tranzistorynyň çykyş häsiýetnamasynyň giden toplumyny alarys.

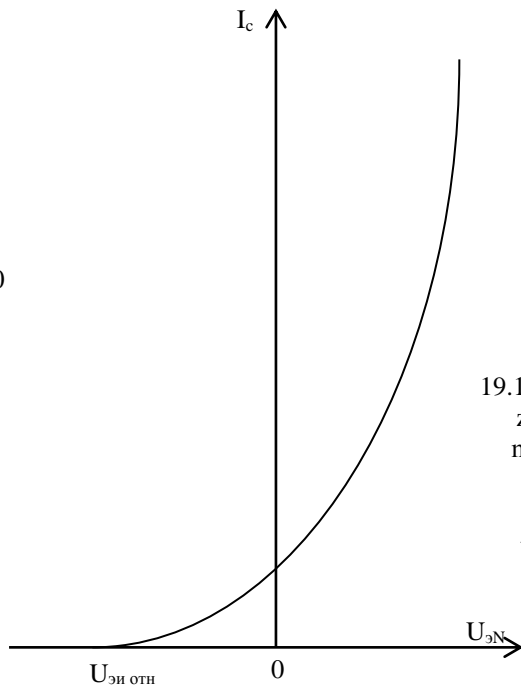
Çykyş potensiýalynyň durnuklylygynda ( $U_c=\text{const}$ )  $I_c=f(U_{3И})$  arabaglanşygyna çykyş-zatworly häsiýetnama diýip atlandyryrlar (19.1.1-nji çyzgy, b)). Şu häsiýetnamanyň sag tarapy, p-n degişli tranzistorlar üçin bolmaýar, sebäbi, şeýle tranzistorlar zatworda položitel potensiýal bolanynda işläp bilmeýärler.

Garalan tranzistorlaryň kanaly n-görnüşdedir, plastinkasy (podložkasy) bolsa p-görnüşde. Başga gatnaşykda hem ýasamak bolar, ýagny kanaly p-görnüşli, plastinkasy bolsa, n-görnüşli. Şeýle bolanda, zatwora berilýän potensiýalyň potensiýaly belligi ters bolmalydyr.

Meýdanly tranzistorlaryň artykmaçlygy nämeden durýar diýilen, olary ýasamaklyk üçin ulanylýan ýarymgeçiriji materiallaryň görnüşleriniň känligindendir. Meýdanly tranzistorlar, diňe, esasy zaryad äkidijilerde işleýärler, şonuň üçin temperatura we radiativ täsirlerine çydamly, durnukly abzallar ýasalmagynda aýratyn orun tutýarlar.



a)

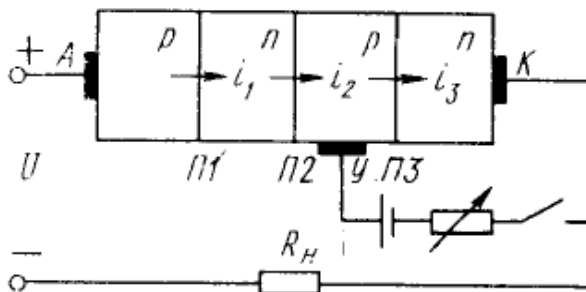


b)

19.1.2-nji çyzgy. Izolirlenen  
zatworly (göýberijili)  
meýdanly tranzistoryň  
häsiýetnamasy:  
a) – çykyş,  
b) – zatworly çykyş.

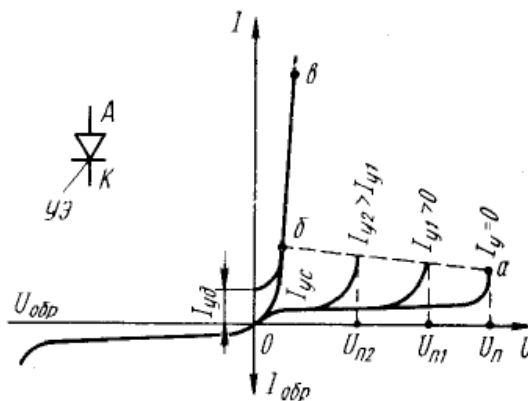
## 20. Tiristorlar. Holl datçigi

Kremniý elementinden ýasalan dört gatly we iki elektrodly (anod we katod) elemente dinistor diýip atlandyryrlar. Anod we katoddan başga-da üçünji bir elektrody bar bolsa, onda ol dolandyryşly wentil (bir taraplaýyn geçirijilikli) bolýar. Onyn adyna bolsa tiristor diýilýär.



20.1-nji çyzgy. Tiristoryň gurluş sudury.

Tiristor hem, dinistor hem dört gatdan durýar: p-n-p-n (20.1-nji çyzgy).



20.2-nji çyzgy. Tiristoryň wolt-amper häsiýetnamasy we onuň şertleýin belligi.

Tiristoryň ortaky p-bölüminden dolandyryşly elektrod adyny alan elektrod (Y) çykarylýar. Eger, dolandyryşly elektrod tok zynjyryna çatylmadyk bolsa, onda ol dinistor rolunda bolýar. Eger-de anod bilen katod aralygyna ugurdaş uly bolmadyk hemişelik togyň potenciýalyny çatsak, onda  $\Pi_1$  we  $\Pi_3$  geçelgeler açyk ýagdaýynda bolarlar we olaryň az garşylyklary bolarlar. Şu ýagdaýda  $\Pi_2$  geçiş potenciýalyň ters ugruna çatylan ýagdaýynda galar we onuň garşylygy örän ulydyr. Onda tiristora çatylan potenciýal doly  $\Pi_2$  geçişe çatylan ýaly bolup durýar we zynjyrdaky tok örän az bolar. Eger, tiristora çatylan potenciýaly artdyrsak, onda zynjyrdaky tok birneme artar (az artar), sebäbi  $\Pi_2$  geçişiniň uly garşylygy bilen çäklendiriler we wolt-ampere häsiýetnamasy diodyň ters dolunyň häsiýetnamasyny ýa-da salar (20.2-nji çyzgyda, a egrisi). Eger potenciýal ululygyny artdyrybersek, onda onuň belli bir ululygynda, ýagny çatyş potenciýaly diýilýän ulylyga ýetende ( $U_n$  – potenciýal birikdirliş),  $\Pi_2$  geçişiniň elektrik meýdanynyň dartgynlygy täze erkin zarýad äkidijileri döretmäge (elektronlary we öýjükleri) ukyply bolýar we  $\Pi_2$  geçişiniň garşylygy birden azalýar we tiristor açylýar. Açyk tiristorda potenciýal ululygy az (wolt-ampere häsiýetnamasynda  $\delta b$  aralyk), baryýogy 1-2 wolt çemesinde hem-de üýtgemeyär diýen ýalydyr. Şeýle bolansoň, zynjyrdaky tok daşky ýükiň garşylygy bilen çäklendirilendir. Tiristoryň iň uly togy onuň daşa dagadyp bilýän kuwwatyna görä bellenýär. Eger, açyk tiristorda togy azaldyp başlasak, onda onyň açyk ýagdaýy  $\Pi_2$  geçişde, tä, zarýad äkidijileriniň emele gelmegi galýança dowam eder. Tok kiçelip, belli bir derejä ýetende, ýagny, saklaýjy tok  $I_{yd}$  diýilýän tokdan pese düşende, tiristor ýapylýar we geçirmeýän hala öwrülýär.

