

**Alyhan Ökdirow  
Tahyr Kuliýew**

**SENAGAT ELEKTRONIKASYNDAN**

**ÝUMUŞLAR,**

**MYSALLAR,**

**USULY KÖMEKLER**

<http://book.zehinli.info>

**Aşgabat 2008 ý.**

## SÖZBAŞY

Ýurdumyzyň ýokary we ýöriteleşdirilen okuw mekdeplerinde taýýarlanylýan ähli elektrotehniki hünärler üçin okadylýan esasy dersleriň biri hasaplanylýan “Senagat elektronikasy”, şol sanda “Elektrik üpjünçiligi” we “Senagat desgalaryny elektropriwodlaşdyrmak we awtomatlaşdyrmak” hünärlerinde-de, elektrotehnikanyň ýarymgeçiriji abzallaryndan gurnalan awtomatikanyň shemalaryna, olaryň dolandyrylyşlaryna giňişleýin orun berilýär.

Häzirkizaman tehnikanyň ösüşinde tranzistorlaryň, tiristorlaryň, mikroelektroniki shemalaryň, göneldijileriň, güýçlendirijileriň, logiki elementleriň, triggerleriň, ýagtylyga duýgur fotoelektron abzallaryň fizikasyny, tehniki gurluşlaryny, şertli belgilenişlerini, dürli-dürli wolt-amper häsiýetnamalary gurnamagy düşündermegi we seljermegi başarmak-ýokary okuw mekdeplerinde okaýan talyplaryň hem-de önümçilikde elektronika bilen iş salyşýan inženerleriň esasy meseleleriniň biri bolup durýar. Elektronika ähli senagat kärhanalarynda, oba hojalygynda, medisinada, ylmyň we tehnikanyň dürli pudaklarynda giňden ulanylýar. Käbir Ýokary okuw mekdepleriniň okuw meýilnamalarynda elektronika-elektrotehnika dersi bilen utgaşdyrylyp “Elektrotehnika we elektronika” ady bilen özleşdirilýär. Şonuň üçin-de, elektronikadan taýýarlanylýan hünärmenleriň bilimlerini berkitmek üçin, ýöriteleşdirilen şertli shemalary okamagy, täze shemalary düzmegi (döretmegi) we başga-da birnäçe işleriň hötdesinden gelmegi başarmak üçin talyplara analitiki-grafiki hasaplaýyş işlerini ýerine ýetirmeklik maslahat berilýär.

Okyjylaryň dykgatyna hödürlenilýän şu usuly işde “Senagat elektronikasyndan” birnäçe wariantly analitiki-grafiki ýumuşlardan başga-da ýumuşlaryň işlenişlerine degişli usuly kömekler hem-de ýumuşlara degişli doly işlenilen mysallar ýerleşdirildi. Gollanmadaky ulanylan gysgaltmalar awtorlaryň [1] okuw gollanmasyna laýyklykda alyndy.

Şu usuly iş, Türkmen politehniki institutynyň, Inžener mehanika fakultetiniň “Elektrotehnika we elektromehanika” kafedrasynyň mugallymlary dosent T.A.Kulyýewiň, dosent A.Ökdirowyň gatnaşmaklarynda taýýarlanyldy.

## SENAGAT ELEKTRONIKASYNDAN GRAFIKI HASAP IŞLERI

**1-nji ýumuş (mesele).** Tranzistoryň parametrleriniň hasaplanyşyny özleşdirmek.

Ekwiwalent shemasy **T**-görnüşli ikipolýarly (**bipolýar**) tranzistor üçin:

1. Berlen tranzistoryň içki parametrlerini ( $r_B$ ;  $r_E$ ;  $r_K$  garşylyklaryny) hasaplamaly;
2. Tok boýunça üstaşyr hemişelik  $\alpha$  we  $\beta$  koeffisiýentlerini anyklamaly.
3. Berlen umumy bazaly tranzistor üçin **h<sub>B</sub>**-parametrlerini, umumy emitterli tranzistor üçin bolsa **h<sub>E</sub>** parametrlerini tazededen hasaplamaly.
4. Her talyp, özüne berlen **UB**-li ýa-da **UE**-li görnüşde birleşdirilen shemasy üçin **r<sub>gir</sub>** -girelge we **r<sub>çyk</sub>** -çykalga garşylyklaryny hasaplap, san bahalaryny takyklamaly.

Berlen tranzistorlar üçin, shema birleşmeleri (**p-n-p** ya-da **n-p-n**) we degişli **h<sub>B</sub>** – parametrleri 1.1-nji tablisada ýerleşdirildi.

### Çözülişi.

#### Usuly kömek.

Ilki bilen [11] okuw kitabyndan dörtpolýusly elektrik zynjyrlary üçin görkezilen (8.7) we (8.8) formulalary seljermek maslahat berilýär, olar:

$$\underline{U}_1 = h_{11} \cdot \underline{I}_1 + h_{12} \cdot \underline{U}_2$$

$$\underline{I}_2 = h_{21} \cdot \underline{I}_1 + h_{22} \cdot \underline{U}_2$$

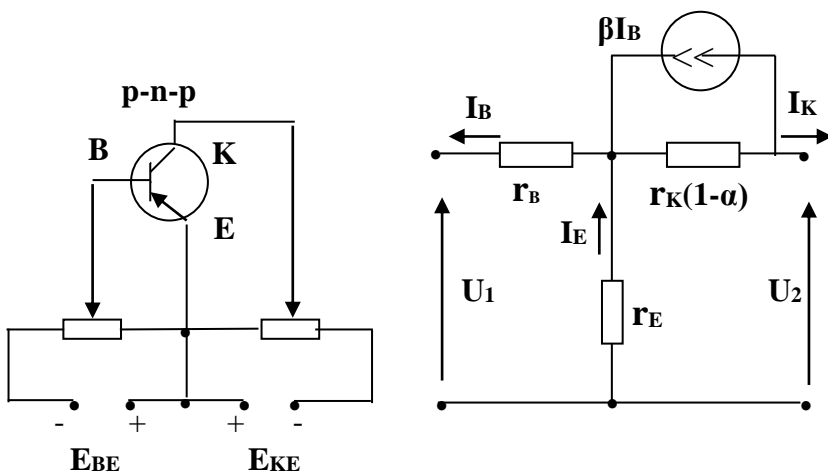
Bu ýerde **h<sub>11</sub>** , **h<sub>22</sub>** we **h<sub>12</sub>** , **h<sub>21</sub>** dörtpolýusly shema bilen aňladylan elektron gurnamalarynyň (meselem-tranzistorlaryň **h**-harplar bilen düzülen deňlemeler toparyna degişli) **h**-parametrleridir.

1.1 tablissa

Wariantlar	Tranzistoryň tipi	Transiztoryň gurluşy	hB-parametirler				Shema	Iň ýokary bahalary		
			$h_{11B}$ [Om]	$h_{12B}$ $10^{-3}$	$h_{21B}$	$h_{22B}$ $10^{-6}$ [Sm]		$U_{KE}$ [W]	$I_K$ [mA]	$P_{rugs.}$ [mWt]
1	MII 42A	<b>p-n-p</b>	30	2	-0.96	1	<b>UE</b>	15	20	200
2	MII 39	<b>p-n-p</b>	30	1	-0.93	1	<b>UB</b>	15	20	150
3	MII41	<b>p-n-p</b>	35	1	-0.97	1	<b>UB</b>	15	20	150
4	MII 113	<b>n-p-n</b>	50	1	-0.96	1	<b>UE</b>	10	20	150
5	MII 111	<b>n-p-n</b>	50	0.5	-0.93	1	<b>UB</b>	20	20	150
6	MII 39Б	<b>p-n-p</b>	32	1	-0.96	1	<b>UE</b>	15	20	150
7	MII 36A	<b>n-p-n</b>	20	5	-0.96	2	<b>UE</b>	15	20	150
8	ГТ 322 А	<b>p-n-p</b>	60	2	-0.98	1	<b>UE</b>	5	15	50
9	MII 41A	<b>p-n-p</b>	25	2	-0.98	1	<b>UB</b>	15	20	150
10	MII 25	<b>p-n-p</b>	25	3	-0.93	2	<b>UB</b>	15	20	200

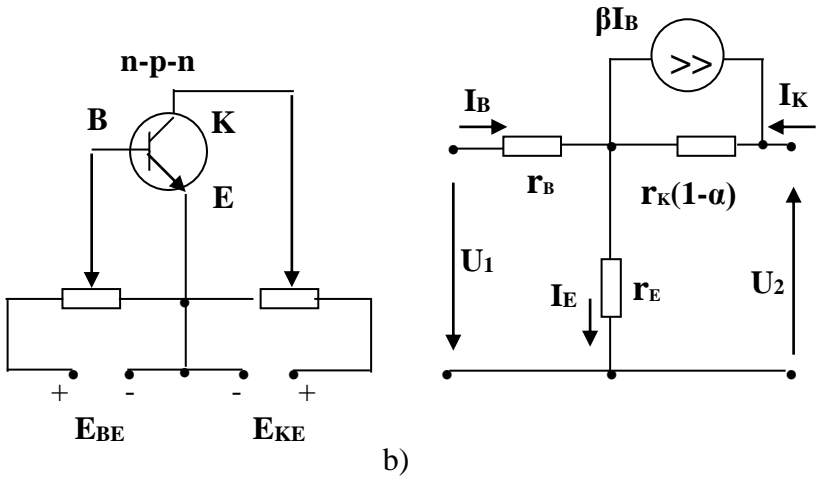
Ýokardaky deňlemeleri seljerssek , onda  $h_{11}$  girelgä görä garşylygy,  $h_{22}$  çykalga görä geçirijiligi aňlatsalar, onda  $h_{12}$  bilen  $h_{21}$  ölçeg birligi ýok koeffisiýentlerdir. Şeýle seljermelerden soň,  $U_1; U_2; I_1; I_2$  ululyklary, gerek bolsa ölçäp ýa-da hasaplap bolýandygyny nazarda tutup, berlen barlag işini şu aşakdaky tertipde işlemeklik maslahat berilýär:

1. Berlen ýumuş üçin talyp 1.1-nji ýa-da 1.2-nji çyzyglarda görkezilen shemalardan peýdalanyp, öz wariantyna laýyklykda, tranzistoryň shemabirleşmesini hem-de T-görnüşli ekwiwalent (deňgüýçli) elektrik shemasyny anyklap, çyzygyny göçürmeli.

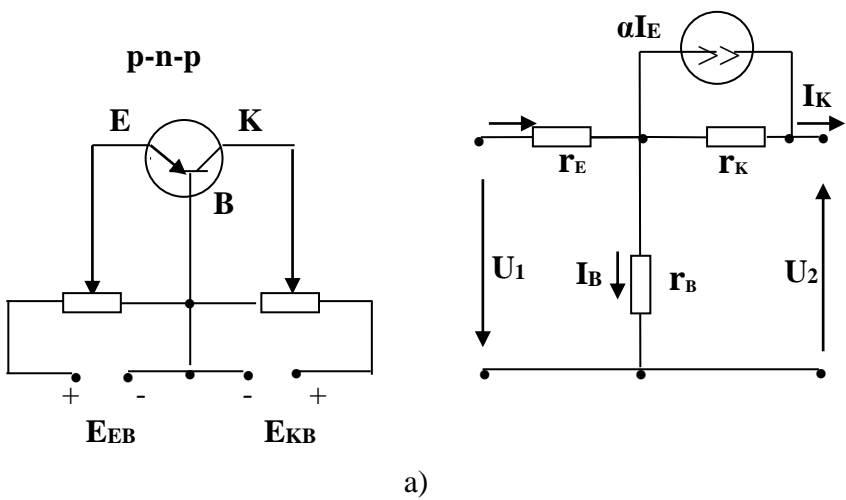


a)

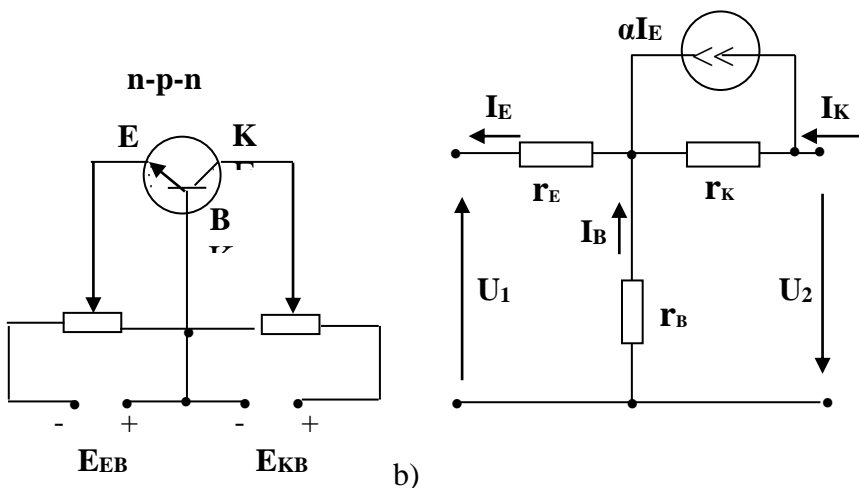
1.1-nji a çyzygy. Emitteri umumylaşdyrylan tranzistoryň shemabirleşmesi we T-görnüşli ekwiwalent shemasy.



1.1-nji b çyzgy. Emitteri umumylaşdyrylan tranzistoryň shemabirleşmesi we T-görnüşli ekwiwalent shemasy.



1.2-nji a çyzgy. Bazasy umumylaşdyrylan tranzistoryň shemabirleşmesi we T-görnüşli ekwiwalent shemasy.



1.2-nji b çyzgy. Bazasy umumylaşdyrylan tranzistoryň shemabirlleşmesi we T-görnüşli ekwiwalent shemasy.

