

TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRRLIGI

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

K.Garrybaýew

**“Maglumat – ölçeg tehnikasynda  
elektrotehniki we elektron  
elementleriň esaslary”**

Hünär: Maglumat – ölçeg tehnikasy we tehnologiýasy

Aşgabat 2010

## Giriş

Ata Watanymyzyň geljegi bolan bilimli – terbiýeli, edepli, ýokary ahlakly şahsyýet kemala gilib, ýurdumyzyň halk hojalygynyň ähli pudaklarynda ak ýürekden zähmet çekýärler.

Garaşsyz, baky Bitarap Türkmenistan döwletimizde geljegimiz bolan ýaşlaryň dünýäniň in 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 «Türkmenistanda bilim ulgamyny kämilleşdirmek hakynda» 2007-nji ýylyň 15-nji fewralyndaky Permany bilim ulgamyndaky düýpli özgertmeleriň başyny başlady.

Häzirki wagtda milli bilim ulgamyndaky döwrebap özgertmeler ýaş nesliň ýokary derejede bilim almagyna we terbiýelenmegine, giň dünýägaraýyşly, edep-terbiýeli, tämiz ahlakly, kämil hünärmenler bolup ýetişmeklerine uly ýardam edýär. alk hojalygynyň pudaklary üçin ýokary hünärli, şol sanda dolandyryş bölümüniň işgärlerini taýýarlamak ýurduň ösüşini hil taýdan täze derejä çykarmak babatda ýaýbaňlandyrylan ouň özgertmeleriniň özeni bolup durýar.

Beýik Galkynyşlar eýýamynda täze desgalary gurmak işi has giň gerime eýe boldy. Diňe soňky iki ýyla golaý wagtyň içinde ýurdumyzda iňňän möhüm ähmiýetli desgalaryň onlarçasynyň ulanylmaga berilmegi, wajyp taslamalaryň ençemesiniň durmuşa geçirilmegine badalga berilmegi hem munuň aýdyň subutnamasydyr.

Häzir Türkmenistanda bilim ulgamyny kämilleşdirmek, dünýä ülnülerine laýyk getirmek, ýaş nesle döwrebap bilim - terbiýe bermek boýunça düýpli özgertmeler amala aşyrylýar.

Hormatly Prezidentimiz öz çykyşlarynyň birinde şeýle diýdi: „Milletimiziň ruhy we aň taýdan ösüşini, onuň özboluşly milli mirasynyň umumyadamzat gymmatlyklary bilen hemme taraplaýyn sazlaşykly ösmegini üpjün etmek bilen, biz eziz Watanymyzyň gülläp ösmegini, onuň dünýäniň ösen ýurtlarynyň birine öwrülmeğini gazanarys“.

Bilşimiz ýaly, türkmeniň kerem – keramatly söz şalygynda ata Watan bilen, ene bolsa, toprak bilen, ýagny, göbek ganyň daman ýeri bilen deňelýär.

Watanyň ýeke – täkligi, onuň duzunyň mukaddesligi, oňa dirikän eden hyzmatyň üçin bu dünýäden gideniňden soň hem ruhuňy gorap durýandygy baradaky ynanç – ygtykatlar hem pederlerden bize galan mukaddesliklerdir.

Ýurdumyzda täze – täze binalaryň gurulmagy we täze – täzetechnologiýalaryň önümçilige ornaşmagy bilen ýokary mekdebi tamamlýan hünärmenlere bolan talap hem artýar.

**Normirlenen metrologik häsiýetleri bolan, ölçemek üçin ulanylýan tehniki serişdelere ölçeg serişdeleri diýilýär.**

Ölçeg serişdeleri şu aşakdakylara bölünýärler: **ölçeg, ölçeg özgerdijileri, ölçeg abzallary, maglumat – ölçeg ulgamlary, ölçeg desgalary, ölçejiler toplumy** we başgalar.

Fizik ululyklary berlen ölçeginde ýüze çykarmak üçin ulanylýan ölçeg serişdelerine ölçeg diýilýär. Meselem, rezistor ölçeg bolup, ýalňyşlygy belli kesgitli ölçegde garşylygyň bahasyny ýüze çykarýar.

Ölçeg maglumatlarynyň signalyny oňaýly görnüşde gowşurmak, täzeden öwürmek, gaýtadan işlemek ýa – da gorap saklamak üçin ulanylýan ölçeg serişdelerine **ölçeg özgerdijileri** diýilýär.

Ölçenilmeli ululyk berilýän ölçeg özgerdijilerine deslapky **ölçeg özgerdijileri** diýilýär. Ululygyň ölçegini birnäçe gezek üýtgetmek üçin niýetlenen ölçeg özgerdijilerine **masştab ölçeg ölgerdijileri** diýilýär.

Ölçenilýän ululygyň görnüşine baglylykda ölçeg özgerdijileriniň girişinde elektrik ölçegler üçin, elektrik ululyklary özgerdijiler we elektrik däl ululyklary özgerdijiler ýaly böleklere bölýärler. Elektrik ululyklary elektrik ýagdaýa özgerdijiler hökmünde naprýaženiýe bölüjileri, naprýaženiýe güýçlendirijileri görkezmek bolar. Elektrik däl ululyklary elektrik usul bilen ölçemeklik giňden ulanylýar. Şeýle özgerdijilere mysal hökmünde temperaturany ölçemek üçin ulanylýan termorezistorlary görkezmek bolar.

Ölçeg özgerdijileri giriş we çykyş signallarynyň görnüşine baglylykda aşakdaky ýaly toparlara bölýärler:

- analog ölçeg özgerdijileri, bularda giriş we çykyş signallary analog görnüşindedir;
- analog-sanly ölçeg özgerdijileri, bularda giriş signaly analog bolup, çykyş signaly kodirlenendir;
- sanly-analog ölçeg özgerdijileri, bularda giriş signaly kodirlenen bolup, çykyş signaly analog (kwantly) signaldyr.

Göniden-göni barlag geçirilýän obýektde ýerleşdijilen we ölçeg maglumatlaryny hasaba alýan, gaýtadan işlenilýän ýerinden daşda ýerleşen deslapky ölçeg özgerdijilerine käwagtlar **datçikler** diýip atlandyryýarlar. Olara **ölçeg transformatorlary, naprýaženiýe bölüjiler, şuntlar, rezistorlar, ölçeg güýçlendirijileri** degişlidir.

Ölçeg geçirýän adamyň göniden – göni ölçeg maglumatlarynyň signalyny oňaýly görnüşde kabul etmegi üçin niýetlenen ölçeg serişdelerine **ölçeg abzallary** diýilýär. Olara **A, W, Wt, Om, Hz**, sanaýyş ölçeg serişdeleri we başgalar girýär.

Ölçeg geçirýäniň göniden – göni ölçeg maglumatlaryny kabul etmegi üçin niýetlenen, ýerine ýetirýän funksiýasy boýunça birleşdirilen ölçeg serişdeleriniň toplumyna (ölçeg, ölçeg özgerdijileri, ölçeg abzallary) we kömekçi gurluşlara ölçeg desgalary diýilýär. Bular ölçeg serişdelerini **graduirlmek** we **derňew (powerka)** etmek üçin ulanylýarlar.

Ölçeg maglumatlarynyň signalyny awtomanik usulda gaýtadan işlemek, bir ýerden başga bir ýere geçirmek, awtomatik dolandyryş ulgamynda ulanmak üçin niýetlenen, öz aralarynda aragatnaşyk kanaly arkaly birikdirilen ölçeg serişdeleriniň (**ölçeg, ölçeg özgerdijileri, ölçeg abzallary**) we kömekçi gurluşlaryň jemlenmegine ölçeg – maglumat ulgamlary diýilýär.

Ölçeg serişdeleri özleriniň metrologik maksatlaryna baglylykda **etalonlara, nusgalyk we iş ölçeg serişdelerine bölünýärler.**

Häzirki zaman ylmy we tehnikasy fizik ululyklaryň ölçegleriniň netijesine daýanýar. **Ölçemek** diýmek, bu ýörite tehnik serişdeleriň kömegi bilen tejribe arkaly fizik ululyklaryň bahasynyň tapylmagyna aýdylýar. Şeýlelikde, ölçeg netijesi fizik ululyklaryň bahasy barada maglumat berýär. Ölçegleriň netijesi ölçegleriň esasy deňlemesiniň üsti bilen aňladylýar:

$$X = Ax,$$

Bu ýerde, X-ölçenilýän fizik ululyk; A- ölçenilýän ululygyň san bahsy; x- fizik ululygyň ölçeg birligi.

Ölçeg ululyklary özleriniň fizik tebigatyna baglylykda **ýylylyk, mehanik, elektrik, akustik** we beýleki ölçeglere bölünýärler.

Elektrik we magnit ululyklarynyň ölçeglerine, şeýle-de elektrik zynjyrlarynyň parametrleriniň ölçeglerine, şol sanda öňünden elektrik ululyklaryna özgerdilen elektrik däl ululyklaryň ölçeglerine **elektrik ölçegleri** diýilýär.

Elektrik ölçegler örän köp dürlüdür. Bu ölçeg ululyklarynyň köplügi, olaryň wagt boýunça üýtgame häsiýetleri, netije almagyň dürli usullary we beýleki faktorlar bilen düşündirilýär.

Fizik ululyk - munuň özi hil taýdan birnäçe obýekte degişli bolup, san taýdan her bir obýektiň özüne degişlidir.

Adalga “ululyk” sözüne her obýektiň häsiýetine ýa-da häsiýetnamasyna degişlilikde san taýdan baha berýäris, ýagny ölçeyäris. Emma alamatlary we häsiýetleri boýunça baha berip

bolmaýan obýektler hem bardyr, biz olary ölçemäge synanyşýarys. Ölçemek mümkinçiligi döreýänçä biz olary ululyk diýip atlandyрмаýarys - da, alamatlary boýunça atlandyryarys.

Çuň manyda alanyňda “ululyk” köp görnüşli düşünjedir. Standartda “fizik ululyk” atly adalga ulanylýar.

Ölçegler alynýan netijelerine baglylykda şu aşakdakylara bölünýärler: **göni,gytaklaýyn, jemlenen we bilelikdäki ölçegler.**

Fizik ululyklaryň başlangyç bahasynyň göniden-göni tejribe arkaly tapylmagyna göni ölçegler diýilýär. Bu usulda dürli fiziki ululyklar, şu ululyklara degişli ölçeg abzallarynyň üsti bilen tapylýar. Meselem, tok güýji - ampermetriň, naprýaženiýe - woltmetriň, garşylyklar - ommetriň, üýtgeýän toguň ýygylgy -fazometriň we beýlekileriň kömegi bilen tapylýar.

Göni ölçegler ýerine ýetiriliş tizligi we amatlylygy bilen tapawutlanýarlar. Şonuň üçin durmuşda giňden ulanylýar.

Kesgitlenýän ululygyň bahasynyň tapylmagy bize belli bolan baglahyşygyň esasynda göniden – göni ölçege sezewar edilen ululyklaryň kömegi bilen kesgitlenen ululyklaryň bahasynyň tapylmagyna gytaklaýyn ölçegler diýilýär. Ölçegleriň bu görnüşi goşmaça hasaplamalary talap edýär. Şonuň üçin hem göni ölçegleriň kömegi bilen gerek takyklygy almak kyn ýa-da mümkin bolmadyk ýagdaýynda gytaklaýyn ölçegler ulanylýar.

Bir wagtyň özünde birnäçe biratly ululyklara birnäçe gezek göni ölçegleriň geçirilmegi netijesinde ortaça bahasynyň tapylmagyna **jemlenen ölçegler** diýilýär. Munda kesgitlenýän ululygy deňlemeler ulgamyny çözmek arkaly tapýarlar. Durmuşda jemlenen ölçegler seýrek ulanylýar.

Iki ýa-da birnäçe biratly ululyklaryň arasyndaky baglanyşygy tapmak üçin geçirilýän ölçeglere **bilelikdäki ölçegler** diýilýär. Bilelikdäki ölçegler seýrek ulanylýar.

Meselem, temperatura baglylykda rezistoryň garşylygyny hasaplaýarlar:

$$R_1 = R_0(1 + At + Bt^2),$$

Dürli temperaturada üç gezek rezistoryň garşylygyny ölçäp, üç sany deňleme düzýärler we şonda  $R_0$ ,  $A$  we  $B$  tapýarlar.

Ölçeg abzallary şu alamatlary boýunça aşakdaky toparlara bölünýärler:

1. Funkcional aýratynlyklary boýunça ölçeg abzallary iki topara bölünýärler:
  - a) ölçeg maglumatlarynyň alnyşy we gaýtadan işlenilişi;
  - b) ölçeg abzallarynyň attestasiýa edilişi we derňewi (powerka);
2. Ölçeg netijeleriniň alnyşy boýunça ölçeg abzallary görkeziji, ýazyjy, ýagny registrasiýa ediji ýaly böleklere bölünýärler.
3. Ölçeýis usuly boýunça ölçeg abzallaryny göniden – göni we deňeşdirme ölçeg usulyna bölýärler.
4. Ulanylyşy we gurluşy boýunça ölçeg abzallary şite birikdirilen, elde göterilýän ýa – da göçürilýän we stasionar böleklere bölünýärler.
5. Takyklygy boýunça ölçeg abzallaryny normallaşdyrylan ýalňyşlyklar boýunça, indikatorlar ýa – da klassyz abzallar we görkeziji ýaly bölünýärler. Görkezijileriň ýalňyşlyklary norma salynmaýar.
6. İşleýiş düzgüni boýunça ölçeg abzallaryny elektromehanik, elektron, ýylylyk ýaly toparlara bölmek mümkin;
7. Ölçeýän ululygyna baglylykda ölçeg abzallary elektrikli, magnitli, ýylylygy ölçeýän, himik ululygy ölçeýän we başga – da elektrik däl ululyklary (basyş, temperatura, çyglyk, tizlik we ş.m.) ölçeýjilere bölünýärler.
8. Toguň görnüşi boýunça ölçeg abzallary hemişelik, üýtgeýän we üç fazaly togy ölçeýjilere bölünýärler;
9. Daşky gurşawyň täsirinden goralyşy boýunça ölçeg abzallary adaty, çygdan, gazdan we tozandan goragly, hemme

ýeri jebis ýapylan, ýarylmadan howpsuz ýagdaýda ýaly bölekler bölünýärler.

Esasy we goşmaça ýalňyşlyklaryň mümkin bolan çägi bilen kesgitlenýän umumy häsiýetnama, şeýle – de takyklyga täsir edýän beýleki häsiýetlere **ölçeg serişdeleriniň takyklyk klasy diýilýär**. Bu ölçeg serişdeleriniň aýry – aýry görnüşleri üçin standartda kesgitlenendir.

Ölçeg abzallarynyň şkalasynda takyklyk klasy san görnüşinde bellenip, ol göterim hasabynda ýalňyşlygyň normallaşdyrylan manysyny görkezýär. Ol şu aşakdaky sanlardan durýar: **6; 4; 2,5; 1,5; 1,0; 0,5; 0,2; 0,1; 0,02; 0,001; 0,005; 0,002; 0,001** we başgalar.

Eger ölçeg abzalynyň şkalasynda takyklyk klasynyň daşy tegelenen bolsa, bu abzalyň duýgurlyk ýalňyşlygydyr.

Ölçeg abzalynyň duýgurlygy bu abzaldan çykýan signalynyň üýtgemeginiň, şoňa täsir edýän ölçeg ululygyna bolan gatnaşygydyr. Ölçeg abzalynyň duýgurlygyny **absolýut** we **otnositel** duýgurlyga bölýärler.

Absolýut duýgurlyk şu aşakdaky deňleme bilen kesgitlen

$$S = \Delta I / \Delta X$$

Bu ýerde  $\Delta I$  – ölçeg abzalyndan çykýan signalyň üýtgemegi;

$\Delta X$  – ölçenilýän ululygyň üýtgemegi.

Otnositel duýgurlyk

$$S_0 = \Delta I / (\Delta X / X)$$

Bu ýerde  $X$  – ölçenilýän ululyk.

Masştab özgerdijiler duýgurlyk ýalňyşlyklary bilen bellenilýär. Bulara naprýaženiýe bölüjiler, şuntlar, toguň we naprýaženiýäniň transformatorlary we ş.m. girýär.

Eger ölçeg abzalynyň şkalasy deň bölekler bölünmedik bolsa (meselem Ommetrlerde), onda takyklyk klasy şkalanyň



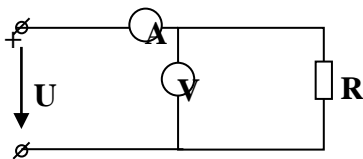
uzynlygynyň bölegine 1,5 diýlip görkezmek bilen sanyň aşagyna “burç” goýulýar.

Eger ölçeg abzalynda takyklyk klasy drob görnüşinde berlen bolsa (meselem, 0,02/0,01), bu getirilen ýalňyşlygyň diapazonyň başynda  $\delta_{get.b} = \pm 0,01\%$ , diapazonyň soňynda  $\delta_{get.s} = \pm 0,02\%$ -e deňdigini görkezýär.

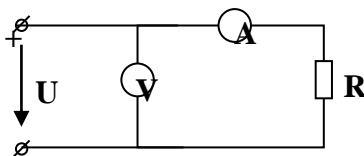
### **Maglumat – ölçeg tehnikasynyň elektrotehnik elementleri.**

Fizik ululyklary aktiw we passiw elementlere bölýärler. Aktiw ululyklara, (meselem, mehanik güýç, elektrik togunyň çeşmesiniň elektrik hereketlendiriji güýji) kömekçi energiýa çeşmelerini ulanmazdan ölçeg maglumatlarynyň signalyny döretmäge ukyply ululyklar girýär. Passiw elementlere rezistorlar, fotorezistorlar, termorezistorlar, kondensatorlar, induktiw tegekler, drosseller, transformatorlar, rele we ş.m. girýär. Passiw ululyklara (meselem, massa, elektrik garşylygy, induktiwlik) özleri ölçeg maglumatlarynyň signallaryny döredip bilmeýän ululyklar girýär. Munuň üçin olary goşmaça energiýa çeşmeleri bilen aktiwleşdirmeli bolýar, meselem rezistoryň garşylygyny ölçemek üçin onuň üstünden tok akyp geçmelidir.

Garşylyklary ölçemek üçin ommetr, megometriň kömegi bilen ýerine ýetirilýär ýa – da ampermetr, woltmetr usullary ulanylýar. Eger – de elektrik zynjyrynyň belli bir böleginde ampermetriň we woltmetriň kömegi bilen garşylygy ölçemeli bolsa, onda şol zynjyrdaky kabul ediljere ampermetri yzygiderli, woltmetri bolsa parallel birkidirýärler.



1 – nji çyzgy



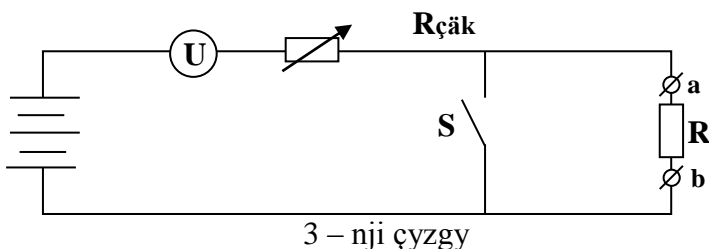
2 – nji çyzgy

1-nji we 2-nji çyzgylarda görkezilişi ýaly ampermetri we woltmetri birikdirýärler – de toguň güýjüni we naprýäženiýäniň ululygyny ölçeýärler. Toguň we naprýäženiýäniň bahalary anyklanandan soň, şu aşakdaky deňleme boýunça elektrik garşylygyny kesgitleýärler.

$$R_x = U/I \quad \text{Om} = W / A$$

Garşylygy ommetriň kömegi bilen hem kesgitleýärler.

Ommetriň esasy shemasy 3-nji çyzgyda görkezildi



Mälim bolan  $R_{\text{çäk}}$  çäklendirilen garşylyk, rezistiw  $R_x$  we magnitoelektrik ulgamly tok ölçeýji  $I$  hem – de tok çeşmesiniň zynjyryndaky elektrik hereketlendiriji güýji  $E$  bilen yzygiderli birikdirilendir.

Zynjyrdaky toguň güýji şu aşakdaky deňleme bilen kesgitlenilýär.  $I = E / (R_{\text{çäk}} + R_x)$

Eger – de  $E$  elektrik hereketlendiriji güýjüniň we çäklendirilen garşylygyň  $R_{\text{çäk}}$  bahalary hemişelik bolsa, onda zynjyrdaky tok diňe şol zynjyrdaky  $R_x$  garşylyga baglydyr, şonuň üçin – de bu garşylygyň her bir ululygyna toguň belli bir ululygy laýyk gelýär. Diýmek tok ölçeýjiniň şkalasyna gös – göni garşylygyň Om birliginde graduirlmek mümkindir. Ommetriň şkalasy tersinedir, ýagny onuň nuly sag tarapynda ýerleşýär, bu bolsa has kiçi bolan garşylyga we has uly bolan toga laýyk gelýär. Ommetriň kömegi bilen ölçege başlamazdan öň, onuň peýkamyny nula getirmelidir. Munuň üçin  $S$  açary birikdirmek,  $R_x$ -y nula deňlemek,  $R_{\text{çäk}}$  çäklendirilen garşylygy el bilen sazlap, ölçeýjiniň peýkamyny nula getirmek zerurdyr. Ondan soňra  $S$  açary ýazdyrmaly. Eger – de ölçeýji guralyň

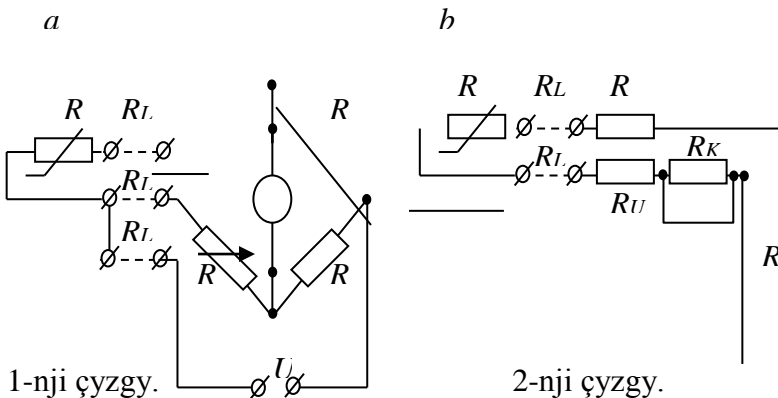
çyzgysynda açar S ulanylmadyk bolsa, onda ölçeýji abzalyň peýkamyny nula getirmek üçin a we b gysgyçlaryň aralaryny sim bilen birikdirmeli.

Temperaturany ölçemek üçin ulanylýan elektrik abzallaryna elektrik termometrleri diýilýär. Elektrik termometri elektrik ölçeg abzally temperatura özgerdijilerinden (termorezistorlardan, termoparadan we ş.m.) durýar.

Temperaturanyň elektrik termometrleri termorezistorlar bolup deňagramlaşan ýa – da deňagramlaşmadyk ölçeg köprüleriniň ölçeg zynjyrlaryna birikdirilýär. Termorezistor iki simli ýa – da üç simli shema boýunça ölçeg köprüsine birikdirilip bilner.

Eger termorezistor iki simiň kömegi bilen ölçeg köprüsiniň eginleriniň birine birikdirilen bolsa, daşky gurşawyň temperaturasynyň üýtgemegi bilen simleriň garşylygy hem üýtgäp  $\Delta t = \Delta R_L / (R_T \alpha_T)$  ýalňyslygy ýüze çykýar. Bu ýerde  $\Delta R_L = \Delta R_{L1} + \Delta R_{L2}$  - simleriň garşylygynyň üýtgemegi,  $R_T$  we  $\alpha_T$  - termorezistoryň başlangyç temperaturasy ( $t=0^\circ\text{C}$  bolanda) we onuň temperatura koeffisiýenti.

Birikdiriji simleriň garşylygynyň üýtgemeginden ýüze çykýan ýalňyslyklary azaltmak üçin iç simli shemany ulanýarlar.



Dielektrik bilen bölünen iki sany geçiriji ulagama kondensator diýilýär. Kondensatorlar öz obkladkalarynda ululygy boýunça deň, emma belgisi boýunça dürli elektrik zarýadlaryny uzak wagtlap saklap bilýärler. Kondensatoryň obkladkalaryndaky  $Q$  zarýadyň ululygy, olaryň arasyndaky  $U$  naprýaženiýä proporsionaldyr

$$Q = CU$$

Ululyk  $C$  kondensatoryň obkladkalarynyň biriniň zarýadynyň olaryň arasyndaky naprýaženiýä bolan gatnaşygyna kondensatoryň elektrik sygymy diýilýär we onuň parametrleriniň biri bolup durýar. Şeýlelik bilen sygym

$$C = Q / U.$$

SI ulgamynda zarýadyň ölçeg birligi kulon, naprýaženiýäniňki bolsa wolt, onda sygym birligi kulonyň wolta bölünmegidir. Ol farad adyny göterýär.

$$1 \text{ F} = 1 \text{ Kl} / 1 \text{ W}.$$

Adatça kiçi birlikler ulanylýar – mikrofarad (  $1 \text{ mkF} = 10^{-6} \text{ F}$  ) ýa – da pikofarad (  $1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$  ).

Kondensatoryň sygymy onuň görnüşine, elektrodalarynyň ölçegine, olaryň ýerleşişine, aralaryndaky uzaklyga we elektrodalaryň arasyndaky dielektrigiň häsiýetine baglydyr.

### **Rezistorlar.**

Elektrik toguny çäklendirmek ýa – da sazlamak üçin elektrik zynjyryna birikdirilýän gurluşlara rezistorlar ýa – da reostatlar diýilýär. Olar simli, simsiz, hemişelik garşalykly we sazlanýan garşylykly ýasalýarlar. Rezistor ýasalýan materiallaryň udel garşylygy örän ýokary bolýar. Şonuň üçin uzyn bolmadyk simlerden gerek bolan garşylygy alyp bolýar. Simler spiral görnüşinde keramika ýa – da başga izolýasion materiallaryň daşyna saralýar. Simsiz rezistorlarda tok geçiriji bölek steržen görnüşinde ýa – da plýonka görnüşinde ýerine

ýetirilip izolýasion materialdan ýasalan karkasyň daşyna saralýar.

Mesele 1.  $r = 440 \text{ Om}$  garşylykly nakal lampa  $U = 110 \text{ volt}$  naprýaženiýeli sete birikdirilen. Lampadaky toguň güýjüni kesgitlemeli: Omuň kanuny boýunça toguň güýji  $I = 110/440 = 0,25 \text{ A}$ .

Mersele 2. Tok güýji  $I = 5 \text{ A}$  bolan  $r = 44 \text{ Om}$  garşylykly gyzdryjy abzalyň gysgyçlaryndaky naprýaženipäni kesgitlemeli: Abzalyň gysgyçlaryndaky naprýaženiýe  $U = Ir = 5 \cdot 44 = 220 \text{ W}$ .

Geçirijileriň temperaturasynyň ýokarlanmagy bilen azat elektronlaryň atomlar bilen çaknyşma sany köpeliýär we munuň netijesinde elektronlaryň ugrukdyrylan hereketiniň orta tizligi azalýar. Bu bolsa geçirijileriň garşylygynyň ýokarlanmagyna getirýär.

Başga bir tarapdan temperaturanyň ýokarlanmagy bilen geçirijiniň göwrüm birliginde azat elektronlar bilen ionlaryň sany köpeliýär, bu bolsa geçirijiniň garşylygynyň peselmegine getirýär.

Şol ýa – da başga bir faktoryň artykmaçlygy sebäpli temperaturanyň köpelmegi bilen garşylyk ýa – da köpeliýär (metallarda) ýa – da azalýar (kömür, elektrolitler) ýa – da üýtgeşsiz galýarlar (metallaryň splawlarynda, meselem manganin).

Temperaturanyň ujypsyz üýtgemegi ( $0-100 \text{ C}$ ) garşylygyň oňnositel ösümi  $\Delta r/r$   $1 \text{ C}$  gyzmaga laýyk gelse oňa garşylygyň temperaatura koeffisiýenti diýilýär, ol  $\alpha$  bilen belgilenýär. Bu ululyk köp metallar üçin hemişelik bolup galýar.

Garşylyklary  $r_1$  we  $r_2$  bilen we temperaturany  $\theta_1$  we  $\theta_2$  belgiläp, temperatura  $\theta_1$ -den  $\theta_2$ -ä çenli ýokarlanda garşylygyň oňnositel ösümini aşakdaky aňlatma bilen ýazyp bolar:

$$\Delta r/r = r_2 - r_1 / r_1 = \alpha (\theta_2 - \theta_1). \quad (1)$$

Bu ýerden

$$R_2 = r_1 + r_1 \alpha (\theta_2 - \theta_1) = r_1 [1 + \alpha (\theta_2 - \theta_1)]. \quad (2)$$

(1) aňlatmadan görnüşi ýaly

$$\theta_2 = r_2 - r_1 / r_1 \alpha + \theta_1 \quad (3)$$

Alynan deňleme (3) simiň (sarymyň)  $\theta_2$  temperaturasyňy kesgitlemäge, eger onuň  $r_2$  garşylygyny berlen ýa – da belli  $r_1$ ,  $\theta_1$  we  $\alpha$  ululyklarda ölçän ýagdaýymyzda mümkinçilik berýär.

### Fotorezistorlar.

Fotorezistor diýlip fotoelektrik abzallaryň içindäki ýarymgeçirijilere elektromagnit şöhleleri bilen täsir edilende onuň elektrik garşylyklarynyň kiçelmegine aýdylýar ( **Fotorezistor effekti** ).

Fotorezistiw effekti – ilkinji bolup 1873-nji ýylda akademik U.Simtom **selen** elementini derňände açýar.

Häzirki döwürde fotorezistoryň tok geçiriji elementi hökmünde kükürtli kadmiden [ **CdS** ], selenli-kadmiden [ **Cd·Se** ], selenli gurşundan [ **PbSe** ] we başga-da ýagtylyga duýgur materiallardan (jisimlerden) taýýarlanylýar.

Fotorezistoryň tokgeçiriji elementleri gurluşy birnäçe dürli tilsimli (konstruktiv tehnologi) wariantlarda taýýarlanyp bilner :

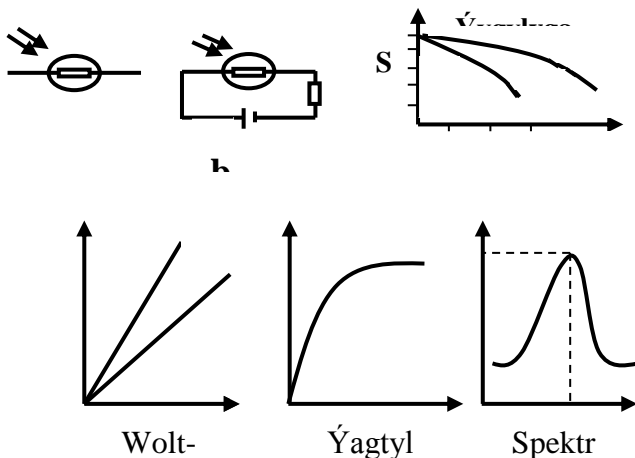
- a) ýagtylyga duýgur ýarymkristal materiallary ýasy çüýşe bölegine plýonka görnüşde çäýýarlar;
- b) Disk ýa-da bölejik plastinka görnüşde gysdyrylyp (presslenip) ýokardaky materiallardan ýasaýarlar;
- c) Ýarymgeçirijileriň arassasyndan ýagny monokristall görnüşinden-de taýýarlaýarlar.

Soňky iki ýagdaýda elementi ýukajyk plastmassalara ýa-da ýukaldylan aýna bölegine ýelim bilen berkidýärler. Fotorezistoryň elektrodлары metallardan ýasalan ýukajyk plýonkalardan ýa-da fotorezist bilen elementi birleşdiriji ýörite elektrik geçirijili metall oýuklaryndan ýasaýarlar.

Fotorezistoryň iň ýönekeý gurluşy – korpussyzdyr. Onuň tok geçiriji elementi aýnadan ýasalan bölejige berk ornaşdyrlyp, daşky hadysalardan goraýan hem-de ýagtylyk şöhleleriniň yzyna serpilmän geçeri ýaly dury plýonkalar bilen örtülýär. Bular ýaly fotorezistorlar elektrik zynjyrlaryna ýöriteleşdirilen gysyjy kontaktlar bilen birleşdirýärler.

Fotorezistorlaryň aglabasynda tok geçiriji element dury aýnaly deşik bilen üpjün edilen metall-korpusyň (gutynyň) ýa-da plastmassa-korpusyň (gutynyň) içinde dury plýonka bilen ýapylyp berkidilýär. Bular ýaly fotorezistorlary elektrik zynjyrlaryna birleşdirmek üçin ýumşak ýa-da gaty simuçlary fotorezistorlar üçin çykalgalar bolup hyzmat edýär.

Fotorezistorlaryň şertli belgilenişi we elektrik shemalaryna çatlyşy hem-de olaryň dürli elementler üçin häsiýetnamalary 1-njy çyzgyda görkezildi.



1-njy çyzgy. Fotorezistorlaryň şertli

Fotorezistorlar üçin çeşmäniň polýarlaryny (ýagny  $\pm$  -ny) çalyşanyň täsir ermeýär, diýmek fotorezistorlaryň Wolt-Amper häsiýetnamalary koordinatanyň merkezine görä simmetrikdirler.

### **Fotorezistorlaryň harplar we sanlar bilen şertli belgilenişleri.**

Köne markalaňsy : Birinji ýazgy **ΦC** – harplar – fotogarşylyk diýmek ; **Üçünji** ýazgy – **harp**, ýagtylyga duýgur materialyň görnüşini aňladýar ( **A** – PbS – sulfidli gurşun, **K** – Cd·S – sulfidli kadmiý , **D** – CdSe – selenli kadmiý). **Üçünji** şertli ýazgy – **Sifr** – abzalyň ýygnaýşyny aňladýar. **Γ** – harp sifriň ön ýanynda goýulýar we germetikdigini aňladýar, **Π** – ýa-da **M** – harp ýazylan bolsa, onda **Π** – plýonkadygyny, **M** – monokristaldygyny aňladýarlar.