Eger dolandyryjy (Y) elektroda daşky çeşmeden položitel potenciýal berilse, onda  $\Pi_2$  geçişde dolandyryjy tok ýüze çykar we onuň çatyjy potenciýaly azalar, netijede, tiristor indi  $U_{III}$  potenciýaldan kiçi potenciýalda hem açylyp biler.



Dolandyryjy tok näçe uly bolsa ( $I_y$ ), şonça-da II2 geçişde artykmaç zarýad äkidijileri peýda bolýarlar we şol sebäplere görä-de tiristoryň açylmagy üçin kiçi potensiýal ýeterlik bolýar. Dolandyryjy togyň ( $I_{yc}$ ) belli bir bahasynda tiristor täsir edip bolmaýan wentil hökmünde bolýar, ýagny, anoda berlen položitel potensiýallyň islendik ululygynda tiristor açyk bolýar. Şeýlelikde, tiristoryň anodyna çatyjy potensiýal berenimizde ýa-da ýeterlik derejede dolandyryjy tokda ( $I_{yc}$ ) tiristor açyk halda bolýar. Tiristor açylandan soň, dolandyryjy elektrodyň tiristoryň işine hiç-hili täsiri bolmaýar, şol sebäbe görä dolandyryjy elektrod zynjyrynda göniburçly görnüşdäki togyň tolkuný (impuls) bary-ýogy 10 mks wagt aralygynda geçýär. Diýmek, tiristor kontaktsyz çatyjydyr.

Tiristoryň gysgyçlaryna ters ugurda potensiýal çatsak ( $U_{ters}$ ), onda ol ters çatuwly III1 we III3 geçişler täsiri astynda ýapylar, dolandyryjy toga bagly bolmaz. Şonuň üçin, onuň wolt-ampere häsiýetnamasy, dolandyryşy bolmadyk wentiliň ters golunyň häsiýetnamasyndan tapawudy ýokdyr (mysal üçin, dinistoryň).

Tiristoryň iki durnukly ýagdaýy bolýar: ýapyk tiristorda onuň garşylygy örän uly ( $R \sim \infty$ ), açyk ýagdaýynda bolsa, örän az ( $R \sim 0$ ). Şeýle bolansoň, tiristorlary kontaktsyz çatiji hökmünde inwertorlaryň, dolandyryşly göneldiji özgerdijileriň, gorag sudurlarynyň işlerinde we başgalarda ulanýarlar.

## Holl datçigi

Ýarymgeçirijilerden ýasalyan abzallaryň görnüşlerinden biri bolan, datçik Holl atly element Holl atly alymyň açan effekteine esaslanandyr.

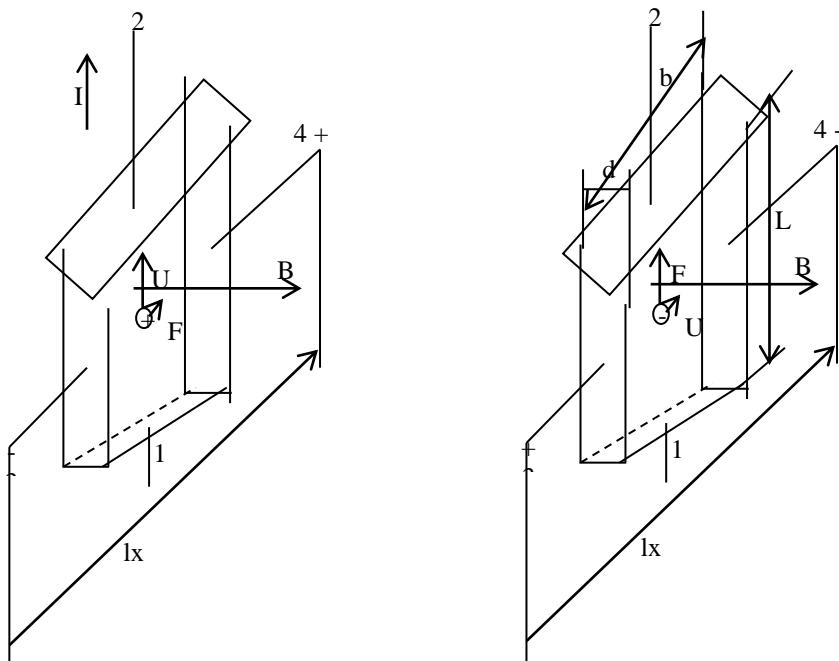
Holl datçigi gönüburçly plastinka ýa-da plýonka görnüşli ýarymgeçirijiden ýasalan, köplenç n-görnüşli dört sany

çykyş simi oturdylan elementdir. Eger şeýle elementi induksiýasy  $B$  bolan magnit meýdanynda ýerleşdirsek we 1,2 boýunça  $I$  tok goýbersek, onda 3,4 çykyşlarda Holl elektrik hereketlendiriji güýji dörrär (e.h.g.). E.h.g. ugurlary zarýad äkidijileriň görnüşine bagly bolýar. öýjükli ýarymgeçirijili bolanda, öýjükler  $U$  tizlik bilen togyň ugruna hereketlenýärler we olara Lorens güýji täsir edýär, ol güýjüň ugry çep eliň kadasy bilen kesgitlenilýar. Çykyş 4 položitel, 3 çykyş otrisatel (20.3-nji çyzgy) Elektron ýarymgeçirijide elektronlar togyň tersine hereket edýärler, ýöne Lorens güýji (tok ugruna baglylykda) öňkiligine galar. Holl e.h.g. polýarlygy tersine bolar.

$$e_x = K_x \frac{IB}{d},$$

$$K_x = \frac{1}{e \cdot n_0} -$$

Holl hemişeligi;  $n_0$  – zarýad äkidijiler toplumy;  
 $d$  – datçigiň galyňlygy.

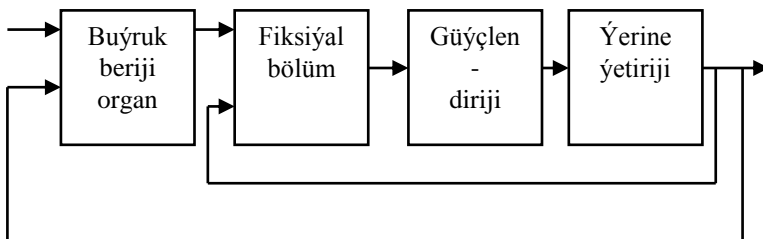


20.3-nji çyzgy.