2. Tranzistorlaryň içki fiziki parametrleriniň hasaplanýş formulalary.

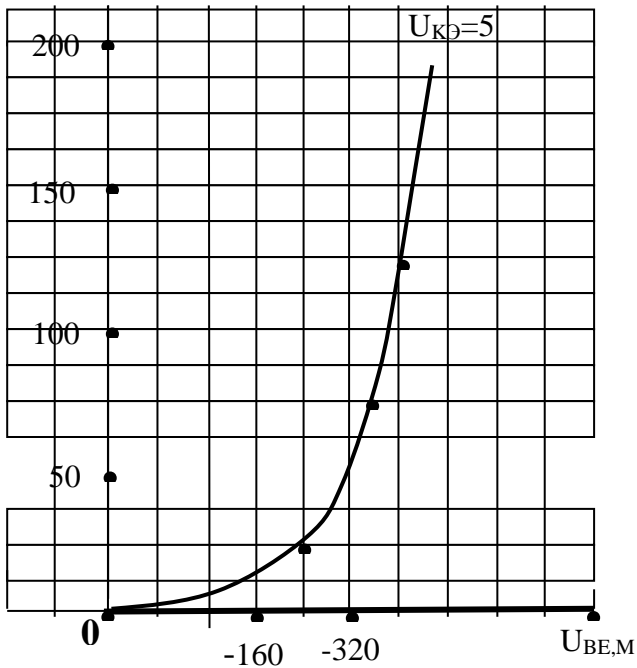
$$r_B \approx \frac{h_{12B}}{h_{22B}}$$

$$r_E \approx h_{11B} - \frac{h_{12B}}{h_{22B}} (1 + h_{21B})$$

$$r_k \approx \frac{1}{h_{22B}}$$

$$\alpha = -h_{21B}$$

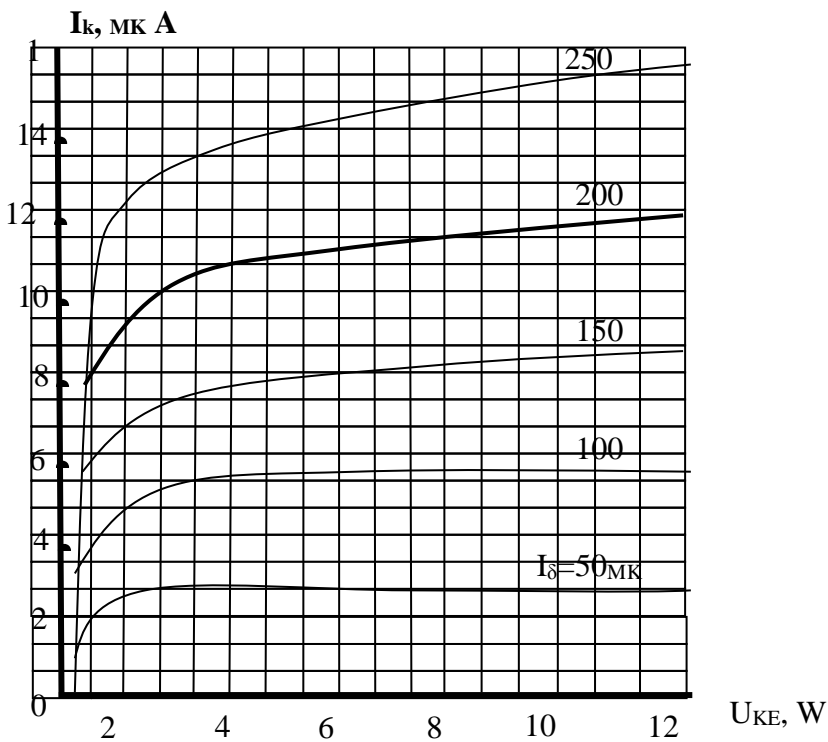
$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$



1.3-nji çyzgy

Shemasy - UE- li GT 322 A tranzistoryň girelgesi üçin ortalaşdyrylan häsiýetnamasy





1.4-nji çyzgy

Shemasy UE-li ГТ 322А  
 tranzistoryň çykalgasy  
 üçin ortalaşdyrylan  
 häsiýetnamalary

3. Berlen tranzistorlaryň  $h_B$  parametrlerine esaslanyp  $h_E$  - parametrlerini hasaplamaly.

$$r_{11E} \approx \frac{h_{11B}}{1 + h_{21B}}$$

$$h_{12E} \approx \frac{h_{11B} \cdot h_{22B} - h_{12B} \cdot h_{21B} - h_{12B}}{1 + h_{21B}}$$

$$h_{21E} \approx \frac{-h_{21B}}{1 + h_{21B}}; \quad h_{22E} \approx \frac{h_{22B}}{1 + h_{21B}}$$

4. Tranzistorýň girelge we çykalga garşylyklaryny hasaplamagyň taýýar formulalarynyň özara meňzeşlikleri.

$r_{girE} \approx r_B + (1 + \beta) \cdot r_E$	$r_{gir.tranz} \approx h_{11E}$	$r_{çyk.tranz} \approx \frac{1}{h_{22E}}$	} Umumy emitterli shema üçin
$r_{gir.B} \approx r_E + (1 - \alpha) \cdot r_B$	$r_{gir.tranz} \approx h_{11B}$	$r_{çyk.tranz} \approx \frac{1}{h_{22B}}$	

**2-nji ýumuş (mesele).** Elektrik ýüki bolup işleýän aktiw garşylygy ( $R_{\dot{y}}$ ) hemişelik tok (naprýaženiýe) bilen üpjün etmek üçin ideal diodly, elektrik süzgüçsiz, ideal transformatorly göneldijini hasaplamaly.

Göneldijiniň shemasy nähili bolmalydygy, göneldilen ( $I_{\dot{y}}$ ) toguň we ( $U_{\dot{y}}$ )-naprýaženiýeniň elektrik yükündäki ortaça bahalary hem-de her bir wariant üçin üýtgeýän togyň naprýaženiýesiniň  $U_1$  san bahalary 2.1-nji tablisada ýerleşdirildi.

2.1-nji tablisa

Wariant	Göneldijiniň shemasy	$U_{\dot{y}}$ (W)	$I_{\dot{y}}$ (A)	$U_1$ (W)
1	Birýarymperýodly	400	0.1	220
2	Köprüli	60	0.5	220
3	Birýarymperýodly	1000	0.3	220
4	Ortasynda umumy nokatly ikiýarymperiodly	120	0.5	220
5	Köprüli	48	0.5	220
6	Köprüli	36	5	220
7	Köprüli	110	0.4	220
8	Köprüli	24	2	220
9	Ortasynda umumy nokatly ikiýarymperiodly	300	0.2	220
0	Köprüli	24	4	220

Göneldiji işläp duran wagty diodlardaky gyzgynlygýň derejesi (temperaturasy)  $50^{\circ}\text{C}$ -dan ýokary bolmaly däldir. Ýymitlendiriji elektrik çeşmesindäki naprýaženiýeniň (toguň) ýyglylygy  $f=50\text{ Gs}$ .

Hasaplamaalaryň esasynda kesgitlenilmeli parametrleriň, çyzylmaly (gurulmaly) grafikleriň, shemalaryň görnüşleri şu aşakdaky tertipde ýazyldy:

**1.** Berlen göneldijini hasaplamak üçin degişli parametrlerini kesgitlemeli:

a) Elektrik ýükündäki  $U_{\text{ort}}$ ,  $k_{p1}$ ,  $f_{p1}$  parametrleri ( $k_{p1}$ -esasy garmonikanyň pulsuny aňladýan koeffisiýent,  $f_{p1}$ -esasy garmonikanyň pulsunyň ýyglylygy);

b) Dioddaky  $U_{\text{ters max}}$ ,  $I_{d.\text{ort}}$ ,  $I_{d.\text{täş}}$ ,  $I_{d.\text{max}}$  parametrleri ( $U_{\text{ters max}}$  minus ýarymperiodda dioda düşýän naprýaženiýeniň maksimal

bahasy,  $I_{d.ort}$ ,  $I_{d.täs}$ ,  $I_{d.max}$  -dioddan akyp geçýän togyň ortaça, täsir, maksimal bahalary).

ç)Transformatory doly häsiýetlendirýän  $U_2$ ;  $I_2$ ;  $I_1$ ;  $S_1$ ;  $S_2$ ;  $S_{tr}$ ;  $k_{tr}$  ; n- parametrleriň san bahalaryny kesgitlemeli ( $U_2$ ,  $I_2$ ,  $I_1$ -transformatoryň ikinji we birinji sargysyndaky naprýaženiýeniň we toklaryň täsir bahalary,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_{tr}$ -birinji, ikinji sargylardaky we tutuş transformatoryň doly kuwwatlary,  $k_{tr}$  -transformatoryň ulanylyşynyň koeffisiýenti, n-transformatoryň transforlaýjy koeffisiýenti).

2. Ýarymgeçiriji diodlaryň ýa-da köprüli bloklaryň tiplerini saýlamaly hem-de olaryň parametrlerini göçürip ýazmaly.

3. Göneldijiniň elektrik shemasyny şekillendirmeli we elektrik süzgüçsiz gurnalan göneldiji üçin toklaryň, naprýaženiýeniň t-wagta görä baglanyşygynyň diagrammalaryny gurmaly.

4. Birfazaly göneldijileri hasaplamak üçin esasy formulalar 2.2-nji tablisada görkezildi.

5. Ýarymgeçiriji diodlaryň we diodlardan ýygnalan köprüli blogyň parametrleri 2.3-nji tablisada ýerleşdirildi.

Diodlar saýlanylanda  $I_{rugs} \geq I_{ort}$  hem-de  $U_{ters} \geq U_{ters\ max}$  deňsizlikleriň şertlerinden ugur alynmalydyr, bu ýerde  $U_{ters}$  -dioda rugsat berilen ters naprýaženiýe,  $I_{rugs}$ -dioda rugsat berilen tok.

Birfazaly shema üçin hasap gatnaşyklary.

2.2-nji tablisa

Schema	Elektrik yüküniň parametrleri				Göneldiji elementleriň parametrleri				Transformatoryň parametrleri						
	Elektrik yüküniň görnüşi	$U_{ort}$	$k_{n1}$	$f_{n1}$	$U_{ters,max}$	$I_{d,ort}$	$I_{d,ters}$	$I_{d,max}$	$U_2$	$I_1$	$I_2$	$S_1$	$S_2$	$S_{tr}$	$k_{tr}$
<b>Birperiodly</b>	$R_y$	0,45 $U_2$	1,57	$f_ç$	3,14 $U_{ort}$	$I_{otr}$	1,57 $I_{ort}$	3,14 $I_{ort}$	2,22 $U_{ort}$	1,21 $w_1/w_2 I_{ort}$	1,57 $I_{ort}$	2,69 $p_{ort}$	3,49 $p_{ort}$	3,09 $p_{ort}$	0,324
<b>Transformatoryň 2-nji sargysynyň ortasyndan çykarylan umumy nokatly ikiýarympereodly</b>	$R_y$	0,9 $U_2$	0,67	$2f_ç$	3,14 $U_{ort}$	0,5 $I_{ort}$	0,785 $I_{ort}$	1,57 $I_{ort}$	1,11 $U_{ort}$	1,11 $w_1/w_2 I_{ort}$	0,785 $I_{ort}$	1,23 $p_{ort}$	1,74 $p_{ort}$	1,48 $p_{ort}$	0,676
<b>Köprüli</b>	$R_y$	0,9 $U_2$	0,67	$2f_ç$	1,57 $U_{ort}$	0,5 $I_{ort}$	0,785 $I_{ort}$	1,57 $I_{ort}$	1,11 $U_{ort}$	1,11 $w_1/w_2 I_{ort}$	1,11 $I_{ort}$	1,23 $p_{ort}$	1,23 $p_{ort}$	1,23 $p_{ort}$	0,773

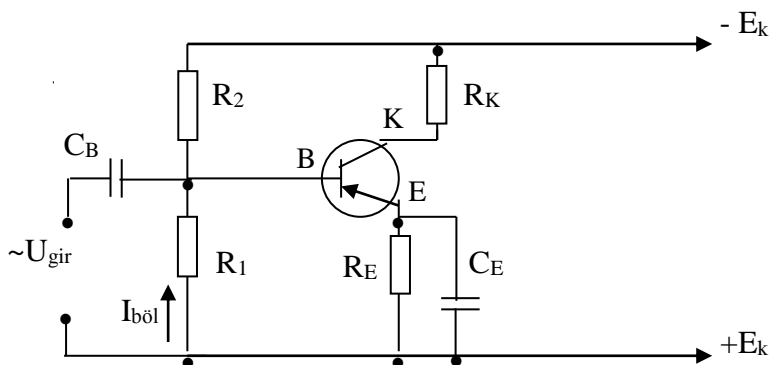
1.  $k_{tr}=p_{ort}/S_{ort}$ -transformatoryň ulanylyş koeffisiýenti;
2.  $p_{ort}=U_{ort}I_{ort}$  –elektrik ( $R_y$ ) yüküne berilýän ortaça kuwwat;
3.  $n=w_1/w_2=U_1/U_2$ -transformatoryň transformasiýa koeffisiýenti ( $w_1$  we  $w_2$ -sargy sanlary).
4.  $f_ç$  –iýmitlendiriji çeşmäniň togunyň (naprýaženiýesiniň) ýygylgy.

2.3-nji tablisa

<b>Diodlaryň tipi</b>	<b>I<sub>rugs</sub>[A]</b>	<b>U<sub>ters</sub>[W]</b>	<b>Diodlaryň tipi</b>	<b>I<sub>rugs</sub>[A]</b>	<b>U<sub>ters</sub>[W]</b>
D205	0.4	400	D243	5	200
D207	0.1	200	D243A	10	200
D209	0.1	400	D243B	2	200
D210	0.1	500	D217	0.1	800
D211	0.1	600	D218	0.1	1000
D214	5	100	D221	0.4	400
D214A	10	100	D222	0.4	600
D214 B	2	100	D224	5	50
D215	5	200	D224A	10	50
D215A	10	200	D224B	2	50
D215B	2	200	D226	0.3	400
D233	10	500	D226A	0.3	300
D233B	5	500	D231	10	300
D234B	5	600	D231B	5	300
D242	5	100	D232	10	400
D242A	10	100	D232B	5	400
D242B	2	100	D244	5	50
D244A	10	50	D303	3	150
D244B	2	50	D304	3	100
D302	1	200	D305	6	50

**3-nji ýumuş (mesele).** Iş düzgüni “A” synpla (klasa) degişli tranzistorly güýçlendiriji, bir  $E_k$ -çeşmeden iýmitlendirilip, iş durnuklylygy emitteri arkaly stabil saklanylýan hem-de ýagdaýy awtomatiki (özbaşdak) süýşip bilýän, emitteri umumylaşdyrylan tranzistorly kaskadyň esasy parametrlerini hasaplamaly.

Analitiki deňlemelerden peýdalanyp, degişli grafikleri gurmaly we seljeriş işlerini ýerine ýetirmeli (3.1-nji çyzga seret!)



**3.1-nji çyzgy.** Tranzistorly güýçlendirijiniň bir kaskadynyň (basgançagynyň) shemasy

Talyplar ikipolýarly (bi-polýar) tranzistorlyň tipini, 1.1-nji tablisadan anyklap, güýçlendiriji tranzistorlyň çykalgasy üçin statiki häsýetnamalar toplumyny hem-de  $U_{KE} = -5$  [w] bolanda, girelgesine degişli bir sany häsýetnamany 1.1 -nji tablisadan anyklap, göçürüp almaly (degişli häsýetnamalar şu ýumuşuň ahyrynda ýerleşdirildi).

Degişli hasaplar geçirip kesgitlenilmeli we anyklanylmalý parametrler:

$$k_i, k_u, k_p, \beta, R_{gir.kask}, R_{çyk.kask}, R_y = R_k, R_B, R_E, R_K, E_k, C_E, C_B, I_{Bo}, I_{Ko}, I_{Eo}, I_{Eo}, I_{böl}, U_{BEo}, U_{KEo}, \pm U_{mgir}; \pm U_m \text{ çyvk.}$$

\* Meseläni şu aşakdaky tertipde çözmek maslahat berilýär: (usuly kömek)

### Cözülişi.

1. Berlen tranzistor üçin zerur (gerek) parametrleri ýazmaly. Güýçlendiriji kaskadyň shemasynyň işleýşini (3.1-nji çyzgyda) düşündirmeli, shemadaky elementleriň näme maksat bilen çatylandygyny we olaryň bitirýän işlerini düşündirmeli.