Täze markalaňsy. Belginiň birinji şertli ýazgysy – **CΦ** harp (ýagtylyga duýgur garşylyk). Belginiň ikinji ýazgysy **sifr**, ýagtylyga duýgur elementiň tipini aňladýar ( **1-PbS**, **2 – CdS**, , **3 – Cd·Se**, **4 – Pb·Se** ).

Belginiň üçünji şertli ýazgysy (defisden soň) – **sifr**, fotorezistorlaryň haýsy materiallardan gurnalandygyny aňladýar, meselem **Γ** – germetikdigini aňladýar. Fotorezistorlaryň şertli belgilenişlerine birnäçe mysallar : ΦCΠ – Γ1, ΦCD-1, ΦC3 – 1, ΦCA – 6, ΦCB – 16AH, CΦ4-2D.

### **Fotogalwanik elementler.**

Fotogalwanik element diýlip, ýagtylyk energiýasyny göni elektrik energiýasyna öwürýän ýarymgeçirijiden ýasalan abzallara aýdylýar.



Olaryň işleýşi fotogalwanik effekte esaslanýar. (Bu effekt ýokarda giňişleýin seredildi).

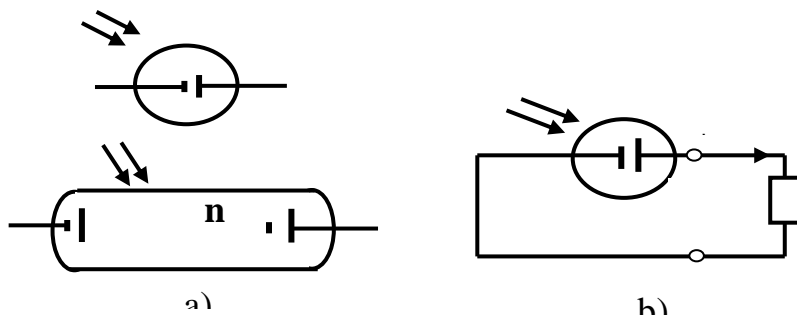
Fotogalwanik elementler, başgaça-da dürli-dürli atlandyrylýar : Wentilli (diodly), fotoelement, ýarymgeçiriji fotoelement, Gün elementleri we ş.m.

Fotogalwanik elementler Gün batareýalary hökmünde elektrik energiýany öndüriji çeşme hasaplanylýar we durmuşda, ösen tehnikalarda giňden ulanylýar.

Meselem fotometriýada, awtomatikada, ýagtylygy ölçeýji abzallarda (Lýuksmetrlerde), suratlar alynanda we kinolara düşürilende bolmaly ýagdaýy (ekspozisiýany) kesgitlemek üçin eksponimetrler hökmünde-de ulanylýar.

Fotogalwanik elementler özleri üçin aýratyn iýmitlendiriji çeşme talap etmeýär. Şular ýaly elementleri taýýarlanlarynda Kremniý, Selen, Germaniý we başga-da birnäçe ýarymgeçirijiler giňden ulanylýarlar (ozal belläp geçişimiz ýaly, ähli p-n geçişler şol elementlerden döredilýär).

2-njy çyzgyda Gün elementleriniň (Gün batareýleriniň) şertli belgilenişleri we elektrik shemalaryna birleşdirilişleri görkezildi.



2-njy çyzgy. Gün elementleriniň (batareýleriniň) :  
**a** – şertli belgilenişleri we **b** – elektrik shemalaryna çatylyşy.

Ýarymgeçiriji diodyň Wolt-Amper häsiýetnamasy şu aşakdaky deňleme bilen düşündirilse bolar.

$$I = I_0 \left( e^{\frac{U}{U_T}} - 1 \right)$$

Bu ýerde,  $I_0$  – polýarlygy tersine wagty doýan toguň ters bahasy ,

$U - p - n$  – geçelgedäki naprýaženiýe ,

$$U_T = \frac{kT}{q} \quad \text{temperaturanyň döredýän potensialy}$$

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ [ J/K ]}$  – Bolsmanyň  
– hemişeligi,

$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ [Kl]} –$  elektronyň zaryady ,

$T$  – temperatura (Kelwiniň absolýut şkalasy

boýunça).

Ýarymgeçirijiniň  $p-n$  geçelgesi ýagtylandyrylanda foto EHG-niň döremegi netijesinde Wolt-Amper häsiýetnama öňki ýagdaýyndan ornuny üýtgedýär. Foto EHG-niň döremegi bolsa fotogalwanik effekti bilen düşündirilýär .Şular ýaly ýagdaýda Wolt-Amper häsiýetnamanyň beýan edilişini şu aşakdaky formula kanagatlandyrýar.

$$I = I_F - I_0 \left( e^{\frac{U}{U_T}} - 1 \right)$$

Bu ýerde  $I_F$  – fototok (fotogalwaniki effektiň esasynda döreýär).

3-nji çyzgyda ýagtylandyrylmadyk – 1, we ýagtylandyrlan –2

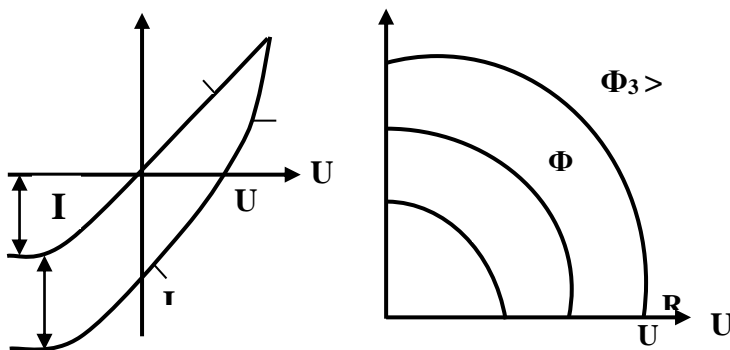
ýarymgeçirijileriň Wolt-Amper häsiýetnamalary görkezildi.

Elektrik ýüküniň garşylygy  $R = 0$  bolanda, fotogalwaniki elementiň zynjyryndaky (sakasyndaky) tok gysga utgaşma wagtyndaky  $I_K$  – bahasyna deň bolýar.

$$I_K = I_F = S \Phi$$

ýagny,  $I_k$  – tok, integrallanmagyň  $S$  – duýgurlygyna we ýagtylygyň,

$\Phi$  – akymyna göni baglanşykdadygyny aňladýar.



### 3-nji çyzgy. Fotogalwanik elementleriň Wolt-Amper häsiýetnamalary. a)

Eger-de elektrik ýüki tükeniksiz ( $R_Y = \infty$ ) deň bolsa, onda fotogalwanik

boş iş düzgüni.

Fotogalwanik elementiň boş iş düzgüninde onuň gysgyçlarynda döreýän naprýaženiýä fotoEHG – diýilýär.

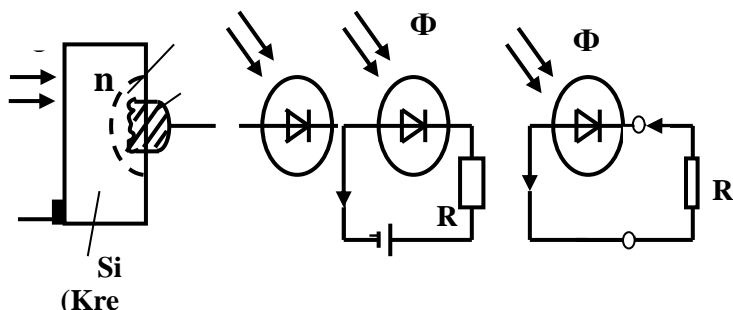
FotoEHG-niň tapylyşy

$$E_F = U_{\text{boş}} = \frac{KT}{q} \ln \left( 1 + \frac{I_F}{I_0} \right)$$

### Fotodiodlar.

Ýagtylygyň akymy bilen togy dolandyrylýan ýarymgeçiriji diodlara **fotodiod** diýilýär. Fotodiodyň düzümi iki gatladan ýygnaýan bir sany **p-n** – geçelgeli abzaldyr (4-nji a çyzga seret).

1. Elektrik shemalarynda fotodiodlaryň grafik görnüşde şertli belgilenişi 8.13-nji b çyzgyda görkezildi.



4-nji çyzygy. Fotodiodlaryň şertli belgilenişleri welektrik shemalaryna çatylyşlary : **a** – düzümi; **b** – belgileniş; **c** , **d** – shemalara

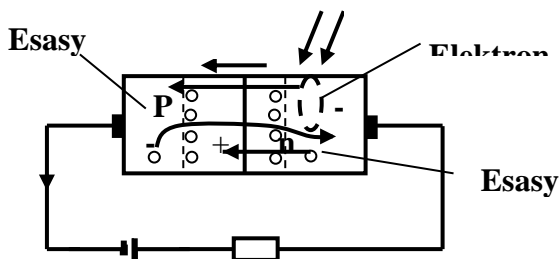
Fotodiodyň esasy bölegi hökmünde Kremniý, Germaniý, Arsenid-Galliý ýaly ýarymgeçirijiler ulanylýarlar.

Fotodiodly düzgün bolanda daşky iýmitlendiriji çeşmäniň **E** – EHG-si bilen fotodiodyň polýarlary özära ters birleşdirilýärler Bu düzgünde fotoeffekti ulanmak bilen, fotodiodda döreýän **I<sub>F</sub>** – tok bilen belgilenen ters togy, ýagtylygyň akymy bilen dolandyrylýar.

Fotogalwanik düzgün bolanda daşky iýmitlendiriji çeşme bolmaýar (8.13-nji **d** çyzga seret) . Bu düzgünde fotogalwaniki effekti ulanmak bilen, fotodiodda döreýän **E<sub>F</sub>** – EHG-ni ýagtylygyň akymy bilen dolandyrylýar.

**Fotodiodlaryň fotodiod we fotogalwanik düzgünlerinde işledilişleri.**

**a) Fotodiod iş düzgüni.** Fotodiodyň fotodiod düzgüninde işleýşiniň shemasy 5-nji çyzgyda görkezildi.



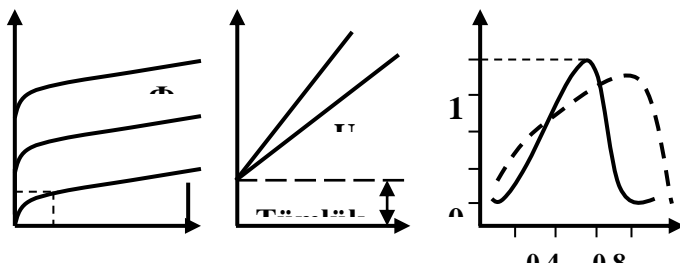
berilen ters ( $U=U_{\text{ters}}$ ) naprýazeniýe, ummukde auran fotodioddan ujypsyz ters tok akýar, şonuň üçin-de bu toga tümlükde döreyän tok diýilýär we  $I_T$  – harp bilen belgilenýär. Kän bir uly bolmadyk bu ujypsyz toga esasydäl tok hem diýilýär.

Şeýlelikde,  $n$  – tipli ýarymgeçirijide esasydäl zarýad hasap edilýän deşikleriň sany  $n$  – bölekde köpeliپ başlaýarlar, bu bolsa  $p-n$  – geçelgeden geçýän  $I_{\text{ters}}$  – toguň köpelmegine getirýär.

Ýagtylyk akymynyň täsirinden döreyän fotodioddaky toga fototok diýilýär we  $I_F$  – harpy bilen belgilenýär.

Fotodiodda döreyän fototoguň ululygy ýa-da kiçiligi fotodioda berilýän ters  $U_{\text{ters}}$  – naprýazeniýe bilen ýagtylyk akymynyň ( $\Phi-niň$ ) ululyklaryna baglydyr.

Fotodioda degişli esasy häsiýetnamalar 6-nji çyzgyda görkezildi.



6-nji çyzgy. Fotodiodyň häsiýetnamalary : **a** – Wolt-Amper ,  
**b** – ýagtylyk **c** – spektral

Napryaženiýeden känbir bagly bolmadyk **n** – bölekdäki esasy däl hasaplanýan zaryadlary alyp barýanlaryň mukdary diňe ýagtylygyň şöhesiniň ýitiligine baglydyr, sebäbi napryaženiýeni köpeldenin bilen fotodiodyň togy artmaýar diýsek-de ýalňyş bolmaz .

Napryaženiýeni köpeldenin bilen fotodiodda toguň känbir ulalmaýanlygynyň sebäbini ters **U<sub>ters</sub>** – napryaženiýe ulaldylanda **p-n** geçelgäniň meýdany giňelýänligi bilen, şol, esasyda-da **n** – bölegiň bazasynyň giňliginiň kiçelýänligi bilen düşündirilýär. Şular ýaly geçijilik döwürde-de deşikleriniň az sany ýol ugruna elektronlar bilen rekombirlenmäge (jübütleşmäge) ýetişýärler, emma köp bölegi fotodiodda togy döretmekde aktiw gatnaşýarlar. Ýagtylygyň ýok wagty döreýän tümlük **I<sub>T</sub>** – toguň ululygy **Φ=0** we **U=1w** ýagdaýda kesgitlenilýär. Meselem ýagtylygyň ýok wagty fotodioddaky tümlük **I<sub>T</sub>** – tok germaniý diodda **15 – 30 mkA** toweregi, kremniýde **1 mkA** toweregidir. Fotodiod **1 w** bilen iýmitlendirilende integrallanmak duýgurlygy kremniý üçin **3 – 7 mkA/Lm**, germaniý üçin bolsa **10 – 20 mkA/Lm** töweregidir.

**b. Fotodiodyň fotogalwanik iş düzgüni.** Fotogalwanik düzgünde fotodiodlar daşyndan hiç hili iýmitlendiriji çeşme talap etmän işläp bilýärler. Fotodiodyň zynjyryna diňe elektrik yüküniň **R<sub>y</sub>** – garşylygy birleşdirilýär .

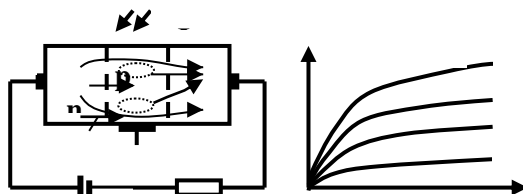
Fotodiodyň **p-n** geçelgesi şöhlendirilende **p-n** geçelgede elektron – deşikler jübütlenişip generirlenýärler.

Kontakt sebäpli döreýän potensiallaryň tapawutlarynyň täsirlerinden **p-n** geçelgede zaryadlaryň saýlanmaklary bolup geçýär : deşikler **p** – bölege tarap, elektronlar **n** – bölege tarap çekilýärler. Netijede, **p** – bölekde deşikleriniň toplanmagy, **n** – bölekde bolsa elektronlaryň toplanmagy bolup geçýär.

Şeýlelikde, **p** – bilen **n** – bölekdäki simçykalgalarynyň aralarynda potensiallaryň tapawudy döräp, oňa foto EHG diýilýär we **E<sub>F</sub>** – harpy bilen belgilenýär.

Fotogalwaniki düzgünde işleýän fotodioda degişli esasy häsiýetnamalar

7-nji çyzgyda görkezildi.



9-nji çyzgy. Fototranzistoryň

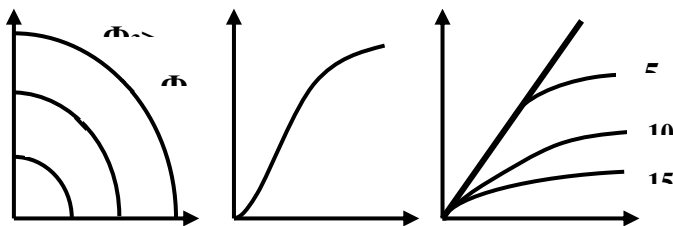
Ýagtylyk akymynyň artmagy bilen  $E_F$  – foto EHG ilki-başda çalt össoňra haýallanýar. (8.16-nji **b** çyzgy).

Elektrik ýüküniň  $R_Y$  – garşylygyny ulaltdygyňça  $I_F(\Phi)$  baglanşygyň häsiýeti egrelmek (**doýmak**) bilen bolýar (7-nji **ç** çyzga seret), bu bolsa fototoguň kiçelmegine getirýär. Çyzgydan görnüşine esaslansak, onda elektrik ýüküniň  $R_Y$  – uly bahalarynda ýagtylygyň  $\Phi$  – akymyny ýiteldenň (ösdüreniň) bilen  $I_F$  – fototok känbir ösmeýär.

### Fototranzistorlar.

Fototranzistorlar – üstünden geçýän toguny ýagtylygyň  $\Phi$  – akymy bilen dolandyryp bolýan, gurluşy boýunça adaty tranzistorlara meňzeş abzaldyr. Has takygy, tranzistorlaryň gurluşy iki polýarly tranzistorlara meňzeşdir. Emitterli we kollektorly iki sany **p-n** geçelgesi bolup **p-n-p** ýa-da **n-p-n** görnüşde ýygnalýarlar. Bazasy hasap edilýän gatlagy örän ýuka taýýarlanylýar.

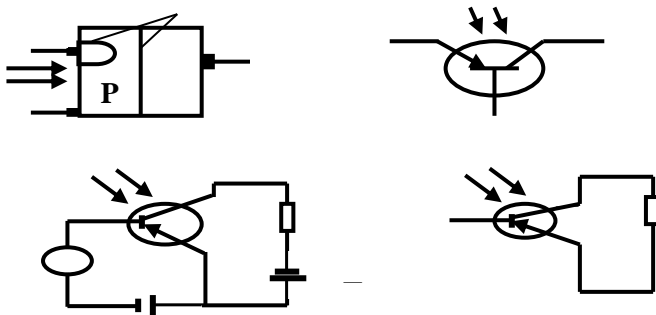
Düzümi ýarymgeçiriji kristallardan ýasalan fototranzistorlar ýöriteleşdirilen korpusyň içinde ýerleşdirilýär. Oňa ýagtylygyň şöhesi düşüp durar ýaly korpusyň oňaly ýerinde aýna böleginden ýasalan dury penjire berkidilýär. Fototranzistoryň gurluşy, şertli belgilenişi we shemalara çatylyşy 8-njy çyzgyda ýerleşdirildi.



7-nji çyzgy. Fotogalwanik elementiň esasy häsiýetnamalary :

Iýmitlendiriji çeşmäniň zynjyryna fototranzistoryň çatylyşy adaty ikipolýarly tranzistorlaryň birleşdirilişlerine meňzeşdir, sebäbi emitterli geçelgesine göni naprýaženiýe, kollektorly geçelgesine bolsa polýary ters naprýaženiýe berilýär. Köplenç ýagdaýlarda emitteri umumylaşdyrлан shema ulanylýar (8-njy ç çyzga seret).

Köp ulanylýan shemalaryň ýene-de bir görnüşi, ol hem bazasy umumylaşdyрлан shemadyr (8-njy d çyzga seret). Çyzgyda görkezilişi ýaly bazanyň çykalga simi çatylman boş durmaly, hatda käbirlerinde simçykalga bazadan asla çykarylmaýar. Mysal hökmünde **p-n-p** tipli umumylaşdyрлан bazaly fototranzistoryň işleýiş düzgüni 9-nji a – çyzgyda ýerleşdirildi.



8-njy çyzgy. Fototranzistorlaryň şertli belgilenişleri we



Düzümi **p-n-p** tertipde guralan fototranzistoryň bazasy (ýagny **n** – bölegi) ýagtylyk bilen şöhlelendirlende elektron-deşik jübütleri emele gelýärler. Kollektor-emitter aralygy birleşdirilen **E<sub>K</sub>** – çeşmäniň elektrik meýdanynyň zarbyna deşikler çydaman kollektora tarap geçip **I<sub>K</sub>** – fototogy döredýärler, elektronlar bolsa **n** – bölekde (bazada) toplanyp emitter geçelgedäki potensial päsgelçiligi (barýeri) azaldýar. Netijede, emitterden baza tarap çüwdürlüp akýan (inžeksirlenýän) deşikleriň sany (mukdary) diýseň çalt köpeliýär we kollektorly geçelgä tarap hereketlenip, onuň üsti bilen kollektora akyp barýarlar. Şular ýaly deşikleriň hasabyna, kollektordaky toguň düzüminde **I'<sub>K</sub>** – goşulmasy emele gelýär.

Kollektordaky **I<sub>K</sub>** – umumy tok, deşikleriň döredýän **I<sub>K</sub>** – tokdan has köp derejede uludyr. Kollektordaky **I<sub>K</sub>** – togyň şular ýaly birden köpelmegine ýagtylyk akymynyň täsiri bilen düşündirilýär. Diýmek, fototranzistorlary güýçlendiriji abzal hökmünde-de ulanmak bolar.

Ýagtylygyň ýok wagty (tümlükde) kollektorly geçelgeden diňe tümlük wagty döreýän **I<sub>T</sub>** – tok **akýar**. Beýle bir uly bolmadyk bu tok, deşikleriň emitter geçelgesinden **n** – bazanyň içine girip, soňra kollektor geçelgesini böwsüp kollektora tarap geçýär. Tümlük wagtyndaky **I<sub>T</sub>** – toguň kiçijik bolmagyny, deşikleriň baza (**n** – bölege) geçenlerinde emitterli geçelgeden potensial päsgelçiliginiň (barýeriniň) köpeliýänligi bilen düşündirilýär. Şeýlelikde, kollektordan akýan ähli toklaryň jemini şu aşakdaky ýaly düşündirilýär.

$$I_K = I'_K + I_F + I_T = \beta I_F + I_F + I_T = (\beta + 1) I_F + I_T$$

Bu ýerde,  $\beta = h_{21E}$  – tok boýunça güýçlendiriş koeffisiýent.

Fototranzistorlaryň Wolt-Amper häsiýetnamalary diýlip kollektordaky toguň kollektor-emitter aralykdaky **U<sub>KE</sub>** –

naprýaženiýe bilen ýagtylyk akymynyň hemişelik (  $\Phi = \text{const}$  ) ýagdaýyndaky baglanşyklaryna aýdylýar.

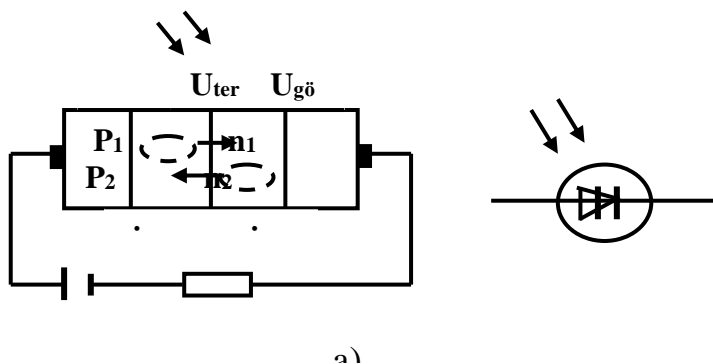
Şeýle seredeniňde bu baglanşyklar adaty iki-polýarly tranzistorlaryň baglanşyklaryna juda meňzeşdir.

Ýeke-täk tapawudy, ol hem hemişelik saklanýan ululuk adaty iki-polýarly bazadaky  $I_B = \text{const}$  bolsa, fototranzistorlarda ýagtylygyň akymydyr,  $\Phi = \text{const}$  saklanylýar.

### Fototiristorlar.

**Fototiristor** – fotoelektrik abzaý bolup, togy ýagtylyk akymy bilen dolandyrylýan, gurluşy boýunça dört gatlakly (dört-tirkeşikli) diodly tiristordyr.

Fototiristorlaryň gurluşy, belgilenişi, Wolt-Amper häsiýetnamalary 10-njy çyzgyda görkezildi.



Fototiristorlar hem adaty diodly tiristorlaryň gurluşy ýaly  $p_1 - n_1 - p_2 - n_2$  we üç sany  $p-n$  geçelgeleri bolup, olaryň çetki  $j_1$  we  $j_3$  geçelgeleriň polýarlygy göni, emma ortadaky  $j_2$  – geçelgäniň polýary ters ugurlydyrlar.

Fotorezistora berilmeli naprýaženiýeniň ululygyny anyklanlarynda ýagtylyk akymynyň ýok wagty fototiristor ýapýk ýagdaýda bolar ýaly saýlaýarlar.

Eger-de, adaty tiristorlarda açylýan naprýaženiýe dolandyryjy tokdan

$U_{a\phi}$  ( $I_{dol}$ ) bagly bolsa, onda fototiristorlarda açylýan naprýaženiýe ýagtylygyň akymyndan  $U_{a\phi}$  ( $\Phi$ ) baglydyr.

Fototiristorlary ýasanlarynda onuň içki gatlaklary hasap edilýän  $n_1$  we

$p_2$  –niň üstlerine ýagtylyk şöhleleri düşer ýaly dury aýnadan penjire goýýarlar. Sebäbi şeýle edilende elektron-deşiklik jübütleri döreyär. Netijede  $j_2$ -nji geçelgä berilýän ters alamatly  $U_{ters}$  – naprýaženiýeniň täsirinden deşikler  $n_1$ -nji bölekden  $p_2$ -nji bölege geçýän bolsalar, elektronlar tersine  $p_2$ -nji bölekden  $n_1$ -nji bölege geçýärler.

Elektron bilen deşikleriň  $j_2$ -nji geçelgeden yzly-yzyna geçip durmaklary netijesinde, şol ýerde potensialyň päsgelçiligi azalýar we elektrik böwsülmegi (fototiristoryň açylmagy) bolup geçýär.

Ýagtylygyň  $\Phi$  – akymynyň ýitiligi näçe köp bolsa, şonça-da fototiristorlar kiçi  $U_{a\phi}$  naprýaženiýelerde işläp başlaýarlar. Munuň şeýledigini 8.19-nji  $\phi$  çyzygyda Wolt-Amper häsiýetnamanyň ýagtylyga görä üç ýagdaýy ( $\Phi_3 > \Phi_2 > \Phi_1$ ) bilen düşündirilýär.

Fototiristor tümlük ýagdaýyndan ýagtylyk ýagdaýyna geçende

(1-mikrosekund wagtyň dowamynda) fotorezistoryň garşylygy 100-lerçe megeomdan 10-larça oma çenli kiçelýär.

Fotorezistorlar ýokary kuwwatly elektrik zynjyrlarynda kommutasiýa işlerini geçirmek üçin ulanylýar (meselem, gijelerine köçeleriň çyralaryny ýakmak ýa-da öçürmek).

**Ýagtylyga duýgur abzallaryň harplar we sanlar bilen şertli belgilenişleri (markirowka).**

Tehnikada tapawutlandyrylýşlaryna görä (§7.1. seret), ýagtylyga duýgur abzallary üç topara bölýärler, olar : 1. Fotoelektronly ; 2. Fotoelektrik ; 3. Ýylylygyň abzallary.

### 1. Fotoelektrik abzallaryň şertli belgilenişleri.

Birinji element-harp-fotokatodyň tipini görkezýär ; **CH** – surmaly we kükürtli , **H** – kislorodly-kükürtli, **Φ** – fotoelement, **ΦEK (ΦЭУ)** – çykalgasy koaksal görnüşli fotoelement, **KFE (ΦЭУ)** – köpeldiji fotoelektron abzaly.

Ikinji element – **B** we **Γ** – harplary – wakuumly gaz bilen doldurylgy fotoelementler. Üçünji element – sifr (san) – fotoelement taýýarlanylanda onuň tertip nomeri. Belgilere mysallar : **C HB-3**, wakuumly element, surmaly we sezili, tertip nomeri üçinji. **HΓ-4** – gazy zarýadsyzlanýan fotoelement kislorod – sezili, tertip nomeri dördünji

Fotoelektron köpeldijiler iki elementli belgilenýärler: şertli belgilenişin birinji elementi – harplar – köpeldiji fotoelektrondygyny aňladýar.

Ikinji elementi – sifrler – niredede işlenilip taýýarlanylsa şol ýeriň tertip nomeri.

Belgilere mysallar : **ΦЭУ -19** – köpeldiji fotoelektron, tertip nomeri – **19**.

### 2. Fotoelektrik abzallaryň şertli belgilenişleri.

Birinji element – iki harp – abzalyň haýsy tapgyra degişlidigini we işleýiş prinsipini aňladýar. Meselem, **ΦP** – fotorezistor, **ΦD-p-n** geçelgeli abzallardyr, onda **ΦУ-p-n** geçelgeli we içinden güýçlendiriji abzaldyr.

Ikinji element – harp – haýsy materialdandygyny aňladýar : **K** – Kremniý,

**G** – Germaniý. Üçünji element – san, **0,01**-den tä **999**-za çenli abzalyň taýýarlanylş tertip nomeri. Dördünji element – harp – abzalyň haýsy toparlara degişlidigini aňladýar : **B** – iki polýarly (bipolýarly) tranzistorlar, **У** – birpolýarly (unipolýarly) fototranzistorlar, **T** – tranzistorlar.

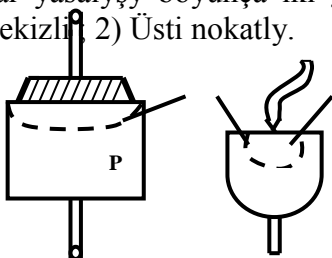
**Ýagtylyga** duýgur abzallaryň üçünji bir görnüşü ýylylygyny abzallarydyr. Olaryň şertli belgileniş. Birinji element – harp – tapgyryň haýsy klassifikasiýa (topara) degişlidigini aňladýar : **ΦP** – fotorezistorlar, **ΦD** – fotodiodlar, **ΦЭ** – ýarymgeçiriji fotoelementler, **Φ** – elektrowakuumly

fotoelementler,  $\Phi T$  – fototranzistorlar,  $\Phi \Xi Y$  (KFE) – fotokopeldijiler we ş.m.lkinji element – san (sifr) – abzal taýýarlanylanda onuň registirlenen (möhürlenlen) nomeri (1-den tä 999-a çenli).Üçünji element – harp ýa-da san-harp bilelikde.Konstruksiýasynyň (gurluşynyň) özboluşly taýýarlanyşyny ýa-da haýsy-da bolsa bir parametrinde aýratyn üýtgeşikligiň bardygyny aňladýar.

## ÝARYMGEÇIRIJI DIODLAR

**Kesgitlemesi.** Ýarymgeçiriji diod diýlip, düzümi iki gatlakdan bolup, bir **p-n** geçişli, iki sany sim çykalgaly ýarymgeçiriji abzallara aýdylýar.

**Diodyň gurluşy (konstruksiýasy)** – ýarymgeçiriji diodlar ýasalyşy boýunça iki görnüşde taýýarlanylýarlar : 1) Üsti tekizli; 2) Üsti nokatly.



1-nji çyzgy  
Diodlaryň  
gurluşlarynyň  
shema bilen  
aňladylyşy

a) Üsti tekizli.

Tekiz üstli diodlaryň **p-n** geçelgesi-de özleriniň ýalpaklygy bilen tapawutlanýarlar, olardaky tekizligiň islendik tarapyna bolan uzynlygy **p-n** geçelgäniň galyňlygyndan epesli uludyr .

üzümi iki gatlakdan sepleşdirlip ýasalan tekiz üstli **p-n** geçişli diodlary ýa eredip sepleşýärler ýa-da diffuzirlemek tehnologiýasy bilen taýýarlaýarlar. Soňra termiki gyzdyrlyp taba getirilende **Indiýniň** ýa-da **Alýuminiň** atomlary **n** – tipli ýarymgeçirijileriň göwrümüne siňip **p-** tipli gatlak döredýärler

**In**

Ýarymgeçiriji diodlardan daşky zynjyrlara birikdirmek üçin çykarylýan simjagazlary diňe om garşylygyny döredýän (ýagny, göneldişi döretmeýän) metallardan ýasaýarlar. toguň daşky zynjyra tarap akýan çykalgasyna katod **K**, beýleki çykalgasyna bolsa anod **A** diýilýär.

Diffuzion usul bilen tekiz üstli **p-n** geçelgäni döredenlerinde akseptorly (ýa-da donorly) diffuzirlenmek gazly giňişlikden **p** ýa-da **n** tipli bölekleriň göwrüminiň içine tarap aralaşýarlar.

Diffuzion geçişlikde tekizligiň üstüne çäýylýän garyndy göwrümiň çyňlugyna aralaşdygyça onuň konsentrasiýasy azalýar, şonuň üçin-de emitterli gatlagy birjynssyz bolup, **p-n** geçelgede toguň endigan akymyny döredýär.

Üsti nokatly diodlary taýýarlanlarynda **n** – tipli ýarymgeçirijiniň tekizliginiň üstünden ujy ýiti metaldan ýasalan temen (iňňe) bilen sanjylyp gysdyrylýar. Iňňe bilen sanjylandan soň, şol ýarymgeçirijiniň üstüne seplesýän ýerinde göneldişe ukyplylyk hadysasy döreýär. Şonuň üçin-de bu zyýanly göneldiş hadysany azaltmak (mümkingadar ýok etmek) maksady bilen kontaktlary **elektrik formowka** bilen gowulandyryýarlar. **Elektrik-formowka** üsti nokatly kontaktyň üstünden örän kuwwatly toguň impulsyny bermekdir.

Şeýlelikde, üsti nokatly kontaktjagaz güýçli toguň zarbyna çydaman gyzarýar we iňňäniň ujy ýarymgeçirijiniň içinde ereýär we berkeýär.

Garyndylaryň diffuziýalanmaklary netijesinde üsti nokatly kontaktjagazyň töwereginde beýle bir uly bolmadyk deşikli geçirijilik emele gelýär.

Üsti nokatly diodlarda nokatlanşyň tutýan meýdany örän kiçiligi sebäpli **p-n** geçelgesinde emele gelýän sygym hem örän kiçidir. Şonuň üçin-de bu diodlar ýokary we aşa ýokary ýygýlyklarda (AÝÝ) işlemäge ukyplydyrlar.

### **Diodlaryň toparlara (klaslara) bölünişleri.**

Ýarymgeçiriji diodlar özleriniň tehnikada ulanyljak ýerlerine niýetlenilip şu aşakdaky toparlara bölünýärler :

**Göneldiji diodlar** – diýlip, ýygylygy (50,...1000 Gs) aralykda üýtgeýän togy hemişelik toguna öwürmek üçin ulanylýan diodlara aýdylýar.