Holl datçigi. a) öýjükli, b) elektronly.

## 21. Logiki elementler

Elektrik herekete getirijiniň ýa-da başga bir enjamyň işini awtomat dolandyrmak üçin belli bir elementleri ulanylýar. Ol elementler işi özara baglanyşyklaryň hem-de işi dolandyrylýan enjam baglanyşyklaryň üsti bilen amala aşyrýarlar. Awtomat dolandyrylyşyň umumy sudury aşakdaky çyzgyda gör-kezilendir (21.1-nji çyzgy).



21.1-nji çyzgy. Awtomatik dolandyrylyşyň düzüm sudury.

Awtomat dolandyrylyşda logiki (funksiýaly) bölegi iň çylşyrymlysy bolup durýar. Ol bölek berlen maksatnama laýyklykda buýruk berijiden gelen hem-de datçiklerden gelen habarlary degişli çykyş habarlaryna öwürmeli.

Awtomat köplenç halatlarda bölek habarlarda (diskret signallarda) işleýär. Şeýle habarlar apparatyň girişine berlende apparat bökdençsiz işe girýär, habar berilmedik ýagdaýda ýa-da ol örän gowşajyk bolan ýagdaýda apparat işlemeýär. Şu ýagdaýy matematika usulda bellemek üçin ikilik hasaplanýş usulyny ulanýarlar. Eger apparata habar berlen bolsa, onda 1-lik bilen belleýärler, habar ýok ýagdaýyny 0 (nol) bilen belleýärler. Logika elementleriň ýerine ýetirýän işleri we olaryň rele ekwiwalentleri aşakdaky 21.1-nji tablisada getirilendir.

### Logiki funksiýalar we olaryň reldi ekwiwalenti

1.1-nji tablisa

Logiki funksiýanyň ady	Ligiki funksiýanyň manysy	Releli ekwiwalenti	Funksiýaly formula
Funksiýa (И)	Çykyşda habar ýüze çykýar, haçanda		$x = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3$

	hemme girişe habar berlende.		
Funksiýa (ИЛИ)	Çykyşda habar girişin haýsy birinde bolanda hem ýüze çykýar.		$x = a_1 + a_2 + a_3$
Funksiýa HE (inkär etmek)	Girişde habar bolsa, çykyşda habar bolmaýar, tersine. Girişde habar bolmasa çykyşda bolýar.		$x = \bar{a}$

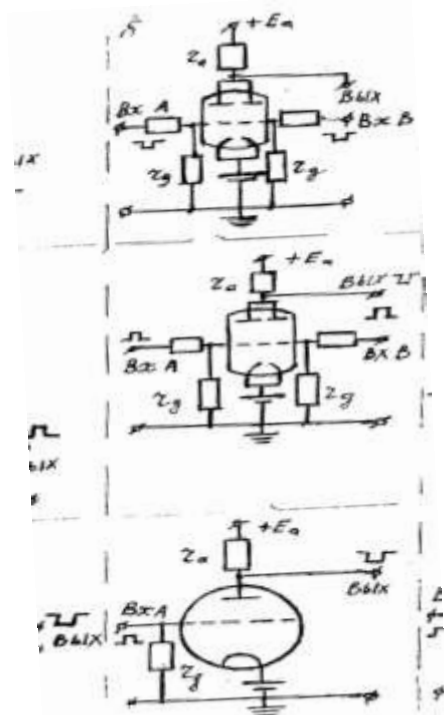
Tablisadan görnüşi ýaly, И elementi işletmek üçin  $a_1 - a_3$  releleriň sargylaryna habar (potensiýal) bir wagtda bermeli, şonda releleriň üçisiniň hem kontaktlary ýapylýarlar we ahyrda (çykyşda) habar (signal) ýüze çykýar. Habar çykyşda  $x$  kontakt ýapylanda ýüze çykýar. Eger, girişde habaryň biri bolmadyk ýagdaýynda çykyşda habar bolmaz.

Ýokarda agzalyp geçilen logiki elementler kontaktsyz apparatlaryň kömegi bilen hem alnyp bolar, şeýle hem häzirki wagtda kontaktsyz magnitli releleriň magnitli-ýarymgeçirijileriň hem-de diňe ýarymgeçiriji elementleriň kömegi bilen amala aşyrylýar.

Sudur И. **P<sub>1</sub>** we **P<sub>2</sub>** releleleriň kontaktlary yzygider birleşdirilen. Şeýle ýagdaýda habar (signal) çykyşda diňe habar girişde ikisine-de bir wagtda berlende ýüze çykyp biler (**A** we **B** girişlere).

Sudur ИЛИ. **P<sub>1</sub>** we **P<sub>2</sub>** releleriň kontaktlary elektrik birleşmede parallel dakylan, şonuň çykyşda habaryň ýüze çykmagy üçin girişiň haýsy birine habar berlendigine garamazdan ýerine ýetirilýär.

Sudur HE. Bu ýagdaýda rele kontakty ýeke (bir) hem-de ýapyk. Girişe habar berilse (tok impulsy ýa-da potensiýal impulsy) kontakt açylýar, zynjyr üzülýär.



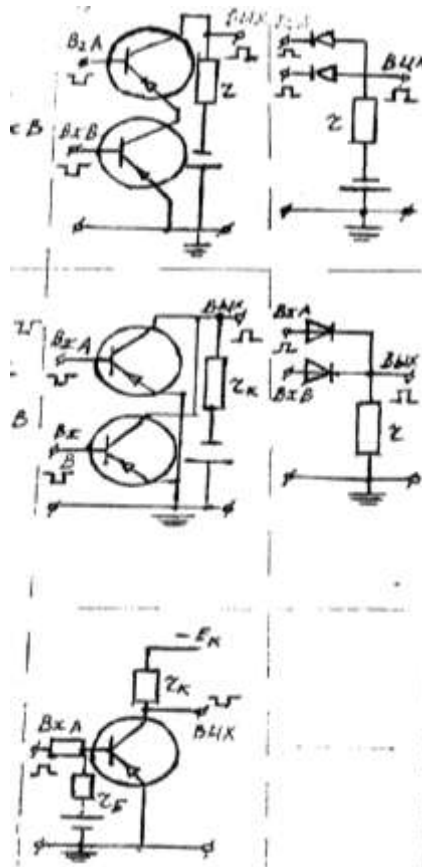
21.2-nji çyzgy. Logiki elementleriň elektron lampalar bilen işleýişleri.