Ýymitlendiriji  $E_K$ -çeşmäniň naprýaženiýesiniň san bahasyny saýlamaly (tranzistory saýlanyňyzda bahasyny saýlamaly (tranzisory saýlanyňyzda  $E_K < U_{KE_{max, rugs.}}$  hem-de  $E_K \approx (1,2 \dots 1,5) 2 \cdot U_{max, çyk.}$  şertlerden ugur almaly).

2. Kollektor-emitter aralygyna berilýän  $U_{KE} = -5 [w]$  naprýaženiýe üçin görkezilen tranzistoryň girelgesindäki  $I_B = f(U_{BE})$  häsiýetnamasyny millimetrlenen kagyza çyzmaly hem-de şol ýerde görkezilen  $I_B = const$  ýagdaýdaky çykalgasy üçin berlen  $I_K = f(U_{KE})$  häsiýetnamalar toplumynda millimetrlenen kagyza geçirmeli.

Şol häsiýetnamalar toplumynda tranzistorda ýitirilýän (harçlanylýan)  $P_{K, rugs.} = I_K \cdot U_{KE}$  (1.1-nji tablisadan peýdalanylýan) kuwwatyň grafiginin egrelýändigini birnäçe nokatlar arkaly gurup görkezmeli. Kuwwatyň egrelýän grafiginden aşakda, has amatly eňnit bilen, tranzistoryň bazasyna berilýän signalyň ( $\pm I_{B, max}$ -toguň) maksimal bahasyny hasaba alyp, elektrik yüküniň  $U_{KE} = E - I_K(R_K + R_E)$  deňlemesinden emele gelýän liniýanyň çäginini saýlap, tranzistoryň  $\ll A \gg$  synply (klasy) boýunça rahatlygyny (dync ýagdaýyny) aňladýan iş düzgünini kesgitlemeli.

Girelge üçin gurulan dinamiki (geçiş ýa-da durnuksyz) häsiýetnamasynda işçi  $\ll A \gg$  nokadynyň ýagdaýy çykalga häsiýetnamalar topary bilen ýüküň liniýasynyň kesişýän ýerinde bolup, bazadaky  $I_{B0}$ -toguň bazasyna gabat gelmelidir.

Täze gurulan girelge üçin we çykalga üçin häsiýetnamalarda (3.2-nji çyzga seret!)



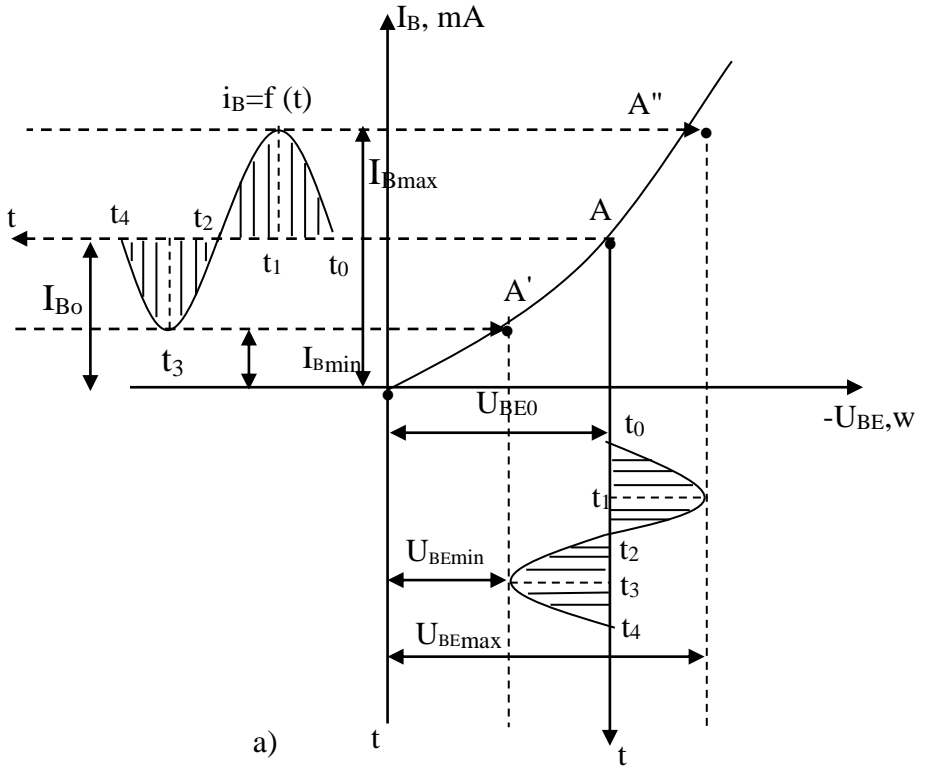
$$i_K = I_{K0} + I_{mk} \cdot \sin \omega t;$$

$$u_{KE} = U_{KE0} + U_{mke} \sin \omega t$$

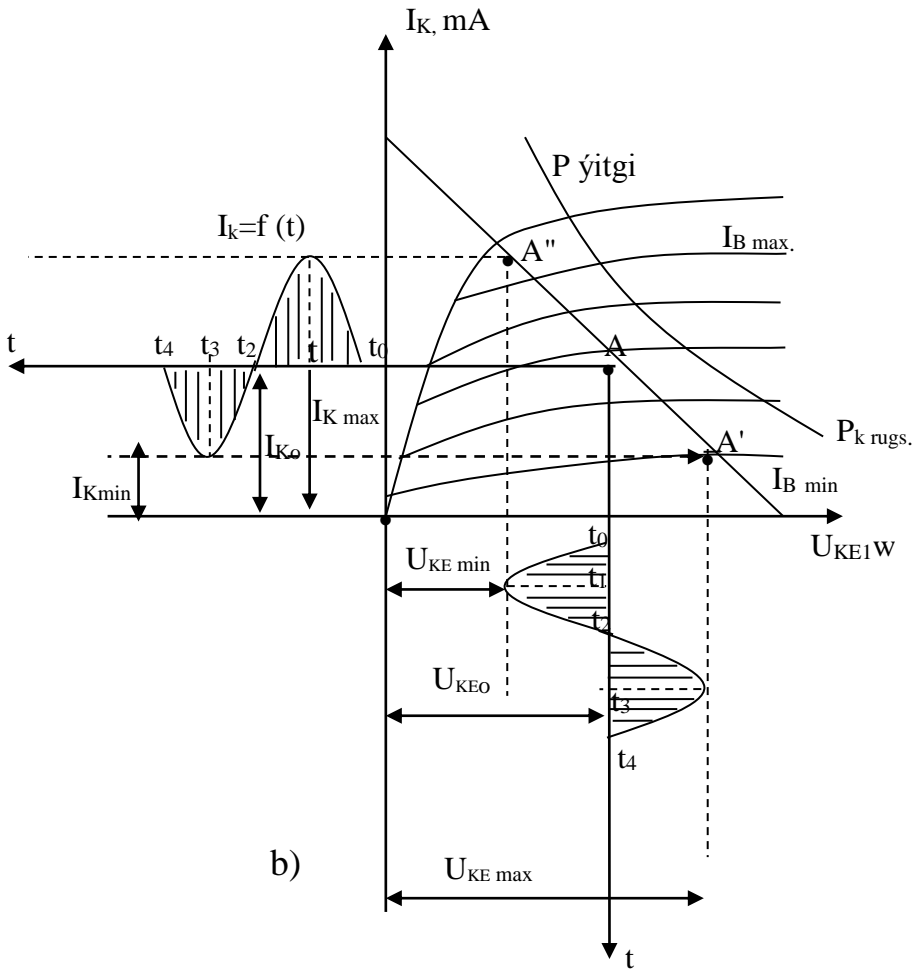
$$i_B = I_{B0} + I_{mB} \cdot \sin \omega$$

$$u_{BE} = U_{BE0} + U_{mBE} \sin \omega t$$

grafikleri şekillendirmeli (3.2-nji çyzgyda görkezilen A-işçi nokat, A'-A"-işçi aralyk)



3.2-nji çyzgy. Tranzistorly güýçlendirijiniň "A" klass boýunça dynç ýagdaýyny aňladýan iş düzgüni.  
 a) Girelgesi üçin;



3.2-nji çyzgy. Tranzistorly güýçlendirijiniň “A” klass boýunça dynç ýagdaýyny aňladýan iş düzgüni.  
b) Çykalgasy üçin.

3. 3.2-nji çyzgyda gurulan grafiklerden peýdalanyp, şu aşakdaky ululyklaryň san bahalaryny anyklamaly.

$$\begin{aligned} I_{BO}; \quad \pm I_{mB} = \pm 0,5(I_{B \max} - I_{B \min}); \quad I_{KO}; \\ \pm I_{mk} = \pm 0,5(I_{K \max} - I_{K \min}); \quad I_{Eo} = I_{Bo} + I_{Ko}; \quad U_{BEo}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \pm U_{mBE} = \pm U_{m \text{ gir.}}; \quad U_{KE}; \quad \pm U_{mKE} = \pm U_{\text{çyk}} = \\ = \pm 0,5(U_{KE \max} - U_{KE \min}) \end{aligned}$$

4. Hasaplanmaly parametrler.

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}; \quad R_E = (0,2 \dots 0,3) \frac{E_K}{I_{EO}}$$

$$r_{\text{gir. tranz}} = r_B + (1 + \beta) \cdot r_E \approx h_{11E}$$

5. Tranzistoryň bazasyndaky  $R_1$ -garşylyga dürli bahalar berip  $R_1 \approx (2 \dots 5) r_{\text{gir. tranz}}$  şu aşakdaky parametirleri kesgitlemeli.

$$I_{böl} = \frac{I_{EO} \cdot R_E + |U_{BEo}|}{R_1} \text{ bölüji } R_1 \text{ garşylygynyň}$$

üstünden akýan togy.

$$R_2 = \frac{E_K - R_1 I_{böl}}{I_{böl} + I_{Bo}} \quad R_K = \frac{E_K - U_{KEo} - I_{Eo} \cdot R_E}{I_{KO}}$$

ýa-da  $I_{böl} \approx (2 \dots 5) \cdot I_{Bo}$  diýip kabul edip

$$R_1 = \frac{I_{EO} \cdot R_E + |U_{BEo}|}{I_{böl}}$$

Tranzistoryň bazasyndan girelge togyň üýtgeýän düzüjisi üçin göz önünde tutulmaly ekwiwalent garşylygynyň anyklanylşy.

$$R_B = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{hem-de}$$

Güýçlendiriji tranzistoryň beýleki parametirleriniň hasaplanylşlary.

**6.** Girelgä berilýän signalyň ýygylgynyň çägi  $f_{\text{pesi}}=100\text{Gs}$ -den  $f_{\text{yokarsy}}=10000\text{Gs}$  aralykda güýçlendirijidäki kondensatorlardaky sygymlarynyň tapylýşlary.

$$|R| = \left| \frac{1}{n \cdot \omega \cdot C} \right| \quad \text{formuladan gelip çykýar.}$$

$$C_E = \frac{10^7}{(1...2)2\pi f_{\text{pesi}} \cdot R_E} \quad C_B = \frac{10^7}{(1...2) \cdot 2\pi f_{\text{pesi}} \cdot R_{\text{kask. gir}}}$$

Bu ýerde  $n=1...2$  aralykdan gözlenýär.  $C_E$ ,  $C_B$ -[mkF] ölçeg birliginde aňladylýar.

**7.** Kaskadyň girelgesindäki we çykalgasyndaky garşylyklaryň kesgitlenişleri.

$$R_{\text{gir.kask}} = \frac{R_B \cdot r_{\text{gir.kask}}}{R_B + r_{\text{gir.kask}}} \approx r_{\text{gir.tranz}} \approx h_{11E};$$

$$R_{\text{çyk.kask}} = \frac{R_K}{1 + h_{22E} * R_K} \approx R_K$$

**8.** Kaskadyň güýçlendiriji koeffisiýentleriniň (daşky ýüke goşmaça garşylyk ýüklenmezden, hem-de girelgä berilýän signalyň EHG-esini we içki garşylygyny hasaba almazdan) hasaplanylşlary.

$$K_i = \frac{I_{\text{çyk}}}{I_{\text{gir}}} \approx \beta; \quad K_u = -\frac{\beta R_k}{R_{\text{gir.kask}}}; \quad K_p = K_i \cdot K_u$$

9. Kaskadyň çykalgasyndaky peýdaly kuwwaty.

$$P_{\text{çyk}} = \frac{0,5 \cdot U^2}{R_k}$$

Iýmitlendiriji çeşmäniň harç edýän doly kuwwaty

$$P_o = I_{Eo} * E_K + I_{\text{bö}l}^2 (R_1 + R_2) + I_{Bo}^2 * R_2$$

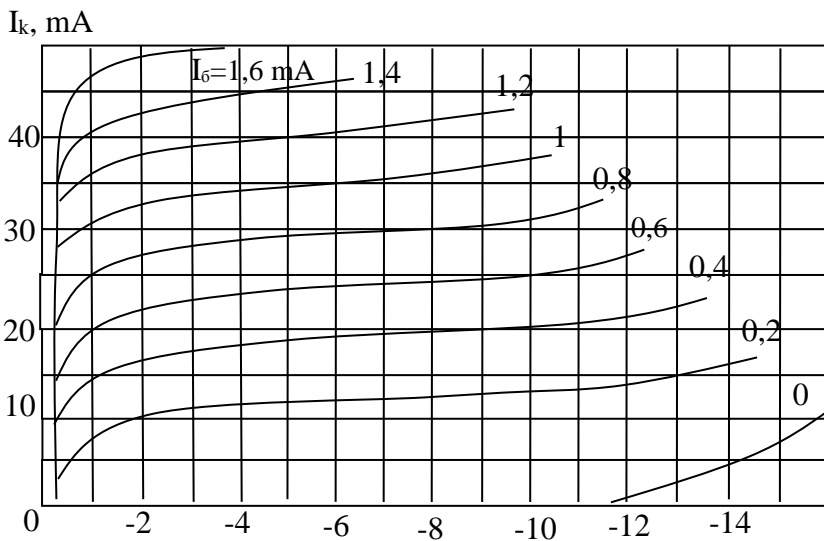
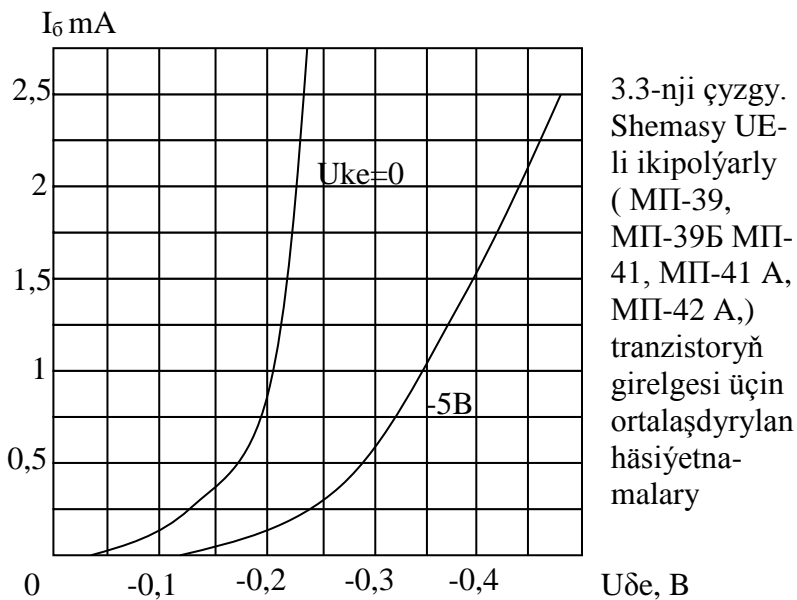
10. Kaskadyň elektriki peýdaly täsir koeffisiýentiniň