**Ýokary ýygylykly diodlar** – diýlip, ýokary ýygylykly toklary detektirmek (göneltmek), modulirmek we aşa ýokary ýygylykly signallary özgertmek üçin ulanylýan diodlara aýdylýar.

**Impulsly diodlar** – diýlip, geçiş prosesiniň dowamlylygy kiçiräk bolup, tehnikanyň impulsly düzgüninde işleýän abzallar üçin niýetlenilen diodlara aýdylýar.

**Tunnelli diodlar** – diýlip, tunnelli effekti sebäpli Wolt-Amper baglanşygynyň göni ösýän ugrunda minus alamatly differensial geçirijiligiň (ýa-da garşylygyň) emele gelyänligi üçin aýdylýar. Tunnelli diodlary **shemaly-generatorlarda**, güýçlendirijilerde we aşa ýokary ýygylykda (AÝÝ) işleýän ikiýanlaýyn açar hökmünde-de ulanylýar.

**Ýagtylyk şöhlendiriýän diodlar** – diýlip, elektronlar bilen deşikleriň rekombinasiýalaşmaklary netijesinde berilýän elektrik energiýasynyň ýagtylyk energiýasyna öwürülmegi bolup geçýänligi üçin aýdýarlar. Bu diodlar tehnikada we durmuşda informasiýalary (habar beriş serişdeleri) wizual görnüşde peýdalanmak üçin niýetlenilendir (**wizual** – latyn sözi –görünýän diýmekdir).

**Fotodiodlar** – diýlip, fotogalwaniki efektleri peýdalanyp, ýagtylygyň akymalarynyň özgerişini (üýtgeýşini) anyklamak üçin ulanylýan diodlara aýdylýar. Bu diodlar awtomatlaşdyrylýan tehnikalarda giňden ulanylýar.

**Magnitodiodlar** – diýlip, berilen magnit meýdanynda diodyň garşylygy üýtgäp, magnit ululyklaryny elektrik ululyklaryna özgertmek üçin niýetlenilen diodlara aýdylýar.

**Tenzodiodlar** – diýlip, mehaniki deformasiýalary elektrik ululygyna öwüriji diodlara aýdylýar.


**Warikaplar** - diýlip, **p-n** geçelgede sygymy ters naprýaženiýe bilen baglanşykda üýtgeýän diodlara aýdylýar.

Bu diodlar sygym bilen dolandyrylýan shemalarda bir sygym element hökmünde giňden ulanylýar.


**Stabilitronlar** – ters naprýaženiýede döreýän elektrik böwsüşinden soň, naprýaženiýe toga juda az bagly bolup, belli bir bahada saklanýar. Şonuň üçin-de, stabilitronlar naprýaženiýeni durnukly (stabill) saklamak üçin tehnikada giňden ulanylýar.


**Stabistorlar** – bu diodlar 1 woltdan kiçi naprýaženiýeni hemişelik ululykda saklamak üçin ulanylýar. Toguň göni naprýaženiýeden baglylygy örän gowşak.


Elektrik shemalarynda ulanylýan ýarymgeçirijileriň şertli grafiki belgilenişleri.

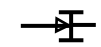
 - Göneldiji diodlaryň

 - Stabilitron

 - Warikan

 - Tunnell

 - Şotkiniň



-

-

Ýagtylygy

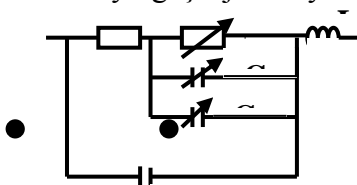
-

- Öwrülišikli

-

-

Ýarymgeçiriji diodyň ekwiwalent shemasy.



$C_{p\acute{a}sg}$  – Päsgeçiligiň (barýeriň) sygymy

$C_{diffuz}$  – Diffuziýanyň sygymy

$C_b$  – Çykalgadaky gysgyçlaryň

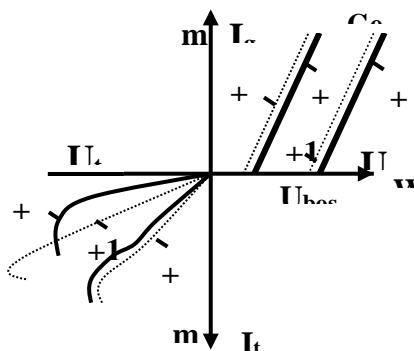


## Diodlaryň Wolt-Amper häsiýetnamalary, shema birleşmeleri we parametrleri.

- a) **Göneldiji diodlar** – Göneldiji diodyň Wolt-Amper häsiýetnamasy diýlip, dioddan akyp geçýän toguň we oňa berilen naprýaženiýeniň polýarlaryna görä baglanşygyna aýdylýar.

Tejribe arkaly derňelen diodlaryň Wolt-Amper häsiýetnamalaryny gurup, diodyň nähili dioddygyny, onuň **p-n** geçelgesiniň giňligi bosogadaky

$U_{bosoga}$  - naprýaženiýe bilen kesgitlenilýär.



3-nji çyzgy. Germaniý (Ge) bilen  
Kremniýden (Si)  
ýasalan diodlaryň

Real diodyň baglanşygy hiç wagt koordinatanyň merkezinden başlanmaýar. Meselem, real diodyň togy naprýaženiýeniň birnäçe bahasyndan soň akyp başlaýar (2.3-nji çyzga seret).

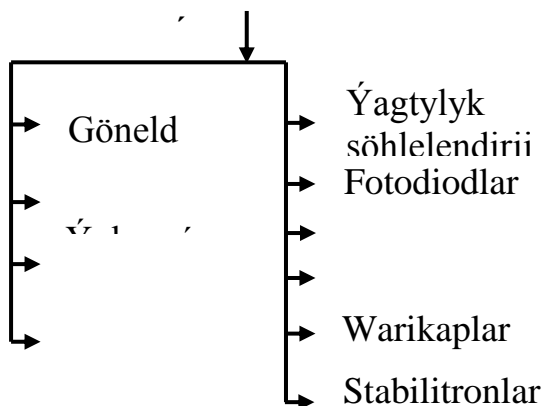
Diodyň açylmagy üçin gerek bolan naprýaženiýä diodyň **bosagasyndaky** naprýaženiýesi diýilýär. Bosaga naprýaženiýesi 1 woltuň ondan bir bölegi we ondan-da köp bolup biler. Kremniýden ýasalan diodlaryň bosaga naprýaženiýesi Germaniýden ýasalan diodlaryň bosaga naprýaženiýesinden uludyr. Temperaturanyň ösmegi bilen  $U_{bos}$  kiçelýär.

Kremniýniň häsiýetnamasynyň temperatura baglylykda çepesine ýa-da sagasyna süýşmegi Germaniý bilen deňeşdirlende epesli kiçidir. Diýmek Kremniýden ýasalan diodlar temperatura has çydamlydyr.

Germaniýden ýasalan diodlarda döreyän  $I_{ters}$  – tok , esasan-da temperaturanyň täsirinden döreyän tok bilen kesgitlenilýär. Şonuň üçin-de temperatura ýokary galdygyça  $I_{ters}$  – tok örän çalt ösýär,  $U_{ters}$  – naprýaženiýeden bolsa az bagly bolýar.

Kremniýden ýasalan diodlarda bolsa tersine, temperaturanyň täsirinden döreyän toguň ujypsyzlygy sebäpli kremniý diodlarda  $I_{ters}$  – tok diňe **isrip** (ýitgi) tok bilen kesgitlenilýär.

Kremniý diodlarda isrip tok  $U_{ters}$  – naprýaženiýeden bagly bolup, temperaturadan bagly däl diýse-de ýalňys bolmaz. 4-nji çyzygyda diodlaryň shemalaryda bolup biläýjek iki ýagdaýy görkezildi.



Göneldiji diodlaryň esasy parametrleri diýlip, şu aşakdaky parametrlere düşünilýär.

$I_{göni,ort} [I_F(AV)]$  – Göni toguň ortaça bahasy (ýaýyçinde halkara belgileniş);

$U_{göni} [U_F]$  – Diodyň gönelden hemişelik naprýaženiýesiniň täsir bahasy ;

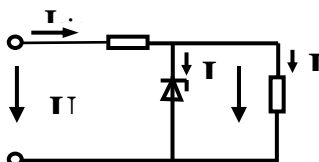
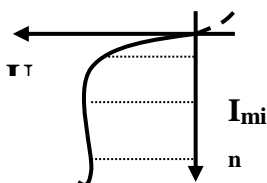
$U_{ters} [U_R]$  – Diodyň ters naprýaženiýesiniň täsir bahasy ;

$U_{göni,ort} [U_F(AV)]$  – Göni naprýaženiýeniň ortaça bahasy ;

$I_{ters} [I_R]$  – Ters toguň täsir bahasy ;

$P_{ort} [P]$  – Ýitirilýän kuwwatyň ortaça bahasy.

b) **Stabilitronlar.** Ýüke gelýän naprýaženiýeni stabill (sarsdyrman) saklamak üçin niýetlenilen dioddyr. 5-nji çyzgyda stabilitronyň Wolt-Amper häsiýetnamasy a) shemalara birleşdirlişi görkezildi.



5-nji çyzgy. a) Stabilitronyň Wolt-

Stabilitronyň iş düzgüni **p-n** geçelgäniň häsiýetinden peýdanylmagyna esaslanýar.

Elektronlaryň böwsüşinde (çüwdüriminde)  $I_{ters}$  – tok giň aralykda üýtgände-de onuň egnine düşýän naprýaženiýe üýtgemän **stabill** ýagdaýda saklanýar.

Shemalarda stabilitronyň diňe ters Wolt –Amper häsýetnamasy ulanylýar (2,5-nji **a** çyzga seret).

Stabilitronyň shemalarda birleşdirlişi 2,5-nji **b** çyzgyda görkezildi.

Shemada:

$U_{gir}$ ;  $U_{çyk}$  - girelgedäki we çykalgadaky naprýaženiýeler;

$I_Y$ ;  $R_Y$  - elektrik ýüküniň togy we garşylygy;

$U_{st}$ ;  $I_{st}$  - stabilitrondaky tok we naprýaženiýe;

$I_{gir}$  - girelgedäki tok;

$R_b$  - ballast(söndüriji) garşylyk.

Shema üçin Kirhgofyň kanunlary :

$$I_{gir} = I_{st} + I_Y$$

$$U_{gir} = R_b I_{gir} + U_{st}$$

Elektrik ýüküň  $R_Y$  - garşylygy üýtgedilmän saklananda girelgedäki

$U_{gir}$  - naprýaženiýeniň san bahasyny ösdürsek zynjyrdaky  $R_b$  - garşylykdan

we stabilitrondan akýan toklar köpeliýärler.

Naprýaženiýe  $U_Y = U_{st}$  - hemişelik ululyklarynda saklanýarlar, emma

girelgede emele gelen artykmaç  $U_{gir}$  – naprýaženiýe  $R_b$  – garşylyga sinýär.

Eger-de, girelgedäki  $\Delta U_{gir}$  – naprýaženiýe hemişeligne saklanyp, elektrik

ýüküniň  $R_Y$  – garşylygy üýtgesse, onda  $R_b$  – garşylykdan akýan tok üýtgemän

galýar. Şeýlelikde, stabilitron bilen elektrik ýüküniň

özaralarynda  $I_{gir}$  – toguň

bölünişmegi bolyp geçýär. Ýükdäki we stabilitrondaky  $U_Y = U_{st}$  naprýaženiýeler özara deň bolup, üýtgemän hemişeliginde saklanýarlar.

Göni naprýaženiýeniň tokdan azajyk baglanşykly yerlerinde wolt-amper

baglanşygyň işewür bölegini durnukly peýdalanmak üçin şol bölege degişli naprýaženiýeni stabil saklamak maksady bilen ýörite diodlar ulanylýar.

Bu diodlara **stabistor** diýilýär.

**Stabilitronyň** esasy parametrleri:

$U_{st}[U_z]$  – stabilirlenen naprýaženiýe (Ýaýıçinde halkara belgilenişi görkezildi);

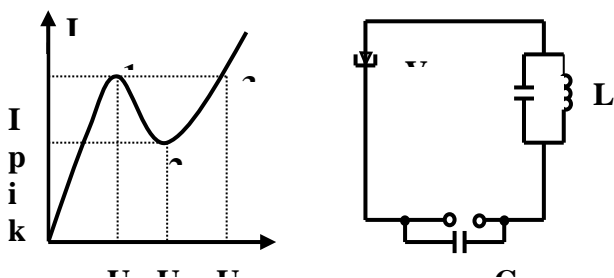
$I_{st}[I_{max}]$  - stabilirlenen tok;

$I_{st.max}[I_{z.max}]$  – stabilirlenen toguň iň uly bahasy ;

$I_{st.min}[I_{z.min}]$  – stabilirlenen toguň iň kiçi bahasy ;

$R_{st}[R_z]$  – stabilitronyň differensial garşylygy.

**ç) Tunnelli diod.** 6-njy çyzgyda tunnelli diodyň Wolt-Amper baglanşygy we shemalara birleşdirlişi görkezildi.



6-njy çyzgy. a) Tunnelli diodyň

Tunnelli diodyň Wolt-Amper baglanşygynda aşak düşýän bölegi

(1-2 aralyk) ýörite öwrenilmäge mynasypdyr, sebäbi bu aralykda minus alamatly differensial garşylyk döreýär. Şonuň

üçin-de tunnelli diodlaryndan islendik yrgyldyly generatorlary we güýçlendirijileri gurnap bolýär.

Häsiýetnamada görkezilen 1-nji nokatda tok özüniň maksimum bahasyna ýetýär, şonuň üçin-de bu nokatdaky toga **pik** – tok diýilýär we **I<sub>pik</sub>** – görnüşde belgilenýär. 2-nji nokatda bolsa tok özüniň minimum bahasyna düşýär. Şonuň üçin-de bu nokatdaky toga **oýdaky** tok diýilýär we **I<sub>oý</sub>** – görnüşde belgilenýär. Aşaklygyna ýykylýan 1-2 aralyk baglanşygyň minus alamatly differensial garşylygyny kesgitleýär.

$$R_{dif} = \frac{\Delta U_{göni}}{\Delta I_{göni}} < 0$$

Sebäbi, göni naprýażeniýeniň ösmegi bilen 1-2 aralykda toguň bahasy peselýär, 2-nji nokatda tunnelli effekt ýitýär, sebäbi **p** we **n** böleklerdäki gadagan zonalaryň derejeleri deňleşýärler we bir bitewi akyma öwrülýärler. Ikinji nokatdan soň göni naprýażeniýeni ulaldanyň bilen tok hem özüniň göni ösmegini dowan edýär. Bu ösüş esasy zarýadlary äkidijileriň diffuzirlenmegi bilen düşündirilýär, sebäbi 2-3 aralykda päsgelçiligiň potensialy azalýandygy üçin özüni adaty diod ýaly alyp barýar.

Tunnelli diodlarynyň esasy parametrleri diýlip, şu aşakdaky ululyklara düşünilýär :

**I<sub>pik</sub>** – pik togy ; **U<sub>pik</sub>** – naprýażeniýesi-pik toguna gabat gelmeli ;

**I<sub>oý</sub>** – oýdaky tok ; **U<sub>oý</sub>** – oýdaky naprýażeniýesi-oýdaky toga gabat gelmeli ; **U<sub>göni</sub>** – göni naprýażeniýe (hakyky bolmaly naprýażeniýeden uly ; **I<sub>göni</sub>** – şahadaky göni we hemişelik tok (girelgede) ; **U<sub>göni.mah</sub>** – girelgedäki şahada göni we hemişelik naprýażeniýe ; **I<sub>ters.mah</sub>** – ters toguň maksimal çägi.

Tunnelli diodlary Germaniýden we Arsenid Galliýden taýýarlaýarlar. Germaniýden ýasalan tunnelli diod üçin

$$\begin{array}{l} \text{mW} \\ \text{mW} \end{array} \quad \frac{I_{\text{pik}}}{I_{\text{oý}}} = 4 \div 6 \quad \begin{array}{l} U_{\text{pik}} = 40 \div 100 \\ U_{\text{oý}} = 300 \div 450 \end{array}$$

Arsenid Galliý üçin

$$\begin{array}{l} \div 150 \text{ mW} \\ 450 \text{ mW} \end{array} \quad \frac{I_{\text{pik}}}{I_{\text{oý}}} = 10 \text{ we ondan-da} \quad \begin{array}{l} U_{\text{pik}} = 100 \\ U_{\text{oý}} = 400 \div \end{array}$$

ýokary

Tunnelli diodlarda inžeksiýa hadysasynyň örän kiçiligi sebäpli, bu diodlaryň inersionlyklary-da ujypsyzdyr (ýagny, ýok diýen ýalydyr). Şonuň üçin-de tunnelli diodlar shemalary açyp-ýapmak üçin, shemalarda güýçlendiriji hökmünde-de, yrgyldylaryň generatorlary, has hem aşa ýokary yrgyldyly generatorlary döretmek üçin-de praktikada örän giňden ulanylýar.

Shemalarda tunnelli diodlaryň örän şowly ulanylýandygynyň esasy bir sebäbi-minus alamatly differensial garşylygyň kömegi bilen yrgyldyly konturdaky ýitginiň öwezi doldurylýar we sönmeýän yrgyldylary alyp bolýar.

Tunnelli diodlardaky effektlere esaslanyp gurnalan yrgyldyly generatoryň in ýönekeý shemasy 6-njy **b** çyzgyda görkezildi.

### **Ortaça kuwwatly diodlaryň harplar bilen şertli belgilenşi (markirowkasy).**

Kuwwaty kiçi diodlaryň şertli belgilenişleri ýyllaryň geçmegi bilen birnäçe gezek üýtgeýişe sezewar boldy.

Häzirkizaman diodlarynyň şertli belgileri **OST–11.336.919-81** laýyklykda baş element bilen şertli belgilenip şu

günler hem güýjini ýitirmän gelýär. In soňky **OST-11336.919-81** – e görä şertli belgileriň düşündürlişini özleşdireliň :

**Birinji element** – harp ýa-da san bilen belgilenip ýarymgeçiriji abzalyň haýsy materialdan ýasalandygyny aňladýar.

- 1 ýa-da G – Germaniý ýa-da germaniý garyndyly ;
- 2 ýa-da K – Kremniý ýa-da kremniý garyndyly ;
- 3 ýa-da A – Galliý garyndyly ;
- 4 ýa-da I – Indiýa garyndyly.

**Ikinji element** – harp, abzalyň haýsy topara (klasa) degişlidigini aňladýar. D – göneldiji diod, impulsly diod, özgerdiji diodlar (magnitodiodlar, termo, fotodiodlar we ş.m.), - göneldiji – sütünli we bloklar ; B – warikaplar ; И – tunnelli diodlar ; A – ýokary ýygylkda işleýän diodlar ; Ж – toguň stabilitronlary, C – naprýaženiýe stabilitronlary (stabilitronlar, stabistorlar, naprýaženiýany çäklendiriji diodlar) ; A – şöhlenenýän optoelektronly abzallar.

**Üçünji element** – san, abzalyň iş prinsipini ýa-da näme üçin niýetlenilendigini aňladýar.

**Dördünji element** – iki sany san, 01-den 99-a çenli tertip nomeri, işlenip taýýarlanşyny aňladýar, üç sany san 101-den 999-a çenli. Şular ýaly belgiler abzallaryň tertip nomerleri 99-dan ýokary bolanda ulanylýar.

**Bäşinji element** – harp (A,Б,B we başgalar) abzalyň klassifikasiýasyny aňladýar.

**Goşmaça elementler** – C – harpy (üçünji elementden soň) biratly abzallaryň korpusyny aňladýar.

Eger-de bäşinji elementden soň **defis** (çyzyk) bilen ýazylsa korpusyz abzaldygyny aňladýar. **P ; T ; Г ; K ; H** – harplar bäşinji elementden soň ýazylýar – abzallary seçip almagyň hilini aňladýar.



Şertli belgilenşe bir mysal : ГД-107Б – Germaniýden ýasalan göneldiji diod, kiçi kuwwatly, işlenip ýasalan nomeri 07, topary Б.

### Ýarymgeçirijilerde dreýf we diffuzion toklar

**Tebigy  $p - n$  geçiş.** Elektrik geçirijilikleri dürli häsiýetli iki sany ýarymgeçiriji materiallaryň gatlaklarynyň sepleşýän ýerinden geçýän elektronlara we deşiklere  $p-n$  geçiş diýilýär. Eger-de, daşky naprýaženiýe çeşmesi ýok bolsa, onda tebigy  $p-n$  geçiş diýilýär. Ol gatlaklaryň biri  $n$  – tipli bolsa, onda beýlekisi  $p$  – tiplidir.

Elektronly – deşikli geçiş tutuşlygyna birhäsiýetli ýarymgeçirijiniň kristalyndan taýýarlaýarlar, soňra onuň bir bölegine **donor** garyndy goşsalar, beýleki bölegine **akseptor** garyndyny goşýarlar. Şular ýaly usul bilen ýasalan  $p - n$  geçiş ideallaşdyrmak maksady bilen, iki bölekde-de zarýady äkidijileriň san mukdary (konsentrasiýalary) deň diýip kabul edýärler. Netijede , simmetrik (deňgüýçli)  $p - n$  geçiş alarys.

$$p_p = n_n$$

Bu ýerde :  $p_p - p$  – bölekdäki desikleriň mukdary ;  
 $n_n - n$  – bölekdäki elektronlaryň mukdary.

Ýarymgeçirijileriň her bir böleginde-de esasy zarýady äkidijilerden başga esasydäl zarýady äkidijileriň-de bardygyny, ýöne olaryň juda azdygyny bellemelidiris, ýagny  $p_n \ll n_n$  we  $n_p \ll p_p$

Bu ýerede :  $p_n - n$  – bölekdäki dişikleriň mukdary ;  
 $n_p - p$  – bölekdäki elektronlaryň

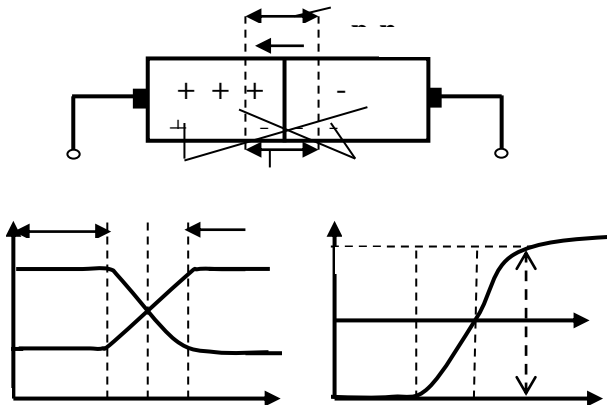
mukdary.

Konsentrasiýalaryň tapawutlarynyň netijesinde, iki gatlagyň araçäginde esasy zarýadlaryň geçişleriniň diffuziýasy bolup geçýär. Şeýlelikde, esasy zarýadlary äkidijileriň  $p - n$  araçägine diffuzion geçişleriniň netijelerinden **diffuzion tok** döreýär.

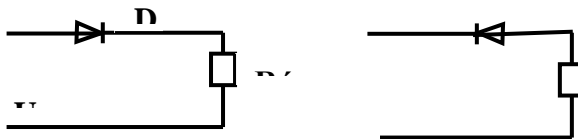
$$I_{dif} = I_p dif + I_n dif$$

Diffuzion toguň ugry diffuzionlanýan deşikleriň ugurlary bilen gabat gelýär.

Iki gatladan gurnalan ýarymgeçirijilerde **esasy** we **esasydäl** zaryadlary äkidijileriň konsentrasiýalarynyň özara paýlanyşlary (geçişleri) 6-njy **b** çyzgyda görkezildi.



6-njy çyzgy. Daşky naprýaženiýe ýok  $U=0$  wagty **p – n** geçiş.



4-nji çyzgy. Göneldiji ýarymgeçiriji

Ýarymgeçirijiniň **n** – bölegine deşikler düşenden larombirlenýärlerşdygyça Edil şular ýaly-da, ýarymgeçirijiniň **p** – bölegine elektronlar düşenden ikler

Ýarymgeçirijiligiň **n** bölegine deşikler düşenden elektronlar bilen rekombirlenýärler we **n** bölegiň çuňlugyna aralaşdygyça deşikleriň konsentrasiýasy azalmak bilen bolýar.

Edil şular ýaly-da ýarymgeçirijiniň **p** bölegine elektronlar düşenden deşikler bilen rekombirlenýärler we **p** bölegiň çuňlugyna aralaşdygyça elektronlaryň konsentrasiýasy azalmak bilen bolýar.

Ýarymgeçirijiniň bir böleginden beýleki bölegine esasy zaryadlary äkidijiler geçende **p-n** araçäkde rekombinasiýa sebäpli çöküp galýan **äpet göwrümli** zaryadlar toplanýarlar. Olara ionizirlenen zaryadlar diýilýär. Ýarymgeçirijiniň **n** – böleginde (+) – plýus (donorly) ionlar, **p** – böleginde (-) – minus (akseptorly) ionlar orun tutýarlar ( 1.7-nji **a** çyzga seret).

Araçağıň (sepleşýän ýeriň ) iki tarapynda-da dürli alamatly hereketsiz (çöküp galan) zaryadlaryň toplanmagy netijesinde **p-n** geçiş aralykda ugry boýunça **n** – bölekden **p** – bölege tarap kontaktyň (**degmegiň**) **E<sub>k</sub>** – elektrik meýdany döreýär. Bu **E<sub>k</sub>** – meýdan soňky geçjek bolup dyzaşýan zaryady äkidijileriň diffuziýalanmagyna garşylyk görkezýär. Şonuň üçin-de, oňa päsgelçiligi döredýän potensialyň elektrik meýdany diýilýär.

Bu **E<sub>k</sub>** – elektrik meýdanynyň edýän täsirine esaslanyp (**eW**) – elektron – woltda ölçenilýän potensialynyň berýän päsgelçiliginiň **φ<sub>0</sub>** – beýikligi anyklanylýar (1.6-njy **ç** çyzga seret).

Päsgelçiligi döredýän potensialyň meýdany **diffuzion toguň** azalmagyna sebäp bolýar. Araçağıň iki tarapynda-da çöküp galan **göwrüm zaryadlaryň** emele getiren ýukajyk gatlaklaryna **p-n** geçiş diýilýär.

Emele gelen iki gatlagyň üstlerinden zaryadly äkidijileriň diňe ýyndamlary (çalasynlary) böwsüp

geçýändikleri üçin olara birleşen (sepleşen) gatlaklar diýilýär. Bu birleşen gatlak örän ullakan **ideal** garşylygy bilen tapawutlanýar.

**Esasy däl** hasap edilýän zarýady äkidijiler, özleriniň ýylylyk döredýän haotik hereketleri bilen kontaktyň döredýän **E<sub>k</sub>** – elektrik meýdanynyň zarbyna (güýjüne) duçar bolýarlar we **p-n** geçelgeden akyp geçmegi netijesinden **dreýf** toguny döredýärler. Bu tok esasydäl elektronlaryň we deşikleriniň düzüjilerinden emele gelýär.

$$I_{dr} = I_p dr + I_n dr$$

**Dreýf** togunyň ugry **diffuzion** togyň ugry bilen tersdir.

Esasydäl äkidijiler diýilýän dreif togy kiçijikdir, sebäbi ýylylyk energiýanyň täsirinden kowalent baglanşyk dargamak bilen bolýar, şonuň üçin-de dreif toguna **ýylylygyň** döredýän togy-da diýilýär.

**Elektrik çeşmesinden birilýän naprýaženiýe öçürilen wagty dinamiki deňagramlyk emele gelýär we netijede diffuzion tok azalyp, dreýf togy bilen deňleşýär.**

$$I_{dif} = I_{dreýf}$$

**Diýmek, p-n** geçelgeden geçýän togyň akymy nula deň bolar. Bu bolsa, päsgelçiligiň **φ<sub>0</sub>** – potensial energiýasynyň kesgitli beýikligine gabat gelýär we **wolt** bilen ölçelýär hem-de kontaktdaky potenciallaryň tapawudy diýilýän **U<sub>k</sub>** – naprýaženiýe bilen san bahasy boýunça deňleşýär.

**φ<sub>0</sub>** – potensialyň ululygy. Bu potensial – temperaturadan, ýarymgeçirijiniň düzümine hem-de oňa goşulan garyndynyň konsentrasiýasyna

(mukdaryndan) baglydyr.

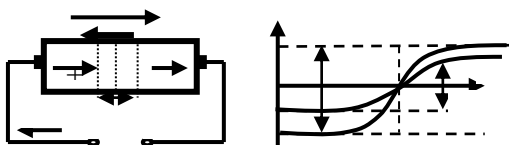
**Ýaşayş otagyň** temperaturasy diýlip kabul edilen **T=20-23°C** ýylylykda germaniý üçin **φ<sub>0</sub>= 0,3 – 0,5 W** , kremniý üçin bolsa **φ<sub>0</sub>= 0,6 – 0,8 W** töweregidir.

Simmetrik däl **p-n** geçişlerde konsentrasiýasy biri beýlekisinden iki-üç dereje (**10<sup>2</sup>÷10<sup>3</sup>** esse) köp bolýar.

Garyndynyň az konsentrasiýaly bölegine zaryadlary saklaýan **gadagan** gatlagyň giňligi köp konsentrasiýaly bölegindäki zaryadlary saklaýan **gadagan** gatlagyň giňliginden deňşililikde iki-üç dereje köpdür. Ýarymgeçirijilerdäki **p-n** geçişlik daşyndan berilen naprýaženiýeniň polýaryna (alamatynyň birleşdirilişine) baglydyr. Ýarymgeçirijiniň **p** – tarapyna **plýus**, **n** – tarapyna **minus** berilse göni polýarly  $U_{göni}$  – naprýaženiýe diýilýär

(7-nji a çyzga seret). Ýarymgeçirijiniň **p** we **n** böleklerindäki garşylyklaryň jemi juda kiçiligi sebäpli berilen  $U_{göni}$  – naprýaženiýe tutuşlygyna **p-n** geçişň gatlagynyň egnine düşýär diýsek-de ýalňyşmarys.

Görkezilen “a” - shema üçin  $U_{göni}$  – naprýaženiýe kontaktdaky (ýanaşyk ýerindäki) döredýän  $U_k$  – naprýaženiýe bilen ugurlary tersdirler. Şonuň üçin-de  $E_{göni}$  – elektrik meýdany ýarymgeçirijileriň içindäki ýanaşyklaryň netijesinden döredýän  $E_k$  – elektrik meýdany bilen özara gapma – garşydyrlar. Şeýle gapma – garşylygyň netijesinde päsgelçiligiň  $\phi$  – potensialy azalýar we san taýdan ululygy boýunça **p-n** geçişde täsir edýän naprýaženiýeleriň tapawutlaryna deň bolýar (1.7-nji b çyzga seret).



1.7-nji çyzgy. Naprýaženiýeniň

$$\phi = U_k - U_{göni}$$

Naprýaženiýeler özara deňleşenlerinde ( $U_k - U_{göni}$ ) päsgelçiligiň potensialy nula deň bolýar. Bu bolsa, esasy zaryadlary äkidijileriň ýerleşän tarapynda elektronlaryň we deşikleriň erkin diffuziýalanmagyna sebäp bolup, olaryň şol

ýarymgeçirijilerdäki özlerine ters alamatly bölegine tarap hereketlenmegine getirýär. Şeýlelikde,  $U_{göni}$  – naprýaženiýeniň ösmegi bilen ösýän  $I_{göni}$  – tok **p-n** geçişde örän uly bahalara eýe bolup bilýär.

Ýarymgeçirijileriň düzüminde zaryadlary äkidijileriň mukdaryny köpeltmek bilen, geçelgeden elektronlar we deşikler geçende (esasy böleginden esasydäl bölegine we tersine) päsgelçilik döredýän potensialyň pese gaçmagy bolup geçýär.

### **Zaryadlary äkidijileriň emeli usul bilen köpeldilmegi netijesinde**

**p-n** geçelgede päsgelçilik döredýän potensialyň peselmegine **inžeksiýa** diýilýär

**Inžeksiýa** – (Latyn – Fransuz sözi) belli ugura çüwdürilip geçmek diýmekdir.

Simmetrik **p-n** geçelgede deşikleriň inžeksiýasynyň **p** – bölekden **n** - bölege geçişi bilen elektronlaryň inžeksiýasynyň **n** – bölekden **p** – bölege geçiş tizlikleri (intensiwlikleri) özara deňdirler.

Inžeksiýa sebäpli esasydäl zaryadlary äkidijiler özleriniň alamatlaryna göre ters tarapa geçenlerinden soň (meselem, inžektirlenen deşikler **p** – tarapdan **n** – tarapa geçenden soň) şol geçen tarapyň göwrümüne siňmek bilen, öz hereketlerini dowam edýärler.

Bu hereketler diffuziýanyň hem-de dreýflenmegiň netijesinde bolup geçýär, sebäbi daşyndan berilýän naprýaženiýaniň täsirinden ýarymgeçirijiniň göwrümünde elektrik meýdany bilen konsentraziýanyň **gradiýentiniň** döremegi bolup geçýär.

Ýylylyk sebäpli **p-n** geçelgeden içki giňişlige (göwrüme) geçip gidýän esasydäl zaryadlar ýylylygyň  $I_{ýyl}$  – toguny döredýär. Ýylylygyň döreden  $I_{ýyl}$  – togy esasy zaryadlary äkidijileriň döreden diffuzion  $I_{dif}$  – togundan (Göni tokdan) birnäçe derejeli tertipde kiçidir.

Daşky zynjyrdan akýan  $I_{göni}$  – tok ýarymgeçiriji kristalyň üsti bilen  $U_{göni}$  – diýip ýazylgy çeşmäniň plýusundan minusyna tarap akýar.

Praktikada ulanylýan simmetrikdäl geçişler ýarymgeçirijilerde (ýagny, elektronlaryň we deşikleriň konsentrasiýalarynyň özara deňdäl ýagdaýynda) elektronlaryň we deşikleriň inžeksiýalary birtaraplaýyn häsiýete eýedirler. Meselem,  $p$  – bölekdäki deşikleriň konsentrasiýasy  $n$  – bölekdäki elektronlaryň konsentrasiýasyndan birnäçe derejeli tertipde köp bolsa, onda deşikleriň

$n$  – bölekdäki diffuziýasy, elektronlaryň  $p$  – bölekdäki diffuziýasyndan birnäçe esse köp ( $p_n \gg n_n$ ). Şular ýaly ýagdaýda  $p$  – deşiklerden  $n$  – bölekdäki inžeksiýasyna (  $n$  – elektronlaryň inžeksiýasyny hasaba almasak) diňe birtaraplaýyn diýip bileris.