Sudur II. Iki sany triod bilen amala aşyrylýar; başda triodlaryň ikisi hem açyk, sebäbi olaryň setkasyna položitel süýşme potensiýaly berlen; çykyşynda potensiýal nula golaýdyr. Haýsy hem bolsa setkalaryň birine otrisatel potensiýal bersek, iki triodyň hem umumy garşylygy az üýtgär, çykyşda potensiýal edil öňkiligine galar, ýagny nula ýakyn bolar. Eger triodlaryň ikisiniň hem setkasyna bir wagtda otrisatel potensiýal bersek, lampalar ýapylarlar we çykyş potensialy bek artar we  $E_a$  ululygyna ýeter.

Sudur IIИИ. Bu elementiň II elementden tapawutly bolup, triodlaryň setkalaryna otrisatel (potensiýal) berilýär. Başda triodlaryň ikisi hem ýapyk we çykyşda  $E_a$  potensiýal bolýar. Eger-de haýsam bolsa triodlaryň biriniň setkasyna položitel signal beräýsek, onda onuň geçirijiligi (prowodimost) örän artar we çykyşda potensiýal örän bek çöker.

Sudur HE. Bu element setkasyna otrisatel potensiýal berlip ýapylan trioddyr. Eger setka položitel impuls bersek, çykyş potensiýaly örän peselýär.

## 21.1. Tranzistorly logiki elementler



21.1.1-nji çyzgy. Tranzistorly logiki elementler.

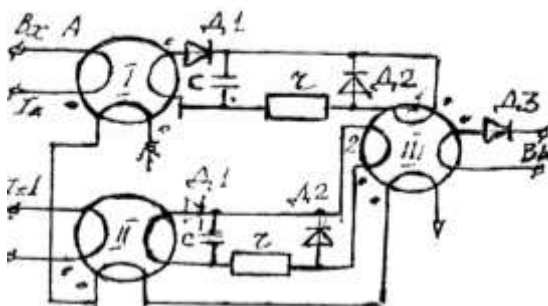
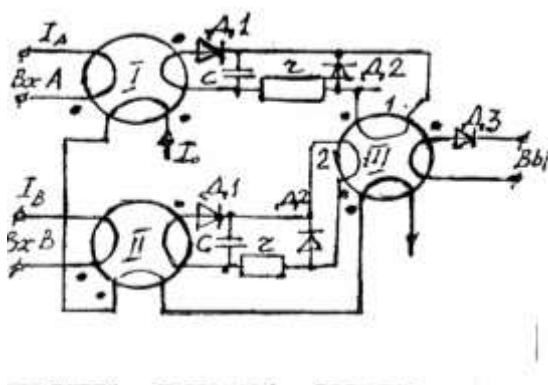
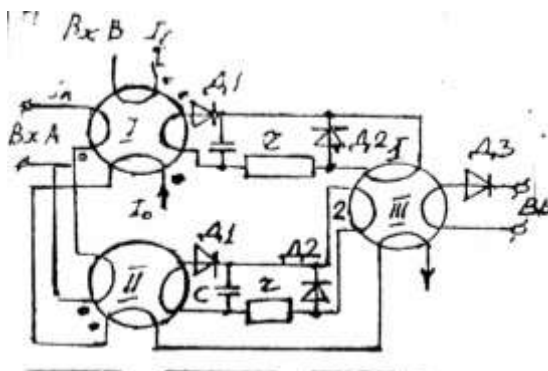


Sudur II.  $T_1$  we  $T_2$  tranzistorlar yzygider birleşendir. Girişde signal ýok halatda tranzistorlar ýapyk (Baza potensiyaly nula deň, sonuň üçin çykyşda potensiyal ululyk batareýanyň e.h.g barabar). Iki tranzistoryň hem bazalaryna bir wagtda otrisatel impuls berilse  $T_1$  we  $T_2$  tranzistorlar açylýarlar we çykyşda položitel potensiyal impulsy ýüze çykar. Eger girişiniň birine otrisatel impuls berilse, onda çykyş zynjyry üzük bolar we çykyşda hiç-hili impuls bolmaz.

Sudur III. Bu ýagdaýda  $T_1$  we  $T_2$  parallel açarlary ýa-da salýar, şonuň üçin  $r_k$  garşylygyň üstünden tok tranzistoryň biri açyk bolsa-da ýa-da ikisi açyk bolsada geçýär. Şeýlelikde, girişleriň birine ýa-da ikisine-de otrisatel potensiyal berlende çykyşda potensiyal impulsy ýüze çykýar.

Sudur HE. Başda tranzistoryň bazasyna otrisatel berilýär, şonda tranzistor açyk bolýar, çykyşda bolsa potensiyal ýok.

Girişe položitel impuls berlende tranzistor ýapylýar, çykyşda otrisatel impuls ýüze çykýar.



21.1.2-nji çyzgy. Ýarymgeçirijili diodly logiki elementler.

Sudur II. Batareýadan gelýän tok  $D_1$  we  $D_2$  diodlaryň üstünden hem-de signal çeşmeleriniň içki garşylygynyň üstünden geçeni üçin çykyş potensiyaly az bolýar (  $U_{\text{bлx}} = E - I_r$  ). Eger girişiň haýsam bolsa birine položitel impuls bersek ýagdaý üýtgemez. Eger şol impulsy girişiň ikisine-de bir wagtda bersek  $D_1$  we  $D_2$  diodlar ýapyk galar, çykyşda  $E$  barabar potensiyal impulsy ýüze çykýar.

Sudur IIИИ. Haýsam bolsa gerişleriň birine položitel impuls berlende, ol diod ol impulsy üstünden geçirýär we  $r$  – garşylykda potensiyalyň položitel impulsy ýüze çykýar.

Diodlar arkaly HE operasiýany alyp bolmaýar.

## 22. Ferrit – diodly logiki elementler

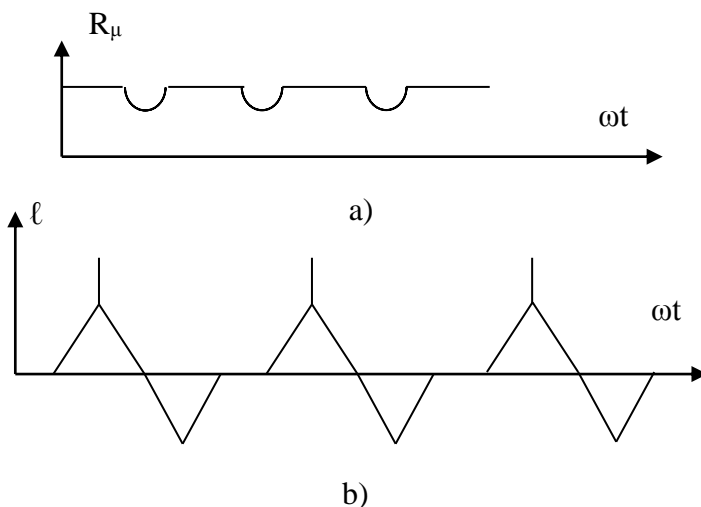
Sudur II.  $I_0$  takt impuls hemme üç ferriti  $+B_{\text{max}}$  ýagdaýa getirýär.