(p.t.k-synyň) anyklanylyşy. 
$$\eta_{el} = \frac{P_{\text{çyk}}}{P_o} \cdot 100\%$$

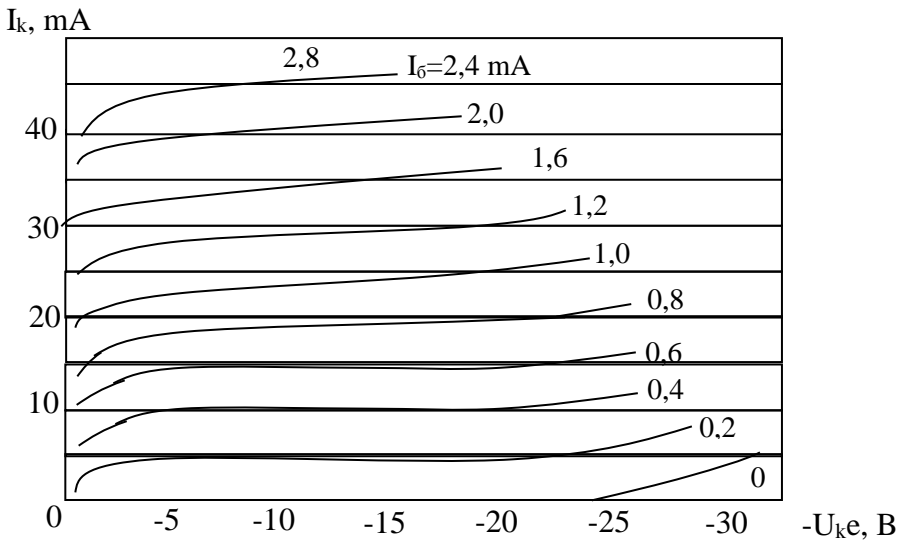
11. Kollektordan akýan toga görä kaskadyň durnuksyzlyk koeffisiýenti (**bu koeffisiýent** näçe kiçi bolsa, şonça-da gowy).

$$S = \frac{\beta}{1 + \beta\gamma}, \quad \text{bu ýerde } \gamma = \frac{R_E}{R_E + R_B}; \quad \text{ýa-da } S \approx 1 + \frac{R_B}{R_E}$$

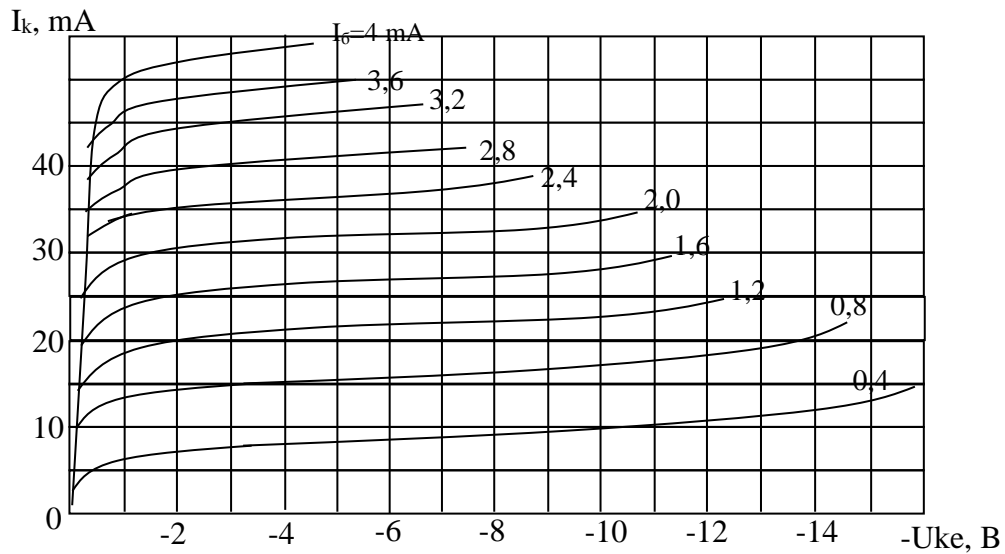
ýa-da has takyk kesgitlenişi 
$$S \approx \frac{R_B + R_E}{(1 - \alpha) \cdot R_B + R_E}$$



3.4-nji çyzgy. Shemasy UE-li ikipolýarly (MII 39 B MII-41) tranzistoryň çykalgasy üçin ortalaşdyrylan häsiýetnamalary.

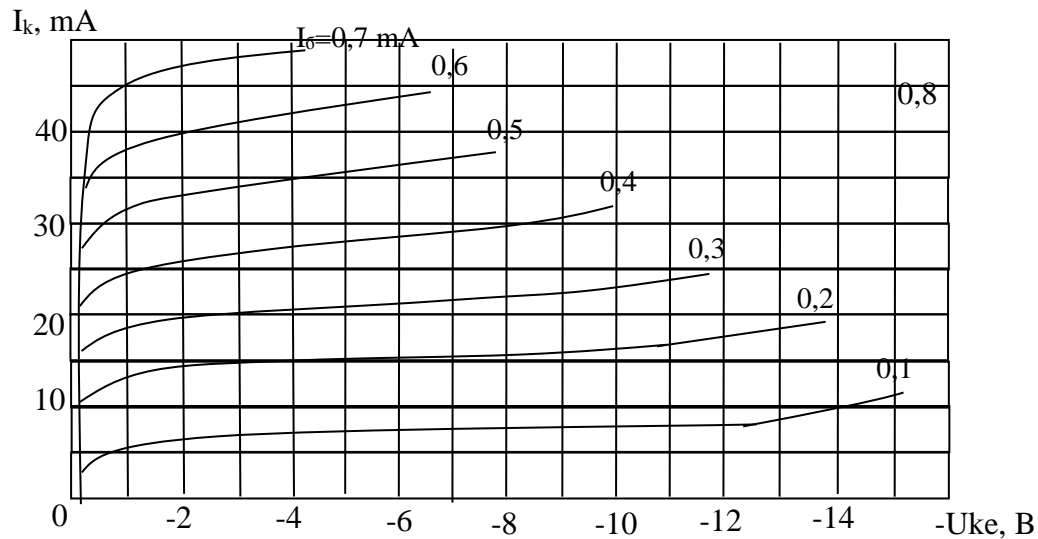


3.5-nji çyzgy. Shemasy UE-li ikipolýarly MII 42A tranzistoryň çykalgasy üçin ortalaşdyrylan häsiýetnamalary

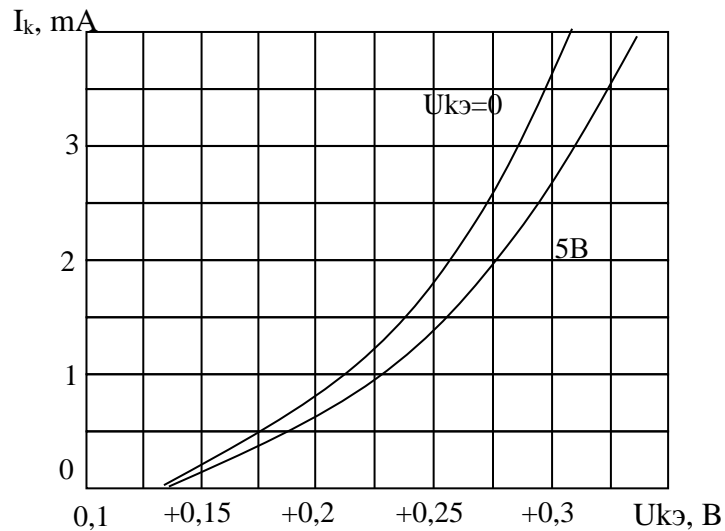


3.6-nji çyzgy. Shemasy UE-li ikipolýarly MII 39, tranzistoryň çykalgasy üçin ortalaşdyrylan häsiýetnamalary

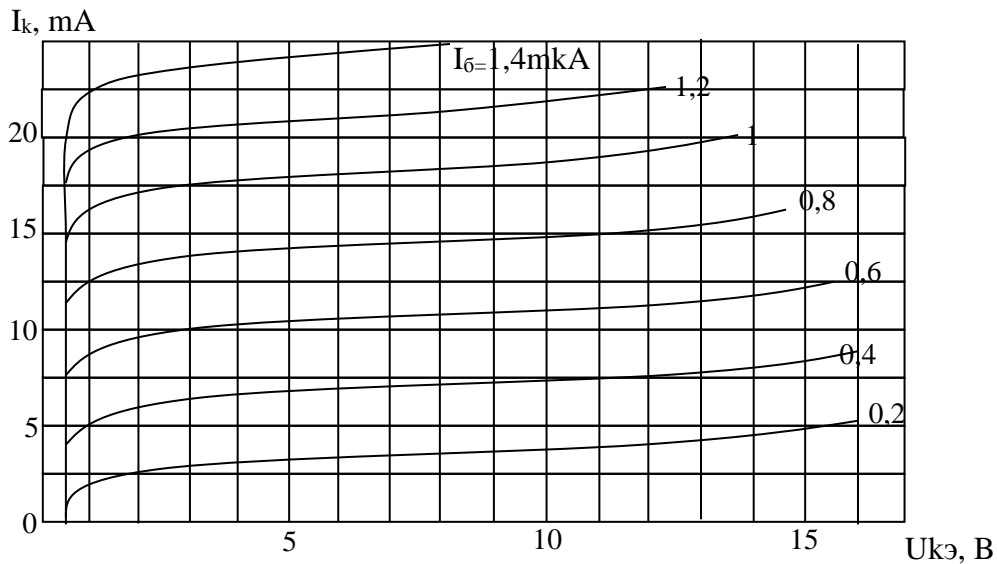




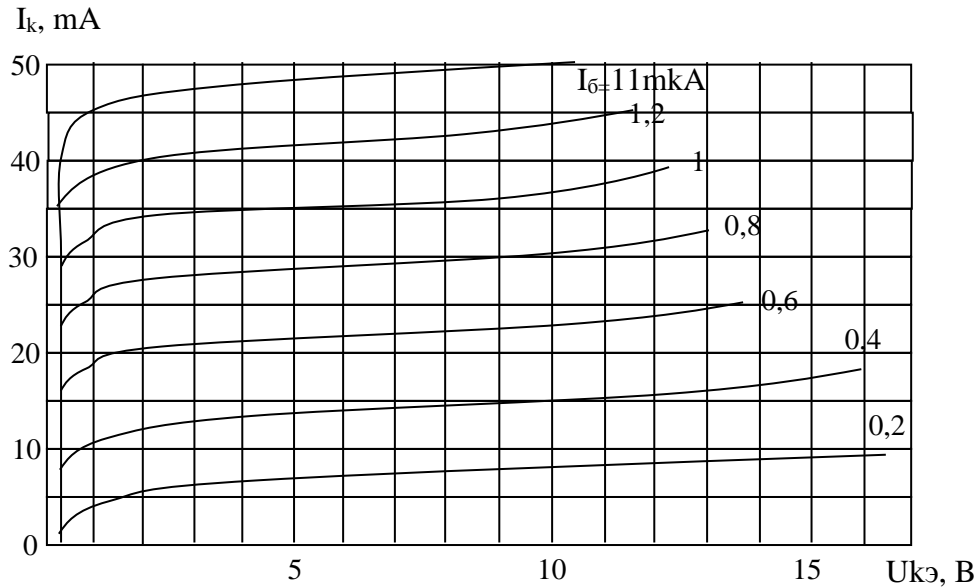
3.7-nji çyzgy. Shemasy UE-li ikipolýarly МП 41А транзисторыň çykalgasy üçin ortalashaýrylan häsiýetnamalary



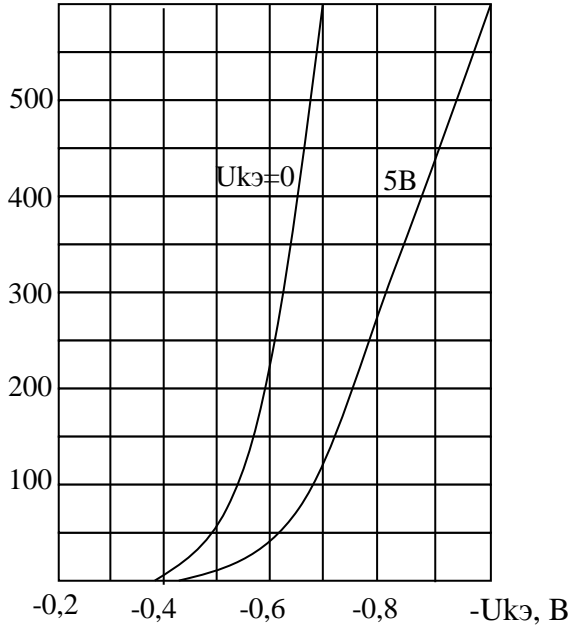
3.8-nji çyzgy. Shemasy UE-li ikipolýarly MП 25 we MП 36 tranzistoryň çykalgasy üçin ortalaşdyrylan häsiýetnamalary



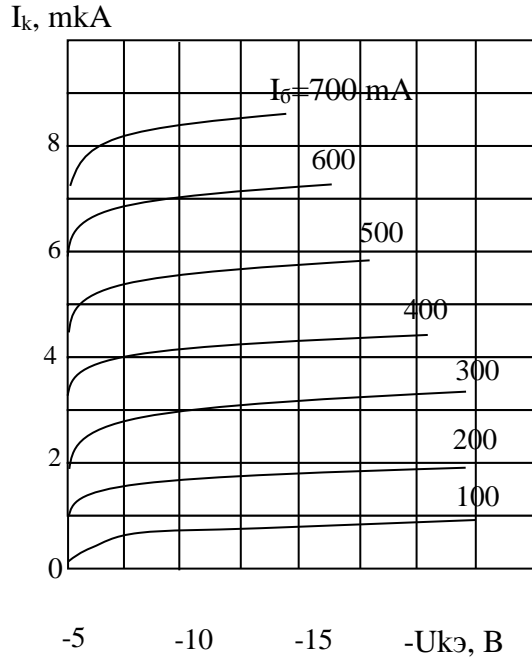
3.9-nji çyzgy. Shemasy UE-li ikipolýarly MII 25 tranzistoryň çykalgasy üçin ortalaşdyrylan häsiýetnamalary.