Simmetrik däl  $p$ - $n$  geçişli ýarymgeçirijileriň udel garşylygy kiçi bölegine (garyndynyň konsentrasiýasynyň köp tarapynda) ýagny inžeksiýanyň köp bolup geçýän ýerine **emitter** diýilýär, inžeksiýa üçin esasydäl zaryadlary iberýän beýleki bölegine bolsa **baza** diýilýär.

**Ters polýarly naprýaženiýede  $p$ - $n$  geçiş. Wolt – Amper häsiýetnamalar.**

Ters naprýaženiýe diýlip elektrik çeşmesinden berilýän  $U$ -naprýaženiýeniň polýary  $U_k$  – naprýaženiýeniň polýary bilen gabat gelende aýdylýar : - çeşmäniň (+) tarapy ýarymgeçirijiniň  $n$  – tarapy bilen, ( - ) tarapy bolsa  $p$  – tarapy bilen birikdirilende aýdylýar (8-nji a çyzga seret). Şeýle birleşdirilende  $\phi$  – potensialyň san bahasy artýar, sebäbi bu potensial  $U_k$  bilen  $U_{ters}$  – naprýaženiýeleriň jemine deňdir (8-nji b çyzga seret )

$$\phi = U_k + U_{ters}$$

Potensial böwediniň ( $\phi$  – niň) artmagy  $p$ - $n$  geçelgeden geçjek bolup dyzaşýan esasy zaryadlary äkidijileriň diffuziýasyna güýçli garşylyk görkezýär we  $U_{ters}$  -

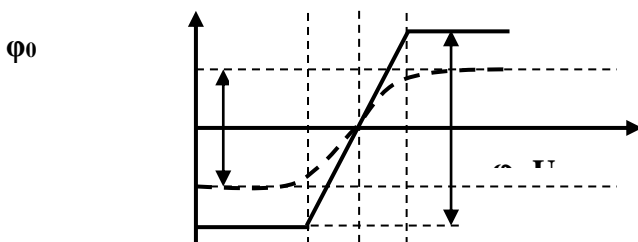
naprýaženiýeniň birnäçe bahalarynda diffuzion hadysa düýbünden kesilýär.

Şol bir wagtyň özünde polýary boýunça ters birleşdirilen daşky çeşmäniň döreden elektrik meýdanynyň täsirinden esasy zaryadlary äkidijiler **p-n** geçelgeden daşlaşýarlar we **p-n** geçelgäniň giňelmegine sebäp bolýarlar. Içki elektrik meýdany **p-n** geçelgede esasydäl zaryadlary äkidijileriň geçelgeden böwsüp geçmegine ýardam edýär.

Esasy-däl zaryadlary äkidijileriň **p-n** geçelgeden geçende mukdarynyň ujypsyzdyklary sebäpli, olaryň hereketlerinden döreýän tok hem örän ujypsyzdyr. Şonuň üçin-de, ters naprýaženiýede döreýän toga, ugry boýunça göni toguň tersine taraplygy üçin, tersine akýan  $I_{ters}$  – tok diýilýär.

Ters tok häsiýeti boýunça **dreýf** toguň netijesidir, sebäbi dreýf tok ýylylyk sebäpli döreýändigini belläpdik. Şonuň üçin-de (ýylylygyň döredýän togy bolany üçin) daşyndan berilen naprýaženiýeniň meýdanýndan bagly däldir diýilýär. Diýmek  $I_{ters} = I_{ýylylyk}$  diýip biliris.

Ters  $U_{ters}$  – naprýaženiýe berilende **p-n** geçelgede elektrik meýdanynyň esasydäl zaryadlary tutup, elektrik geçirijiligi boýunça ters ugura tarap alyp gitmek prosesine **ekstrasiýa** (Latynça – çekip, goparyp almak) diýilýär.



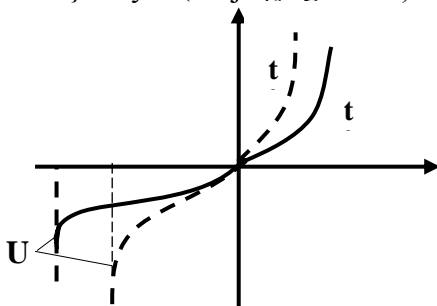
8-nji çyzgy. Ters naprýaženiýe berilende elektronly-deşikli geçiş .

a ) ters birleşdirilen shemasy ; b) Potensial böwet (barýer)

b)



Göni we ters polýarly naprýaženiýeli **p-n** geçişiniň wolt –amper häsiýetnamasyna seredeliň. **p-n** – geçişliginiň wolt-amper häsiýetnamasy diýlip  $I_{göni} = f(U_{göni})$  we  $I_{ters} = f(U_{ters})$  baglanşyklara düşünilýär (9-njy çyzga seret).



9.-njy çyzgy.

**p-n** geçişiniň

Bu häsiýetnama iki bölekden ybaratdyr :

birinjisi  $I_{göni} = f(U_{göni})$  baglanşykdyr – birinji çäryýekde ýerleşýär ;

ikinjisi  $I_{ters} = f(U_{ters})$  baglanşykdyr – üçünjü çäryýekde ýerleşýär.

Çyzgyda göni we ters toklara bolan temperaturanyň täsiri ( - - - ) keltejik çyzyklar bilen görkezildi.

Temperaturanyň ösmegi göni we ters toklaryň ikisiniň-de ösmegine hem-de **böwsüş** naprýaženiýesiniň peselmegine sebäp bolýar.

Temperatura ýokary galdygyça **p-n** geçişe edýän täsiriniň sebäplerini göni we ters garşylyklaryň azalýandyklary, jübt zaryadlary äkidijileriň termogenerasiýalygy hem-de potensialyň  $\phi$  – böwediniň azalýandygy bilen düşündirilýär.

Aslyýetinde **p-n** geçişliginiň wezipesi togy diňe bir tarapyna geçirip, beýleki (ters) tarapyna örän az (ujypsyz) geçirmelidir. Şonuň üçin-de bular ýaly ýarymgeçirijilere geçirişi boýunça birtaraplaýyn diýilýär.

## Tiristorlar.

**Kesgitlemesi.** Tiristorlar iki sany durnukly ýagdaýly, üç ýa-da üçden-de köp **p-n** – geçişi bolan ýarymgeçiriji abzaldyr. Iki sany ýagdaýy diýlip, tiristoryň ýapyk ýagdaýyndan açylyp ýa-da açyk ýagdaýyndan ýapylyp bilýänligine düşünmeli.

**Tiristor** – grek we iňlis sözleriniň, grekçe thyra – gapy, girelge + iňlis **(res)istor** – garşylyk sözleriniň goşulmaklarynyň netijesidir.

Tiristorlary hem beýleki ýarymgeçiriji abzallar ýaly birnäçe toparlara bölýärler, olar : simmetrik we simmetrik däl, diodly we triodly, dolandyryp bolýan we dolandyryp bolmaýan, ýapylyan we ýapylmaýan ýaly toparlara bölünýärler. Aşakda tiristorlaryň toparlara bölünüşiniň shemasy ýerleşdiril

Çet ýurt sözleriniň ulanylmagy we olaryň manylary.

**Triak** – Iňlis. Triode Alternating Current switch – Üýtgeýän togy açyp - ýapyjy.

**Diak** – Iňlis. Diode Alternating Current Switch – Üýtgeýän togy diodly açyp-ýapyjy.

**Dinistor** – Grek sözi, di(s) - iki gezek + iňlis(rez)istor – garşylyk .

**Trinistor** – **Grek sözi, tri-üç + iňlis (rez)istor – garşylyk .**

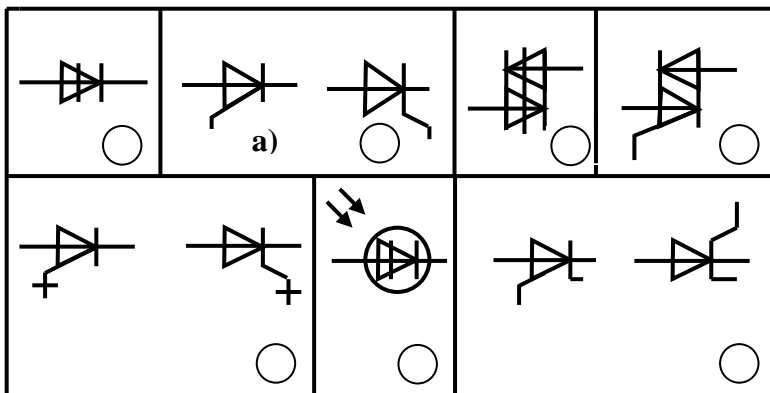
Simmetrik tiristorlara **simistorlar** hem diýilýär. **Simistorlar** diýlip, polýarlaryň göni we ters ýagdaýlarynda (tapawudy ýok) shemany ýapyk ýagdaýdan açyk ýagdaýa geçirýän tiristorlara aýdylýar.

Tiristorlaryň aglabasy ýapylmaýan häsiýetlidirler (ýagny, işläp bolandan soň açyk ýagdaýynda saklanýarlar).

Tiristorlar işläp bolandan soň, ýörite usul bilen täsir edip ýapmaklygy talap edýär.

Tiristorlaryň käbir toparyny elektrik signallaryň täsiri bilen açyk ýagdaýdan ýapyk ýagdaýa we tersine, ýapyk ýagdaýdan açyk ýagdaýa-da geçip bolýar. Şular ýaly tiristorlara **ýapyp** bolýan ýa-da iki operasiýaly tiristorlar diýilýär.

### Tiristorlaryň elektrik shemalarynda şertli belgilenişleri.



3.-nji

Çyzgyda görkezilen şertli belgileriň manylary

1 – Diodly tiristor, polýary ters birikdirilende ýapyk (üstünden tok

geçirmeýär).

2 – Triodly tiristor, polýary ters birikdirilende ýapyk :

a) anody bilen dolandyrylýar ;

b) katody bilen dolandyrylýar ;

3 – Simmetrik diodly tiristor .

4 – Simmetrik triodly tiristor .

5 – Triodly tiristor , ýapylýan :

- a) anody bilen dolandyrylýar ;
- b) katody bilen dolandyrylýar.

6 – Fototiristor.

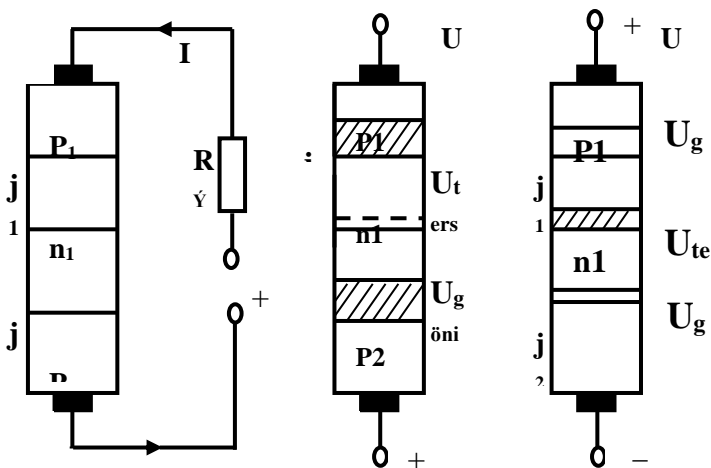
7 – Triodly tiristor, ters ugruna üstünden tok geçirýär :

- a) anody bilen dolandyrylýar ;
- b) katody bilen dolandyrylýar.

Diodly tiristorlar. (Dinistorlar)

1) Diodly simmetrik däl tiristor (dinistor).

Dolandyryp bolmaýan diodly tiristorlaryň gurluşy dörtgatlakdan ýygnaýar. Bu gatlaklar **p-n** tertipde biri beýlekisiniň yzyna tirkeşdirilýär, ýagny **p<sub>1</sub> → n<sub>1</sub> → p<sub>2</sub> → n<sub>2</sub>** (3.19-njy çyzga seret). Şular ýaly tiristorlaryň iki sany çykalgasy bolup, onuň daşky gatlagynyň **p<sub>1</sub>** – elektrodyna **A** – anod, **n<sub>2</sub>** – elektrodyna bolsa **K** – katod diýilýär.



4-njy

K

Diodly tiristoryň shemalara birleşdirlişi ;

- a) Ters ugurly polýarda **p-n** – geçişlerdäki naprýaženiýeler ;
- b) Göni ugurly polýarda **p-n** – geçişlerdäki naprýaženiýeler.

Dolandyryp bolmaýan iki elektrodly tiristorlaryň elektrik shemalarynda diňe bir taraplaýyn birleşdirlişi bolýar. Özara goňşy her bir jübüt gatlaklar özleriniň dürli elektrik geçirijiliklerdigine garamazdan **p-n** geçelgäni emele getirýärler.

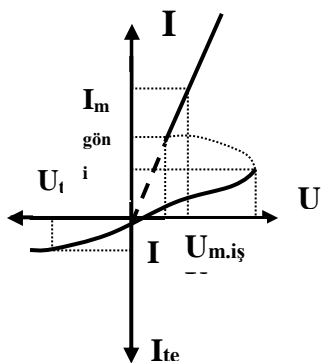
Tiristoryň **j<sub>2</sub>** – geçelgesine düşýän **U<sub>göni</sub>** - naprýaženiýe örän ujypsyzdyr, şonuň üçin-de daşyndan berilýän ähli **U<sub>a</sub>** – naprýaženiýe **j<sub>1</sub>** bilen **j<sub>3</sub>** – geçelgeler özara paýlaşýarlar diýsek ýalňyş bolmaz. Şeýle ýagdaýda tiristor özüni edil naprýaženiýesi ters berilen diod ýaly alyp barýar. Anoddaky tok kiçelip nula golaýlaşýar we **j<sub>1</sub>** hem-de **j<sub>3</sub>** – geçelgelerdäki tersine akýan toklar bilen deňleşýär. Netijede tiristor ýapyk ýagdaýa geçýär.

Eger-de tiristora göni **U<sub>göni</sub>** - naprýaženiýe berilse onda tiristoryň **p-n** geçelgelerindäki naprýaženiýeleriň polýarlary üýtgär. Şeýlelikde **j<sub>1</sub>** we **j<sub>3</sub>** geçelgelerde göni naprýaženiýe, **j<sub>2</sub>** – geçelge bolsa ters naprýaženiýe bolýar. Şeýle ýagdaýda çetki ( **j<sub>1</sub>** bilen **j<sub>3</sub>** ) geçelgelere düşýän naprýaženiýe örän ujypsyz bolýar. Hakykatda welin, ähli daşyndan berilýän naprýaženiýe ortadaky

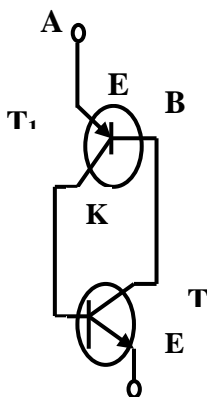
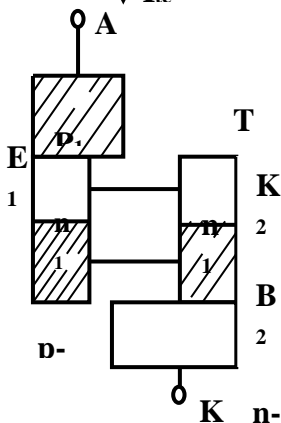
**j<sub>2</sub>** – geçelgä düşýär. Bu geçelgelerde beýle-bir uly bolmadyk zaryady äkidijileriň togy döreýär. Tiristor hem şular ýaly şertde ýapyk ýagdaýynda galmagyny dowam edýär. Eger-de,

tiristoryň anodyna düşýän **U<sub>a</sub>** – naprýaženiýesini ulaltsak, onda haýsy-da bolsa bir kesgitli **U<sub>gir</sub>** – naprýaženiýe ikinji **j<sub>2</sub>** – geçelgede zaryadlaryň böwüsmegi (çüwdürimi) başlanýar, netijede tiristoryň togy (anodyň zynjyrynda) ýüküň **R<sub>y</sub>** – garşylygyna laýyklykda böküp ösýär.

Tiristoryň anodynda toguň şeýle ulalmagy tiristoryň garşylygynyň peselip ujypsyz bahasyna çenli kiçelmegine getirýär. Bu peselmegiň kiçiligi tiristoryň ýapyk ýagdaýyndaky garşylygy bilen deňeşdirlip anyklanylýar. Tiristoryň Wolt-Amper häsiýetnamasy 5-nji çyzgyda görkezildi.



5-nji çyzgy.  
Dolandyryp  
bolmaýan  
diodly  
tiristorvň



6-nji çyzgy.  
Tiristorlaryň  
iki sany  
tranzistor  
görnüşde  
aňlady-lyşy.

Tiristoryň birnäçe parametrleri 7-nji çyzgydaky häsiýetnamada görkezildi. Olardan  $U_{a\phi}$  ,  $I_{a\phi}$  – tiristoryň açylyp işläp başlandaky naprýaženiýesi we togy.

$I_{\phi\phi}$  – saklaýjy tok. Şu toguň bahasynda tiristor ýene-de böküp ýapyk ýagdaýyna geçýär.

$I_{\max, \text{göni}}$  – Tiristoryň üstünde göni tarapa geçýän toguň maksimal bahasy.

$U_{\max, \text{iş}}$  – Göni polýarda  $I_{\max, \text{göni}}$  – tok wagty tiristora düşýän naprýaženiýe.

$I_{\max, \text{ters}}$  – Tiristoryň üstünden ters tarapa geçmeli toguň maksimal bahasy.

$U_{\max, \text{ters}}$  – Ters polýarda  $I_{\max, \text{ters}}$  – tok wagty, tiristora düşýän naprýaženiýe.

$I_{\phi\phi}$  – Öçüriji tok (toguň şu bahasynda tiristor ýapylýar).

$U_{\phi\phi}$  – Öçen wagtyndaky naprýaženiýe.

Tiristoryň gurluşyna iki sany dürli tipli tranzistoryň jemi hökmünde seretmek bolar. Eger-de, 3.21-nji çyzgyda görkezilen shemalara seretseňiz, onda her bir tranzistoryň bazasynyň beýleki tranzistoryň kollektoryna birleşdirlendigini görsiňiz. Bu iki tranzistoryň birinjisi  $T_1$ , ikinjisi  $T_2$  bilen belgilenip, gurluşy **p-n-p** tranzistorda emitteri –  $p_1$  , bazasy –  $n_1$  , kollektory –

$p_2$  , gurluşy **n-p-n** tranzistorda bolsa, emitteri –  $n_2$ , bazasy –  $p_2$ , kollektory –  $n_1$

Birinji  $T_1$  – tranzistor üçin  $j_1$  – geçiş emitterli geçiş bolsa, onda ikinji  $T_2$  – tranzistor üçin  $j_3$  – geçiş hem emitterli geçiş bolýar,  $j_2$  – geçiş iki tranzistor üçin-de umumy kollektorly geçiş bolup hyzmat edýär.

Eger-de, emitterli geçişe göni naprýaženiýe bilen täsir edilýän bolsa, onda kollektorly geçişe ters naprýaženiýe täsir edýär. Şeýle edilende tranzistor güýçlendiriji düzgünde işleýär. Iki sany tranzistoryň şular ýaly birleşmeklerinden emele gelen tiristor 3.21-nji **b** çyzgyda görkezildi.

Birinji  $T_1$  – tranzistor üçin kollektorly geçiş toguň bahasy  $\alpha_1 \cdot I_{\text{emit.1}}$  – deňdir, bu ýerde  $\alpha_1$  – emitterdäki togy geçirijilik koeffisiýentidir. Onda ikinji

$T_2$  – tranzistor üçin  $\alpha_1 \cdot I_{\text{emit.2}}$  – bolar. Bulardan başga-da  $j_2$ -nji kollektorly geçişden iki tranzistoryň-da ters toklarynyň jemi goşulyp  $I_{k.\text{ters}}$  – tok akýar. Bu tok esasy-däl hasap edilýän zaryadlaryň netijesidir, ýagny  $n_1$  – gatlakdaky ujypsyz (+) alamatly  $p$  – deşikleriň  $n_1$  – gatлага tarap hereketi we  $p_2$  – gatlakdaky ujypsyz (–) – alamatly  $n_1$  – gatлага tarap hereketleridir.

Kollektordan akýan doly toga ýokarda agzalan üç sany toklaryň jemi hökmünde seredip bileris.

$$I_{j2} = \alpha_1 \cdot I_{\text{emit.1}} + \alpha_2 \cdot I_{\text{emit.2}} + I_{k.\text{ters}}$$

ýa-da  $j_2$ -nji geçelgeden we emitterden akýan toklaryň bir  $I_a$  – tokdugyny göz önünde tutsak, onda deňlemäni başga görnüşde-de ýazyp bileris.

$$I_a = \alpha_1 \cdot I_a + \alpha_2 \cdot I_a + I_{k.\text{ters}}$$

Bu deňlemeden tiristoryň zynjyry üçin we anodyndan geçýän tok üçin deňleme ýazyp bileris.

$$I_a = \frac{I_{k.\text{ters}}}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2)}$$

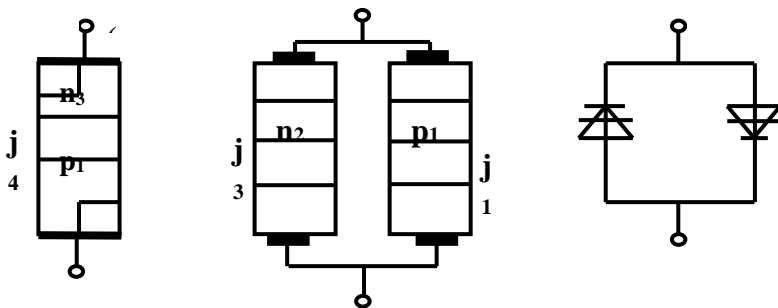
Tiristoryň bir iş ýagdaýyndan ikinji iş ýagdaýyna geçip durmagynyň şerti anodyň togy üçin ýazylan  $I_a$  – aňlatmada  $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$  deňligi ýerine ýetirmelidir. Şeýle ýagdaýda maýdalawjy nula öwrülýär,  $I_a$  – tok bolsa tükeniksiz çenli ösýär. Toguň tükeniksiz çenli ösmegini anod zynjyryna birleşdirilen elektrik ýüküň  $R_{\text{yük}}$  – garşylygy bilen çäklendirilýär.

## 2) Diodly simmetrik tiristor (diak).

Diodly simmetrik tiristoryň gurluşy 8-nji a çyzgyda ýerleşdirildi. Çyzgydan görnüşi ýaly, görkezilen (+) we (–)



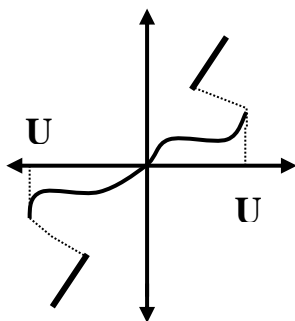
polýarly naprýžaženiýe-de tiristoryň çep bölegi işleýär. (8-nji b çyzga seret).



8-nji çyzgy. a) diodly simmetrik tiristoryň gurluşy ;

b) bilen ç) simmetrik däl diodly tiristorlaryň üsti bilen ekwiwalent çalyşylmagy.

Diodly simmetrik tiristoryň Wolt-Amper häsiýetnamasy 9-nji çyzgyda görkezildi.



9-nji çyzgy. Diodly simmetrik tiristoryň Wolt-

## Triodly tiristorlar.

### 1. Triodly simmetrik däl tiristor (Trinistor).

Adyndan belli boluşy ýaly, triodly tiristorlaryň üç sany elektrodлары (çykalgasy) bolýar. Anod we katod ýaly esasy çykalgalaryndan başga-da tiristoryň içindäki gatlaklarynyň haýsy-da bolsa birinden ( $p_2$  ýa-da  $n_1$ ) dolandyryjy elektrody çykarylýar.

Eger-de, dolandyryjy elektrody bazanyň  $p_2$  – gatlagyndan çykarsak (3.24-nji çyzga seret) , onda dolandyryjy  $E_{dol}$  – çeşme katod bilen  $p_2$  – aralyga birikdirilýär. Şular ýaly shemany katody dolandyrmak üçin ulanýarlar. Şonuň üçin-de katody dolandyrylýan shema-da diýilýär.

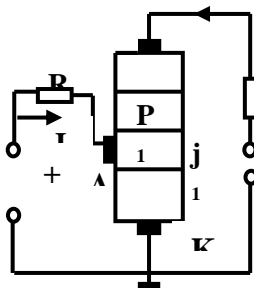
Eger-de, dolandyryjy elektrody bazanyň  $n_1$  – gatlagyndan çykarsak, onda dolandyryjy  $E_{dol}$  – çeşme anod bilen dolandyryjy elektrod  $n_1$  – aralyga birikdirilýär. Şular ýaly shemany **anody** dolandyrmak üçin ulanýarlar. Şonuň üçin-de anody dolandyrylýan shema-da diýilýär.

Iki ýagdaýda-da dolandyryjy  $E_{dol}$  çeşme emitterli geçişleriň haýsy-da bolsa (  $j_1$  ýa-da  $j_2$  ) biriniň üstünden dolandyryjy  $I_{dol}$  – toguň göni tarapyna geçär ýaly edilip birleşdirilýär.

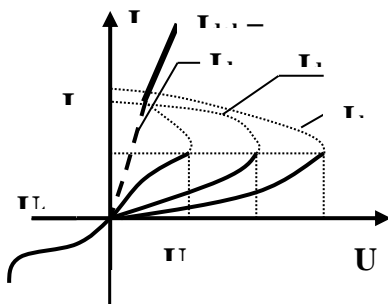
Tiristoryň iş düzgünine dolandyryjy toguň täsir edişini özleşdireliň.

10-nji çyzgyda tok bilen dolandyrylýan tiristoryň shemasy şekillendirildi .

Elektrik zynjyry degişli  $E_{dol}$  we  $E_a$  EHG –lere birleşdirilip tranzistor işläp başlanyndan dolandyryjy  $I_{dol}$  – tok dolandyrylýan emitteriň üsti bilen  $j_3$ -nji geçelgeden geçip **K** – katoda tarap akýar we emitterden akýan toklaryň üstüne goşulyp äkidiji  $\alpha_2$ -nji koeffisiýentiň ulalmagyna sebäp bolýar.



10-nji  
çyzgy. Katody



11-nji çyzgy.  
Triodly tiristoryň

Wolt-Amper häsiýetnamadan şeýle netija gelip biliris, ýagny kollektorly

$j_3$  – geçelgede tok ösýär, diýmek tiristoryň zynjyryndaky  $I_{aç}$  – tok bilen

$U_{aç}$  – naprýaženiýe kiçi naprýaženiýelerde-de bolup geçýär (3.25-nji çyzga seret).

Tiristoryň ýapyk ýagdaýyndan açyk ýagdaýa geçende bolup geçýän ähli prosesler tok çeşmesinden berilýän esasy naprýaženiýeniň we onuň dolandyryjy togunyň täsirlerinden açylýar we şolar bilen düşündirilýär. Prosesleriň hemmesi  $I_{dol}=0$  bolanda we naprýaženiýe  $U=U_{aç}$  bahasyna ýetende amala aşýar.

Dolandyryjy  $I_{dol}$  – toguň bahasy näçe uly boldugyça şonça-da tiristory açýan  $U_{aç}$  – naprýaženiýeniň san bahasy kiçelýär. Bu bolsa dolandyryjy

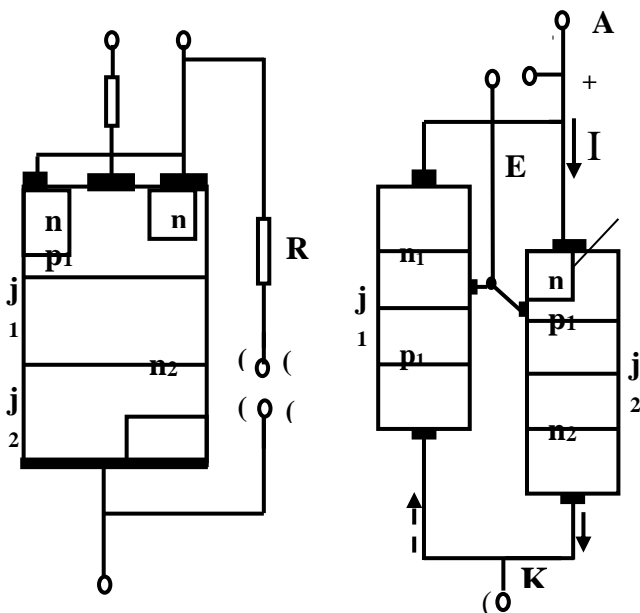
$I_{dol}$  – toguň dürli bahalarynda göni tok bilen göni naprýaženiýede alnan häsiýetnamalar toplumyna täsir edýär (11-nji çyzga seret). Dolandyryjy toguň belli bir bahasynda, meselem  $I_{d,göni}$  – toga göni ýola düşen dolandyryjy tok diýilýär.

Naprýaženiýeniň göni bahasynda tiristoryň häsiýetnamasynyň göni bölegi edil diodyň Wolt-Amper häsiýetnamasy ýaly açyk bolýar.

### Triodly simmetrik tiristor (Triak).

Triodly simmetrik tiristor (Triakda) dolandyryjy elektrodyna signal berilende (göni ýa-da tersine tapawudy ýok) simmetrik tiristor iki tarapyna-da işläp bilýän abzaldyr (12-njy a çyzga seret).

Seredilýän simmetrik tiristoryň gurluşy alamatlary boýunça iki sany garşydaş, ýöne parallel birikdiren tiristorlardyr diýse bolýar.



12-njy çyzgy.

- Triodly simmetrik tiristoryň gurlusy we shemalara çatylyşy ;
- Triodly simmetrik tiristory iki sany

Simmetrik tiristoryň ýarty bölegi, meselem sag bölegi **p<sub>1</sub>-n<sub>2</sub>-p<sub>2</sub>-n<sub>3</sub>** tirkeşme emelegetirip **j<sub>2</sub> ; j<sub>3</sub> ; j<sub>4</sub>** geçelgelerden ybaratdyr

(12-njy **b** çyzga seret). Simmetrik alamatly bolmalydyr. Şeýle bolanda **j<sub>2</sub>** we **j<sub>4</sub>** geçelgeler göni naprýaženiýeli, emma **j<sub>3</sub>** – ters naprýaženiýeli ýagdaýda galýarlar.

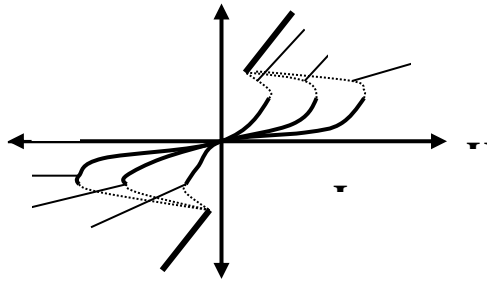
Eger-de, dolandyryjy **E<sub>a</sub>** – emitteriň elektrodyna **A** – anoda görä (+) – alamatly impuls berilse, onda goşmaça **j<sub>5</sub>** – geçelgede göni naprýaženiýe döräp, elektronlar **n<sub>4</sub>** – nji gatlakdan **p<sub>1</sub>** – gatлага tarap çüwdürilýärler (ýagny, elektronlaryň inžeksiýasy bolup geçýär). Şeýlelikde, **n<sub>4</sub>**-den **p<sub>1</sub>**-e tarap çüwdürilip gelýän elektronlar diffundirläp (hem dargap hem-de siňip) **n<sub>2</sub>** – gatлага **j<sub>2</sub>** – geçelgedäki kontaktlaryň döredýän potensiallarynyň tapawutlaryna-da döz gelip, ony böwsüp **n<sub>2</sub>** – gatлага geçýär.

Ýokardan ( **p<sub>1</sub>** – gatlakdan ) gelýän elektronlaryň derdinden **n<sub>2</sub>** – gatlak elektronlardan aşa doýýar we **j<sub>2</sub>** – geçelgedäki göni naprýaženiýeniň ulalmagyna getirýär.

Bu bolup geçýän ýagdaý **p<sub>1</sub>** – gatlakdan **n<sub>2</sub>** – gatлага elektrik deşikleriniň inžeksiýalanmagyna (çüwdürimine) sebäp bolýar. Soňra olar, öz gezeginde diffundirlenip (ýaýrap hem-de siňip) **n<sub>2</sub>** – gatlagyň üsti bilen ters naprýaženiýeniň täsirinden **j<sub>3</sub>** – geçelgäniň üsti bilen **p<sub>2</sub>** – gatлага geçip başlaýarlar. Netijede **p<sub>2</sub>** – gatlakda elektrik deşikleriniň **n<sub>2</sub>** – gatlakda bolsa elektronlaryň üýşmekleri tiristoryň ýapyk ýagdaýyndan açyk ýagdaýyna geçmekligine sebäp bolýar.

Triodly simmetrik tiristoryň naprýaženiýesiniň polýarlary tersine üýtgedilende **K** – katoda (+) , **A** – anoda (–) potensiallar berilende göni naprýaženiýe tiristoryň çep tarapyna düşýär we **p<sub>2</sub>** – **n<sub>2</sub>** – **p<sub>1</sub>** – **n<sub>1</sub>** tirkeşme emele getirip **j<sub>3</sub>** , **j<sub>2</sub>** , **j<sub>1</sub>** geçelgelerden ybaratdyr (12-njy **b** çyzga seret ).

Naprýaženiýeniň polýarlary şeýle üýtgedilende **j<sub>3</sub>** we **j<sub>1</sub>** geçelgelerde göni naprýaženiýe dörär, **j<sub>2</sub>** – geçelgä bolsa ters naprýaženiýe düşer.