I we II ferritleriň giriş sargylaryna  $I_A$  impuls berilse (  $B_x A$  ), onda olaryň serdeçnikleri ferremagnit edip –  $B_{\text{max}}$  bahany alar we çykyş sargylarda tok impulsy dörär. Bu tok impulsy  $r - C$  zynjyrdak saklanýar we haçanda  $I_0$  impuls gutaranda III ferritiň 1 we 2 arabaglanşyk sargylaryna berilýär, ýöne ol togyň impulsary III ferritiň ýagdaýyna üýtgetmeýär, sebäbi ol impulsar biri-birini özara ýok edýärler, onuň-da sebäbi 1 we 2 sargylar özara garşylyklaýyn birleşdirilendirler.

III ferriti ferremagnit edip, hem-de onuň çykyş sargysynda impuls dörär ýaly etmek üçin baglaýjy sargyda diňe bir impuls bolmaly, mysal üçin 2 sargyda. Şeýle maksat bilen I ferritiň gadagan ediji atly sargysyny ulanýarlar (  $B_x B$  ). Bu girişe  $I_A$  impuls bilen bilelikde  $I_B$  impuls berlip biliner. Gadagan ediji sargynyň birleşmesi şeýle gurnalan, ýagny  $I_B$  impulsyň I ferrite edýän täsirini  $I_A$  impuls ýok etmeli. Şeýle ýagdaýda serdeçnik ferremagnit etmeýär we onuň çykyş sargysynda impuls döremeýär.

Şeýlelikde, III ferritiň çykyş sargysynda impuls **A** we **B** girişlerde **I<sub>A</sub>** we **I<sub>B</sub>** impulslar bilelikde täsir edende ýüze çykýar.

Impulsly indiksiýaly datçik.



22.1-nji çyzgy.

Sudur ИЛН. И – suduryndan tapawudy, bu ýerde gadagan sargy ýok (I ferritde). Galyberse-de giriş sargylary aýry çatylan, şeýle edilende giriş toklary (**I<sub>A</sub>** we **I<sub>B</sub>**) I we II ferritlere aýrylykda täsir edýärler. Ondan başga-da, 1 we 2 arabaglanşyk sargylary ferrit III-de ugurdaş gurnalan. Şeýle edilende III ferritde **+B<sub>max</sub>** ýagdaýdan **– B<sub>max</sub>** ýagdaýa giriş impulsynyň nirede bolup geçýänligine bagly bolmaýar – **B<sub>x</sub> . A**

– da bolup geçýärmä ýa-da **Вос** bolup geçýärmä ýa-da bolmasa, ikisinde-de bir wagtda bolup geçýärmä.

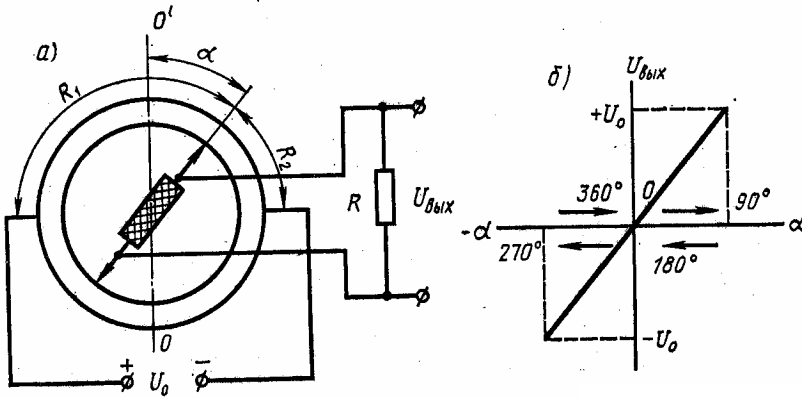
Sudur HE. Bu sudur ИЛИ suduryň üýtgedilen görnüşidir. HE operasiýasyny amala aşyrmak üçin II ferritiň giriş sargysyna  $I = 1$  impuls bermeli, şonda takt impulsynyň yzy süre ferrit III – **B<sub>max</sub>** ýagdaýa geçýär. Ferrit I-ň arabaglanşyk sargysy ferrit II-niň arabaglanşyk sargysy bilen garşylyklaýyn birleşendir. Şonuň üçin **I<sub>A</sub>** impuls berlende ferrit III +**B<sub>max</sub>** ýagdaýynda galýar. Eger **I<sub>A</sub>** impuls bolmasa III ferrit – **B<sub>max</sub>** ýagdaýa geçýär.

22.1-nji çyzygyda impulsly induksiýaly datçiginiň işleýiş özböçlüşlygy getirilendir. Aýlawly okyň üstünde diş görnüşinde ösüntgi oturdylan. Haçanda ösüntgi hemişelik magnitiň deňinde geçende magnit toplumynda magnit garşylygynyň üýtgöwi (azalmagy) bolup geçýär. (22.1-nji çyzygy).

Az salymdan bolsa, magnit toplumynyň garşylygy ýene-de öňki derejesine ýetýär. Şol az wagtyň içinde magnit akymy ösüp başlanda çykyş sargyda birinji e.h.g.-niň impulsy ýüze çykýar, haçanda ösüntgi magnitiň deňinden geçip, ösüntginiň ahyry üzülip başlanda bolsa e.h.g.-niň ikinji impulsy (hamala otirisatel impuls mysalynda) ýüze çykýar. Bir aýlawda iki impul ýüze çykýar.

Impulsalaryň wagt birligindäki sanyny bolsa ölçeg abzalalarynyň üsti bilen hasaplap bolýar (mysal üçin, impuls hasaplaýjy reläniň kömegi bilen). Şu garalan datçiginiň oňaly tarapynyň biri onuň ýokary takyklygydyr, onuň takyklygy sistemanyň ýerine ýetirilişiniň hiline bagly däl, magnitiň ömrüne-de bagly däl we magnit bilen okyň aralygyna-da bagly däl we başgalar.

## Aýlaw burçly induksiýaly datçik.



22.2-nji çyzgy. Aýlaw sargyly datçik.

Bu datçik burç öwrümine duýgurdyr. Bu datçikler işleýiş düzgüni boýunça öwrümlü transformatorlara meňzeşdirler. Ýmitlendiriji sargy iki deň bölege bölünip 1 magnit sistemada oturdylýar. Rotorda (2) bolsa çykyş çatgysy oturdylandyr. Şu sargynyň kömegi bilen bolsa, rotoryň öwrüm burçy gözegçilik edilýar. Eger oklar a-a we b-b özara perpendikulýar bolsalar, onda çykyşda signal bolmaýar ( $U_{çyk}=0$ ) Galan ýagdaýlarda ( $\varphi=0\div180^\circ$ ) çykyş signal

$$U_{çyk} + \left(\frac{w_{çyk}}{w}\right)U \cdot \sin\varphi \quad (22.1)$$

Eger  $\varphi$  uly bolmasa ( $\pm 14^\circ$ ), onda  $\sin\varphi \approx \varphi$ , datçigiň  $U_{çyk} + f(\varphi)$  görkezijisi göni çyzykly üýtgemä ýakyndyr.