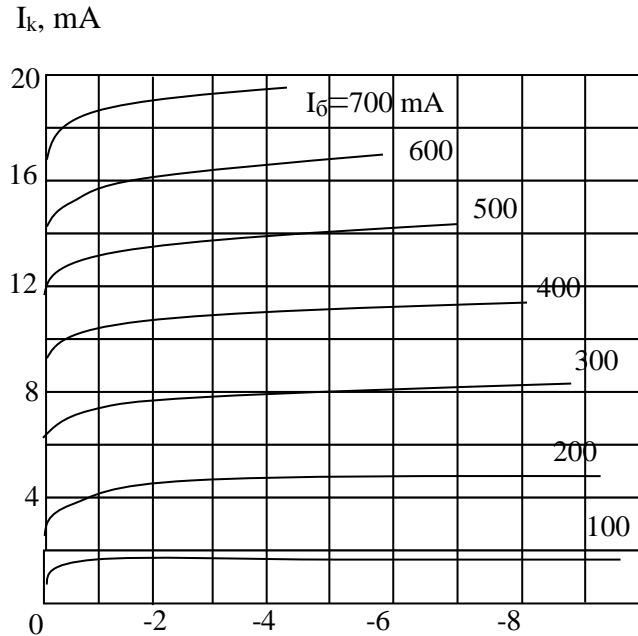
3.10-nji çyzgy. Shemasy UE-li ikipolýarly MП 36 A tranzistoryň çykalgasy üçin ortalaşdyrylan häsiýetnamalary.



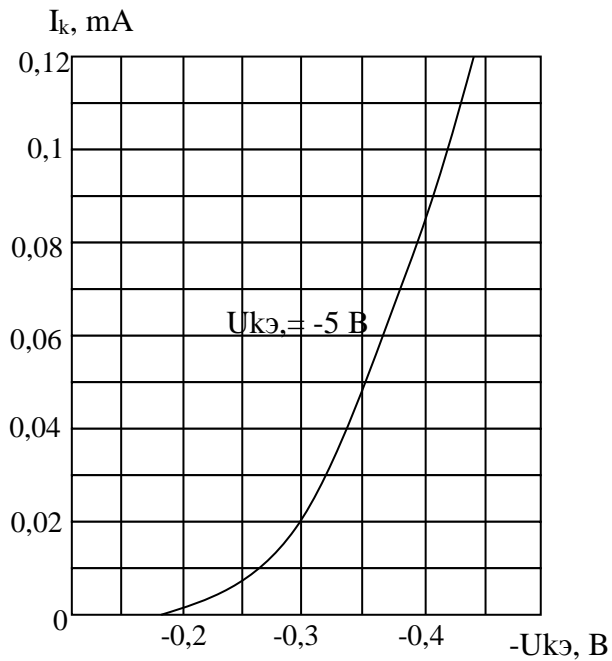
3.11-nji çyzgy. Shemasy UE-li ikipolýarly МП 111 we МП 113 ranzistoryň çykalgasy üçin ortalaşdyrylan häsiýetnamalary.



3.12-nji çyzgy. Shemasy UE-li ikipolýarly MII 111 tranzistoryň çykalgasy üçin ortalaşdyrylan häsiýetnamalary.

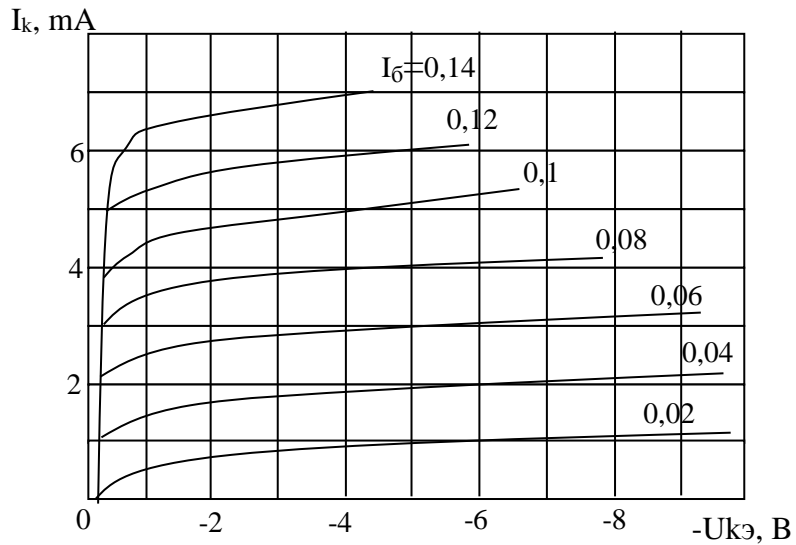


3.13-nji çyzgy. Shemasy UE-li  
ikipolýarly МП 113 tranzistoryň  
çykalgasy üçin ortalaşdyrylan  
häsiýetnamalary.



3.14-nji çyzgy. Shemasy UE-li  
ikipolýarly П 401 tranzistoryň  
çykalgasy üçin ortalaşdyrylan  
häsiýetnamalary.





3.15-nji çyzgy. Shemasy UE-li  
 ikipolýarly П 401 tranzistoryň  
 çykalgasy üçin ortalaşdyrylan  
 häsiýetnamalary.

**4-nji ýumuş (mesele).** 4.1-nji tablisada berlen logiki deňlemelere esaslanyp, elementleri releriniň kontaktlary bilen ekwiwalent çalşyrylyp gurnalan funksional elektrik shemasyny. **И, ИЛИ, НЕ** (hem-de, ýa-da, däl) ýaly logiki elementlerden iki girelgeli **2 ИЛИ - НЕ** shemasyny, soňra iki girelgeli **2 И-НЕ** shemasyny gurnamaly.

Berlen logiki deňlemeleri özleşdirmek maksady bilen, degişli releri we mikroshemalary sprawoçniklerden gözläp (tapyň) düzen shemaňyzyň niresinde nähili çatylşyny hem-de belgilenşini görkezmeli.


4.1-nji tablisa

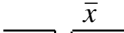
Wariant	Logiki deňlemeler.
1.	$x_1 \cdot (\bar{x}_2 + \bar{x}_3) + x_4 = y_1$
2.	$\bar{x}_1 + (x_2 \cdot x_3) + x_4 = y_2$
3.	$[\bar{x}_1 + x_2 \cdot x_3] \cdot \bar{x}_4 = y_3$
4.	$x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \bar{x}_4 = y_4$
5.	$x_1 + x_2 + x_3 = y_5$
6.	$\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3 = y_6$
7.	$\overline{(x_1 \cdot x_2 + \bar{x}_3)} \cdot \bar{x}_4 = y_7$
8.	$x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \bar{x}_4 \cdot x_5 = y_8$
9.	$\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3 + x_4 + x_5 = y_9$
10.	$[\bar{x}_1(x_2 + \bar{x}_3) \cdot x_4] + x_5 = y_{10}$

Elektro-awtomatikanyň funksional shemalarynyň düzülişine **usuly görkezmeler**.

Releli shemalary gurmagyň düzgünleri.

**1.1** Berlen logiki deňlemäni **И** (hem-de), **ИЛИ** (ýa-da), **НЕ** (däl) görnüşli logiki elementler bilen özgerdip minimizirlemeli (iň soňky – gutarnykly sadalaşdyrylan ýagdaýyna getirmeli). Inwersiň astynda ýazylan harplaryň arasynda birden artyk (köp) üýtgeýän ululyk bolmaly däldir.

**1.2** Deňlemelerdäki göni üýtgeýän logiki ululygyň bahasy (manysy) esasy(prinsipial) shemalarda releniň kontaktynyň gulplanýan  görnüşi diýip düşünmeli.

**1.3** Deňlemelerdäki inwersli üýtgeýän logiki ululygyň bahasy (manysy) esasy shemalarda releniň kontaktynyň açylýan  görnüşi diýip düşünmeli.

**1.4** Deňlemelerdäki üýtgeýän logiki ululuklaryň köpeltmek hasyly releleriň zygydider birleşdirilen kontaktlaryny aňladýar.

**1.5** Deňlemelerdäki üýtgeýän logiki ululyklaryň goşulmagy releleriň kontaktlarynyň parallel birleşdirilendigini aňladýar.

Logiki deňlemeleri minimizirlemek logiki algebranyň esasy düzgüninden (Morganyň inwersiýa kanunyndan) peýdalanyp amala aşyrylýar.


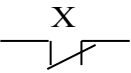
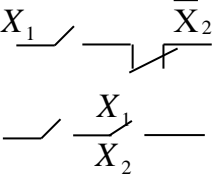
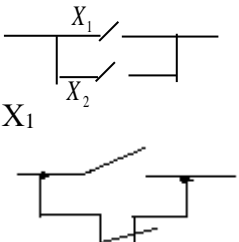
$$\overline{a \cdot b} = \overline{a} + \overline{b} ; \quad \overline{a + b} = \overline{a} \cdot \overline{b} ; \quad \overline{\overline{a} \cdot \overline{b}} = a + b ; \quad \overline{\overline{a} + \overline{b}} = a \cdot b$$

Şu logiki düzgünler, islendik mukdarly logiki agzalara-da degişlidir, meselem

$$\overline{a \cdot b \cdot c} = \overline{a} + \overline{b} + \overline{c}$$

Logiki deňlemeleriň elementlerine releli elementleriniň ekwiwalent kontaktlary 4.2-nji tablisada ýerleşdirildi.

4.2 –nji tablissa

№	Özleşdirilmeli funksiya	Logiki deňlemäniň elementi	Releniň ekwiwalent kontaktlary
1.	Göni üýtgeýän logiki ululyk	$X$	
2.	Inwesli üýtgeýän logiki ululyk	$\bar{X}$	
3.	Logiki üýtgeýän ululyklaryň köpeltmek hasyllary	$X_1 \cdot \bar{X}_2$ $X_1 \cdot X_2$	
4	Logiki üýtgeýän ululyklaryň goşylmasy (summası)	$X_1 + X_2$ $X_1 + \bar{X}_2$	

## 2. Logiki shemalary gurmagyň düzgünleri.

**2.1** Berlen logiki deňlemäni ýönekeý (elementar) logiki operasiýalar bilen işläř ýaly görnüşe getirip, saýlap seçilen logiki elementli bazany iş ýüzüne geçirmek (realizowat etmek) üçin mümkin boldugyça minizirlemeli (iň ýönekeý görnüşe ýetirmeli).

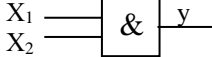
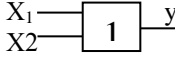
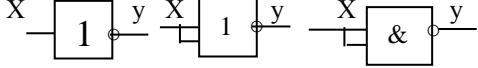
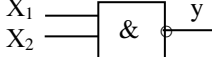
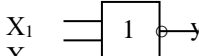
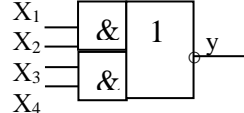
**2.2** Deňlemede we esasy (prinsipial) shemada her bir ýönekeý logiki operasiýany amala aşyrmak üçin, şol operasiýany iş ýüzüne geçiriji ýörite logiki elementi bolmaly.

**2.3** Ýönekeý elementar logiki funksiýa bilen birnäçe gezek (häli-şindi gaýta-gaýta) berlen logiki deňlemä (ýa-da shema) girmek gerek bolsa, hem-de başga-da bir häsýetli shema geçmek zerurlygy dörese, onda şol shemanyň (ýa-da deňlemäniň) iň soňky içki operasiýalary berjaý edip, soňra daşky (girelgesine görä) shemada (deňlemede) tamamlamaly.

Logiki deňlemeleri minizirmek (iň soňky **amala çenli** sadalaşdyrmak) işleri, ýokarda ady tutulan Morganyň inwersiýa üçin ýörite kanunlaryndan peýdalanýarlar.

Aşakda, 4.3-nji tablisada logiki deňlemeleri logiki shemalar bilen ekwiwalent (deň güýçli) çalyşylyşygyna birnäçe mysallar getirildi.

4.3- nji tablissa

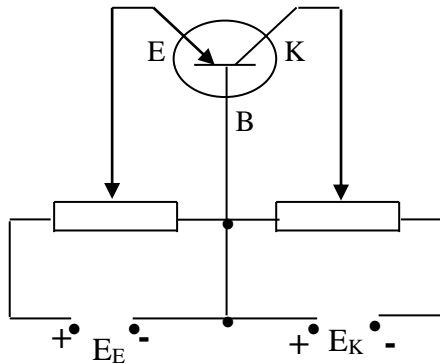
№	Funksiýa	Deňlemäniň elementleri	Logiki shemalarda ekwiwalent elementler.
1.	И (hem-de)	$y = X_1 \cdot X_2$	
2.	ИЛИ (ýa-da)	$y = X_1 + X_2$	
3.	НЕ (däl, başga)	$y = \bar{X}$	
4.	И-НЕ (hem-de,däl,başga)	$y = \overline{X_1 \cdot X_2}$	
5.	ИЛИ-НЕ (ýa-da, däl)	$y = \overline{X_1 + X_2}$	
6.	И-ИЛИ-НЕ(hem-de,ýa-da, däl,başga)	$y = \overline{X_1 \cdot X_2 + X_3 \cdot X_4}$	

**Mysallar we usuly kömekler.**

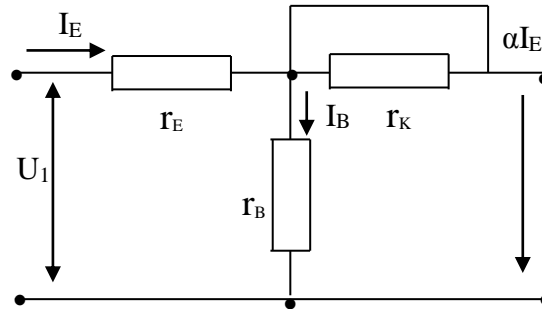
**1-nji meseläniň işlenişine mysal.** Markasy  $\Pi 25$ , gurluşy p-n-p, bipolar (ikipolýarly) tranzistoryň h-parametirleri  $h_{11b}=30[\text{Om}]$ ;  $h_{12b}=5 \cdot 10^{-4}$ ;  $h_{21b}=-0,96$ ;  $h_{22b}=2 \cdot 10^{-6}[\text{Sm}]$ , shema birleşmesi UB-umumy bazaly bolanda deňişli içki parametirlerini kesgitlemeli  $r_B=?$   $r_E=?$ ,  $r_K=?$ ,  $\alpha=?$ ,  $\beta=?$ ,  $r_{\text{gir.tranz}}=?$ ,  $r_{\text{çyk.tranz}}=?$

**Çözülişi.**

Berlen  $\Pi 25$  markaly, gurluşy **p-n-p** tranzistoryň shema birleşmesini we onuň T-harpa meňzeş ekwiwalent (deň güýçli) shemasyny 2-nji çyzgydan göçürýäris.



a)



b)

2-nji çyzgy. Bazasy umumylaşdyrylan  $E_{EB}$  we  $E_{KB}$  çesmeli **p-n-p** tranzistorly güýçlendirijiniň a) shemabirleşmesi, b) ekwiwalent **elektrik** shemasyny.