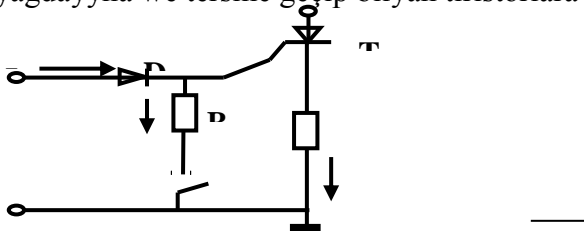


Dolandyryjy elektroda berilen signalyň impulsy  $j_1$  – geçelgede goşmaç

Ýokarda düşündirilen tiristorlaryň hemmesinde bolup geçýän ýagdaýlar simmetrik triody tiristoryň Wolt-Amper häsiýetnamalar toparynda görkezildi

### **Açylyp we ýapylyp bilýän tiristorlar.**

**Kesgitlemesi.** Islän wagtyň açyp ýa-da ýapyp bolýan tiristorlar diýlip, tiristoryň dolandyryjy elektrodyna belli bir polýarda naprýaženiýe signaly berilende ýapyk ýagdaýyndan açyk ýagdaýyna we tersine geçip bilýän tiristorlara aýdylýär.



14-nji çyzgy. Iki amally tiristoryň

13-nji çyzgy. Simmetrik triodly tiristoryň Wolt-Amper häsiýetnamasy

Eger-de  $I_{dol(-)} \geq E_a$

$$\frac{I_a}{K_{\text{öç}}}$$

Bu ýerde  $K_{\text{öç}}$  – öçüriş koeffisiýenti.

Eger-de,  $S$  – açar ýapyk (birleşdirilen) bolsa, onda anoddaky tok ulalýar

$$I_a = I_{\text{ýük}} + I_{\text{dol}} (-) \leq I_{a.kriz}$$

Bu ýerde,  $I_{a.kriz}$  – anoddaky toguň iň soňky uly (krizis) derejesidir.

Bu tok özünüň  $I_{a.kriz}$  – **krizis** bahasyna  $K_{\text{öç}} \rightarrow 0$  bolanda ýetýär.

Şonuň üçin-de tiristory öçürmek üçin şu açakdaky deňsizlik berjaý bolmalydyr.

$$I_{\text{dol}}(-) >> \frac{I_{\text{ýük}} + I_{\text{dol}}(-)}{K_{\text{öç}}}$$

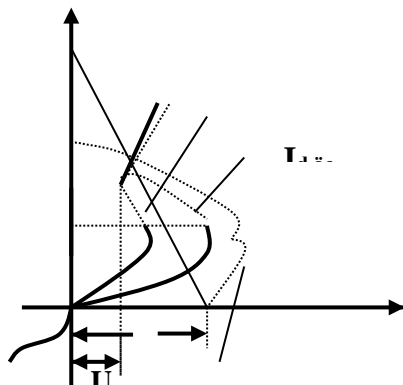
Bu ýerde  $I_{\gamma} = \frac{E_a}{R_{\gamma}}$  elektrik ýükündäki tok

$I_a$  – tiristoryň öçüriljek wagtynda amplituda bahasy.

$I_{\text{dol}}(-)$  – tiristory öçürmek üçin hökmany gerek bolýjak dolandyryjy toguň iň kiçi bahasynyň amplitudasy. Iki amally (açyp hem ýapyp bilýän) tiristorlaryň praktikada kän ulanylmaýanlygynyň sebäbi bu abzalyň nominal naprýaženiýesiniň hem-de nominal togunyň örän kiçiligi bilen düşündirilýär.

Häzirki döwürde 5-10 mks wagtda naprýaženiýesi 1400 w, togy 250 A we ondan-da ýokary bahalarda açylyp we ýapylyp bilýän tiristorlar praktikada ornaşyp başlady. Iki operasiýaly (ýa-da iki amally) tiristorlaryň bir operasiýaly tiristorlardan artykmaç tarapy beýle bir çylşyrymly shemany talap etmeýänligidir (shemasynyň ýönekeýligidir). Açylyp we

ýapylýp bilýän tiristoryň dolandyryş shemasy 3.29-njy çyzgyda görkezildi.



16-njy çyzgy. Iki operasiýaly tiristoryň Wolt-Amper häsiýetnamasy.

Shemada **SB1** – düwmäni basanyňdan  $R_1$ ,  $R_2$  garşylyklaryň  $T_1$  – tiristoryň üstlerinden  $I_{d01} > 0$  tok  $T_1$  – tiristoryň geçelgesinden akyp başlaýar. Dolandyryjy signal aýrylandan soň  $T_1$  – tiristor açyk ýagdaýynda galýar.

Shemada **SB2** – düwmäni basanyňda dolandyryjy  $I_{d01}$  – tok tersine akyp başlaýar we tiristory öçürýär.

Shemadaky  $R_1$ ,  $R_2$  rezistorlar gerek bolan dolandyryjy  $I_{d01}$  – togy öz bolmaly bahasynda saklamaklygy üpjün edýär. Has hem  $T_1$  – tiristory açmaly ýa-da öçürmeli bolanda  $I_{aç}$  we  $I_{öç}$  toklaryň çäkli saklanmagyny üpjün edýär.

Bu toklaryň (ýagny  $I_{aç}$  we  $I_{öç}$ ) bahalary köplenç **5-10** esse ýükdäki  $I_y$  – tokdan kiçi bolýar.

Açylýp we ýapylýp bilýän tiristoryň Wolt-Amper häsiýetnamasy 3.30-njy çyzgyda ýerleşdirildi.

**Tiristorlary açmagyň we ýapmagyň usullary.**

Tiristorlary açmagyň usullary .



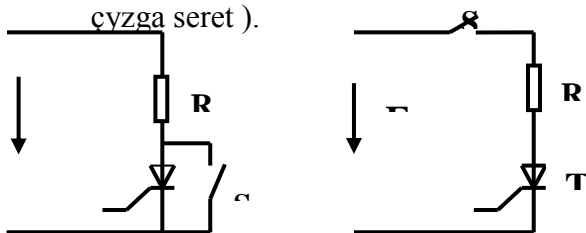
1. Anodyndan açmak – Tiristora berilýän göni naprýaženiýäni ulaltmak esasynda (dolandyryjy elektroda täsir etmezden ).
2. Dolandyryjy elektrodyň togy bilen açmak. Bu usul triodly tiristorlary açmak üçin ulanylýar.
3. Ýagtylygyň akymyndan peýdalanyňp açmak (fototiristor).
4. Magnit meýdanyndan peýdalanyňp açmak (magnitotiristor).
5. Mehaniki basyşyndan (maýşgaklykdan) peýdalanyňp açmak (tenzotiristorlar).

### Tiristorlary ýapmagyň usullary.

1. Anodyň toguny peseltmek arkaly.

Anodda saklanmaly tok pese düşende tiristor ýapylýar. Anod togunyň peselmegi bilen tiristoryň ýapylmagynyň iki görnüşi bardyr :

- a) iýmitlendiriji naprýaženiýe çesmesi elmydama periodly nul bahadan geçip durýanlygy üçin ;
- b) ýa-da. T – tiristora parallel goşmaça bir emeli shema geçirip togy dolandyrýarlar (17-nji a çyzga seret ).



17-nji çyzgy. Tiristorlaryň öçürliş shemasy.

- a) Anod – Katod zynjyry gysga utgaşdyrmak

esasynda öçürmek

ýa-da anod zynjyryny ýazdyrmak (17-nji b çyzgy ).

2. Dolandyryjy elektrodyň zynjyryndan öçürmek. Bu usul iki operasiýaly tiristorlarda ulanylýar.

**Tiristorlarda kommutasiýalaryň (bir ýagdaýdan başga ýagdaýa geçiş) görnüşleri** – hakyky we mejbury kommutasiýalara bölünýär.

Hakyky kommutasiýaly shemalar üýtgeýän tokda dörese, mejbury kommutasiýaly shemalar üýtgeýän we hemişelik toguň zynjyrlarynda döreýär.

Kommutasiýanyň iki görnüşiniň boluşy ýaly tranzistorlary olandyrmagyň-da iki görnüşi bardyr. Olaryň biri **keseligine** dolandyryşdyr. **Keseligine** dolandyryş diýlip, üýtgeýän sinus görnüşli naprýaženiýesiniň fazasy hemişe süýşende (abzaly iýmitlendiriji çeşmäniň fazasyna görä) aýdylýar.

Beýlekisi **beýikligine (boýuna)** dolandyryşdyr. **Beýikligine** dolandyryş – dolandyryjy elektroda berilýän hemişelik naprýaženiýe bilen tiristoryň daýanýan (byçgyň dişleri ýaly egri) naprýaženiýesi özara deňleşenlerinde tiristora berilýän naprýaženiýeniň iteklenmegi (dolandyryşy) bolup geçýär.

Naprýaženiýeler deňleşenlerinde shemada bir impuls ýa birnäçe impulslar ýa-da uzyn gönüburçly kyn aýlawly frontly impulslar emele gelýär.

Tiristorlar bilen elektrik zynjyrlaryny dolandyrmagyň birnäçe usullary bar, olar :

- a) amplitudaly ; b) fazaly ; c) fazaimpulsly ; d) impulsly – sanly (sifrli).

**Amplitudaly usul** – tiristoryň dolandyryjy elektrodyna ululygy (moduly) boýunça üýtgeýän naprýaženiýe berilýär.

Bu naprýaženiýe özüniň belli bir bahasyna ýetende (togy akdyrmaga güýji ýa-da **ukyby** ýetende) tiristor açylýar. Dolandyryjy elektrodyň naprýaženiýesini üýtgedip tiristoryň açylmak pursatyny hem üýtgedip bolýar.

**Fazaly usul** – bu usulda, dolandyryjy elektroda berilýän naprýaženiýeniň fazasyny anoda berilýän naprýaženiýa görä üýtgedip tiristory açyp bolýar.

**Faza impulsly usul** – dolandyryjy elektrodyna fronty dik eňňitli (**крытой**) naprýaženiýeniň impulsy berilýär. Bu usulda tiristoryň has takyk açylmagy bolup geçýär.

**Sanly – impulsly usul** – tiristoryň dolandyryjy elektrodyna birnäçe impulslaryň toplumy berilýär. Berilen impulslar toplumynyň dowamy dolandyryjy impulslaryň dowamyna deňdir. Impulslar toplumynyň ýygylgy (yzly-yzyna gelişi) impulslary öndürýän generatoryň parametrleri bilen kesgitlenilýär.

Sanly-impulsly usul islendik häsiýetli ýükde tiristoryň ynamly açylmagyny üpjün edýär hem-de tiristoryň dolandyryş geçelgesinde kuwwatyň isrip bolmagyny azaldýar.

#### **Tiristorly dolandyrmagyň görnüşleri :**

1. Magnitly güýçlendirijilerde ulanylýan dolandyryş sistemasy .
2. Ýarymgeçiriji abzallarda ulanylýan dolandyryş sistemasy :
  - a) bir geçelgeli tranzistorly dolandyryş shemaly ;
  - b) logiki dolandyryş shemaly.

#### **Tiristorlaryň harplar we sanlar bilen şertli belgilenişi (markirowkasy).**

Tiristoryň markalanyşy iki sany şertli belgilenişden ybaratdyr :

Olaryň bir görnüşü – kiçi we orta kuwwatly tiristorlar hem-de impuls togy 100 A çenli bolup bilýän impulsly tiristorlardyr.

Beýleki-ikinji görnüşü-has güýçli tiristorlardyr.

Dürli ýyllarda kiçi we orta tiristorlaryň şertli markalanyşy GOST-10862-64 we GOST-10862-72 boýunça kabul edilendir. GOST-10862-72 seredeliň:

Tiristorlaryň markalanyşynda **1-nji element** – harp ýa-da san-haýsy materialdan taýýarlanandygyny aňladýar. **Г**-ýa-da **1** – Germaniý ; **К** – ýa-da **2** – Kremniý ; **А** – ýa-da **3** Arsenid -galliý **Г** .

**2 – nji element** – harp, abzalyň görnüşini aňladýar **Н** – dinistor , **У** – trinistor.

**3 – nji element** – san, hil häsiýetini we nirede ulanyp bolýandygyny hem-de çykarylyş tertibini aňladýar.

**101** – den tä **199** – aralyklara kiçi we ortaça kuwwatly dinistorlar ýa-da tiristorlar. Açyk ýagdaýda togy **0,3 А** – den kiçidir ;

**201** – den tä **299** – aralykda orta kuwwatly. Açyk ýagdaýda togy **0,3 А** – den tä **10 А** – çenli ;

**301** – den tä **399** – aralykda kiçi kuwwatly. Ýapýan togy **0,3 А** bilen çäklenýär ;

**401** – den tä **499** – aralykda orta kuwwatly. Ýapýan togy **0,3 – 10 А** aralykda çäklenýär ;

**501** – den tä **599** – aralykda simistorlar, kiçi kuwwatly. Açýan togy **0,3 А** çenli ;

**601** – den tä **699** – aralykda simistorlar, orta kuwwatly. Açýan togy

**0,3 – 10 А** aralykda çäklenýär ;

**701** – den tä **799** – aralykda (1985-nji ýyldan bäri) kuwwatly tiristorlar goýberilip başlandy. Açyk ýagdaýda **0 ÷ 10 А** , impulsly togy **100 А** we ondan-da ýokary.

**4 – nji element** , harp **А** ; **Б** ; **В** we ş.m. Tipleri belli elementleriň dürli görnüşlerini (tapgyryny) aňladýar.

Meselem : **КУ 201 А** – Kremniý, tiristor, togy **0,3 ÷ 10 А** , orta kuwwatly, **А** – tapgyrda taýýarlanan.

## TRANZISTORLAR.

**Kesgitlemesi** : Tranzistorlar ýarymgeçirijilerden gurnalan abzal bolup, elektrik zynjrlarynda elektrik yrgyldylaryny güýçlendirmek we generirmek üçin ulanylýar.

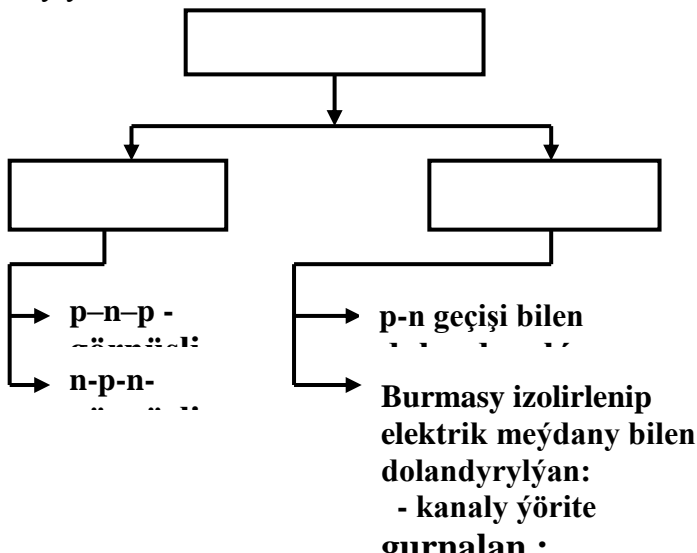
**Tranzistor** [İňlis sözi – **tran** (**sfor**) – üstünden geçirýän + (**re**) **zistor** – (garşylyk) sözlerden döräpdir.

**Tranzistorlaryň görnüşleri.** Islendik tranzistor ýarymgeçirijilerden ýygnaýar we olary görnüşleri boýunça iki topara bölýärler :

1) Ikipolýarly (**bi**-polýarly) tranzistorlar ;

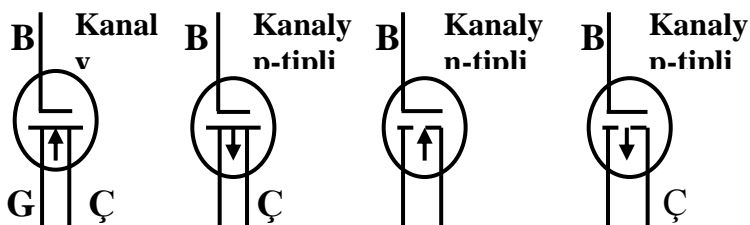
2) Birpolýarly (**uni**-polýarly) tranzistorlar.

Ikipolýarly tranzistorlarda elektron (**n**) we deşik (**p**) görnüşli togy äkidijileriň ikisi-de deňgüýçli ulanylýarlar. Emma, birpolýarly tranzistorlarda welin haýsy-da bolsa **bir** görnüşli geçirijiler ( **n-elektron** ýa-da **p-deşik**) ulanylýar.



**Shemalarda belgilenişi**

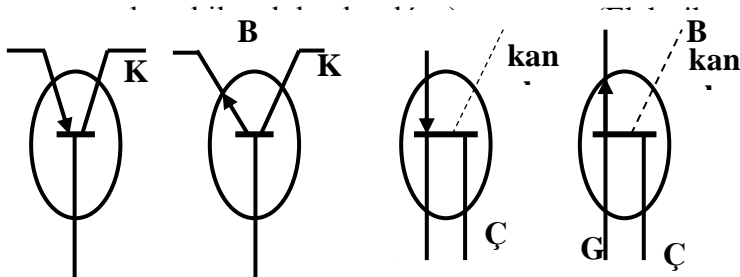
<b>p-n-p</b>	<b>n-p-n</b>	Elektrik
meýdany bilen		
Ikipolýarly tranzistorlar		
dolandyrylýan <b>p-n</b> geçişli		
tranzistorlar		
E – emitter		G –
girelgesi ;		Ç – çykalgasy ;
K – kollektor		B –
B – baza		
burmasy.		



### Ikipolýarly (bi-polýarly) tranzistorlar.

**Kesgitlemesi** : Ikipolýarly tranzistorlaryň üç sany Latyn sözi-

Burmasy izolirlenen	Burmasy
izolirlenen	
tranzistoryň içinde gurnalan	tranzistoryň
içinde gurnalan	
ýörite kanally (Elektrik meý-	ýörite
kanaly induksirlenen	



1-nji çygy. Ikipolýarly tranzistoryň gurluşynyň şertli düşündirlişi.

Tranzistorlaryň **p** we **n** görnüşleriniň giňişliklerinde **p-n** geçiş döreýär.

Togy döredijileriň köp bölegi tranzistoryň bir tarapyna (çyzgyda çep tarapyna), az bölegi tranzistoryň ortasynda galýar.

Togy döredijileriň has köp toplanyp ugradylýan ýerine (daşky bölegine) emitter diýilýär we **E** – harpy bilen belgilenýär, daşky bölegiň beýleki ýarysyna bolsa kollektor diýilýär we **K** – harpy bilen belgilenýär. Tranzistoryň içki bölegine baza diýilýär we **B** – harpy bilen belgilenýär.

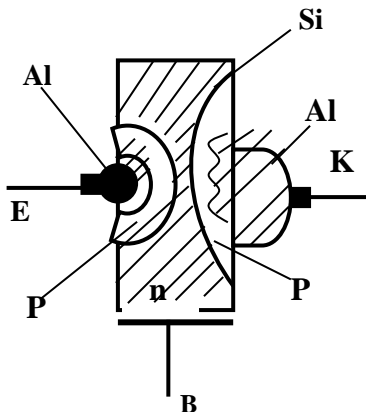
Emitter bilen baza aralygyndaky elektron-deşik (**p-n**) geçişe emitterli geçiş, kollektor bilen baza aralykdaky (**p-n**) geçişe bolsa kollektorly geçiş diýilýär.

Togy döredijileriň şular ýaly toplanmagy (konsentrasiýasy) bazanyň garşylygynyň ýokary omly , kollektoryň garşylygynyň pes omly, emitteriň bolsa has kiçi omly bolmagyna getirýär.

Bazanyň galyňlygy juda ýukadyr ýagny birnäçe mikrona deňdir.

Kollektorly geçişin tutýan meýdany emitteriň geçiş meýdanyndan birnäçe esse uludyr.

Tranzistoryň esasy massasy hökmünde Kremniý (**Si**) elementiniň ýa-da Germaniý (**Ge**) elementiniň kristalyndan ýasalyp iki sany **p-n** geçişli tekiz üst bilen üpjün edilýär. Şular ýaly tekiz üstli **p-n-p** görnüşli eredilip guýulan kristalyň gurluşy 3.2-nji çyzgyda görkezildi.

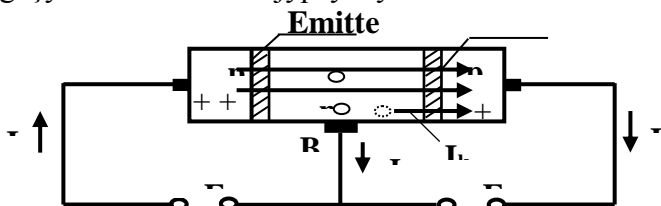


Tranzistoryň taýýarlanylş tehnologiýasy şu aşakdaky ýaly tertipedir. Mysal üçin, **n**-tipli ýarymgeçirijiniň bazasy donor garyndysy az bolan plastinkany taýýarlaýarlar. Soňra, bazanyň iki tarapyndan

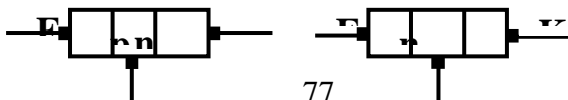
2-nji çyzgy. Ered... eb-  
şirlenen tranzistoryň gurluşy.

Şular ýaly tehnologiiki proseslerden soň **p**-niň meýdançasyny bilen **n**-niň meýdançasynyň aralarynda **p-n** geçişler emele gelýär.

**Tranzistoryň işledilişi**. Ikipolýarly tranzistorlar işlände togy döredijileriň ikisinden-de (elektronlardan we deşiklerden) bagly bolýarlar. Şonuň üçin-de iki polýarly tranzistor diýilýär. 3.3-nji çyzgyda tranzistoryň birleşdirilişi görkezildi. Çyzgyda görkezilişi ýaly, emitterli **p-n** geçişe  $U_{göni}$  – naprýaženiýe, kollektorly **p-n** geçişe bolsa  $U_{ters}$  - naprýaženiýe berilýär.  $U_{göni}$  – naprýaženiýeniň ýok wagty kollektorly geçişden örän az  $I_{ters}$  – tok geçýär. Bu tok örän ujypsyzdyr.



3-nji çyzgy. Tranzistoryň işledilişi.





Eger-de elektrik çeşmesinden emitterli geçişe  $U_{göni}$  – naprýaženiýe berilse onda  $E_{emit}$  – çeşmäniň täsiri netijesinde tranzistoryň emitterinden bazasyna tarap inžeksiýa (togy döredijileriň çüwdürimi) bolup geçýär. Muňa garamazdan, inžeksiýa togy esasy tok hasap edilmeyär.

Tranzistoryň **p-n-p** görnüşlerinde esasy togy döredijiler hökmünde deşikler çykyş edýärler. Inžeksiýanyň netijesinde emitterli **p-n** geçişden  $I_E$  – emitter togy döreýär. Baza tarap geçýän deşikler emitterli geçişň golaýynda ummasyz konsentrasiýany (üýşmegi) emele getirýänligi üçin bazada diffuziýa (deşikleriň siňip gitmegi) döreýär. Bazanyň galyňlygynyň örän ýukalygy sebäpli, deşikli geçirijileriň (diffuziýa wagty) kollektorly **p-n** geçişiniň golaýynda zarýadlaryň üýşmekligi bolup geçýär. Olaryň birnäçesi bazadaky elektronlar bilen kompensirlenmäge ýetişmän elektrik meýdanyň täsirinden tizlenip kollektora tarap çekilýärler. Şeýlelikde,  $U_{ters}$  – naprýaženiýeniň täsirinden deşikli geçirijileriň tutulmaklary (ekstrasiýasy) bolup geçýär. Ekstrasiýa wagty deşikleriň bazadan kollektora tarap hereketinden  $I_K$  – kollektor toguny döredýär. Emitterden baza tarap çüwdürilen (inžektirlenen) deşikleriň az-bölegi bazadaky elektronlar bilen kompensirlense-de olaryň öwezini (ýerini) daşky  $E_{em}$  – çeşmäniň üsti bilen doldurylyp durulýar. Şonuň netijesinde bazadan hem  $I_B$  – tok akyp başlaýar.

Bazanyň örän ýukalygy hem-de esasy togy döredijileriň toplanmagynyň (üýşmeginiň) azlygy sebäpli bazadaky  $I_B$  – tok örän ujypsyzdyr.

Şular ýaly şertlerde bazadaky  $I_B$  – togy kesgitleýjiler (kompensirlenen deşikleriň mukdary beýle bir uly dälidir).

Kollektoryň toguny emitteriň togy bilen dolandyrylýar. Eger-de emitteriň toguny ulaltsak, onda kollektordaky tok göni baglanşykda ösýär.

Emitter tarapdaky p-n geçişde  $U_{göni}$  – naprýaženiýeniň sähelçe üýtgemegi emitter togunyň san bahasy giň aralykda üýtgäp bilmegi praktiki tarapdan gyzyklydyr.

Ýokarda aýdylanlardan şeýle netijä gelýäris :

**Tranzistor** – dolandyryp bolýan abzal hasap edilýär, onda emitterden – kollektora tarap bazanyň üsti bilen ugrukdyrylan zaryadlary äkidijileriň hereketlerini emitterdäki togy üýtgetmek bilen amala aşyrylýar. Diýmek, ikipolýarly (**bi** – polýarly) tranzistorlar tok bilen dolandyrylýar.

Emitterli **p-n** geçişin  $U_{göni}$  - naprýaženiýesini sähelçe üýtgedeniňde, emitterdäki  $I_{göni}$  - tok (**p-n** geçişde) ummasyz üýtgeýär, netijede bu  $I_{göni}$  – toguň üýtgemegi kollektordaky toguň has güýçlenmegine getirýär.

Şeýlelikde, ikipolýarly tranzistoryň güýçlendiriji abzal hökmünde işledilmegi ýokardaky düşündirilişlere esaslanýar.

Tranzistordaky toklar Kirhgofyň birinji düzgünine (kanunyna) boýun egýär.

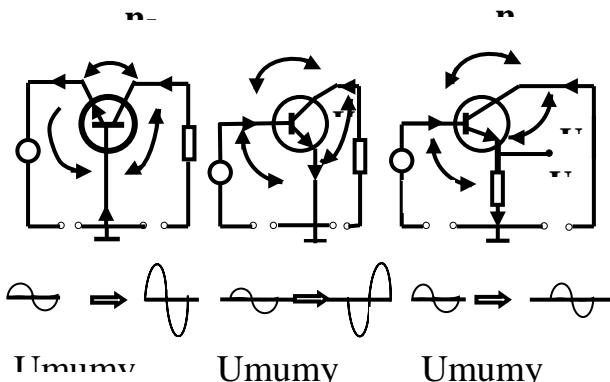
$$I_E = I_K + I_B$$

Kollektordaky  $I_K$  toguň emitterdäki  $I_E$  toga bolan gatnaşyga  $I_K / I_E = \alpha$  tranzistoryň tok boýunça emitteriň üstünden geçiriş statiki koeffisiýenti diýilýär.

### **Ikipolýarly tranzistorlaryň shemalara birleşdirilişi.**

Elektrik zynjyrlarynyň girelgesine we çykalgasyna görä tranzistoryň üç elektrodynyň **biri** – girelgesi, **ikinjisi** – çykalgasy, **üçünjisi** bolsa zynjyra görä umumy ýagdaýy eýeleýär.

Tranzistoryň haýsy elektrodynyň umumylygyna baglylykda shemalarda üç görnüşli birleşmelere duş gelinýär: 1) Umumy bazaly **U B** ; 2) Umumy emitterli **U E** ; 3) Umumy kollektorly **U K** . Bu görnüşleriň shemalary 4-nji çyzgyda görkezildi.



#### 4-nji çyzgy. **n-p-n** görnüşli tranzistorlaryň

Umumy bazaly (UB) shemanyň häsiýetleri :

1. Örän uly  $R_{gir}$  we örän uly  $R_{çyk}$  – garşylyklary bilen tapawutlanýar.
2. Fazalary üýtgemezden signalyň güýçlenmegi bolup geçýär.
3. Umumy bazaly (UB) shemada güýçlenmek naprýaženiýe we kuwwat boýunça bolup geçýär. Tok boýunça güýçlenmeýär, sebäbi  $R_{gir}$  – we  $R_{çyk}$  – garşylyklaryň san bahalary juda uludyrlar. Şonuň üçin-de :

$$\alpha = \frac{I_{çyk}}{I_{gir}} = \frac{I_k}{I_B} = 0,95 \div 0,99$$

Umumy emitterli (UE) shemanyň häsiýetleri :

1. Örän kiçi  $R_{gir}$  - we örän uly  $R_{çyk}$  – garşylyklary bilen tapawutlanýar.
2. Signallaryň güýçlenmegi fazalarynyň  $180^0$  – üýtgemekleri esasynda bolup geçýär.

3. Umumy emitterli (UE) shemada güýçlenmek tok, kuwwat, naprýaženiýe boýunça bolup geçýär.
4. Umumy emitterli (UE) shema in köp ýaýran shemadyr sebäbi .

$$\beta = \frac{I_{\text{çyk}}}{I_{\text{gir}}} = \frac{I_k}{I_B} = 20 \div 200$$

#### **Umumy kollektorly (UK) shemanyň häsiýetleri :**

1. Örän uly  $R_{\text{gir}}$  we örän kiçi  $R_{\text{çyk}}$  – garşylyklary bilen tapawutlanýar.
2. Fazalary üýtgemezden signalyň güýçlenmegi bolup geçýär.
3. Shemada tok bilen kuwwatyň güýçlenmegi bolup, naprýaženiýe boýunça güýçleniş bolmaýar ( $K_u < 1$ ).
4. Bu shema emitteriň gaýtalaýjysy hem diýilýär (iki sany elektron gurnamany sazlaşdyryjy).
5. Elektronly shemalarda UK – shemaly tranzistorlar shemalaryň garşylyklaryny özara sazlaşdyryjy hökmünde giňden ulanylýar.

$$\gamma = \frac{I_{\text{çyk}}}{I_{\text{gir}}} = \frac{I_E}{I_B} = 20 \div 200$$

#### **Tranzistorlaryň statik häsiýetnamalary.**

Tranzistorlaryň statik häsiýetnamalary diýlip, haýsy-da bolsa bir ululygyň hemişelik saklanylmagynda (tranzistoryň elektrik ýüküne birleşdirilmedik wagty) gurulan baglanşyklaryna düşünilýär. Hemişelik sanyň dürli bahalarynda gurulan baglanşyklaryň toplumyna statik häsiýetnamalaryň toporlaýyn baglanşyklary diýilýär.

Tranzistorlaryň hilini häsiýetlendirýän birnäçe baglanşyklaryň içinde in esasy baglanşyk hökmünde tranzistorlaryň girelgesini hem-de çykalgasyny suratlandyryan baglanşyklardyr. Olardan girelgesini häsiýetlendirýän

baglanşyk diýlip, tranzistoryň çykalgasyndaky  $U_{\text{çyk}}$  – naprýaženiýeni hemişelik saklap, girelgesindäki  $I_{\text{gir}}$  – tok bilen  $U_{\text{gir}}$  – naprýaženiýeniň baglanşyklaryna aýdylýar.

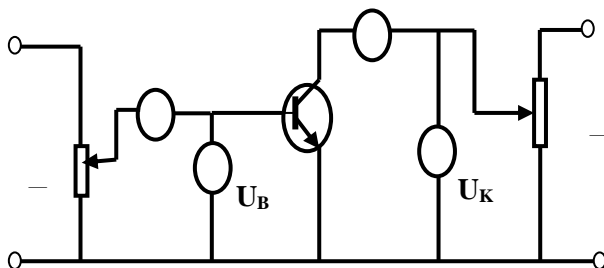
$$U_{\text{çyk}} = \text{hemişelik} \quad \text{bolanda} \quad I_{\text{gir}} = f(U_{\text{gir}})$$

Tranzistoryň çykalgasyny häsiýetlendirýän baglanşyk diýlip, tranzistoryň girelgesinde  $I_{\text{gir}}$  – togy hemişelik saklap, çykalgasyndaky  $I_{\text{çyk}}$  – tok bilen

$U_{\text{çyk}}$  – naprýaženiýeniň baglanşyklaryna aýdylýar.

$$I_{\text{gir}} = \text{hemişelik} \quad \text{bolanda} \quad I_{\text{çyk}} = f(U_{\text{çyk}})$$

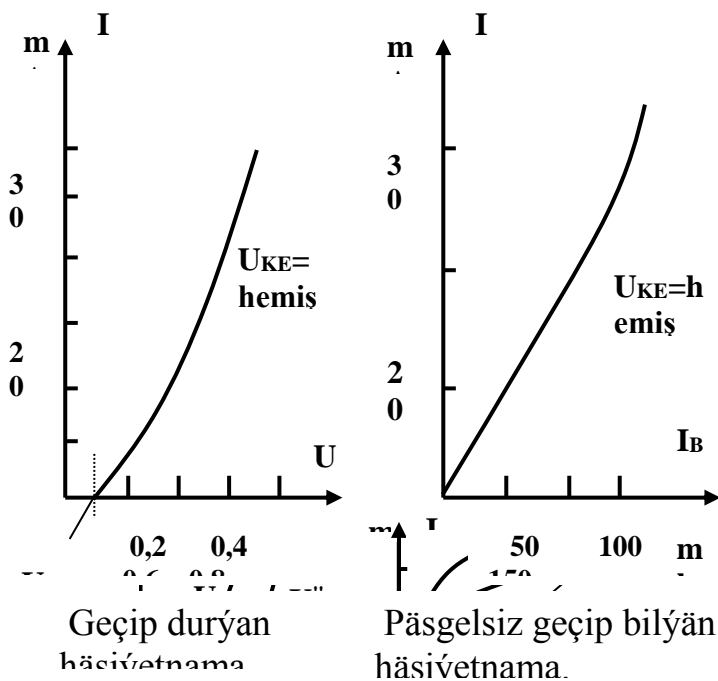
Tranzistorlaryň statiki häsiýetnamalaryny tejribe arkaly derňelişiniň shemasy 3.5-nji çyzgyda görkezildi.