## 22.1. Tahogenerator-induksiýaly datçik

Datçigiň ýene-de bir görnüşine asinhron tahogenerator diýilýär. Statoryň 1 sargysy 400-500Gs ýygylgy bolan üýtgeýän togyň çeşmesinden iýmitlenýär. Ikinji sargy 2 hereketsiz hem-de stator sargysyna 1 garanynda  $90^0$  (ýagny 1 sargy bilen 2 sargynyň oklary özara perpendikulýar). Rotor 2 alýuminiden ýasalan hem-de ok bilen mäkäm baglanan, onuň aýlaw sanyna gözegçilik edilýär. Haçanda rotor aýlanmaýan ýagdaýynda 2-nji sargyna e.h.g. bolmaýar, sebäbi, 1-nji sarga berlen tok (pulsirleýji) magnit döredýär, ýöne sargylaryň oklary özara perpendikulýar bolandyklary üçin 2-nji sargynyň signaly bolmaýar.

Eger rotor aýlansa, onda rotorda e.h.g. döreýär, ululygy aýlow sanyna görä bolýar. Rotorda kesiji tok diýlip atlandyrylan tok ýüze çykýar. Bu tok kese magnit meýdanyny döredýär. Onuň ýygylgy iýmitlendiriji 1 sargynyň ýygylgyna deň bolar. Şol ýagdaýda, rotoryň magnit meýdanynyň täsiri bilen 2-nji sargyda e.h.g. döreýär we onuň amplitudasy rotoryň aýlow sanyny proporsional bolýar,  $E_m \sim \omega$  ( $\omega = 2\pi f$ ).

Bu datçigiň oňaly tarapy kontakt birleşmesiniň ýoklygy hem-de çykyşdaky signalyň ýygylgynyň durnuklygydyr.

Eger 1-nji sargyny hemişelik toga daksak, onda 2-nji sargynyň e.h.g. okuň aýlow sanyna proporsional bolar, ýagny  $E_m \sim \omega$  ( $\omega = 2\pi n$ ).

Diýmek birinji ýagdaýda 1-nji sarga üýtgeýän tok daksak e.h.g.-niň amplituda ululygy okuň aýlow sanyna bagly bolýar, tersine 1-nji sarga hemişelik tok daksak bolsa e.h.g.-niň ululygy üýtgeýär.

Ýukajyk tokly plastinany magnit meýdanynda ýerleşdirsek, ol plastinanyň gapdal taraplarynda (a-c nokatlary) Holl e.h.g. ýüze çykar. Plastinanyň galyňlygy örän kiçi (ýukajyk), uzynkygy bolsa ininden has uludyr. Işde Holl

datçigini ýarymgeçirijilerden ýasap ulanýarlar. Bu datçikde elektronlar plastinanyň bir gapdalyna, öýjükler bolsa beýleki gapdalyna süýşýärler, toplanýarlar.

Holl e.h.g wolt hasabynda aşakda getirilen aňlatmada kesgitlenýär.

$$U_h = K_h(I \cdot B / \Delta) \sin \alpha \quad (22.1.1)$$

Bu ýerde:  $I$ , (A) plastinadan goýberilen tok;  $B$ , (T) magnit meýdanynyň induksiýasy;  $\alpha$ -induksiýa wektory bilen  $a$ -c nokatdan geçirilen göniniň arasyndaky burç;  $\Delta$ -plastinanyň galyňlygy, m;  $K_h$ -Hollyň hemişeligi,  $m^3/Kl$ .

### 23. Kontaktsyz elektrik esbaplary

Kontaktsyz esbaplarda (apparatlarda) elektrik çatyjy organ garşylygy gönüçyzykly däl we örän giň aralykda üýtgäp bilýän elementlerden durýar. Şeýle häsiýetli elementler bolup magnitli güýçlendirijiler, ýarymgeçirijili abzallar, ferorezanansly konturlar we başgalar bolup durýarlar.

Magnitli güýçlendiriji özüniň induktiw garşylygynyň magnit geçirijiniň magnitlanýş häsiýetine baglylykda örän giň aralykda üýtgäp, elektrik zynjyryny çatyp hem-de açyp bilýär (23.1-nji çyzgy).

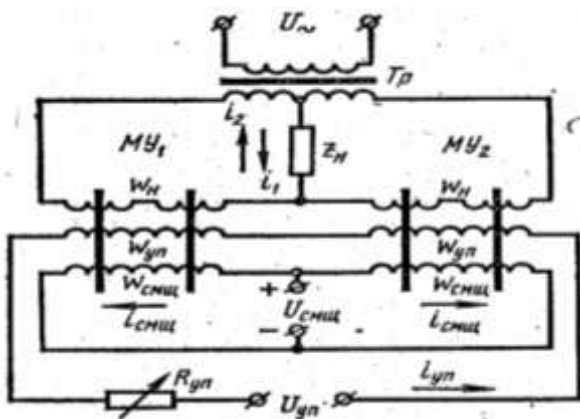
Polatdan ýasalan halka görnüşli magnit geçirijä ýük çatylan sargysy bolan elementi göz önüne getirilen. Ol sarga ( $W_y$ ) ýüki şertlendiriji  $X_y$  induktiw garşylyk yzygider çatylan. Induktiv garşylyk  $X_y$  magnit güýçlendirijiniň induktiw garşylygy bilen yzygider çatuwda. Magnit güýçlendirijiniň induktiw garşylygy bolsa giň aralykda üýtgäp durup aşakdaky aňlatmada görkezilişi ýaly magnit geçirijiniň ýagdaýyna baglylykda üýtgeýär.



$$X_{m.g.} = \omega L, \quad L = \frac{\omega \Phi}{I}, \quad \text{ýa-da} \quad L = \omega^2 / R_m = \omega^2 G_m, \\ \text{onda} \quad (23.1)$$

$$X_{m.g.} = \omega \omega^2; \quad \mu \frac{S}{l}, \quad \text{bu ýerde} \quad R_m = \frac{l}{\mu S}; \quad G_m = \frac{1}{R_m}$$

Bu ýerde:  $\mu$ -magnit ötgürlük;  $\omega=2 \pi f$  üýtgeýän toguň ýygylgy;  $S$ - magnit geçirijiniň kese-kesiginiň meýdany;  $l$ -magnitgeçirijiniň uzynlygy (magnit ýolunyň uzynlygy).