1. Tranzistoryň içki fiziki parametirlerini – degişli formumalary bilen hasaplaýarys.

$$r_B \approx \frac{h_{12B}}{h_{22B}} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-6}} = 2,5 \cdot 10^2 = 250 [Om]$$

$$r_E \approx h_{11} - \frac{h_{12B}}{h_{22B}}(1 + h_{21B}) = 30 - 250(1 - 0,96) = 30 - 10 = 20 [Om]$$

$$r_K \approx \frac{1}{h_{22B}} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-6}} = 0,5 \cdot 10^6 = 50000 [Om]$$

$$\alpha \approx -h_{21B} \approx 0,96 \quad \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{0,96}{1 - 0,96} = 24$$

2. Berlen umumy bazaly tranzistoryň  $h_B$  - parametirlerini  $h_E$  - parametirlere özgertmeli.

$$h_{11E} = \frac{h_{11B}}{1 + h_{21B}} = \frac{30}{1 - 0,96} = 0,75 \cdot 10^3 = 750 [Om]$$



$$h_{12E} = \frac{h_{11B} \cdot h_{22B} - h_{12B} \cdot h_{21B} - h_{12B}}{1 + h_{21B}} = \frac{30 \cdot 2 \cdot 10^{-6} + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,96 - 5 \cdot 10^{-4}}{1 - 0,96} =$$

$$= \frac{0,6 \cdot 10^{-4} + 4,8 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-4}}{0,04} = \frac{0,4 \cdot 10^{-4}}{0,01} = 10^{-3}$$

$$h_{21E} = -\frac{h_{21B}}{1 + h_{21B}} = \frac{0,96}{1 - 0,96} = \frac{0,96}{0,04} = 24.$$

$$h_{22E} \approx \frac{h_{22B}}{1 + h_{21B}} = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{1 - 0,96} = 0,5 \cdot 10^{-4} = 5 \cdot 10^{-5} [Sm]$$

3. Tranzistoryň girelge we çykalga garşylyklarynyň hasaplanylşy.

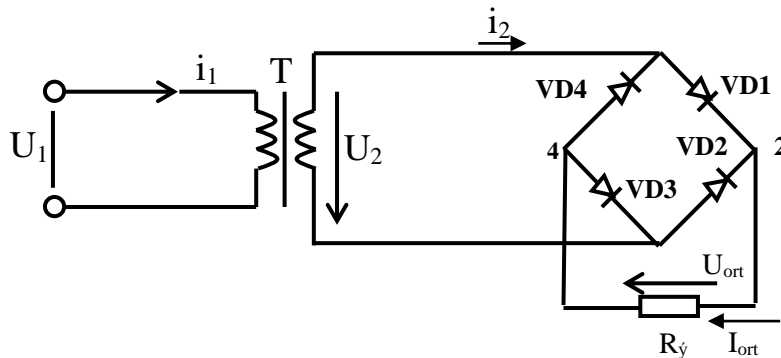
$$r_{gir.tranz} \approx h_{11B} = 30 [Om]$$

$$r_{çyk.tranz} \approx \frac{1}{h_{22B}} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-6}} = 0,5 \cdot 10^6 [Om]$$

$$r_{gir.B} \approx r_E + (1 - \alpha) \cdot r_B = 20 + (1 - 0,96) \cdot 250 = 20 + 10 = 30 [Om]$$

**2-nji meseläniň işlenişine mysal.**

Birfazaly elektrik zynjyryndan iýmitlendirilýän köprüli göneldijiniň shemasy 5-nji çyzgyda görkezilen.



5-nji çyzgy. Birfazaly köprüli göneldijiniň elektrik shemasy.

Köprüli göneldijini hasaplamak üçin berlen esasy ululuklar:

$$U_{ort} = 220W; I_{ort} = 3A; U_1 = 172W; f = 50Gs;$$

Kesgitlemeli ululuklar (parametrlar).

$$I_1; I_2; U_2; S_1; S_2; S_{tr}; K_{tr}; n; I_{d.ort}; I_{dmax}; U_{tersmax}; \\ K_{n1}; f_{n1}; R_y$$

### Cözülişi

Köprüli göneldiji üçin 2.2-nji tablisada berlen formulalardan peýdalanyp:

1. Transformatoryň 2-nji sargysyndaky naprýaženiýäniň täsir bahasy.

$$U_2 = 1,11 \cdot U_{ort} = 1,11 \cdot 220 = 240[W]$$

2. Transformatoryň 2-nji sargysyndan akýan  $I_2$  toguň täsir bahasy.

$$I_2 = 1,11 \cdot I_{ort} = 1,11 \cdot 3 = 3,33[A]$$

3. Transformatoryň transformasiýa koeffisienti.

$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{172}{240} = 0,717$$

4. Transformatoryň 1-nji sargysyndan akýan  $I_1$  toguň täsir bahasy.

$$I_1 = I_{ort} \cdot \frac{1,11}{n} = 3 \cdot \frac{1,11}{0,717} = 4,65[A]$$

5. Köprüli göneldijä birleşdirilen elektrik ýüküniň tapylyşy.

$$R_y = \frac{U_{ort}}{I_{ort}} = \frac{220}{3} = 73,4[Om]$$

6. Transformatoryň hem-de onuň sargylaryndaky doly kuwwatlaryň hasaplanylşy.

$$S_1 = S_2 = S_{tr} = 1,23 \cdot I_{ort} \cdot U_{ort} = 1,23 \cdot 220 = \\ = 811,8[WA]$$

7. Diodlardan akýan toguň ortaça bahasy

$$I_{dort} = 0,5I_{dort} = 0,5 \cdot 3 = 1,5[A]$$

8. Diodlardan akýan toguň maksimal bahasy.

$$I_{dmax} = 1,57 \cdot I_{orta} = 1,57 \cdot 3 = 4,71[A]$$

9. Dioda düşýän tersine naprýaženiýeniň maksimal bahasy.

$$U_{ters.max} = 1,57 \cdot U_{ort} = 1,57 \cdot 220 = 346[W]$$

10. Köprüli göneldijiniň çykalgasynda pulsasiýa koeffisiýenti hem-de

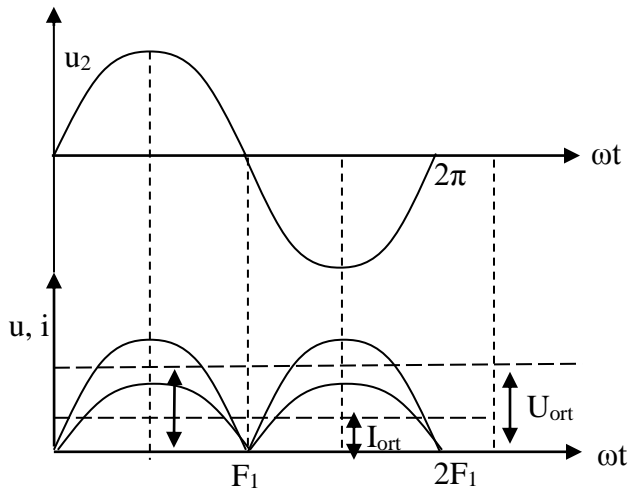
pulsasiýanyň ýygylgy.  $k_{n1} = 0,67$

$$F_{n1} = 2 \cdot f_c = 50 = 100[Gs]$$

Transformatoryň peýdalanyş koeffisiýenti.

$$K_{tr.} = \frac{I_{ort} \cdot U_{ort}}{S_{tr}} = \frac{3 \cdot 220}{811,8} = \frac{660}{811,8} = 0,813$$

11. 4-nji tablisadan diodyň tipini ýa-da tutuşlygyna göneldiji diodyň blogyny saýlaýarys. Saýlanylýan diod üçin  $U_{ters} > U_{ters.mah}$  hem-de  $I_{rugs} > I_{d.ort}$  deňsizlikler ýerine ýetirilmelidirler. Şeýle diodlar bolup (şu işlenilen mysal üçin) D=232Б parametrleri  $I_{rugs}=5$  A,  $U_{ters}=400$  [W] diodlar edilýän talaplary kanagatlandyrýar.



Göneldilen toguň we naprýaženiýanyň ( $i_{ort}$   $u_{ort}$ ) pursat bahalary,  
 $U_{ort}$   $U_{ort}$  göneldilen toguň we naprýaženiýanyň ortaça bahalary.

6-njy çyzgy. Göneldilen toguň we naprýaženiýanyň elektririk ýüküne düşýän grafıgi.

### 3-nji meseläniň işlenişine mysal.

Iki polýarly (bi-polýar) tranzistory hasaplamak üçin berlen parametrleriň bahalary:  
Tranzistoryň tipi П-401, gurluşy p-n-p, parametrleri

$$h_{11B} = 20[Om]$$

$$h_{22B} = 2 \cdot 10^{-6}[Sm]$$

$$h_{12B} = 2,0 \cdot 10^{-3}$$

$$P_{k.rugs} = 50[mWt]$$

$$h_{21B} = -0,98$$

$$U_{KErugs} = 10[W]$$

$$I_{rugs} = 10[mA]$$

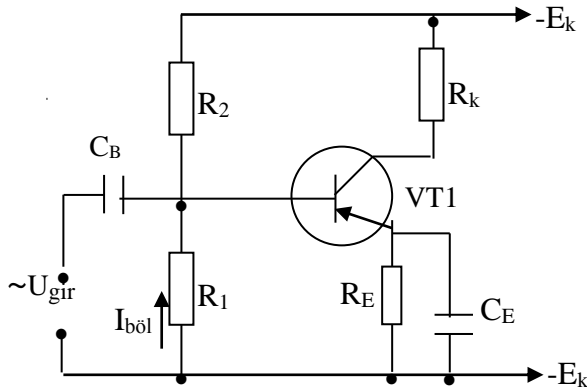
Ýokardaky berlen parametrlerden peýdalanyň, hasaplap tapmaly ululyklar.

$$K_i; K_u; K_p; R_{gir.kask}; R_{cyk.kask}; R_k = R_y; R_B; R_E; C_E; C_B;$$

$$E_k; I_{BO}; I_{KO}; I_{EO}; I_{Böl}; U_{BEO}; U_{KEO}; \pm U_{m.gir}; \pm U_{m.cyk}; \eta; S;$$

### Cözlişi:

1. Emitteri umumylaşdyralan tranzistorly güýçlendrijiniň shemasyny çyzýarys.



**VT<sub>1</sub>** – tranzistor.

**C<sub>B</sub>** – baza gelyän signaly bölji kondensator. **R<sub>E</sub>, C<sub>E</sub>** – tranzistorýň temperaturasyny hemişelik saklaýan zynjyr.

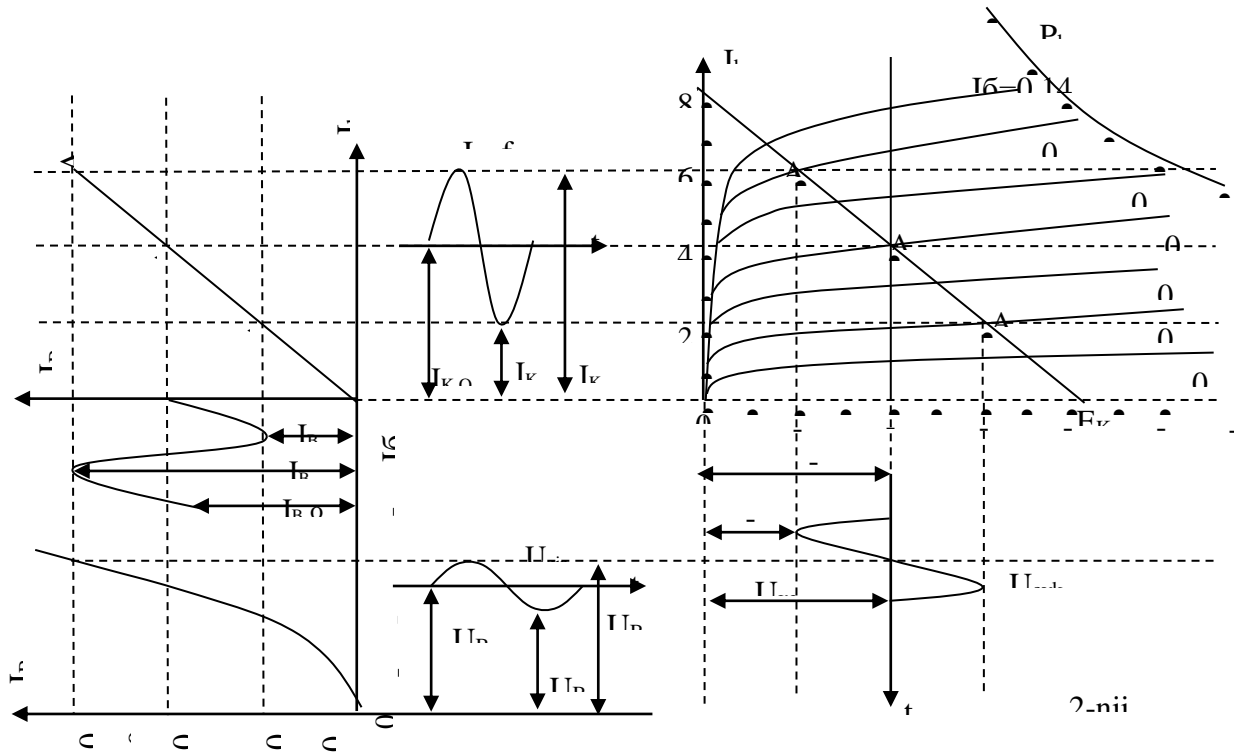
**R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>** – başlanyç (ikilenji) Naprýaženiýeniň orun üýtgemegini hemde takyk iş düzgünini üpjün ediji we bölji garşylyklar.

**R<sub>k</sub>** – kollektoryň zynjyryndaky elektrik yüküniň garşylyklary.

2. Ýmitlendiriji  $E_k$  – çeşmäniň naprýaženiýesini  $E_k \leq U_{kE, \max, rugs}$  deňsizlige esaslanyp  $U_{kE, \max, rugs} = 10$  [W] diýip kabul edýäris. Diýmek  $E_k = 9$  [W] deňsizligi kanagatlandyrýar. Berlen tranzistor üçin rugsat berlen kuwwatyň  $P_{k, rugs} = 50$  [Wt] harçlanýandygyny nazarda tutyp,

$$P_{k, rugs} = I_k \cdot U_{kE}$$

formuladaky  $U_{kE}$  naprýženiýa dürli bahalar berip, kollektordaky  $I_k$  – togy hasaplaýarys.





Hasaplaryň netijelerini tablisa geçirýäris.