5-nji çyzgy. Emitteri umumylaşdyrлан  
tranzistoryň  
statiki

Tranzistoryň häsiýetnamalarynyň görnüşleri tranzistoryň shemalarda birleşdirilişine baglydyr. Tranzistorlaryň shemalara birleşdirilmeginiň in köp ýaýrany emitteri umumylaşdyrлан görnüşidir. Şonuň üçin-de diňe umumy emitterli shema üçin girelgesini we çykalgasyny häsiýetlendirýän baglanşyklary görkezmek bilen çäklenýäris (3.6-njy çyzgyda görkezilen grafiklere seret).

Ýokarda görkezilen statiki häsiýetnamalar toplumynyň toparyndan başga-da, tranzistorlary doly häsiýetlendirmek üçin ýene-de iki sany baglanşyklardan peýdalanýarlar. Olaryň **birine** hemişe tranzistordan geçip durýan  $I_K=f(U_{BE})$  baglanşyga aýdylýar, muňa  $U_{KE} = U_{çyk} = \text{hemişelik}$  wagty geçip durýan baglanşyk hem diýilýär, **beýlekisine** bolsa göni geçip bilýän (ýa-da päsgelsiz geçip bilýän) baglanşyk diýilýär.



7-nji çyzgy. Emitteri umumylaşdyrлан tranzistoryň häsiýetnamalary.

6-njy çyzgy. Emitteri

Geçip durýan häsiýetnama koordinatyň merkezinden başlanman  $U_{BE}$  – naprýaženiýeniň **bosagasy** diýilýän ýerinden başlanýar. Tranzistoryň açylmagynyň öň ýanyndaky naprýaženiýä  $U_{bosaga}$  – naprýaženiýe diýilýär. Eger-de  $U_{BE} < U_{bos}$  bolsa, onda tranzistor ýapyk,  $I_K = 0$  bolýar. Eger-de  $U_{BE} > U_{bos}$  bolsa, onda tranzistor açylyp işläp başlaýar.

Päsgelsiz geçip bilýän häsiýetnama diýlip, girelge we çykalga toklarynyň özära baglanyşyklaryna düşünilýär. Emitteri umumylaşdyrılan shema üçin

$U_{KE}$  – hemişelik saklanandaky baglanyşyk 7-nji çyzgyda görkezildi.

( $I_K = f(U_{BE})$  we  $I_K = f(I_B)$  baglanyşyklara seret).

Görşümüz ýaly  $I_K = f(I_B)$  baglanyşyk koordinatanyň merkezinden başlanýar. Bazadaky toguň köpelmegi bilen kollektordaky tok ösýär. Ilki haýal ösýär, soňra çalt ösüp göni çyzyk boýunça dowam edýär.

Tranzistorlaryň baglanyşyklaryna temperatura (gyzgyňlyk) güýçli täsir edýär. Bazadaky toguň belli bir bahasynda ýokary temperaturalarda alnyp gurulan baglanyşyklar öňki diagrammalardan ýokarda ýerleşýärler.

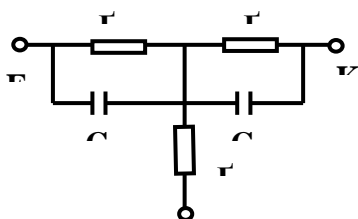
Baglanyşyklaryň ýokary süýşmekleriniň esasy sebäpleriniň biri kollektordan tersine (yzyna tarap) akýan toguň köpelmegidir, has-hem emitteri umumylaşdyrılan shemalarda onlarça, hat-da yüzlerçe esse köpelmegi bilen düşündirilýär. Bulardan başga-da, emitteri umumylaşdyrılan shemalarda toguň güýçlenmegi temperaturanyň ýokary galmagy bilen utgaşyp gidýär.

### **Tranzistorlaryň ekwiwalent parametrleri.**

Islendik tranzistoryň häsiýetlerine degişli baha bermek üçin ýokarda görkezilen häsiýetlendiriji baglanyşklardan başga-da tranzistorlaryň parametrlerinden giňden peýdalanýarlar. Umuman, parametrlere iki hili çemeleşip

bolýar. Olaryň birine **birinji** çemeleşigiň parametrleri diýilse, beýlekisine **ikilenji** çemeleşigiň parametrleri diýilýär.

Birinji çemeleşigiň parametrleri diýlip emitter, baza we kollektor aralyklardaky  $r$  – garşylyklara we  $C$  – sygymlara düşünilýär. Bu iki (  $r$ ,  $C$  ) parametrleriň kömegi bilen tranzistorlaryň ekwiwalent elektrik shemasyny şertli çyzyp, soňra degişli deňlemeler toparyny düzüp hem-de fiziki häsiýetini düşündirip bolýar (8-nji çyzga seret).



8 - nji

Çyzgyda :  $I_E$  –  
Emitterli **p-n** geçişin  
göni tarapa differensial  
garşylygy,  
**1**-omdan **10**-larça Oma  
çenli bolup bilýär ;  
 $I_B$  – Bazanyň tutuş  
göwrüminiň  
garşylygy **100**-lerçe

Sesiň ýygylýklarynda (20 Gs-den 20 KGS aralykda)  $C_{EB}$  bilen  $C_{KB}$  sygymlaryň täsirlerini hasaba almasaň-da bolýar.

Tranzistoryň parametrleri hasap edilýän  $I_E$ ,  $I_B$ ,  $I_K$  garşylyklary ölçeýji abzallar bilen ölçäp bolmaýanlygy käbir ynjalyksyzlyklary döredýär, sebäbi ölçemek üçin gerek bolýan nokatlar içki düzüminde ýerleşýänligindendir.

**Ikilenji** parametrleriň nähili ululyklardygyny şu aşakdaky ýaly düşündirip bolýar: Tranzistory aktiw dörtpolýusnik hökmünde kabul edilip, iki sany girelge 1-1' we iki sany çykalga 2-2' gysgyçlary bilen aňladylýarlar ( 9-njy çyzga seret).

Hasap işi ýerine ýetirilende bu dört ululygyň iki sanysyny **garaşsyz** üýtgeýän ululyk diýip kabul etseler, beýleki ikisini **garaşly** üýtgeýän ululyk diýip hasap edýärler.



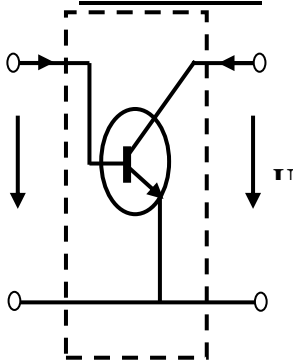
Şeýlelikde garaşsyz we garaşly ululyklar üçin deňlemeler toparyny düzýärler. Bu deňlemeler topary näbelli koeffisiýentler bilen üsti ýetirilýär. Şol näbelli koeffisiýentlere bolsa tranzistorlaryň **ikilenji** parametrleri diýilýär. Olary birnäçe tejribeler geçirip anyklaýarlar.

### Birpolýarly (unipolýar) tranzistorlar.

**Kesgitlemesi.** Birpolýarly (unipolýar) tranzistorlar diýlip, esasy togy döredijileriň akymyny elektrik meýdany bilen dolandyryp bolýan, ýarymgeçirijilerden ýasalan abzallara aýdylýar. (Eger-de, **ikipolýarly** tranzistorlarda esasy zaryady döredijiler **elektronlar** bilen **deşikler** bolsa, onda **birpolýarly** tranzistorlarda esasy zaryadyäkidişiler ýa **deşiklerdir** ýa-da **elektronlardyr**. Gurluşy boýunça birpolýarly tranzistorlar iki görnüşde taýýarlanylýarlar : Bir **p-n** geçişli tranzistorlar özüniň **p-n** geçişne elektrik meýdany bilen täsir edip dolandyrylýar (11-nji çyzga seret) ;

- a) Burmasy izolirlenen we ýörite kanally tranzistorlar (12 we 13-nji çyzgylara seret) :

- **p-n geçiş dolandyrylýan birpolýarly tranzistorlar.**



Girelgesindäki ululyklary  $U_1, I_1$  harplar bilen belgilenilse, onda çykalgasyndaky ululyklary  $U_2, I_2$  harplar bilen belgilenilýär. Bu dört ululyklar özara baglanşykdadyrlar. Şonuň üçin-de, dürli

9-njy yzgy. Tranzistora dörtpolýusly görnüşde seredilişi.

Çyzgyda  $U_{GB}$  – girelge (gözbaşy) bilen burma aralykdaky naprýażeniýe ;  $U_{GÇ}$  – girelge (gözbaşy) bilen çykalga aralykdaky naprýażeniýe.

Girelge bilen çykalgany baglaşdyrýan  $U_{GÇ}$  – hemişelik naprýażeniýe çeşmesiniň (–) – **minusy** tranzistoryň girelgesine, (+) – plýusy bolsa çykalgasyna berilende, kanaldan akýan esasy zaryadlary äkidijiler elektronlardyr. Bu elektronlar gözbaşydan çykalga tarap hereket edýärler.

Tranzistordaky toguň güýji  $U_{GÇ}$  – çeşmäniň naprýażeniýesinden, ýörite gurnalan kanalyň elektrik garşylygyndan we tranzistoryň çykalgasyna birleşdirilýän daşky shemasyny düzýän elementleriň garşylyklaryndan baglydyr.

Eger-de tranzistoryň  $U_{GÇ}$  – naprýażeniýesiniň polýusy üýtgedilse (plýus deregine minus, minus deregine plýus berilse) onda ters naprýażeniýe sebäpli

**p-n** – geçişň giňligini (ýagny elektrik geçirijiligini) geregiçe üýtgedip bolýar. Tranzistoryň **p-n** geçelgesini giňeldip ýa-da daraldyp bolýanlygy üçin, kanaldaky zaryadlaryň akyşyny-da üýtgedip bolýar. Diýmek, **p-n** geçişň we **kanalyň** elektrik garşylyklaryny (ýa-da geçirijiliklerini) dolandyryp bolýar.

Umuman, **p-n** geçişli tranzistoryň dolandyrylyşy wakuumly elektron çyralarynyň işledilişine örän meňzeşdir. Ýagny, tranzistoryň girelgesi – wakuumly çyranyň katodyny, çykalgasy – anodyny, burmasy – toruny ýadyňa salýar.

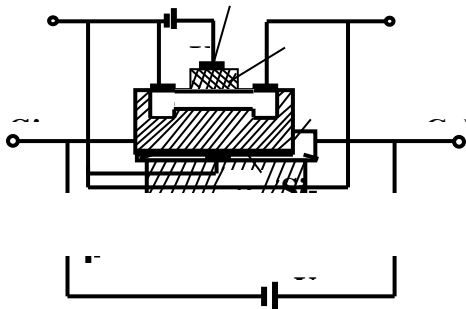
Tranzistoryň  $U_{GB}$  – naprýażeniýesiniň shemada görkezilen alamatlarynyň çalşyrylmagyna ýol berilmeli däl. Diýmek,  $U_{GB}$  – naprýażeniýe hemişe ters polýarly bolmalydyr.

Eger-de,  $U_{GB}$  – naprýażeniýe ters alamatly birikdirilse, onda tranzistoryň üstünden aşa köp tok akyp, onuň tizden-tiz hatardan çykmagyna sebäp bolýar.

Ýokarda seredilen **n** – kanally tranzistordan başga-da **p** – kanally tranzistorlar-da tehnikada giňden ulanylýarlar.

### a) Burmasy izolirlenen we ýörite kanally gurnalan birpolýarly tranzistorlar.

Burmasy izolirlenen birpolýarly (unipolýar) tranzistoryň shema görnüşde şekillendirilişi 12-nji çyzygyda görkezildi.



11-nji çyzygy. Ýarymgeçiriji kristalyň üstünde gurnalan ýörite kanallý

Metaldan ýasalan burma bilen **n** – **kanalyň** arasynda dielektrikden ýasalan ýukajyk gatlak ýerleşdirilýär, köplenç ýagdaýda iki okisli Kremniý (**SiO<sub>2</sub>**) elementden ýasalýär.

Kanalyň çep we sag tarapynda görkezilen **n<sup>+</sup>** - hapry, şol ýerde garyndynyň mukdary has köp diýen manyny aňladýar.

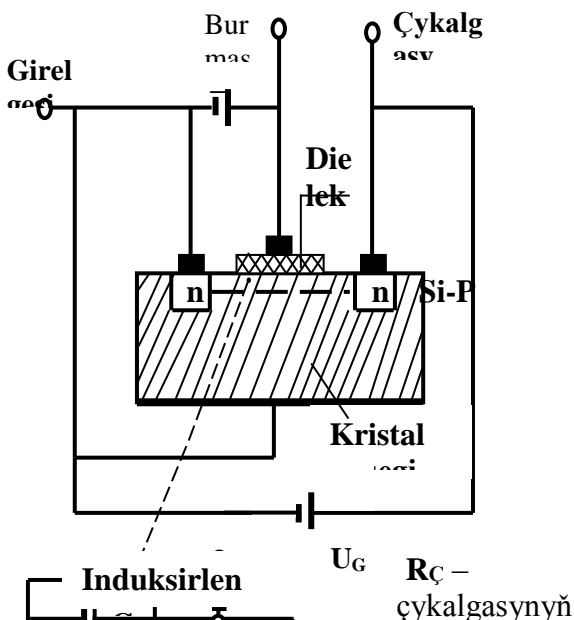
Seredilen tranzistorda **burmanyň** potensialy **girelgä** görä (+) – plýus polýarly bolanda işleýär. Eger-de, tranzistoryň burmasyna (–) potensial berilse, onda kanaldaky elektronlaryň azalmagy bolup geçýär, diýmek kanalyň elektrik geçirijiligi-de peselýär (kanalda esasy zarýadlary äkidijileriň ýetmezçiligi duýulýar). Bu ýetmezçiligiň sebäbini kanaldaky zarýadlary äkidijileriň aglabasynyň kremniýden ýasalan kristall-düşege siňýänligi bilen düşündirilýär.

Eger-de, tranzistoryň burmasyna (+) potensial berilse, onda kanaldaky elektronlaryň köpelmegi bolup geçýär, diýmek kanalyň elektrik geçirijiligi-de artýar (kanalda esasy zarýadlary äkidijileriň artykmaçlygy duýulýar). Bu artykmaçlygyň

sebäbini kanaldaky zaryadlary äkidijleriň juda köplügi bilen düşündirilýär ;

ç) Burmasy izolirlenen we kanaly induksirlenýän birpolýarly tranzistorlar.

Kanaly induksirlenýän birpolýarly tranzistoryň shema bilen şertli şekillendirilişi 13-nji çyzgyda görkezildi.



13-nji çyzgy. Ýarymgeçiriji kristalyň üstünde gurnalan, kanaly induksirlenýän birpolýarly tranzistoryň shema görnüşde sekillendirilişi.

Eger-de, girêlge bilen burma aralykdaky  $U_{GB}$  – naprýaženiýe nula deň ( $U_{GB}=0$ ) bolsa, onda burma kanalsyz bolýar.

Eger-de, burma (+) – plýus naprýaženiýe berilse, onda elektrik meýdanynyň täsiri netijesinde (+) – alamatly hasap edilýän deşikler dielektrik bilen **Si-p** ýarymgeçirijiniň

araçaginden daşlaşýarlar we (+) – zaryadlaryň ýetmezçilik edýändikleri sebäpli plýus zaryaddan garyp düşen gatlak döräp kanalda akseptor häsiýetli (-) – minus alamatly ionlar güýçlenýärler.

Eger-de, burmadaky naprýaženiýeniň (+) – plýus potensialyny öňküden-de ösdürsek, onda dielektrik bilen ýarymgeçirijiniň araçaginde esasy däl geçirijileri (**Si-p** – kristal düşekde) döräp girelge bilen çykalganyň aralygynda ýukajyk geçiriji kanal emele gelýär. Netijede araçägiň bölünýän ýerinde zaryad gatlaklarynyň inwersiýasy bolup geçýär. (**Inwersiýa** – Latyn sözi-ýerini ýa-da alamatyny üýtgedýär diýmekdir ).

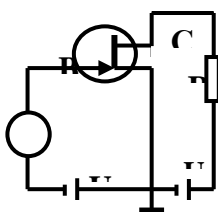
Kanally döretmek üçin zerur bolan naprýaženiýeniň edil öň ýanyndaky naprýaženiýä - bosoga naprýaženiýesi diýilýär. ( $U_{bos}$ ) – görnüşde belgileýäris.

Şular ýaly induksirlenýän tranzistorlar diňe kanaldaky zaryadlary äkidijileriň mukdaryny artdyrmak üçin ulanylýarlar.

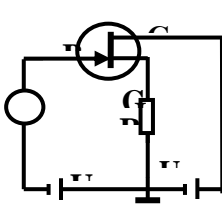
**Birpolýarly tranzistorlaryň shemalarda çatylyşy we olaryň häsiýetnamalary.**

Elektrik meýdany bilen dolandyryp bolýan tranzistorlary shemalara çatanlarynda zynjyryň girelgesine we çykalgasyna görä tranzistoryň haýsy-da bolsa bir elektrody **umumy** hasaplanylýar, şonuň üçin-de birpolýarly tranzistorlaryň shemalara çatylyşynyň üç görnüşini bolup biler.

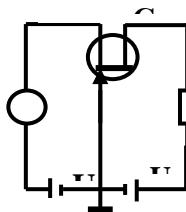
- 1) Girelgesi umumylaşdyrлан **GU** ; 2) Çykalgasy umumylaşdyrлан **ÇU**;
- 3) Burmasy umumylaşdyrлан **BU**.



a) **GU** –



b) **ÇU** –



c) **BU** –

14-nji çyzgy. Birpolýarly tranzistorlaryň

Birpolýarly tranzistorlaryň shemalara çatylyşy ikipolaýrly (**UE**, **UK** we **UB** ) tranzistorlaryň shemalaryna meňzeşdir ( **UE**-emitteri umumylaşdyrlan, **UK**-kollektory umumylaşdyrlan we **UB**-bazasy umumylaşdyrlan diýmekdir).

a) Shemalarda girelgesi umumylaşdyrlan **GU** tranzistorlarda **I** – toguň,  
**U** – naprýaženiýeniň we **P** – kuwwatyň güýçlenmekleri bolup biler. Bir kaskadyň naprýaženiýe boýunça güýçlendiriş koeffisiýentiniň anyklanşy.

$$K_u = R_y \cdot S$$

Bu ýerde **R<sub>y</sub>** – elektrik ýüküniň garşylygy ;

**S** – häsiýetnamanyň ýapgytlygy (krutiznasy

)

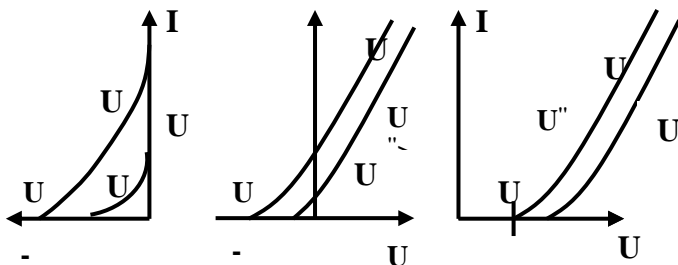
b) Shemalarda çykalgasy umumylaşdyrlan **ÇU** – tranzistorlarda naprýaženiýe boýunça  $K_u \approx 1$  deň bolup, çykalgasyndaky **R<sub>çyk</sub>** – garşylyk kän bir uly bolmaýar, emma girelgesindäki **R<sub>gir</sub>** – garşylyk has uludyr. Bu parametrlerinden başga-da girelgesinde **C<sub>gir</sub>** – sygymy-da bolýar. **ÇU** – shemanyň **I** – tok we **P** – kuwwat boýunça güýçlenmesi bolup, signalyň fazasy üýtgemeyär. Şular ýaly häsiýetli shemalara girelgesini gaýtalaýjy (повторитель)diýýärler

ç) Shemalarda burmasy umumylaşdyrlan **BU** – tranzistorlarda **I** – tok boýunça güýçlendiriş koeffisiýent **K<sub>i</sub> ≈ 1** bolmaýar. Bular ýaly shemanyň girelgesinde **R<sub>gir</sub>** – garşylygy örän kiçi bolup, çykalgasyndaky **R<sub>çyk</sub>** – garşylygy örän uly bolýar.

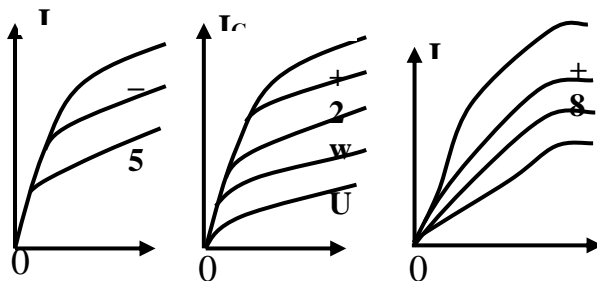
**Birpolýarly tranzistorlaryň häsiýetnamalaryny özleşdireliň :**

Birpolýarly tranzistoryň häsiýetnamalaryny iki topara bölýärler :

1)  $I_{\text{чык}} = f(U_{\text{БЧ}})$   $U = \text{hemişelik saklananda}$   
 ;  
 $I_{\text{чык}} = f(U_{\text{ÇГ}})$   $U_{\text{БЧ}} - \text{hemişelik}$   
 saklananda.



p-n geçişi      Ýörüde kanal      Kanaly induksirlenýän  
 15-nji çyzgy. Napryženiýeniň iki bolan  
 bahasynda alnan Wolt-Amper häsiýetnamalar



16-njy çyzgy. n – kanally tranzistoryň  
 häsiýetnamalary :

Elektrik meýdany bilen dolandyryp bolýan birpolýarly  
 tranzistorlaryň parametrleri.

$$\frac{dI_{\text{çyk}}}{dU_{\text{BG}}} \left( \frac{\text{mA}}{\text{W}} \right) U_{\text{ÇG}} = \text{hemiş}$$

$$2) R_i = \frac{dU_{\text{ÇG}}}{dI_{\text{çyk}}} \left| \begin{array}{l} U_{\text{ÇB}} = \text{hemiş} \end{array} \right. \quad [\text{Om}] \quad \begin{array}{l} - \text{ içki garşylyk} \\ \text{(üýtgeýän toga} \\ \text{görä} \\ \text{differensial} \\ \text{garşylyk).} \end{array}$$

$$3) \mu = \frac{dU_{\text{ÇG}}}{dU_{\text{GB}}} \left| \begin{array}{l} I_G = \text{hemiş} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} - \text{ tranzistoryň} \\ \text{güýçlendiriş} \\ \text{koeffisiýentiniň} \end{array}$$

$$\text{ýa-da} \quad \mu = R_i \frac{dI_{\text{ç}}}{dI_{\text{ç}}} \cdot S = R_i S$$

Diýmek, parametrlrler özara baglanşyklydyrlar.

Ýokarda agzalan parametrlerden başga-da, ýene-de birnäçe parametrlerden peýdalanýarlar, olar :

$U_{\text{kes}}$  – Tranzistoryň işläp başlamagy üçin zerur bolan kesiji naprýaženiýe. Şu naprýaženiýa çenli girelgedäki  $I_G=0$  tok nula deňdir.

$C_{\text{BG}}$  – Burma bilen girelge aralykda döreyän sygym ;

$C_{\text{BÇ}}$  – Burma bilen çykalga aralykda döreyän sygym ;

$C_{\text{düşeg}}$  – Kristal düşek bilen girelge aralykda döreyän sygym.

$$f_{\text{çäk}} = \frac{1}{2 \pi \tau}$$

- araçägiň ýygylgy. Bu ýerde  $\tau$  – burmanyň wagt hemişeligidir.

**Birpolýarly tranzistorlaryň ekwiwalent shemasy.**



**R<sub>BG</sub>** , **C<sub>BG</sub>** , **R<sub>BC</sub>** , **C<sub>BC</sub>** – burma-girelge we burma-çykalga aralyklardaky garşylyklar we sygymlar. Bu sygymlara germew (päsgeçilik döredýän) sygymlar hem diýilýär.

$$2) R_i = - \frac{dU_{\text{çyk}}}{dI_{\text{çyk}}} \text{ kanalyň differensial garşylygy.}$$

### **Tranzistoryň harplar bilen şertli belgilenişi (markirowkalanyşy).**

Tranzistoryň ösüş döwründe onuň şertli belgileri dürli sebäplere görä birnäçe gezek üýtgedilipdir :

-1964-nji ýyla çenli ikipolýarly tranzistorlar iki ýa-da üç elementden düzülipdir.

-Emma, 1964-nji ýyldan başlap, täze belgiler kabul edilýär ( GOST 10862-64). Bu şertli belgiler tä 1977-nji ýyla çenli dowam edýär.

-1977-nji ýylda kabul edilen (OST 11.336.038-77).

Şertli belgiler harplardan we arifmetiki sanlardan jemlenip, ýedi sany elementden ybaratdyr.

**Birinji element** – harp ýa-da san (harp – giňişleýin ulanylýan tranzistordygyny aňlatsa, onda san – umumy tehnikalarda ulanylýan tranzistory aňladýar) tranzistorlaryň haýsy materialdan (ýarymgeçiriji elementden) ýasalandygyny aňladýar.

**Г** – ýa-da 1-Germaniýden ýa-da onuň birleşmelerinden ;

**К** – ýa-da 2-Kremniýden ýa-da onuň birleşmelerinden ;

**А** – ýa-da 3-Galliýň birleşmelerinden.

**Ikinji element** – harp – Tranzistoryň haýsy klasa degişledigini aňladýar :

**Т** – Ikipolýarly tranzistor ; **И** – Birpolýarly tranzistor.

**Üçünji element** – san – Tranzistorlaryň funksional mümkinçiliklerini kesgitleýär (Harç edilýän kuwwatyň aňry çäginini ýa-da işlemeli ýygylgynyň maksimal bahasyny aňladýar).

**Dördünji element** – üç sany arifmetiki san (101-den tä 999-a çenli) tranzistoryň tertip nomerini we tehnologiýasyny aňladýar.

**Bäşinji element** – harp, belli bir tehnologiýa boýunça taýýarlanylýan tranzistorlaryň topara degişlidigini kesgitleýär.

**Goşmaça elementler** – Ikinji elementiň yzyndaky C – harpy birtipli tranzistorlaryň umumy korpusda ýygnaandygyny aňladýar.

- Keltejik çyzykdan (**defisden**) soň ýazylan sanyň soňky ýedinji elementden soň ýazylyp, tranzistorlaryň korpusyzydygyny aňladýar.

Şertli belgileriň görnüşlerinden mysallara ýüzleneliň .

**2II7235Г** – Umumy tehnikalar üçin Kremniýden ýasalan tranzistor, birpolýarly, korpusyň içinde, kuwwatly ( $P_{\max} > 1 \text{ Wt}$ ), pesýygylykda işleýän ( $f_{\max} < 30 \text{ MGs}$ ), işlenip taýýarlanylýan nomeri **235**, klassifikasion topary Г.

**KT2115A – 2** , juda köp ulanylýan tranzistor, Kremniýden ýasalan, ikepolýarly, kuwwaty kiçi ( $P_{\max} < 1 \text{ wt}$ ), ýokary ýygylklarda işleýän ( $30\text{MGs} < f_{\text{araçägi}} \leq 300\text{MGs}$ ), işlenip taýýarlanylýan nomeri **115**, klassifikasion topary A, korpusyzy, tok üçin niýetlenilen simjagazlary örän çäýe, ýörite ýasalan kristallara berkidilýän esaslarda ornaşdyrylýar.

## **Elektrowakuumly we gazorazrýadly abzallar**

Elektrowakuumly abzallarda geçirijilik elektrodlaryň arasynda hereket edýän, wakuumyň ýa –da gazyň üstünden geçýän elektronlar ýa – da ionlar bilen amala aşyrylýar. Elektrowakuumly abzallar elektronly – dolandyryjy, gazorazrýadly we elektron – şöhleli abzallara bölünýärler.

Elektronly – dolandyryjy abzallarda elektrik togunyň geçmegi diňe wakuumda erkin elektronlar bilen amala

aşyrylýar. Elektronly – dolandyryjy abzallar elektron gurluşlarda dürli funksiýalary – özgertmek, ölçemek, elektrik signallaryny generirlemek we güýçlendirmek üçin niýetlenendir. Ulanylýan ýerine baglylykda bu abzallar göneldiji, ölçeýji, güýçlendiriji we generirleýji ýaly toparlara bölünýärler.

Gazorazrýadly lampalaryň iş düzgüni gazlarda elektrik razrýadynyň ulanylmagyna esaslanandyr.

Häzirki wagtlara çenli elektrowakuumly we gazorazrýadly abzallar dürli awtomatiki gurluşlarda, senagat elektronikasynnda, radioelektronikada ulanylýan esasy abzallar bolup durýardy. Ýarymgeçiriji elektronikanyň güýçli ösmegi, esasan hem mikroelektronikanyň güýçli depginde ösmegi bu abzallaryň ulanylýan ýerlerini çäklendirdi.

Häzirki wagtda elektronly – dolandyryjy we gazorazrýadly abzallar öňden işläp duran elektron gurluşlarda ulanylýan bolsa, indi täzedan işlenip düzülen elektron gurluşlarda güýçlendirmek, generirlemek we ep – esli uly iş ýygylgyny we kuwwatyň signallaryny özgertmek üçin ulanylýar.

### **Elektronly – şöhleli abzallar**

Elektronly – şöhleli abzallar adatça elektron şöhlesiniň ugruna çekilen turba şekilli bolup, onuň içinde şöhle döreyär, şonuň üçin hem elektronly – şöhle turbasy diýip atlandyrylýar.

Elektron şöhle döredýän gurluş gyzdrylýan katoddan we dört sany silindr şekilli koaksial elektroddan durýar: modulýator, tizlendiriji elektrod, birinji we ikinji anod. Bu gurluş elektron prožektor diýip atlandyrylýar.

Ulanylýan ýerlerine baglylykda elektronly – şöhle turbalary ossillografik, telewizion we ýörite niýetlenilen turba ýaly toparlara bölünýärler. Ekranda telewizion şekilini almak üçin niýetlenen telewizion turbalaryna kineskop diýip atlandyryýarlar. Kineskoplar gara – ak we reňkli şekilde bolup bilýärler. Ossillografik turbalar gözegçi – ölçeg abzallarynda

elektrik signallarynyň görnüşine, ýagny toguň we naprýaženiýäniň wagtdan funksional baglylygyna gözegçilik etmek üçin ulanylýar.

Ossillografik elektron – şöhle turbasy elektrik signalyny dolandyrylýan elektron şöhlesinde ýagtylyga özgertmek üçin hyzmat edýär. Lýuminessentli ekran iç ýüzünden lýuminofor çalynyp, elektronlar urulanda ýagtylanmak ukybyna eýedir. Şöhläniň gyşarmagy magnit we elektrik meýdanyny dörediji gyşardyş gurluşynyň kömegi bilen amala aşyrylýar. Ekranyň ýüzünde döredilen şekil ýa – da göniden – göni gözegçilik etmek üçin ýa – da surata almak üçin niýetlenendir. Şuňa baglylykda ýagtylanýan lýuminofor örtüginu saýlap alýarlar.

Şekiliň ýagtylanmagy ep – esli derejede gözegçilik şertine – de baglydyr.

Bir ýerden başga ýere göçürilýän galwanometrlerde hereketlenýän bölek çekilme ýagdaýda, aýnaly galwanometrler bolsa asma gurnalýar. Analý galwanometrlerde ramkanyň sarymlaryna tok bermek asma 2 we momentsiz sapak 4 arkaly amala aşyrylýar. Ramkanyň burç aýlawyny ölçemek üçin 3 aýna hyzmat edýär, onda ýörite ýagtylandyryjynyň kömegi bilen ýagtylyk şöhlesi fokuslanýar.

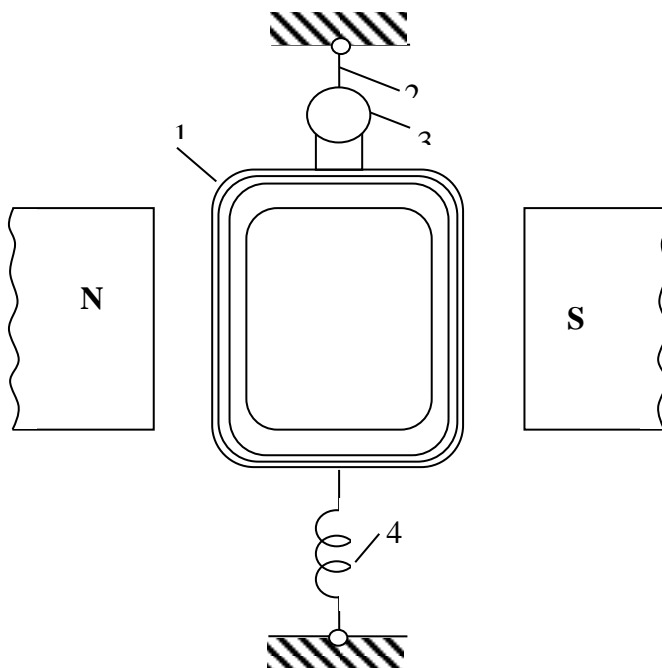
Häzirki zaman has duýgur aýnaly galwanometrleriň hemişeligi  $10^{-11}$  A \* m/mm çenli, göçürme galwanometrleriň hemişeligi bolsa takmynan  $10^{-8} - 10^{-9}$  A / böl çenlidir.

Galwanometrleriň hemişeligi standart boýunça  $\pm 10\%$  berlenden gyşarmaga ygtyýar berilýär we ol pasportynda görkezilýär.

Galwanometriň möhüm häsiýetnamalarynyň biri – de görkezijiniň nul ýagdaýynyň hemişeligidir. Muňa görkezijiniň şkalanyň çetki ýagdaýyndan ýuwaşjadan süýşürilende onuň nul belgä gaýdyp gelmezligine düşünmeli. Bu parametrler boýunça galwanometrleri hemişelik toparlara bölýärler.

Köp galwanometrler magnit şuntlary bilen üpjün edilýärler. Şuntýň ýagdaýyny üýtgetmek bilen iş zazoryndaky

magnit induksiýasyny sazlamak mümkindir. Munda galwanometriň hemişeligi we beýleki parametrleri üýtgeýär. Standartyň talap etmegi boýunça magnit şuntý hemişeligi tok boýunça üç esseden köp üýtgetmeli däldir. Galwanometriň pasportynda şuntýň iki ýagdaýynda – şunt girizilende we şunt doly çykarylenda- hemişeligiň bahasy görkezilýär.