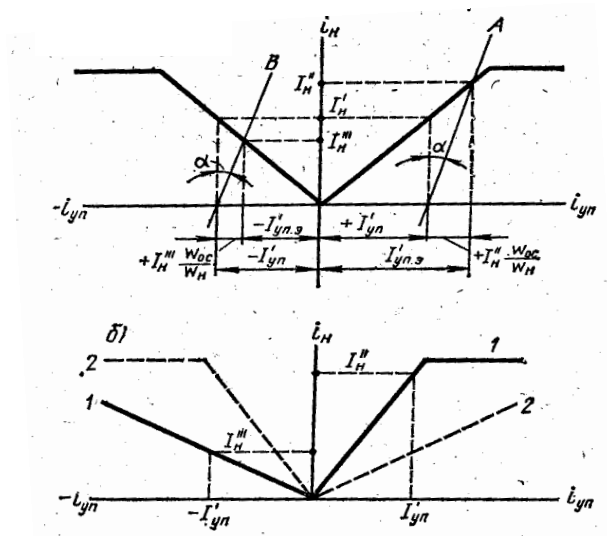


23.1-nji çyzgy. Drosseliň daşyndan magnitlandyryşly.

Ýokarda getirilen aňlatmadan görnüşi ýaly, sargynyň induktiw garşylygy magnit ötgürligine bagly bolup durýar. Onda magnit güýçlendirijiniň kömegi bilen dolandyrylan ýükün üstünden geçýän tok.

$$I_{\text{ýük}} = I_{\sim} = \frac{U_{\sim}}{X_{m.g.} + X_{\text{ý}}} \quad (23.2)$$

bu ýerde:  $X_{\dot{y}}$ -ýüküň garşylygy (ýüküň garşylygynyň induktiw bölegi aktiw böleginden has uly bolansoň, ýagny  $X_{\dot{y}} \gg R_{\dot{y}}$  aktiw bölegini göz önünde tutmalydy. Mysal üçin: elektrohereketlendiriji we başgalara). Magnit ötgürliginiň üýtgöw häsiýeti 22.2-nji çyzgyda görkezilendir.



23.2-nji çyzgy. Magnit ötgürligi we güýçlendirijidäki tok üýtgöwi.

Dolandyryjy sargyda tok ýok wagtynda ( $I_d=0$ ) ýükli sargynyň üstünden diňe boş tok  $I_{xx}$  akýar, ol tok magnitli güýçlendirijiniň induktiw ( $X_{m.g.}$ ) garşylygyny şertlendirýär we magnit ötgürlüginin 1-nji nokadyna degişli bolýar. Şu ýagdaýda, magnit güýçlendirijä dakylan çeşmäniň potensiýaly onuň sargysynda dörän öz-özünü oýandyrys elektrik hereketlendiriji (e.h.g.) güýji bilen deňagramlaşýar (sazlaşýar). Sebäbi ol, e.h.g. mydama dakylan potensiýala garşy

ugurukdyrylandyr (reaktiwdir). Şeýlelikde, eger ýüküň garşylygyndaky potensiýal çökmesini hasaba alanymyzda (ol örän azdyr, sebäbi baş tok  $I_{xx}$  örän az) getiren delilimiz kanagatlanarlykdyr. Şu halatda serdeçnikdäki induksiýanyň ampletudasy has ýokarydyr. (23.1-nji çyzgy. Magnit ergisiniň 1-nji nokady). Dolandyryş sarga hemişelik toguň çeşmesini daksak, onda hemişelik toguň ululygyna baglylykda serdeçnigiň magnitlanyş ýagdaýy üýtgär we toga baglylykda magnit ergisinde 2 ýa-da 3 nokatlar derejesinde bolar. Hemişelik tok (dolandyryjy tok) artdygyça serdeçnigiň magnit ötgürligi peselýär. Işçi sargynyň induktiw garşylygy ( $X_{m.g}$ ) azalýar, ýüküň togy ( $I$ ) artýar. Magnit güýçlendirijiniň gysgyçlarynda potensiýal ululygy peselýär.

Şeýlelikde, dolandyryjy ( $W_d$ ) sargynyň toguny üýtgedip ( $I_d$ ) işçi sargyda hem-de ýüküň toguny geregiçe üýtgedip durmaga mümkinçilik döredýär. Onda dolandyryjy sargynyň sanyny işçi sarga garanynda birnäçe sarga artdyryp ýüküň toguny artdyryp boljak ekeni. Ine şondan hem magnit güýçlendirijiniň ady we iş prinsipi durýar.

Haçanda  $\mu$  uly bolsa, onda  $X_{m.g} \gg X_y$ , ýük öçürilen (ýagny kontaktly apparat bilen deňeşdirilende kontaktlaryň açyk ýagdaýyna gabat gelýär). Eger  $\mu$  kiçi bolsa (az bolsa) onda  $X_{m.g} \ll X_y$ , bu ýagdaýda ýüküň üstünden nominal tok akýar (kontaktly apparatyň kontaktlarynyň ýapyk ýagdaýyna gabat gelýär). Bu apparatlaryň öňäýly tarapy endigan we geregiçe üýtgedip bolýanlygydyr. Ýetmezçiligi bolsa bu apparatda galwoniki birleşmäniň aýrylýanlygydyr.

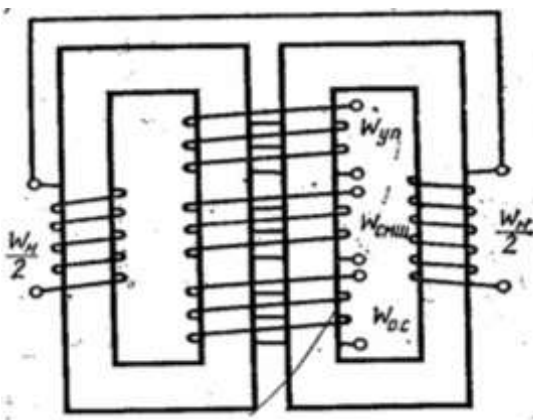
## 24. Magnit güýçlendiriji-kontaktsyz apparatdyr

Umuman öňki sapar geçişimiz ýaly ýüküň togy bilen dolandyryjy togyň özara baglanşygy çyzgy 1 häsiýetlendirýär.