<b>U<sub>KE</sub>,[W]</b>	5	6	7	8	9	10
<b>I<sub>K</sub>,[mA]</b>	10	8,3	7,1	6,25	5,55	5,0

3. Ýokarda aýdylan usuly görkezmeler esaslanyp, ähli baglansyklaryň grafikerini gurmaly. Gurulan grafikler 2-nji çyzygyda görkezildi. Grafiklerden anyklanylýan ululyklaryň san bahalaryny aşakdaky tertipde ýazýarys.

$$I_{B0} = 80[\text{mkA}] = 0,08[\text{mA}] \text{ bolanda,}$$

$$\pm I_{mB} = 0,5(I_{B \max} - I_{B \min}) = \pm 0,5(0,12 - 0,04) = \pm 0,04[\text{mA}]$$

$$I_{K0} = 3,85[\text{mA}]; \text{ bolanda,}$$

$$\pm I_{mk} = 0,5(I_{k \max} - I_{k \min}) = \pm 0,5(5,5 - 2) = \pm 1,75[\text{mA}]$$

$$U_{Be0} = 0,38[\text{W}] \text{ bolanda,}$$

$$\pm U_{mBE} = 0,5(U_{BE \max} - U_{BE \min}) = \pm 0,5(0,42 - 0,34) = \pm 0,04[\text{W}]$$

$$\pm U_{mBE} = \pm U_{mgir} = \pm 0,04[\text{W}]$$

$$\pm U_{KE0} = 4,2[\text{W}] \text{ bolanda,}$$

$$\pm U_{KE} = \pm U_{mcyk} = \pm 0,05(\pm U_{KE \max} - \pm U_{KE \min}) = \pm 0,05(6,35 - 2) = 2,175[\text{W}]$$

$$I_{E0} = I_{B0} + I_{K0} = 0,08 + 3,85 = 3,93[\text{mA}]$$

Bu ýerde  $I_{E0}$  ,  $I_{B0}$  ,  $I_{K0}$  – tranzistoryň işçi ‘A’ nokatda işleýän wagty bazadan , emitterden , kollektordan akýan toklaryň ululyklaryny aňladýar;  $U_{BE0}$  ,  $U_{KE0}$  – tranzistoryň işçi ‘A’ nokatda işleýän wagty – baza – emitter aralykdaky naprýazeniýe bilen kollektor – emitter aralykdaky naprýazeniýeleriň ululyklaryny aňladýar.

Hasaplamlarda görkezilen  $I_{mB}$ ;  $I_{mK}$ ;  $I_{Bmax}$ ;  $I_{Bmin}$  hem – de  $I_{Kmax}$ ;  $I_{Kmin}$  ululyklar bazadaky we kollektordaky toklaryň amplituda , maksimal we minimal bahalaryny aňladýar. Edil şeýle-de  $U_{mBE}$ ;  $U_{mGir}$ ;  $U_{mKE}$ ;  $U_{mÇyk}$ ;  $U_{BEmax}$ ;  $U_{BEmin}$ ;  $U_{KEmax}$ ;  $U_{BEmin}$  ululyklar baza – emitter aralykdaky, kollektor emitter aralykdaky, girelgedäki we çykalgadaky naprýazeniýeleriň amplituda, maksimal we minimal bahalaryny aňladýar.

#### 4. Tranzistory häsiýetlendirýän parametrler.

a) Emitteri umumlaşdyrýan tranzistoryň shemasynda tok boýunça güýçlendiriji  $\beta$  koeffisienti.

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{-h_{21B}}{1 + h_{21B}} = \frac{-(-0,98)}{1 + (-0,98)} = \frac{0,98}{0,02} = 49[\text{esse}]$$

Bu ýer-de  $\alpha$ -bazasy umumlaşdyrýan tranzistoryň shemasynda tok boýunça güýçlendiriji koeffisienti.

b) Emitteriň zynjyryndaky  $R_E$  – garşylygyň kesgitlenilişi.

$$R_E = \frac{(0,2...0,3) \cdot E_K}{I_{EO}} = \frac{0,2 \cdot 9}{3,93} = \frac{1,8}{3,93} = 0,458[k\Omega]$$

ç) Tranzistoryň ekwiwalent shemasynda gözkelinýän içki  $r_B$  ;  $r_E$  ;  $r_K$  garşylyklaryň hem-de tranzistoryň girelgesinde  $r_{gir.tranz}$ –garşylygynyň we çykalgasyna  $r_{çyk.tranz}$  – garşylygynyň kesgitlenişleri.

$$r_B \approx \frac{h_{21B}}{h_{22B}} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-6}} = 10^3 [Om]$$

$$r_E \approx h_{11B} - \frac{h_{12B}}{h_{22B}} (1 + h_{21B}) = 20 - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-6}} (1 - 0,98) = 0 [Om]$$

$$r_{gir.tranz} = h_{11E} = r_B + (1 + \beta) \cdot r_E = 10^3 + 0 = 10^3 [Om] = 1 [kOm]$$

$$r_{cyk.tranz} = r_K = \frac{1}{h_{22B}} - r_B \approx \frac{1}{h_{22B}} = 0,5 \cdot 10^6 [Om] = 0,5 [mOm]$$

5. Güýçlendiriji kaskadyň shemasyndaky **R<sub>2</sub>**; **R<sub>k</sub>**; **R<sub>B</sub>** garşylyklary hasaplamak üçin R<sub>1</sub> - garşylyga baha berip,degişli ululuklary kesgitleýäris.

$$R_1 \approx (2 \dots 5) \times r_{gir.tranz} = 3 \cdot 10^3 [Om]$$

diýip kabul etsek, onda bölüji I<sub>böl</sub>-togy hasaplalyň:

$$I_{böl} = \frac{I_{Eo} \cdot R_E - |U_{BEo}|}{R_1} = \frac{3,93 \cdot 10^{-3} \cdot 458 - 0,38}{3 \cdot 10^3} = 0,473 \cdot 10^{-3} A = 0,473 [mA]$$

$$R_2 = \frac{E_k - I_{bol} \cdot R_1}{I_{bol} + I_{bo}} = \frac{9 - 0,473 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{0,473 \cdot 10^{-3} + 0,08 \cdot 10^{-3}} = \frac{9 - 1,42}{0,553 \cdot 10^{-3}} = 13,7 [kOm]$$

$$R_k = \frac{E_k - U_{KEo} - I_{Eo} \cdot R_E}{I_{Ko}} = \frac{9 - 4,2 - 3,93 \cdot 10^{-3} \cdot 458}{3,85 \cdot 10^{-3}} =$$

$$\frac{9 - 4,2 - 1,8}{3,85 \cdot 10^{-3}} = 0,78 \cdot 10^3 [Om] = 0,78 [kOm]$$

$$R_B = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \cdot 13,7}{3 + 13,7} = 2,46 [kOm]$$

6. Tranzistoryň girelgesine berilýän signalyň ýygylgynyň çägi (polasasy)  $f_{pesi}=100$  [Gs]-den  $f_{yokarkysy}=10000$  [Gs] aralykda güýçlendirijä çatylmaly  $C_E$ ,  $C_B$  kondensatorlaryň sygymlarynyň hasaplanylşy.

$$C_E = \frac{10^7}{(1...2)2\pi f_{pesi} \cdot R_E} = \frac{10^7}{1 \cdot 6,28 \cdot 100 \cdot 458} = 34,8 [mkF]$$

$$C_B = \frac{10^7}{(1 \dots 2) 2\pi f_{\text{pesi}} \cdot R_{\text{gir.kask}}} = \frac{10^7}{1 \cdot 6,28 \cdot 100 \cdot 710} = 22,4 [\text{mkF}]$$

7. Tranzistorly güýçlendiriji kaskadyň girelgesinde we çykalgasynda bolmaly garşylyklar.

$$R_{\text{gir.kask}} = \frac{R_B \cdot r_{\text{gir.tranz}}}{R_B + r_{\text{gir.tranz}}} = \frac{2,46 \cdot 1}{2,46 + 1} = 0,71 [\text{kOm}]$$

$$R_{\text{cyk.kask}} = \frac{R_k}{1 + h_{22E} \cdot R_k} = \frac{780}{1 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot 780} = \frac{780}{1 + 0,00156} = 778,8 [\text{Om}]$$

8. Güýçlendiriji kaskadyň toga, napryáženíýä we kuwwata görä güýçlendiriji koeffisiýentleri.

$$K_i = \frac{I_{\text{cyk}}}{I_{\text{gir}}} \approx \beta = 49 \quad K_u = \frac{\beta \cdot R_k}{R_{\text{gir.kask}}} = -\frac{49 \cdot 780}{710} = -53,83$$

$$K_p = -K_i \cdot |K_u| = 49 \cdot 53,83 = 2637,67$$

9. Kaskadyň çykalgasyndaky peýdaly kuwwat bilen iýmitlendiriji çeşmäniň harçlanýan kuwwatlarynyň jemi;

$$P_{cyk} = \frac{0,5 \cdot U_{m.cyk}^2}{R_k} = \frac{0,5 \cdot (2,175)^2}{780} = 3,03 \cdot 10^{-3} [Wt] = 3,03 [mWt]$$

$$\begin{aligned} \sum P_o &= I_{EO} \cdot E_k + I_{bol}^2 (R_1 + R_2) + R_2 \cdot I_{Bo}^2 = 3,93 \cdot 10^{-3} \cdot 9 + \\ &+ (4,73 \cdot 10^{-4})^2 \cdot (3000 + 13700) + 13700 \cdot (0,08 \cdot 10^{-3})^2 = \\ &35,37 \cdot 10^{-3} + 0,0032 + 87,68 \cdot 10^{-6} = 38,57 \cdot 10^{-3} [Wt] = 38,57 [mWt] \end{aligned}$$

10. Kaskadyň elektrik p.t.k-sy (peýdaly täsir koeffisenti)

$$\eta_{el} = \frac{P_{cyk}}{\sum P_o} = \frac{3,03 \cdot 10^{-3}}{38,57 \cdot 10^{-3}} \cdot 100\% = 7,85\%$$

11. Kaskadyň kollektoryna görä durnuksyzlyk koeffisiýenti.

$$S \frac{\beta}{1 + \beta\gamma}; \quad \gamma = \frac{R_E}{R_E + R_B}; \quad \text{ýa-da} \quad S \approx 1 + \frac{R_B}{R_E};$$

$$S \approx 1 + \frac{2.46}{0.458} = 6.37 \quad \text{ýa-da has takyk hasaplanylşy}$$

Durnuksyzlyk koeffisiýenti (коэффициент неустойчивости) diýilýän düşünje-tranzistoryň kollektoryndaky toguň işçi nokadyndaky ýagdaýyndan üýtgeýşini aňladýar. Bu koeffisiýent näçe kiçi bolsa, şonça-da signallaryň ýoýulmagy kiçi bolýar, ýagny güýçlendiriji kaskadyň hili şonça-da gowy hasaplanylýar.

#### **4-nji meseläniň işlenişine mysal.**

Berlen logiki  $y = \bar{x}_1 \cdot x_5 \cdot \overline{(x_3 + x_2 \cdot (x_4 + \bar{x}_6) + \bar{x}_7 \cdot x_8)}$  funksiýany ilki bilen logiki minizirlemeli, ýagny logiki ýönekeýleşdirmeli. Logikanyň düzgünlerine esaslanyp, degişli shemalaryny düzmeli.

Şonuň üçin, berlen logiki funksiýadaky  $\overline{(x_4 + \bar{x}_6)}$  aňlatmada, inwersiýanyň  $\overline{\bar{a} + \bar{b}} = a \cdot b$  kanuny esasynda özgerdiş amalyňy geçirmeli. Şeýlelikde, berlen funksiýadaky  $\overline{x_4 + x_6}$  aňlatma

$$\overline{x_4 + x_6} = \overline{\bar{x}_4 + \bar{x}_6} = \bar{x}_4 \cdot x_6 \quad \text{görnüşde özgerer.}$$

Onda, berlen logiki funksiýa, şu aşakdaky görnüşde ýönekeýleşer.

$$y = \bar{x}_1 \cdot x_5 \cdot \overline{(x_3 + x_2 \cdot \bar{x}_4 \cdot x_6 + \bar{x}_7 \cdot x_8)} \quad \text{şeýle özgerdişden soň,}$$

inwersiýanyň  $\overline{a + b + c} = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}$  kanunyndan peýdalanýarys. Ilki bilen ýaý içindäki aňlatmany

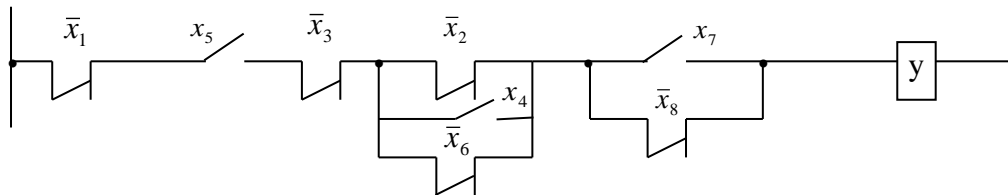
$$\overline{(x_3 + x_2 \cdot \bar{x}_4 \cdot x_6 + \bar{x}_7 \cdot x_8)} = \bar{x}_3 \cdot \overline{x_2 \cdot \bar{x}_4 \cdot x_6} \cdot \overline{\bar{x}_7 \cdot x_8} = \bar{x}_3 \cdot \bar{\bar{x}_2} \cdot \bar{\bar{x}_4} \cdot \bar{\bar{x}_6} \cdot \bar{\bar{x}_7} \cdot \bar{\bar{x}_8}$$

görnüşde aňladýarys. Ýene-de inwersiýanyň  $\overline{\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}} = a + b + c$  kanundan peýdalanylýan  $\bar{x}_3(\bar{x}_2 + x_4 + \bar{x}_6) \cdot (x_7 + \bar{x}_8)$  görnüşdäki logiki ýazgyny alýarys.

Netijede, in soňky logiki özgerdişden soň,

$$y = \bar{x}_1 \cdot x_5 \cdot \bar{x}_3(\bar{x}_2 + x_4 + \bar{x}_6)(x_7 + \bar{x}_8)$$

Dördünji meselede getirilen 4.2-nji tablisadan ekwiwalent releleriň gulplanýan we açylýan kontaktlaryndan peýdalanylýan in soňky alnan logiki funksiýadaky ululyklara gabat gelýän ekwiwalent elektrik shemasyny düzýäris.