Surat. Asma galwanometriň gurluş shemasy.

Galwanometrleriň örän duýgur bolýanlygy sebäpli olary daşky päsgelçiliklerden goramak zerurlygy ýüze çykýar. Galwanometrleri mehaniki sandyramadan goramak maksady bilen berk diwarlara ýa – da ýörite fundamentlere oturdýarlar, tok syzyjylykdan bolsa elektrostatik ekranlamak bilen goraýarlar.

Galwanometriň hereketlenýän bölegi ölçeý geçirilende onuň rahatlanmasyna baglydyr, ol daşky zynjyryň garşylygy

bilen kesgitlenilýär. Galwanometr bilen işlemek amatly bolar ýaly bu garşylygy galwanometriň pasportynda görkezilen garşylyga ýakyn saýlaýarlar.

Ballistik galwanometrler gysga wagtlyk akyp geýýän elektrikleriň mukdaryny ölçemäge mümkinçilik berýär. Şeýlelik bilen ballistic galwanometler impuls ölçegleri üçin niýetlenendir.

Elektron abzallarda elektronlaryň hereketi çaknyşmasyz, ýagny onuň atomlary bilen çaknyşmasyz ýagdaýda bolup geýýär. Ion abzallarynda bolsa tersine, elektronlar hereket edende olaryň gazlaryň atomlary ýa – da molekulalary ýa – da simap bugy bilen çaknyşýarlar.

Eletronyň kinetic energiýasy  $m\vartheta^2/2$  onuň tizligine baglydyr. Çaknyşan wagtlyrynda elektronlar özleriniň kinetic energiýasynyň bir bölegini gazyň atomlaryna we molekulalaryna geçirýär.

Gazlar adaty şertlerde gowy dielektrik bolup hyzmat edýär, sebäbi olarda erkin elektronlaryň we ionlaryň ujypsyz mukdary bardyr.

Gazlaryň üstünden elektrik togy geýen mahalynda bolup geýýän hadysa gazlardaky elektrik razrýady diýip atlandyrylýar. Razrýadyň häsiýeti naprýaženiýä, elektrodlaryň görnüşine we ýerleşişine, olaryň arasyndaky uzaklyga, gazyň düzümine, temperature, basyşa baglydyr.

Käbir gazlaryň oýanmak potensialy we ionlaşmagy

Gazlar	Geli ý	Neo n	Argo n	Kripto n	Kseno n	Simap buglar y
Oýanma k poten - sialy $U_w$ , W	20,8	16,6	11,6	9,9	8,4	4,9
Ionlaşma						

k poten - sialy, $U_i$ , $W$	24,5	21,5	15,7	14,0	12,1	10,4
------------------------------------	------	------	------	------	------	------

Gazyň atomyny oýandyrmak üçin oýanmak potentsialy bilen kesgitlenilýän energiýa zerurdyr, ýagny

$$m g_{\max}^2 / 2 \geq A_w = U_w e$$

Erkin elektronlaryň oýandyrylan atomlar bilen çaknyşmagy onuň ionlaşmagyna getirýär, ol bu ýagdaýda basgançakly diýip atlandyrylýar we onuň üçin erkin elektronyň az mukdarda kinetik energiýasy gerek bolýar.

Üýtgeýän togy göneltmek üçin niýetlenen gazorazrýadly ion abzalyňa gazotron diýilýär.

Gazotronlar uly bolmadyk kuwwatly gurluşlarda, meselem akkumulýatora zraýad bermeküçin, dolandyryş zynjyryny iýmitlendirmek üçin ulanylýar.

Tiratron gazotrandan üçünji elektrodynyň barlygy bilen tapawutlanýar we anod togyny dolandyrmak üçin niýetlenendir.

Tiratronlar göneldijilerde, hemişelik togy üýtgeýän toga özgerdijilerde, awtomatikada we telemehanikada we ş.m. ulanylýar.

### **Integral elementler we shemalar**

Ikisanly abzallaryň (enjamlaryň) esasynda bary-ýogy iki sany san (meselem 0 we 1) durýanlygy üçin şol sanly elementlere, çatymlara we gurnamalara sanly integral shemalar diýilýär. Şonuň üçin-de sanly sözi ulanylýar.

Iki sanly sistemada ähli hasap-hesip diňe iki sany san bilen amala aşyrylýar, olaryň birinjisi 1, ikinjisi bolsa 0. Bu iki sanlar bilen hem arifmetiki hem-de logiki amallary ýerine ýetirip bolýar.

Düzüminiň şeýle ýönekeýligine garamazdan sanly tehnikaň örän çylşyrymly düwünlerini (çatymlaryny) we gurluşlaryny emele getirip, logiki elementiň **I** (we), **III** (ýa-da), **Ne** (ýok) ýaly logiki funksiýalaryny hem giňden ulanýarlar. Örän çylşyrymly funksional düwünler (çatymlar) we gurnamalar – **NE** we **III** – **NE** şanly elementleriň esasynda ýygnaýarlar.

Senagat möçberinde öndürilýän logiki elementler özlerriniň **0** we **1** ýagdaýlary bilen naprýaženiýeniň belli bir bahasynda işlemäge niýetlenilendirler. Meselem 155 tapgyrda öndürilen mikroshemalarda logiki **0** – baha naprýaženiýeniň **0**-dan **0,4 W** çenli, logiki **1** – bahada bolsa naprýaženiýeniň **2,4 W** – yndan **5 W** töweregi bolup biler. Şeýle ýagdaýda logiki **1** – ýagdaýda naprýaženiýeniň ýokary **U<sup>1</sup>** derejesine logiki **0** – ýagdaýda bolsa naprýaženiýeniň pes **U<sup>0</sup>** derejesine laýyk gelýär. Beýle gatnaşyklar logikaň položiteldigini aňladýar. Eger-de, logiki **1-iň** naprýaženiýesi pes bolup, logiki **0-yň** naprýaženiýesi ýokary bolsa, onda bular ýaly gatnaşyklar logikaň otrisateldigini ýagny minusdygyny aňladýar.

Logiki elementlerden gurnalan sanly shemalar esasan hem iki topara bölünýärler – kombinasion we yzygiderlikli shemalardyr.

**Kombinasion** sanly shemalar diýlip mikroshemaň **Y** – çykalgasyndaky signallar belli bir wagtda **X** – girelgä gelýän signallaryň toplanýşyna (kombinasiýasyna) bagly bolup we şol bir wagtyň özünde **X** – girelgä gelýän ön ýanyndaky signallardan bagly dälendir.

Sanly – **Yzygiderlikli** sanly shemalar diýlip mikroshemaň – çykalgasyndaky signallar belli bir wagtda diňe bir ; **X** – girelgä gelýän signallaryň toplanýşyndan (kombinasiýasyndan) başga-da şol bir wagtyň özünde **X** – girelgä gelýän ön ýanyndaky signallardan hem baglydyr.

Sanly – yzygiderlikli shema diýilýäniniň sebäbi onuň düzümindäki elementlerde ýadynda saklamak ukybyň bardygyny bilen olaryň içindäki ýagdaýy kesgitlemek we girelgä gelýän



signallaryň yzygiderlikli ykbalyny öňünden aýdyp bolýandygy üçindir.

Ýadynda saklaýjy sanly elementleriň iň ýönekeý gurnamasyna **trigger** diýilýär.

**Trigger** – (böküp üýtgemek, atylmak) – iki sany durnukly ýagdaýy eýeläp bilýän sifrli tehnikaýyň elementidir.

Eger-de, kombinasion shemalary gurnamagyň esasy **I** – **NE**, **ILI** – **NE** logiki elementler düzýän bolsa, onda izygiderlikli shemalarda logiki elementleri triggerler düzýärler.

Çylşyrymlygyň derejesi boýunça (babatynda) operasiýalary ýerine ýetirmekde sifrli elementleri şu aşakdaky klassifikasiýalara bölýärler :

a)Logiki element – sifrli element bolup, iň ýönekeý logiki funksiýalary ýerine ýetirýän funksional integrasiýanyň iň pes derejesine (gatlagyna) degişlidir;

b)Sifrli düwün (çatym) – funksional integrasiýanyň orta derejesini (gatlagyny) kesgitleýän funksional tarapdan doly tamamlanyp jemlenen görnüşdäki logiki elementlerdir ;

ç)Sifrli gurnama – birnäçe sifrli çatymlaryň (düwünleriň) kompleks görnüşi bolup – logiki, hasaplaýyş we başga-da dürli görnüşli operasiýalary ýerine ýetirýän funksional integrasiýanyň ýokary gatlagyna degişlidir.

d)Sifrli hasaplaýjy maşynlar – birnäçe sifrli gurnamalaryň kompleks toplumy bolup, funksional integrasiýanyň iň ýokary gatlagyna degişlidir.

Tranzistorlar ähli sifrli gurnamalaryň esasy abzallary bolup hyzmat edýändikleri üçin, sifrli mikroshemalar tranzistorlar bilen gurnalysyna laýyklykda iki topara bölünýär :

- Ikipolýarly IMS (integrally mikroshema) we
- Metal-dielektrik-ýarymgeçirijili IMS (ýa-da MDÝIMS).

Birinjisi ikipolýarly tranzistorlaryň tehnologiýasy boýunça taýýarlanylýar. Ikinjisi MDÝ – tranzistorlaryň tehnologiýasy boýunça taýýarlanylýar.

Sifrli IMS-leriň ikipolyarly tehnologiiki taýýarlanylş usuly shematehnologiýa nyşanlary (alamatlary) boýunça klassifisirlenýärler, ýagny klassifikasiýa bölünüşleriniň bazasy logiki elementleriň paýlanylşy ýalydyr :

1. **Gönüden – göni** baglanşykly tranzistorlar – Tranzistorly logiki elementler özara baglanşyklary gönüden – gönidir (TLGB – tranzistorly logikasy göni baglanşykly) ;
2. Tranzistorly – rezistorlaryň üsti bilen baglanşykly (RTL – rezistiw – tranzistorly logika) ;
3. Tranzistorly – rezistor – sygymyň üsti bilen baglanşykly (**RSTL** – rezistiw – sygymly – tranzistorly logiki) ;
4. Diodly – tranzistorly logika (**DTL**) ;
5. Tranzistor – tranzistorly logika ( **TTL** ) ;
6. Tranzistorly – emitterli baglanşykly ( **EBL** – emitterli baglanşykly logika) ;
7. Diodly matrisalar ( **DM** ) ;
8. Inžeksiýa – inžeksiýa integrally logika (  $I^2 L$  ) ;
9. Tranzistor – tranzistorly Şotkiniň diodlarynyň üstleri arkaly baglanşykly ( **TTLŞ** ) – diýmek, Tranzistor – tranzistorly logiki baglanşyk – Şotkiniň diodlarynyň üsti bilen ýola goýulýar.

Tehnologiiki usullaryň şeýle atlandyrylmaklarynyň sebäbi, sanalyp geçilen shematehnikanyň prinsipinde mikroshemalaryň gurlyş – sudurynyň esaslary ýatyr.

Metal-dielektrik-ýarymgeçirijili **MDÝ** – tehnologiýasynyň ugurlaryndan giň tehnologiiki ösüş gazanyldy : **p** – nakally ( **p-MDÝ** ), **n** – nakally ( **n-MDÝ** ), kompletarly **MDÝ** tranzistorda ( **KMDÝ** ).

Has giň möçberde ýaýran tehnologiýalardan **TTL** , **TTLS**, **EBL**, **I<sup>2</sup>L** görnüşli **MDÝ** tehnologiýalar mikroshemalaryň ösmeginde tutýan orunlary uludyr.

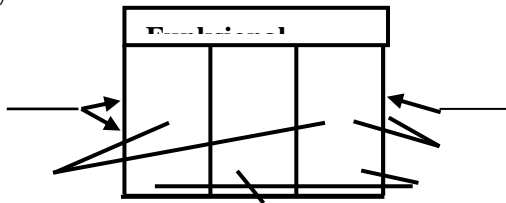
Aşakda, ýarymgeçirijili tehnologiýanyň dürli görnüşlerini özara deňeşdirmek üçin tablisa ýerleşdirildi ( Tablodaky sanlar otnositel bahada görkezildi).

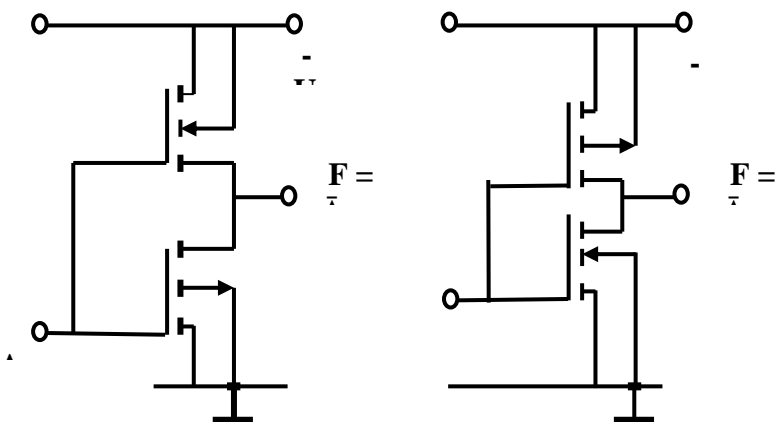
Tehnolo-giýasy	Operasi-ýanyň gidişiniň orta	Kabul edilýän lawmat	Integrasi-ýanyň dowamlat	Durnukly-gyň seçilme	Gymmaty (bahasy)	Tehnolo- giki ýaşy
P – MDÝ	1	0,7	0,3	0,5	0,2	1
n – MDÝ	0,5	0,6	0,5	0,7	0,3	0,8
KMDÝ	0,4	0,2	1	1	0,5	0,5
I I L S	0,3	0,9	0,2	0,3	0,9	0,5
EBL	0,2	1	0,1	0,2	1	0,3
I <sup>2</sup> L	0,8	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4

MDÝ – IMS-iň tehnologiiki taýýarlanylşy ikipolýarly IMS-lerden has ýönekeýdir.

MDÝ – IMS-iň tehnologiiki operasiýasynyň sany 22 bolsa, onda ikipolýarly IMS-leriň taýýarlanylş tehnologiýasynyň operasiýasynyň sany 32. Taýýarlanylş kynçylyklary boýunça-da MDÝ – IMS-iňki ikipolýarly IMS-lerden 30% azdyr.

IMS –leriň çalasynlygyny ýokarlandyrmak üçin goşmaça düzümler ulanlyp simmetriýany gazanýarlar. Başgaça aýdylanda bir **düşegiň** (esasyň) üstünde **n** – we **p** – kanally MDÝ abzallar ýygnaýlyp, abzallaryň ikisiniň-de burmasyna (zatworyna) girelge signallary berilýär. Şular ýaly birleşmelere **komplementor** (üstüni ýetirýän) düzümler ( **KMDÝ** ) diýilýär.





### **Integrally mikroshemalaryň grafiki we şertli belgilenişleri.**

IMS-leriň çalasyňlygyny ýokarlandyrmak üçin, goşmaça düzümler ulanylyp, simmetriýany gazanýarlar. Başgaça aýdylanda, bir düşegiň (esasyň) üstünde  $n$  we  $p$  kanally MDÝ abzallar ýygnaýlyp, abzallaryň ikisiniň-de burmasyna (zatworyna) girelge signallary berilýär. Şular ýaly birleşmelere komplementor (üstüni ýetirýän) düzümler (KMDÝ) diýilýär.

Integral mikroshemalaryň grafiki we şertli belgilenişleri.

Sanly we analogly mikroelektron tehnikanyň grafiki görnüşde şertli belgilenişleri (GŞB), gönüburçlygyň esasyňyň üstünde gurulýar. Umumy görnüşde GŞB-niň esasy hasaplanylýan, onuň tutýan meýdany bolup, şol esasyň çep hem-de sag taraplaryndan goşmaça bir sany meýdan bilen üpjün edilýär (4.2-nji çyzgy). Gönüburçlyklaryň geometriki ölçegleri çykalga simleriniň sanyndan, tegmillenen belgileriň sanyndan we funksional mikroshemanyň wezipesi ýaly ýazgylardan baglydyr

\* \*

çykalga

✱ ✱ ✱  
✱ ✱ ✱ ✱

\*\*\*

\* \* \*

\* \* \*

<b>Ýazgy (Ýazgy komandasy)</b>	<b>W R</b>	<b>Şertli «Baýdak»</b>	<b>F L</b>	çykalgalaryň
		Adres	<b>A</b>	

aňladýan toplumy tegmiller Çep we sag tarapyndaky Esasy meýdan goşmaça meýdanlar

2-nji çyzgy. Integral mikroshemalaryň şertli belgilenişi.

Elementiň sim uçlary maglumatlary üstünden geçirýän çykalgalara,girelgelere hem-de iki-ugurlaýyn geçiriji simli girelgelere we çykalgalara bölünýärler.

Girelge simleri GŞB-niň çep tarapynda,çykalga simleri bolsa sag tarapynda ýerleşdirilýär. Beýleki geçiriji simler GŞB-niň islendik meýdanynda bolup bilerler.

Elementlerden doldurylýan esasy we goşmaça meýdanlarda funksiýalaryň belgilenişleri latyn harplary, Arap sifrleri,hem-de ýörite tegmiller (bellikler) bilen belgilenýärler.

Tegmillenen gysgyçlardan çykýan simuçlaryň funksional wezipeleri goşmaça meýdanda tegmiller (belgiler) bilen aňladyýarlar. Tegmilleri baş harplar bilen ýazylyp, latyn harplaryndan arap sifrlerinden we ýörite bellikler (nyşanlar) bilen aňladyýarlar. Belgileriň mukdary çäklendirilmeyär (ýagny, olaryň sany geregiçe bolup biler).

Käbir tegmiller diňe logiki maglumatlary aňladýan bolsalar käbiri logiki maglumatlary aňlatmaýarlar.

Aşakda funksional wezipeleri aňladýan tegmillerden (belgiler) birnäçe mysallar getirildi (logiki maglumatlary aňladýan belgiler).

Çykalgalaryň golaýynda funksional wezipesini aňladýan belgilerden başga-da ýörite görkeziji belgiler-de görkezilýär.

### **Operasion güýçlendirijiler ( OG).**

XX asyryň 40-njy ýyllarynyň ahyrlarynda matematiki operasiýalary (amallary) modularleýji gurnamalar peýda bolýarlar.

Hemişelik togy üçin niýetlenilen elektronly çyralardan ýygňalan güýçlendirijiler yzy bilen aragatnaşygy ylalaşykly gurnalyp :

- Köpeltmegi, bölmegi, aýyrmagy, goşmagy, differensirlemegi, integrirlemegi, logoriflemegi, derejä görtermegi, kökden çykarmagy trigonometriki funksiýalary hasaplamagy we başga-da ençeme matematiki amallary (operasiýalary) işlemäge ukyply gurnama bolupdyr.

Integral mikroshemalardan (IMS-lerden) ýygňalan operasion güýçlendirijiler şu günler hem durmuşda giňden ulanylýar. Operasion güýçlendirijileriň adynyň köneleşendigine garamazdan olaryň funksional mümkinçilikleri ýyl geldigiçe artýar.

**Kesgitlemesi** : Operasion güýçlendiriş (OG) tranzistorlardan ýygňalan güýçlendiriji bolup, örän uly güýçlendiriş koeffisiýenti ( $k_u = 10^4 \dots 10^5$ ) bolup, örän ullaýan girelge ( $R_{gir} = 10^5 \dots 10^6 \text{ Om}$ ) garşylykly, çykalgasynda örän kiçi

(  $R_{\text{ç}} = 10 \dots 100 \text{ Om}$  ) garşylygy, girelgesinde örän kiçi (  $10^{-6} \dots 10^{-7} \text{ A}$  ) togy, ýygýlyk diapazony **O**-dan  $10^5 \dots 10^6 \text{ Gs}$  aralykda bolup, gohy örän kiçi hem-de kiçi dreýfli gurnamadyr.

**OG-niň iş düzgüni** : Operasion güýçlendirijileri iki iş düzgüninde peýdalanmak bolýar :

1. Göni baglanşykly iş düzgüninde, we
2. Açylyp, ýapylyp bilýän açar iş düzgüninde.

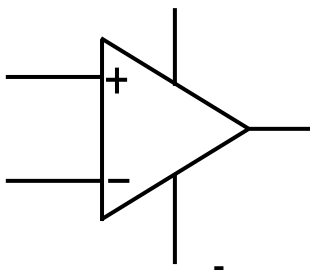
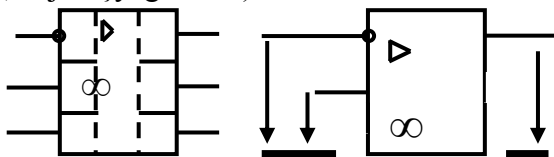
Göni baglanşykly iş düzgüninde OG-niň çykalgasyndaky we girelgesindäki naprýaženiýeler özara takyk we üznüksiz baglanşykdadyrlar. OG-ni göni baglanşykly iş düzgüninde işletmek üçin adaty shemalardaky yzy bilen ylalaşykly güýçlendirijiler ulanylýar.

Emma, açylyp – ýapylyp bilýän açar iş düzgüninde işleýän OG-lerde welin, girelgä berilen naprýaženiýeniň bahasynda çykalgadaky naprýaženiýe böküp üýtgeýär. Meselem, plýus maksimal bahasyndan minus maksimal bahasyňa ýa-da tersine tapawudy ýok. Bu düzgünde işlediljek OG-lerde ýa-da yzy bilen baglanşyksyz ýa-da yzy bilen ylalaşyksyz aragatnaşykdan peýdalanýarlar.

### **OG-leriň grafiki-şertli belgilenişleri.**

Operasion güýçlendirijileriň grafiki-şertli belgilenişleri dörtburçlyk görnüşde ýerine ýetirilýär. Bu şertli dörtburçlyk belgi OG-niň esasy bolup, onuň her gapdalynda bir ýa-da iki sany goşmaça dörtburçly meýdany-da bolup biler

(3-nji a çyzga seret).



3-nji çyzgy. OG-leriň grafiki-şertli belgilenişleri : a bilen



OG-niň esasy meýdany hasap edilýän dörtburçlygyň içinde



- a) üçburçlyk görnüşli belgi goýulýar. Bu belgi «**Güýçlendiriji**» diýen manyny berýär.

Esasy dörtburçlygyň sag tarapynyň ýokarsynda koeffisiýentleriniň takyk bahalary görkezilýär. OG-ler üçin güýçlendiriş koeffisiýenti juda uly bolýanlygy üçin olaryň şertli grafiki belgileriniň içinde tükeniksizligiň ( $\infty$ ) nyşany goýulýar.

Operasion güýçlendirijileri shemalara çatmak üçin, olarda ýerleşdirilen esas hasap edilýän **girelge** we **çykalga** gysgyçlaryndan başga-da funksional ýüklere dahyly ýok çykalgalary bilen üpjün edilýär.

Köplenç ýagdaýda **girelge** gysgyçlary OG-niň çep tarapynda, **çykalga** gysgyçlary bolsa sag tarapynda ýerleşdirilýärler. OG-leriň girelgeleri iki dürli gysgyçlary bilen tapawutlanýarlar : birinjisi – göni (adaty birleşdirliş), ikinji inwerslidir. Inwersli **girelge** we **çykalga** gysgyçlarda töwerek nyşany bilen belgilense, onda göni (inwerssiz) gysgyçlar shemalarda hiç hili nyşansyz belgilenýärler ─.

OG-niň göni gysgyçlaryna inwersli däl diýilýär, sebäbi girelgä berilýän signal bilen çykalgadaky signal fazalary boýunça özara gabat gelýärler.

OG-niň inwersli gysgyçlaryna inwertirleýji diýilýändiginiň sebäbi, girelgä berilýän signal bilen çykalgadaky signalyň aralarynda  $180^0$  süýşme burçuň döreýänligi üçindir.

Operasion güýçlendirijileriň **girelge** we **çykalga** gysgyçlaryndan başgalaryny **FC, NC, OV**, ýaly harplar ýa-da belgiler bilen tapawutlandyryýarlar. Meselem, **FC** – operasion güýçlendirijiniň amplituda – ýygýlyk häsiýetnamasynyň korrektirleýji zynjyryna birikdirmek üçindir ; **NC** – balansirleýji elementleri hemişelik togy boýunça birleşdirmek üçindir ; **OV** – ýa-da - nul wolt) OG-ni iýmitlendiriji çeşmäniň umumy çykalgasy we OG-niň umumy simleri ;

$\pm U$  – ikipolýarly iýmitlendiriji çeşmäniň gysgyçlary.

OG-leriň prinsipial shemalarynyň aýdyň okalmagyny hem-de işleýiş düzgünleriniň düşündirlişlerini sadalaşdyrmak maksady bilen OG-leriň şertli – grafiki belgilenişlerini ýönekeýlesdirmäge ygtyýar berilýär. Meselem, 9.13-nji **b** – çyzgyda, diňe OG-niň tutýan esasy meýdany we signallar üçin degişli çykalgalar görkezildi.

9.13-nji **ç** – çyzgyda bolsa köne standart boýunça belgilenişi görkezildi. Bu çyzga degişli «+» alamat göni, «-» alamat bolsa inwersli birleşmegi aňladýarlar.

### Operasion güýçlendirijileriň parametrleri.

OG-leriň parametrleri diýlip :

- Differensirlenen (tapawutlandyrlan) signallaryň naprýaženiýe boýunça güýçlendiriş  $k_u$  – koeffisiýentine [dB] ;
- Sinfazaly signallary gowşadyş  $k_{u(s,f)}$  – koeffisiýentine [dB] ;
- Girelgä berilýän naprýaženiýeniň maksimal amplitudasyna  $\pm U_m$  [W] ;
- Girelgesindäki  $R_{gir}$  – garşylygyna [kOm ; MOm] ;
- Çykalgasyndaky  $R_{ç}$  – garşylygyna [Om] ;
- Ýüke ygtyýar berilýän maksimal  $R_y$  – garşylygyna [kOm] ;
- Signallary süýşüriji  $U_s$  – naprýaženiýesine [mW] ;
- Girelgedäki  $I_{gir}$  – toguna [nA] ;
- Girelgä berilýän  $\Delta I_{gir}$  toklaryň tapawudyna [nA] ;
- Çykalgadaky  $U_{ç}$  – naprýaženiýeniň  $v_{u(ç)}$  – ösüş tizligine [W/mks]
- Çeşmeden kabul edýän  $I_{çeşm}$  – toguna [mA] düşünilýär.

Differensirlenen (tapawutlandyrlan) signallaryň naprýaženiýe boýunça güýçlendiriş  $k_{u(g)}$  – koeffisiýentiň tapylyşy.

$$k_{u(g)} = \frac{U_{cyk}}{U_{gir.1} - U_{gir.2}}$$

Bu ýerde :  $U_{gir.1}$  bilen  $U_{gir.2}$  – operasion güýçlendirijiniň girelgesine berilýän naprýaženiýeler.

Sinfazly signalyň naprýaženiýe boýunça güýçlendiriş

koeffisiýentiniň tapylyşy:

$$k_{u(s.f)} = \frac{U_{\text{çyk}}}{U_{gir.1} + U_{gir.2}}$$

OG-leriň girelgesindäki naprýaženiýeleri deň polýarlydyrlar we deň ululyklardaky bahalara eýedirler.

Operasion güýçlendirijileriň hili (gowulygy) sinfazly signallaryň gowşadyjy (ýumşadyjy)  $k_{u(s.f)}$  – koeffisiýenti bilen differensirlenen (tapawutlandyrlan) signalyň  $k_{u(g)}$  – koeffisiýentiniň gatnaşyklaryndan emele gelýän ýörite  $k_{0(s.f)}$  – koeffisiýent bilen kesgitlenilýär.

$$k_{0(s.f)} = \frac{k_{u(g)}}{k_{u(s.f)}}$$

Hil tarapdan gowy hasap edilýän OG-lerde

$$k_{0(s.f)} = 10^4 \dots 10^6, \text{ ýa-da } k_{u(g)} \gg k_{u(s.f)}$$

OG-leriň çykalgasyndaky  $U_{\text{çyk}}$  – naprýaženiýeniň ösüş  $v_{u(\text{ç})}$  – tizligi OG-leriň girelgesine böküp durýan naprýaženiýe berilende özüniň maksimal bahasyna ýetýär.

**Ideal operasion güýçlendirijiler, ulanylýan ýerleri we düzümi.**

İdeal OG bolmak üçin şu aşakdaky şertleriň (häsiýetleriň) haýsy-da bolsa biri berjaý edilse ideal OG diýmek bolar :

- Güýçlendiriş koeffisiýenti tükeniksiz ( $k_{u.g} \rightarrow \infty$ ) bolanda ;
- Girelgesindäki garşylyk tükeniksiz ( $R_{gir} \rightarrow \infty$ ) bolanda ;
- Çykalgasyndaky garşylyk nul ( $R_{ç} \rightarrow 0$ ) bolanda ;
- Girelgesindäki tok nula ( $I_{gir} \rightarrow 0$ ) golaýlaşanda ;
- Girelgesindäki gysgyçlarynyň potensiallarynyň tapawudy nula

( $\Delta U_{gir} \approx 0$ ) ýakynlaşanda ;

- Signallary geçiriş ýygrylyk zologynyň giňligi tükeniksiz ymtylsa ( $\Delta f \rightarrow \infty$ ).

OG-ler, has çuň yzy bilen baglanşyklar gerek bolanda ulanylyanlygy üçin, OG-lerden ýygrylan gurnamalaryň parametrleri, esasan hem yzy bilen baglanşygyň parametrleri bilen kesgitlenilýär. Şonuň üçin-de OG-leriň funksionallygy kän bir bildirmeýär we özüniň häsiýetleri boýunça ideal güýçlendirijilere golaýlaşýarlar.

Ulanlyýan ýerlerine laýyklykda OG-leri 5(baş) topara bölýärler :

1. Ähli shemalarda ulanylyýan OG-ler (K153YD1, K153YD2, K153YD6 markalar) özleriniň örän ýokary güýçlendiriş koeffisiýentleri, biçak uly girelge garşylyklary, örän tiz we ýokary täsir edijiligi bilen tapawutlanýarlar.
2. Takyklygy örän ýokary (153YD5 markaly) OG-ler özleriniň kiçijik süýşiriji napryaženiýesi, differensial signallar üçin ýokary güýçlendiriş koeffisiýenti, sinfazaly signallar üçin-de biçak ýokary koeffisiýenti hem-de goh derejesiniň örän kiçiligi bilen tapawutlanýarlar .
3. Elektrometrli OG-ler (140YD6, 140YD14, 544YD1 markalar) özleriniň girelgesinde biçak uly garşylygy, girelgesindäki togunyň ujypsyzlygy hem-de gohunyň kiçiligi bilen tapawutlanýarlar.
4. Tiztäsiirediji (140YD11 markaly) OG-ler impulsly signallary we ýokary ýygrylykly signallar üçin niýetlenilip,

üstünden signallary geçiriş ýygylk zolagynyň giňligi we çykalgasyndaky  $U_{\text{çyk}}$  – naprýaženiýesiniň ösüş tizliginiň aşa ýokarylygy bilen tapawutlanýarlar.

5. Mikrokuwwatly OG-ler (140VД12, 153VД4 markaly) örän kiçi (dynçlyk düzgüninde  $10^{-6}$  Вт) kuwwaty kabul edýänligi bilen tapawutlanýarlar.

OG-leriň düzümini üç bölege böläýärler, olaryň :

Birinjisi differensial kaskadlardan düzülip , **girelge** kaskad üçin ulanylsa ;

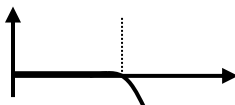
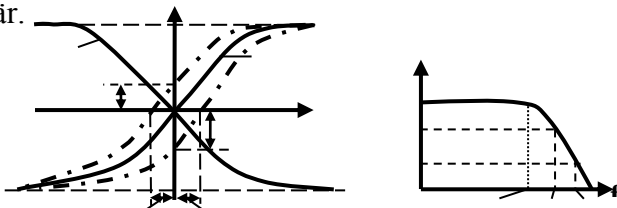
Ikinjisi – emitteri gaýtalanýan kaskadlardan düzülip, **çykalga** kaskad üçin ulanylýar ;

Üçünjisi **girelge** bilen **çykalga** kaskadlaryň aralygynda olary sazlaşdyryjy (ylalaşdyryjy) hökmünde ulanýarlar.

4-nji çyzgyda OG-niň düzümi görkezildi

### OG-leriň iýmitlendirilişi we olaryň häsiýetnamalary.

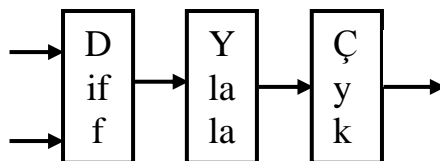
OG-leriň işleýiş şertleriniň mümkinçiliklerini doly üpjün etmek üçin, olaryň girelgesine hem plýus hem-de **minus** alamatly signallary bermeli bolanda iýmitlendiriji çeşmäni talap edýär. Şonuň üçin-de, iki sany hemişelik naprýaženiýe çeşmesini özleriniň ýörite çykalgalary bilen üpjün edilýär.



5-nji

çyzgy.  
П4

Operation



Häsiýetnama-laryň üç görnüşini öňe sürýärler :

- Amplituda (üstünden geçiriş)  $U_{çyk}$  ( $U_{gir}$ ) häsiýetnamasy ;
- Amplituda – ýygylýk  $k_u(f)$  häsiýetnamasy ;
- Faza – ýygylýk  $\varphi(f)$  häsiýetnamasy.

Bu baglanşyklaryň her birine aýratynlykda seredeliň.

1. Üstünden geçiriş (amplituda) häsiýetnamasy.

OG-niň bu häsiýetnamasy girelgedäki we çykalgadaky naprýaženiýeleriň özara  $U_{çyk}(U_{gir})$  baglanşyklaryny aňladýar (5-nji a çyzgy). Çyzgydaky 1-nji egri çyzyk inwertirlemeyän, 2-nji egri inwertirleýän OG-ler üçindir.