Şu baglanşygy ( $I_y = f(I_d)$ ) ýagny, “giriş-çykyş” baglanşygyň görnüşini üýtgedip, işçi aralygy geregiçe alyp

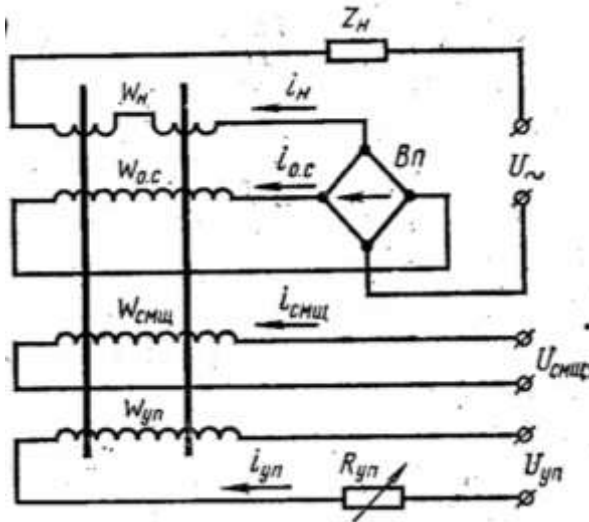
durar ýaly ýörite süýşüriji diýilýän sargyny ulanýarlar. Ol sargynyň kömegi bilen tok ululygyny hem-de onuň polýaryny (tok ugruny) üýtgedip “y” oka göreä  $I_y = f(I_d)$  baglanşygyň ornuny üýtgedip bolýar. Onda n başga-da, güýçlendiriş koeffisiýentini artdyrmak üçin öwrüm baglanşykly ýa-da daşky baglanşykly ady bilen belli bolan sargy oturtýarlar.

$$tg\alpha = \frac{\omega_{o.s}}{\omega_H} = K_{o.s} \quad (23.1)$$



24.1-nji, a çyzgy. Magnitli güýçlendirijiniň serdeçniginde daşky öwrüm sargysynyň hem-de süýşüriji sargynyň ýerleşişleri we olaryň çatylyş sudury.

Haçanda dolandyryş sargysyna položitel dolandyryjy tok berlende öwrüm sargysynyň magnitlandyryş täsiri bilen ýüküň togy ulalýar, eger dolandyryş sarga ters ugurda tok bersek, onda çykyşda (ýagny ýükde) tok azalýar.



24.1-nji, b çyzgy. Güýçlendirijiniň daşky baglanşygy bolandaky işçi häsiýeti.

Dolandyryjy togyň belli bir bahasynda (položitel ýa-da otrisatel) ýükiň togy şol bir baha eýe bolýar. Eger-de daşky öwrüm baglanşygy bolmadyk ýagdaýynda . Haçanda, güýçlendirijide daşky öwrüm sargy bolan ýagdaýynda, onda položitel dolandyryjy tok täsiri bilen daşky sargynyň togy magnit güýçlendirýär, şonuň üçin ýüküň togy artýar  $I''_{\dot{y}}$ . Ýagny  $I''_{\dot{y}} > I'_{\dot{y}}$ . Eger-de dolandyryjy tok otrisatel bolsa ( $-I_d$ ), onda

ekwiwalent togyň düzüjileriniň ( $I_d, I_{\dot{y}} \frac{\omega_{o.s.}}{\omega_H}$ ) ugurlary garşylyklarynyň, şonuň üçin bolsa, serdeçnigiň magnitlanyşy peselýär, işçi sargynyň induktiw garşylygy ulalýar, netijede ýükiň togy azalýar.

Süýşürji sargy ( $W_{sm}$ ) hemişelik tok çeşmesine dakylýar ( $V_{sm}$ ) we onuň tok ugry hem-de ululygy boýunça üýtgemelýär.

Süýşüriji togyň (magnit akymynyň) täsiri astynda güýçlendirijiniň iş häsiýeti üýtgeýär, ýagny V-harpa meňzeş häsiýetli döwürk çyzyk ýa çepe, ýa-da saga ordinata oka garanyňda süýşýär, ine şonuň üçinde ol sargyny sargy diýip atlandyryrlar.

1-nji döwürk çyzyk güýçlendirijide süýşüriji sargynyň ýok wagtynda bolup bilýär. 2-nji döwürk çyzyk süýşüriji sarga ugyrdaş tok berlendäki hasiýetlendirýär, 3-nji döwürk çyzyk bolsa, ters täsirli tok berlen ýagdaýy hasiýetlendirýär.

Görşümüz ýaly öwrümlü sargynyň ( $W_{o.s}$ ) kömegi bilen V-görnüşli döwürk çyzykly üýtgöwiň ýük okuna (y-okuna) görä onuň ýapgytklygyny sazlamak bilen güýçlendiriş ukybyna sazlanýar, (24.1-nji, b çyzgy) süýşüriji sargynyň kömegi bilen bolsa, döwürk V-görnüşli ütgöwiň ýük okuna garanyňda ornuny çepe ýa-da saga süýşürüp bolýar eken.

Şeýlelik-de dolandyryş togy üýtgedip, ýükiň toguny üýtgetmäge, ýagny azaldyp hem-de köpeltmäge ýagdaý döreýär, ýöne wölin togyň udryny üýtgedip bolmaýar. Şonuň ýaly güýçlendirijilere bir taktly magnitli güýçlendirijiler diýlip aýdylýar.

Togyň ululygyny hem-de ugryny (fazasyny) üýtgetmek üçin iki taktly (ikiýüzleýin) magnitli güýçlendirijiler ulanylýarlar.

## Edebiýat

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-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» gazeti, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. Архипцев Ю.И. Бесконтактные элементы автоматики. М., Энергия, 1972.
11. Гиршберг В.В. и другие. Единая серия полупроводниковых логических элементов. М., Энергия, 1971.
12. Родштейн Л.А. Электрические аппараты. М., Энергия, 1971.
13. Чунихин А.А. Электрические аппараты. М., Энергия, 1975.

## Mazmuny

	SÖZBAŞY	7
	GIRIŞ	9
1.	Elektrik apparatlary. Umumy düşüňjiler	11
2.	Magnit birlikleri (ululyklary)	12
3.	Magnit hasaplamalary barada umumy düşünje	17
4.	Elektromagnit mehanizmleriniň durnukly (statiki) çekiş güýji	21
5.	Hemişelik we üýtgeýän tok	23
6.	Üýtgeýän togyň elektromagnitli	27
7.	Elektromagnit hereketi	34
8.	Kontaktorlar	38
9.	Magnit dolandyryşly kontaktlar	41
10.	Awtomatik öçürjiler	46
11.	Magnitli goýberijiniň işleýşi	53
11.1.	Rewerssiz magnitli goýberijiniň işine garap geçeliň	55
12	Elektromagnit muftalary	57
13.	Ferroporoşok muftalar	61
14.	Elektromagnit releleri we gözleýji releler	64
15.	Polýarlaşan releler	66
16.	Wagt releleri	68
17.	Ýarymgeçiriji diodlar	69
18.	Tranzistoryň işleýşini öwrenmek	74
18.1.	Tranzistor-güýçlendiriji	78
19.	Tranzistorlaryň häsiýetnamalary	84
19.1.	Meýdanly tranzistorlar	85
20.	Tiristorlar. Holl datçigi	91
21.	Logiki elementler	95
21.1.	Tranzistorly logiki elementler	100
22.	Ferrit-diodly logiki elementler	103
22.1.	Tahogenerator-induksiýaly datçik	107



<b>23.</b>	Kontaktsyz elektrik esbaplary	108
<b>24.</b>	Magnit güýçlendiriji-kontaktsyz apparatdyr	111
	Edebiyat	115