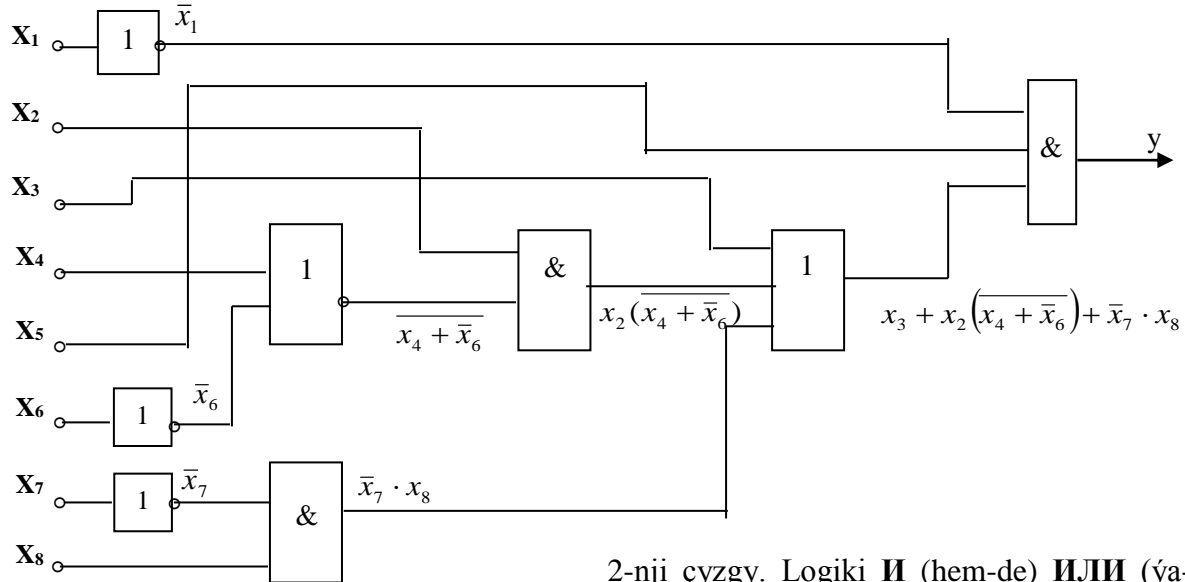
**1-nji çyzgy.** Logiki funksiýanyň ekwiwalent elektrik shemasy.

Berlen logiki **И, ИЛИ, НЕ** (hem-de, ýa-da, däl) elementlerden logiki funksiýaly shemalary gurnamak üçin, hiç hili özgertmeler geçirmän 4.3-nji tablisadaky görközilen şertli belgilerden



peýdalanyp hem-de logiki shemalaryň ýygnaşsynyň düzgünlerini berjaý edip, logiki deňlemedäki elementlere degişli shemany düzüp bolýar.

Şeýle logiki shemanyň düzülişine mysal hökmünde, berlen logiki deňleme üçin 2-nji çyzygy görkezildi.



2-nji çyzygy. Logiki **И** (hem-de) **ИЛИ** (ýa-da), **НЕ** (däl) elementlerden gurnalan awomatikanyň logiki shemasy.

Eger-de, iki girelgeli **2И- HE** elementlerden zerur shema ýygnamaly bolsa, onda ilki bilen logiki funksiýany özgertmeklik maslahat berilýär. Şonuň üçin-de, şu seredilýän mysalda-da inwesiýanyň kanunlaryndan peýdalanyp logiki goşmak hem-de logiki köpeltmek amallaryny ýerine ýetirýäris.

Berlen logiki funksiýanyň (deňlemäniň) özgerdilişiniň yzygiderliginde şu aşakdaky düzgünlerden peýdalanýarys:

Ilki bilen, berlen logiki funksiýda aňlatmany, inwersiýanyň  $\overline{a + b} = a \cdot b$  kanunyna laýyklykda özgerdýäris, şeýlelikde

$$\overline{x_4 + \bar{x}_6} = \overline{\bar{x}_4 + \bar{x}_6} = \bar{x}_4 \cdot x_6 \text{ netijäni alarys.}$$

Şu gelinen netijeden peýdalanyp, berlen logiki funksiýanyň ilkinji özgerdilişinden soň, täze görnüşini ýazalyň.

$$y = \bar{x}_1 \cdot x_5 \left( \overline{x_3 + x_2 \cdot \bar{x}_4 \cdot x_6 + \bar{x}_7 \cdot x_8} \right)$$

Şeýle özgerdilişden soň, ikinji özgerdilişi, inwersiýanyň  $\overline{a + b + c} = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}$  kanunyndan peýdalanýarys.

$$\overline{x_3 + x_2 \cdot \bar{x}_4 \cdot x_6 + \bar{x}_7 \cdot x_8} = \bar{x}_3 \cdot \overline{x_2 \cdot \bar{x}_4 \cdot x_6} \cdot \overline{\bar{x}_7 \cdot x_8}$$

Ilkinji gezek özgerdilişden soň, berlen logiki funksiýanyň görnüşini ýazalyň.

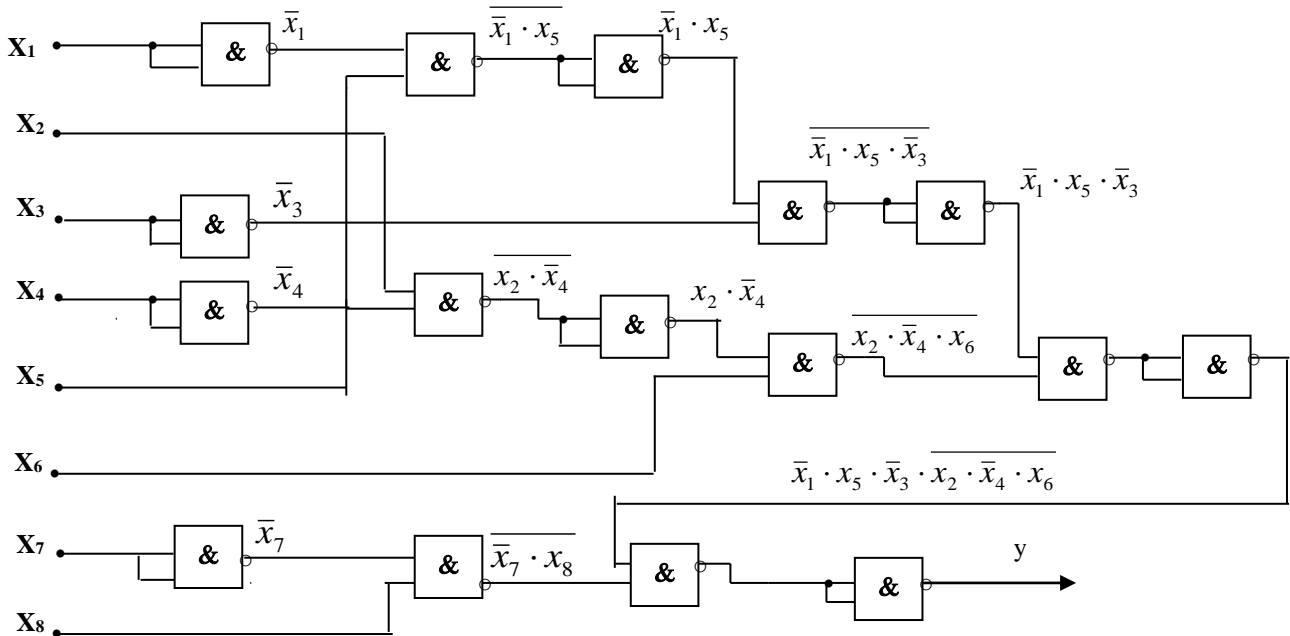
$$y = \bar{x}_1 \cdot x_5 \cdot \bar{x}_3 \cdot \overline{x_2 \cdot \bar{x}_4 \cdot x_6} \cdot \overline{\bar{x}_7 \cdot x_8}$$

Berlen logiki funksiýanyň iki sany girelgeli **2И-HE** logiki elementler bilen doly özleşdirip, deňişl logiki shemasyny (3-nji çyrga seret) çyzmak üçin soňky alynan netijedäki her bir iki

köpeldijini özara logiki köpeldip, soñra inwersirlenen. Şeýle amallardan soñ, täzedən gaytalap inwersirlemeli. Aýdylan amallar dogry ýerineýetirgende berlen logiki deňlemäni şu aşakdaky görnüşde ýazyp bileris.

$$y = \overline{\overline{\overline{\overline{x_1}}}} \cdot \overline{\overline{\overline{x_5}}} \cdot \overline{\overline{\overline{x_3}}} \cdot \overline{\overline{\overline{x_2}}} \cdot \overline{\overline{\overline{x_4}}} \cdot \overline{\overline{\overline{x_6}}} \cdot \overline{\overline{\overline{x_7}}} \cdot \overline{\overline{\overline{x_8}}}$$

Şu alnan täze logiki deňlemäniň esasynda iki irelgeleli **2II-HE** logiki elementlerden ýygnaýan deňlişli logiki shemasy aşakdaky görnüşe eýe bolar.



3-nji çyzgy. Logiki 2 И-НЕ элементlerden gurnalan logiki shema.

Ýene–de bir logiki özgerdişi özleşdireliň. Bu özgerdişde iki girelgeli **2 ИЛИ-НЕ** elementlerden ýygnaýnmalý shemany öwreneliň. Shema ýygnaýanda inwersiýanyň kanunlaryndan peýdalanyň berlen logiki funksiýanyň elementlerini logiki goşmaça hem-de köpeltmek amallary esasynda özgertmeleri ýerine ýetirýäris.

Özgertmeleri şu aşakdaky tertipde amala aşyryp, berlen logiki funksiýadaky aňlatmalardan

$$\bar{x}_7 \cdot x_8 = \bar{x}_7 \cdot \bar{\bar{x}}_8 = \overline{x_7 + \bar{x}_8}$$

$$\bar{x}_1 \cdot x_5 = \bar{x}_1 \cdot \bar{\bar{x}}_5 = \overline{x_1 + \bar{x}_5}$$

$$\bar{\bar{x}}_2 \cdot \overline{(x_4 + \bar{x}_6)} = \overline{\bar{x}_2 + (x_4 + \bar{x}_6)}$$

görnüşlerde özgerdip, şu aşakdaky netijäni alarys.

$$y = \overline{(x_1 + \bar{x}_5)} \cdot \overline{\overline{(x_3 + \bar{x}_2 + x_4 + \bar{x}_6 + x_7 + \bar{x}_8)}} = \overline{x_1 + \bar{x}_5 + x_3 + \bar{x}_2 + x_4 + \bar{x}_6 + x_7 + \bar{x}_8}$$

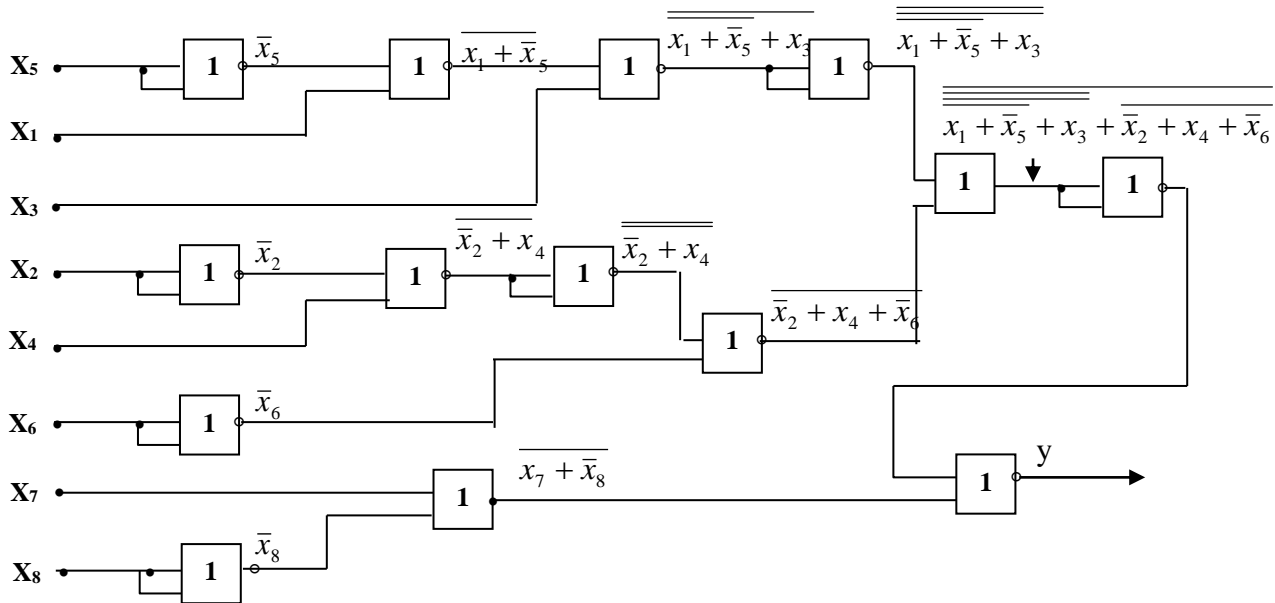
Berlen logiki funksiýany iki girelgeli **2 ИЛИ-НЕ** elementler bilen doly özgerdip, degişli logiki shemasyny (4-nji çyzga seret!) çyzmak üçin, soňky alnan netijedäki her bie iki goşulmany özara logiki goşup soňra inwersirlemeli. Şeýle amallardan soň, täzeden gaýtalap ýene-de

inwertirlemeli. Aýdylan amallar dogry ýerine ýetirilende – berlen logiki deňlemäni şu aşakdaky görnüşde ýazyp bileris.

$$y = x_1 + \bar{x}_5 + x_3 + \bar{x}_2 + x_4 + \bar{x}_6 + x_7 + \bar{x}_8$$

Şu alnan täze logiki deňlemäniň esasynda iki girelgeli **2ИЛИ-НЕ** logiki elementlerden ýygnaýan deňli logiki shemasy aşakdaky görnüşe eýe bolar.

<http://book.zehinli.info>



4-nji çyzgy. Logiki 2 ИЛИ -НЕ elementlerden guralan logiki shema

## Edebiyat.

1. A.Ökdirow, T.A. Kuliýew “Senagat elektronikasy”, Ylym, 2005 ý., 315 s.
2. T.A. Kuliýew, A.Ökdirow. “Elektronikadan laboratoriya işleri”, A., TPI, 2000ý.47 s.
3. Забродин Ю.С. “Промышленная электроника”. М.Высш. шк., 1982г.
4. Основы промышленной электроники. Под ред. В. Г. Герасимова – М., Высш. шк., 1986 г., 336 с.
5. Транзисторы. Справочник. Под ред. И.Ф. Николаевского М., Связь, 1969 г. 623 с.
6. Расчет электронных схем. Примеры и задачи Г. И. Изьюрова и др. М., Высш., 1987г –335 с.
7. Чернов Е.А. Проектирование станочной электроавтоматики – М., Машиностроение, 1989 г.–304с.
8. Гольденберг Л. М.и, др., Цифровые устройства и микропроцессорные системы. Задачи и упражнения-М., Радио и связь,1992 г.-256 с.
9. Чекулаев М.А. Сборник задач и упражнений по импульсной технике – М., Высш. шк., 1986 г. 280 с.
10. Майоров С. В. Промышленная электроника. Программа, методические указания и контрольные задания для студентов- заочников электротехник. Спец. Визов – М. Высш. шк. 1983-56 с.
11. A.Ökdirow, G. Gulmajow. “Elektrotehnikanyň nazary esaslary”, Aşgabat, 2001ý. 648 s.



## Mazmuny

Sözbaşy.....	7
1-nji ýumuş .....	8
2-nji ýumuş.....	15
3-nji ýumuş .....	20
Mysallar we usuly kömekler.....	44
Edebiýat.....	69
Mazmuny.....	70

<http://book.zehinli.info>