Eger-de, OG-niň girelgesindäki naprýaženiýe ( $U_{gir}=0$ ) nula deň bolanda, çykalgasyndaky naprýaženiýe-de ( $U_{çyk}=0$ ) nula deň bolsa, onda OG-niň balansly ýagdaýdadygyny aňladýar.

Eger-de,  $U_{gir}=0$  bolanda çykalgadaky naprýaženiýe  $U_{çyk} = \pm \Delta U_{çyk}$  bolsa, onda OG-niň balansda dälidigini aňladýar.

Girelgede  $U_{gir}=0$  bolan wagty çykalgadaky  $U_{çyk}$  – naprýaženiýeniň nula deň bolmagyny gazanmak üçin, operasion güýçlendirijä berilmeli  $U_{süýş}$  – naprýaženiýä-OG-niň girelgesindäki naprýaženiýesini nul ýagdaýyndan süýşürjü diýilýär.

Balansyň bozulmagyna girelgedäki differensial kaskadyň parametrleriniň dargaýanlygy we olaryň temperaturadan hem baglydygy sebäp bolýandygy bilen düşündirilýär. 5-nji **a** çyzgyda keltejik çyzyklar bilen OG-niň balansynyň bozulan ýagdaýyny aňladýan-üstünden geçiriş koeffisiýentiniň häsiýetnamasy görkezildi.

OG-niň girelgesi üçin diňe bir süýşme  $\Delta U_{\text{süýş}}$  – naprýaženiýesinden başga-da girelgesindäki  $\Delta I_{\text{gir}}$  – süýşme togy diýilýän ululykdan hem peýdalanýarlar. Kaskadyň girelgesindäki  $\Delta I_{\text{gir}}$  – tok differensial kaskadyň girelgesindäki  $R_{\text{gir}}$  – garşylygynyň bahasy bilen çäklenýär we tranzistoryň parametrleriniň dargaýyş şertleri bilen düşündirilýär.

OG-leriň iş düzgünini ilki başdan balansirlemek hemişe gerek bolup durýanlygy üçin, olaryň girelgesindäki  $U_{\text{süýş}}$  – süýşürji naprýaženiýesine we girelge  $\Delta I_{\text{gir}}$  – toguna täsir edip durar ýaly olaryň shemalarynda goşmaça elementler ulanylýar. Şeýle balansirlemek üçin OG-leriň haýsy-da bolsa bir girelgesine goşmaça naprýaženiýe bermek we goşmaça rezistorlary girizmek bilen amala aşyrylýar.

OG-leriň amplituda ýygylýk  $k_u(f)$  häsiýetnamasy 5-nji **b** çyzgyda görkezildi. Bu baglansykda OG-niň güýçlendiriş koeffisiýentiniň ýygylýkdan baglansygy görkezilip, onda şu aşakdaky parametrler hem görkezildi :

$f_{\text{ýokary}}$  – OG-niň geçirýän (dury) zolagyndaky iň ýokarky araçägidir, bu ýygylýkda güýçlendiriş  $k_u=0,707$   $k_{u.o}$  bahasyna deňdir.

$K_{u.o}$  – OG-niň orta ýygylýkda işleýärkä güýçlendiriş koeffisiýenti.

$F_{\text{kes}}$  – OG-niň  $k_{u.o}$  – koeffisiýentiniň göni gidýän kese çyzygyndan asaklygyna gaýdyp başlan ýerini görkezýän ýygylýk, hem-de tranzistoryň-da ýygylýga baglydygyny, OG-niň düzümini emele getirýän özaralarynda gerekmejek (parazit) sygymlarynyň-da bardygyny aňladýar.

**f<sub>1</sub>** – Güýçlendiriş koeffisiýentiň ululygy 1 (bir) bolanda OG-niň ýygylgy

**OG**-leriň faza-ýygylgyk **φ(f)** häsiýetnamasy 5-nji **ç** çyzgyda görkezildi. Bu baglanşyk OG-lerde güýçlendirilen signallaryň **φ** – faza burçy boýunça süýşmegiň **f** – ýygylgykdan baglydygyny aňladýar.

### **Operasion güýçlendirijileriň esasy shemalary.**

OG-leri birnäçe topara bölýärler : Inwertli, inwertlidäl, summirleýän, tapawutlandyrýan (differensial), differensirleýän, integrirleýän ýaly toparlara bölünýär. Bu OG-lere aýratynlykda seredeliň.

1. **Inwertirleýän** (Latyn sözi – çalşyrýan, çöwürýän diýmek) **OG**-ler.

Inwertirleýji OG-niň shemasy 6-njy çyzgyda görkezildi.

Bu shemada yzy bilen aragatnaşygyň signaly **R<sub>2</sub>** – garşylygyň üsti bilen OG-niň inwersli girelgesine berilýär. Şol inwersli girelgä-de elektrik çeşmesiniň **U<sub>gir</sub>** – naprýaženiýesi berilýär.

OG-leriň iş düzgünini ýeňil özleşdirmek üçin OG-ni ideal görnüşde diýip kabul etmek maslahat berilýär. Şeýle edilende, « **Ideal** » OG-ler üçin düzülmeli deňlemeler-de sadalaşýar, sebäbi OG-niň girelgesiniň garşylygy **R<sub>gir</sub> = ∞** diýip kabul edilýär şonuň üçin-de girelgesindäki gysgyçlarynyň aralaryndaky (**ΔU<sub>gir</sub>=0**) naprýaženiýe nula deň bolýar we **R<sub>1</sub>** bilen **R<sub>2</sub>** rezistorlaryň üstlerinden bir **i<sub>1</sub>** – tok akýar. OG-niň girelgesinde görkezilen kontur üçin (çyzgyda keltejikden üzülen çyzyklar) degişli deňleme düzeliň.



$$-U_{\text{gir}} + R_1 i_1 = 0 \quad \text{ýa-da} \quad i_1 = \frac{U_{\text{gir}}}{R_1}$$

OG-niň çykalgasyndaky uly kontur üçin-de deňleme düzeliň

$$U_{\text{çyk}} + R_2 i_2 = 0 \quad \text{ýa-da}$$

$$U_{\text{çyk}} = - R_2 i_1$$

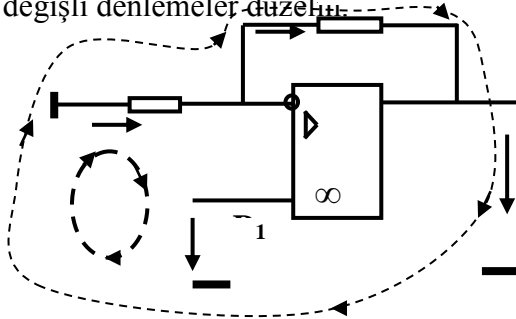
Eger-de, birinji deňlemeden  $i_1$  – toguň bahasyny ikinji deňlemede ulansak, onda

$$U_{\text{çyk}} = - \frac{R_2}{R_1} U_{\text{gir}}$$

Deňlemäniň sag tarapynda emele gelen (–) minus alamatynyň manysy signalyň fazasynyň çöwrülýändigini (inwertligini) aňladýar.

2. **Inwertirlemeýän güýçlendiriji.** Inwertsiz güýçlendirijileriň shemasy 7-nji çyzgyda görkezildi.

Ýene-de, OG-leri ideal diýlip kabul edilýändiginden peýdalanyp, çyzgyda görkezilýän kiçi we uly konturlar üçin degişli deňlemeler düzelte.



7-nji çyzgy. Inwertirlemeýän OG-niň shemalara birleşdirlişi.

$$U_{\text{gir}} \quad R_1 i_1 + U_{\text{gir}} = 0 \quad \text{ýa-da} \quad i_1 = - \frac{U_{\text{gir}}}{R_1}$$

Kiçi kontur üçin

$$\text{Uly kontur üçin } (R_1 + R_2) i_1 + U_{\text{çyk}} = 0 \quad \text{ýa-da}$$

$$U_{\text{çyk}} = - (R_1 + R_2) i_1$$

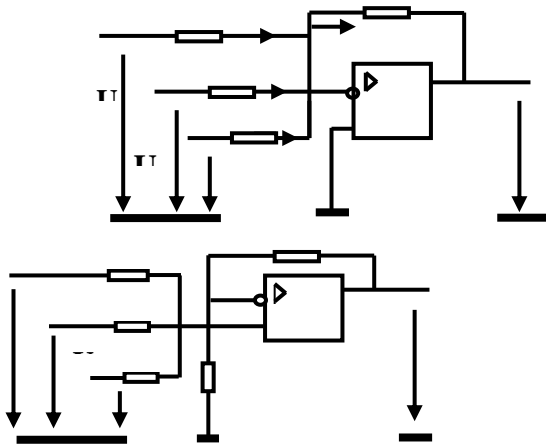
Birinji deňlemeden  $i_1$  – toguň bahasyny ikinji deňlemä goýsak, onda

$$U_{\text{çyk}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} U_{\text{gir}} \quad \text{ýa-da} \quad U_{\text{çyk}} = 1 + \frac{R_2}{R_1} U_{\text{gir}}$$

Deňlemede  $(-)$  – alamatyň ýoklugy  $(+)$  – plýus alamatlylygyň manysy OG-de signalyň fazasy inwertersiz güýçlenýändigini aňladýar.

### 3. Summirleýän güýçlendiriji (Summator).

Summatorlaryň girelgesinde signallar goşulanlaryndan soň, olaryň çykalgasyndan alynýan signallary inwertirleýän ýa-da inwertirlemeýän görnüşde alyp bolýar. Olara degişli shemalar 8-nji **a, b** çyzgyda görkezildi.



9.18-nji a – çyzgyda görkezilen shema üçin şu aşakdaky deňlemeleri düis.

$$U_{gir1} \quad U_{gir2} \quad U_{gir3}$$

$$U_{çyk} = - \left( \frac{R_4}{R_1} U_{gir1} + \frac{R_4}{R_2} U_{gir2} + \frac{R_4}{R_3} U_{gir3} \right)$$

Umumy görnüşde, şu aşakdaky ýaly ýazyp bileris.

$$U_{çyk} = - \sum_{k=1}^n U_{gir\ k} \frac{R_4}{R_k}$$

$$\overline{R_k}$$

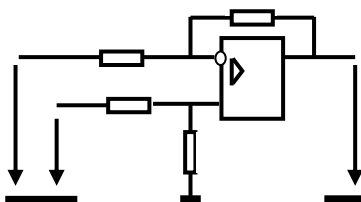
Eger-de garşylyklaryň ( $R_4=R_k$ ) deňlikleri gazanylsa, onda güýçlendirijiniň çykalgasyndaky  $U_{çyk}$  – naprýaženiýe

$$U_{çyk} = -(U_{gir.1} + U_{gir.2} + U_{gir.3}) \quad \text{bolar}$$

Deňlemäniň oňundäki (–) – minus alamatynyň manysy çykalgadaky  $U_{çyk}$  – naprýaženiýe, girelgedäki  $U_{gir.k}$  – naprýaženiýeleriň goşulmaklarynyň inwertlenýändigini aňladýar.

#### 4. Differensial ( tapawudyny berýän ) güýçlendiriji.

Girelgedäki naprýaženiýeleri güýçlendirip, çykalgasynda tapawudyny berip bilýän OG-lere differensial güýçlendirijiler diýilýär. Şeýle differensial güýçlendirijiniň shemasy 9.19-njy çyzgyda görkezildi.



9-njy çyzgy. Differensial (tapawudyny berýän) güýçlendiriji

Eger-de, OG-niň birinji girelgesine signal berilip, ikinji girelgesine signal berilmese ( ýagny  $U_{gir.1} \neq 0$ ,  $U_{gir.2} = 0$  ), onda shema inwertirleýji bolup işleýär.

$$U_{çyk} = U_{çyk1} = - U_{gir1} \frac{R_4}{R_1}$$

Eger-de, OG-niň birinji girelgesindäki signalyň naprýaženiýesi

(  $U_{gir.1}=0$  ) bolup, ikinji girelgesindäki signalyň naprýaženiýesi nula deň bolmasa (  $U_{gir.2} \neq 0$  ), onda shema inwertirlemeyän güýçlendiriji bolup işleýär.

$$U_{\text{çyk}} = U_{\text{çyk2}} = U_{\text{gir2}} \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Bu ýerde  $U_{\text{gir2}}$  inwertirlemeyän güýçlendirijiniň

çykalçasyndaky naprýaženiýesidir. In soňky netijeleri ýönekeýleşdirmek üçin inwertirleýän we inwertirlemeyän düzgünde işleýän OG-leriň güýçlendiriş koeffisiýentleri özara deň diýip kabul edýäris.

$$k_{u1} = \frac{U_{\text{çyk1}}}{U_{\text{gir1}}} = \frac{R_4}{R_1} \frac{R_2}{R_3 + R_4} ; k_{u2} = \frac{U_{\text{çyk2}}}{U_{\text{gir2}}} = \frac{R_2}{R_1} \frac{R_4}{R_3 + R_4} = \frac{R_2}{R_1} \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

onda

$$k_{u1} = \frac{R_2}{R_1} \frac{R_4}{R_3 + R_4} ; k_{u2} = \frac{R_2}{R_1} \frac{R_4}{R_3 + R_4} = \frac{R_2}{R_1} \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

netijäni alarys.

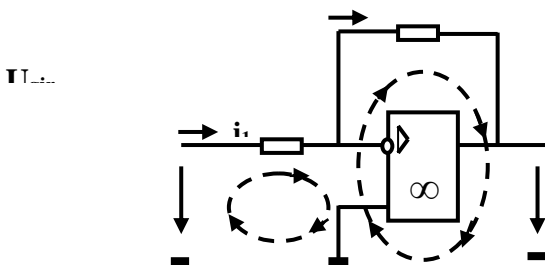
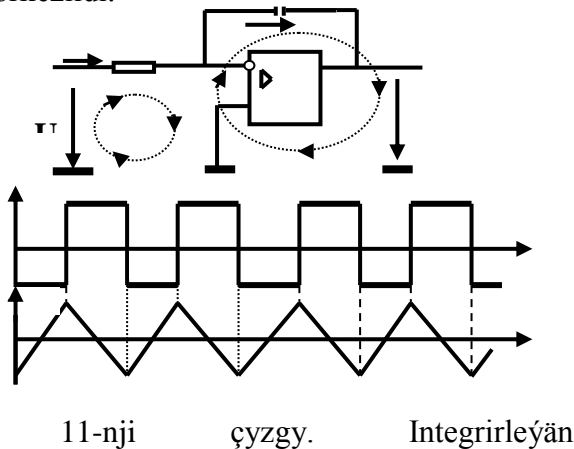
Eger-de, OG-niň girelgeleriniň ikisinde-de signal bolsa, onda çykalçasyndaky  $U_{\text{çyk}}$  – signalyň tapylyşy şeýle bolar

$$U_{\text{çyk}} = - U_{\text{gir1}} \frac{R_2}{R_1} + U_{\text{gir2}} \frac{R_2}{R_1} = (U_{\text{gir1}} - U_{\text{gir2}}) \frac{R_2}{R_1}$$

Diýmek, OG-niň çykalgasyndaky  $U_{\text{çyk}}$  – signal, girelgesindäki signallaryň tapawutlaryna göni baglydyr.

### 5. Differensirleýän güýçlendiriji (Differensiator).

Differensirleýji güýçlendirijiniň shemasy 10-nji a – çyzgyda görkezildi.



6-njy çyzgy. Inwertirleýji OG-niň

Girelgedäki  $U_{\text{gir}}$  – signal sähelçe täsir etsek, onda  $C$  – kondensatordan zaryad togy geçip başlaýar.

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{dU_c}{dt}$$

10-nji a çyzgyda görkezilen shemadaky kiçi we uly konturlar üçin deňlemeler düzeliň

$$dU_{gir}U_c - U_{gir} = 0 ; \quad U_c = U_{gir} ; \quad U_{çyk} = R i = R C \frac{dU_{gir}}{dt}$$

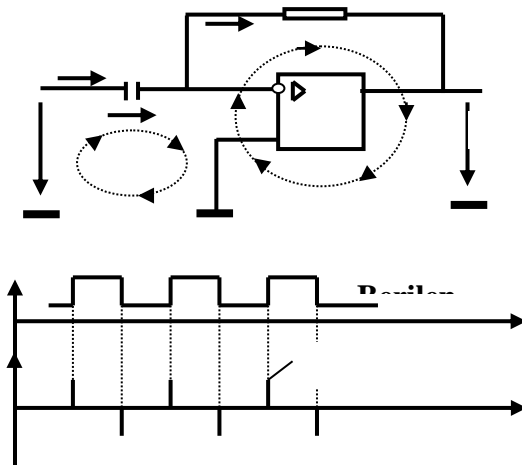
$\frac{d}{dt}$

Formuladan görnüşi ýaly, OG-niň çykalgasyndaky  $U_{çyk}$  – signal girelgä berilýän  $U_{gir}$  – signalyň differensialyna göni baglydyr.

20-nji b çyzgyda  $U_{gir}$  – girelge we  $U_{çyk}$  – çykalga signallaryň  $t$  – wagta görä diagrammalary görkezildi. Bu diagrammalar OG-niň girelgesine gönüburçly signallar berilende onuň çykalgasynda differensirlenýän signallaryň netijesi bolan  $U_{çyk}$  – naprýaženiýeniň diagrammasy bilelikde görkezildi.

## 6. Integrirleýän güýçlendiriji (Integrator).

Integrirleýän güýçlendirijiniň shemasy 11-nji a çyzgyda görkezildi



10-nji çyzgydy. Differensirleýän güýçlendiriji : a

OG-niň girelgesindäki signala sähelçe täsir etsek, onda  $C$  – kondensatordan zarýad togy geçip başlaýar.

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{dU_c}{dt}$$

Shemada görkezilen kiçi we uly konturlar üçin deňişli deňlemeler düzeliň

$$U_{gir} = R i ; \quad U_{çyk} = - U_c = - \frac{1}{C} \int i dt \quad \text{ýa-da}$$

$$U_{çyk} = - \frac{1}{RC} \int u_{gir} dt \quad \text{görnüşe eýe bolar.}$$

Formuladan görnüşi ýaly, OG-niň çykalgasyndaky  $U_{çyk}$  – signal girelgä berilýän  $U_{gir}$  – signalyň integrirlenmegine göni baglygyr.

9.21-nji b çyzgyda  $U_{gir}$  – girelge we  $U_{çyk}$  – çykalga signallarynyň

t – wagta görä diagrammalary görkezildi. Bu diagrammalardan görnüşi ýaly OG-niň girelgesine dürlipolýarly impulslar berilende onuň çykalgasyndaky diagrammalar integrirlenmegiň netijesi bolýar.

7. **Komparator** (İňlis sözi – deňeşdiriji diýmekdir).

Komparator diýlip iki sany naprýaženiýäni deňeşdirip bilýän shemalara aýdylýar. 12-nji çyzgyda iki sany  $U_{gir.1}$  we  $U_{gir.2}$  – birmeňzeş polýarly signallary deňeşdirijiniň shemasy görkezildi.

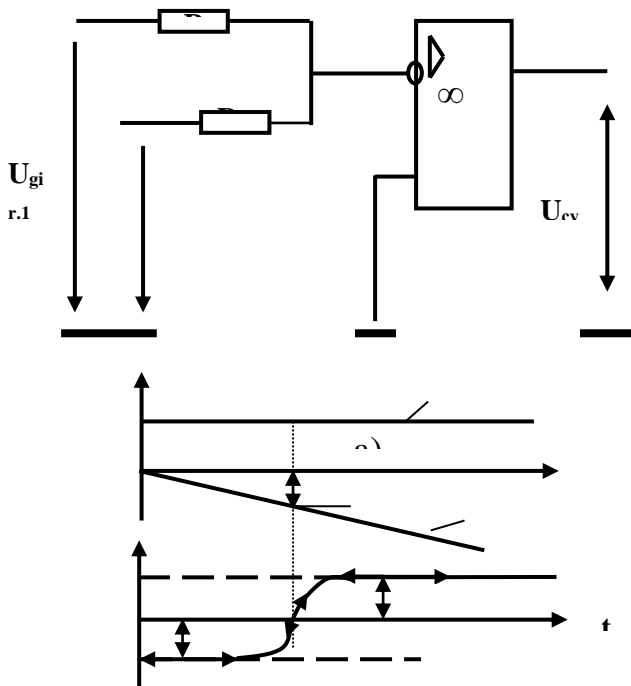
Eger-de, girelgedäki  $U_{gir.1}$  – naprýaženiýeni merkezden geçýän göni



çyzgyň kanuny boýunça üýtgetsek (12-nji **b** – çyzga seret), onda  $0 - U_{bosoga}$  aralykda  $U_{gir.1} < U_{gir.2}$  bolup, inwertleýän güýçlendirijiniň signaly ( $U_{gir.1}$ ), inwertlemeýän güýçlendirijiniň  $U_{gir.2}$  signalyndan kiçidigi sebäpli, OG-niň çykalgasynda  $+ U_{çyk.max}$  – signal emele gelýär.

**Eger-de, girelgedäki  $U_{gir.1}$  – signaly yzyna tarap üýtgetsek, onda prosess tersine bolup geçýär (22-nji b çyzgydaky  $U_{çyk}(t)$  baglanşyga seret).**

Eger-de, komparatoryň inwertli girelgesine ( 13-nji **a** çyzga seret) iki sany dürlipolýarly signallary bersek (meselem  $U_{gir.1} < 0$ ,  $U_{gir.2} > 0$ ), onda  $U_{gir.1}$  – özüniň  $0$  – bahasyndan tä  $U_{bos}$  – bahasyna ýetýänçe komparatoryň çykalgasyndaky signal ( $- U_{çyk.max}$  ) minus alamatly maksimal bahasyna eýe bolýar.



13-nji çyzgy. Komparator : **a** – shemasy, **b** – girelge we

## ÝAGTYLYGA DUÝGUR ABZALLAR.

**Kesgitlemesi.** Ýagtylyga duýgur abzallar (optiki şöhleleri kabul edijiler) diýlip, optiki diapazonda elektromagnit şöhlelenmegi tapyp bilýän ( **duýýan** ) hem-de şol şöhleleri ölçäp bilýän abzallara aýdylýar.

**Ýagtylyga duýgur abzallar** – elektromagnit energiýalaryň şöhleleniş hadysasyna esaslanyp, olary başga elektrik signallaryna, (başga energiýalara, meselem görünilýän optiki şekillere) öwürip bilýän abzallardyr.

**Klassifikasiýalary** (toparlara bölünişleri) : Ýagtylyga duýgur abzallary – fotoelektronly, fotoelektrikli, ýylylykly ýaly üç topara bölýärler :

**1. Fotoelektronly** abzallaryň işleýiş prinsipleri **daşky** fotoeffektlere hem-de wakuumly ýa-da gaz bilen doldurlan abzallardaky döredilýän elektrik meýdanynyň täsirinden hereketlendirilýän elektronlaryň akymyna esaslanýarlar. Käbir abzallarda bolsa **içki** fotoeffektler ( **widikonlara** ) we **ýyllylyk** effektlere

( **Piro-widikonlara** ) esaslanýarlar ( **Piro**-ýanyan, yangyn – Grek sözi, **Widio**-görmek-Latyn, **eikon** – şekil – Grek sözleri).

Olara degişli abzallar : Telewideniýelerde ulanylýan elektron şöhlelerini döredýän turbalar, fotoelektronly köpeldijiler ( **F EK** ), fotoelementler, elektronly-optiki özgerdijiler, fotoelektronly özgerdijiler, fotoemissiýaly ýüwrük (ylgaýan) tolkunlaryň çyralary we başgalar.

**2. Fotoelektrikli** abzallaryň işleýiş prinsipleri **içki** fotoeffektlere hem-de ýarymgeçirijileriň taýýarlanýş tehnologiýasyna esaslanýar.

Olara degişli abzallar. Fotorezistorlar, fotodiodlar ýarymgeçirijilerden ýasalan fotoelementler ( Gün elementleri ), fototranzistorlar, fototiristorlar, zaryadlary äkidýän ýagtylyga duýgur abzallar (ZÄÝDA).

**3.Ýagtylygyň ýylylyk** täsirine has duýgur abzallara ýylylygyň abzallary diýilýär. Ýylylyk abzallarynyň işleýiş prinsipi şöhleleriň ýuwdulan wagty, abzallara edýän täsirinden temperaturanyň garşylygynyň üýtgemeginiň duýgurlygyna esaslanýar ýa-da temperaturanyň üýtgemegi netijesinde birnäçe kristallaryň üstlerinde elektrik zarýadlarynyň toplanýanlygy sebäpli garşylygynyň üýtgeýiş duýgurlygyna esaslanýar.

Olara degişli abzallar : Ýarymgeçiriji bolometrler, şöhlelenýän piroelektriki yükler, bolometriki ýylylygy kabul edýän gurnamalar ( **ÝKEG** ) .

**Ýagtylyga duýgur abzallarda bolup geýän esasy fiziki hadysalar.**

Daşky fotoeffekt. Daşky fotoeffekt diýlip, elektromagnit şöhleleriniň jisimler tarapyndan ýuwdulýanlygy sebäpli jisimlerden wakuuma tarap elektronlaryň emissiýalanmak hadysasyna aýdylýar.

Jisimiň üstüne düşýän elektromagnit şöhlelerindäki fotonlaryň energiýasy elektronlara goşmaça energiýa bermek üçin harçlanýar.

Şu energiýanyň hasabyna elektron özüniň  $m_e$  – massasy bilen  $A_{çyk}$  – işi ýerine ýetirýär we  $V$  – başlangyç tizligine eýe bolýar.

Ýokardaky aýdylan energiýa, iş, tizlik we massa ýaly ululyklaryň özara matematiki baglanyşyklary Eýnşteýniň deňlemesi bilen aňladylýar.

$$h\nu = A_{çyk} + \frac{m_e \cdot V^2}{2}$$

Bu ýerde :

$h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  **Joul · sek** – Plankyň hemişeligi ,

$\nu$  – elektromagnit şöhlelenmegiň ýygylgy.

## **Daşky we içki fotoeffektleriň aýratynlyklary.**

### **Daşky fotoeffektiň aýratynlyklary :**

1. Hemişelik şöhleleriň akymy bilen jisimiň üsti şöhle tutulanda fotoelektron emissiýanyň netijesinde döreyän tok, şol spektral düzümlü şöhle akymynyň intensiwligine (ýitiligine) gönüden-göni baglydyr.

$$I_F = s \cdot \Phi$$

Bu ýerde :  $I_F$  – fototok ,  $\Phi$  – elektromagnit akymynyň ululygy ;

$s$  – fotokatodyň ýagtylyga duýgurlygy.

2. Fotokatoddan uçup (atylyp) çykýan elektronlaryň tizligi näçe uly boldugyça, şonça-da şöhlelenmegiň  $V$  – ýygylgynyň siňişi uly bolýar ;  $V$  – ýygylgynyň artmagy bilen fotoelektronlaryň başlangyç kinetiki energiýalary göni baglanşygyň kanuny bilen artýar.

3. Fotoeffekt hadysasy diňe şöhleleriň desselenen ýiti akymy bolanda hem-de  $V \geq V_{kriz}$  ýygylk bilen şöhlelendirlende ýüze çykýar we döreyär. Bu ýerde  $V_{kriz}$  – krizis ýygylgy diýilmeginden başga-da, oňa fotoeffekt hadysasynyň « **gyzyl araçägi** » hem diýilýär.

4. Fotoeffekt hadysasyna **inersiýasyz** diýseň-de bolýar, sebäbi şöhlelenmek bilen fotoelektronlaryň ýüze çykyp başlamagynyň aralaryndaky wagt  $3 \cdot 10^{-9}$  sekund töweregidir. Şonuň üçin-de yza galmak (saklanmak) hadysasy ýok diýip kabul edilýär.

Umuman, islendik metaly, dielektrigi hem-de ýarymgeçirijini ýagtyldanynda-da (yşyklandyranynda-da) görmek bolýar.

**Içki fotoeffektiň aýratynlyklary.** Içki fotoeffekt diýilip, krisstalyň içinde birnäçe hadysalaryň bolup geçmegine aýdylýar. Meselem, elektromagnit akymy kristalyň gözeneklerinden geçende edýän täsirinden şöhlelendirlen nusganyň garşylygynyň üýtgemegine aýdylýar.

Içki fotoeffekt döran wagty elektronlaryň energetiki ýagdaýy üýtgeýär, kristaldaky toklary erkin alyp baryjylaryň-da mukdary üýtgeýär ýa-da olaryň çakgan gozganmaklary netijesinde kristalyň göwrüminiň içindäki zaryadlaryň täzedan paýlanmaklary bolup geçýär.

Içki fotoeffekt hadysasy diňe ýarymgeçirijilerde we dielektriklerde bolup geçýär.

Içki fotoeffektler diýlip hasap edilýänler :

a) fotogeçirijilik (fotorezistor effekti) ; b) fotogalwaniki effekti ;

w) fotoelektromagnit effekti ; ç) ýarymgeçirijiler deňölçeşsiz şöhlendirlende döreyän effektlar.

Fotoelektriki abzallarda ulanylýan içki fotoeffektlerden esasan hem iki görnüşi has köp ulanylýar, olar fotogeçirijilik hadysasy bilen fotogalwaniki hadysalarydyr.

**Fotogeçirijilik** – diýilip, ýarymgeçirijilere şöhle ugrukdyrylanda nusgada döreyän özara deň bolmadyk dürli sebäpler bilen döreyän geçirijilikleriň bolçulygy ýüze çykanda aýdylýar.

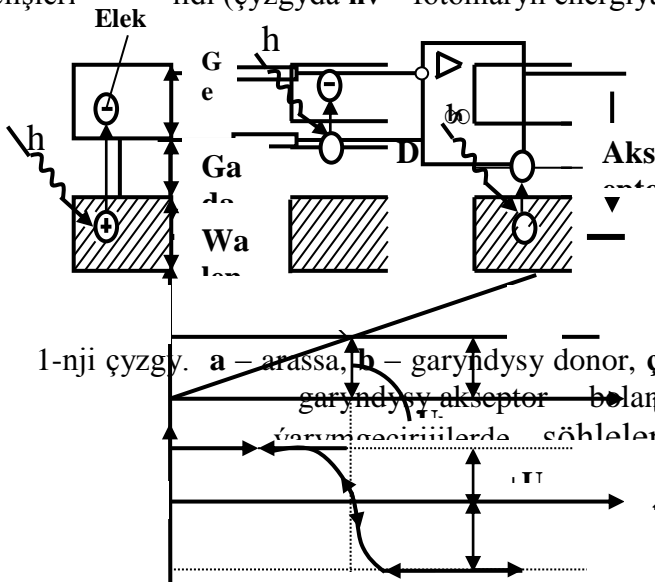
Esasy geçirijilik diýlip, ýagtylyksyz (ýagny ýylylygynyň täsiri netijesinde döreyänligi üçin oňa şöhlesiz) ýa-da **tümlükde** döreyän geçirijilige diýilýär, sebäbi bu geçirijilik nusganyň tümlükde duran wagtyna gabat gelýär.

Ýarymgeçirijilere ugrukdyrlan şöhläniň bir bölegi arassa ýarymgeçirijä zerurlyk üçin harçlanýan (ýuwdulýan) bolsa, beýleki bölegi ýarymgeçirijiniň düzümine goşulan garyndylar tarapyndan ýuwdulmagy mümkindir.

Arassa ýarymgeçirijide ýagtylygynyň ýuwdulmagy diýlip, ýagtylygynyň **sorulyp** ýuwdulýanlygy netijesinde erkin toklary döredýänleriň (elektronlar bilen deşikleriň) jübütleşmeklerine aýdylýar.

Garyndyly ýarymgeçirijilerde ýagtylygynyň ýuwdulmagy diýlende ýagtylygynyň **sorulyp** ýuwdulýanlygy netijesinde togy döredýänler diňe bir tipli bolmalydyrlar (ýa elektron tipli ýa-da deşik).

1-nji çyzgyda – arassa we garyndyly ýarymgeçirijilerde ilkinji togy alyp barýanlar : **a** – hususy bolanda we **b** ; **ç** – garyndyly bolanda şöhleler zerarly döreýän geçirijiligiň emele gelişleri görkezildi (çyzgyda  $h\nu$  – fotonlaryň energiýasy)

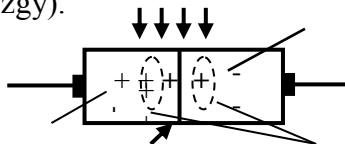


1-nji çyzgy. **a** – arassa, **b** – garyndysy donor, **ç** – garyndysy akseptor bolan ýarymgeçirijilerde şöhleler

12-nji çyzgy. Komparator : a – shemasy, b – fotoşarhnamakly efekt – üýtüp ýarymgeçirijiden yasaalan nusganyň üstüne şöhle ugrukdyrylanda nusganyň eginlerinde elektrik hereketlendiriji güýjüň (EHG-niň) döremegine aýdylýar.

Mysal hökmünde **p-n** gurluşa seredeliň. Nusganyň p-n geçelgesine we bu geçelgäni emele getirýän **p** hem-de **n** – böleklerine-de ýagtylyk ugrukdyrylýar.

(2-nji çyzgy).



2-nji çyzgy. Ýarymgeçirijiden

Ýarymgeçirijiniň üstüne düşýän  $h\nu$  – fotonlar energiýasynyň  $\Phi$  – akymy, togy döredýän zarýadlaryň käbirinde elektronlaryň we deşikleriň jübütleşmeklerine sebäp bolýar. Ýagtylygyň  $\Phi$  – akymy bilen üpjün edilenden soň, ýarymgeçirijä elektrik meýdany bilen täsir etsek, onda **p-n** geçelgäniň töwereginde ýaňky jübütleşen elektron-deşikler aýrylyşmak bilen bolýarlar we deşikler öz **p** – bölegine tarap, elektronlar bolsa **n** – bölege tarap süýşmek bilen bolýarlar. Şeýlelikde, **n** – bölekde elektronlaryň üýşmekleri, **p** – bölekde bolsa deşikleriň üýşmekleri bolup geçýär. Netijede, **fotoelektrik** hereketlendiriji güýç (**Foto EHG**) emele gelýär. Foto EHG-niň ululygy ýagtylygyň dessesiniň ýitiligine (**intensiwliline**) bagly bolup **1-Woltuň** ondan biri (**0,1W**) töweregi bolýar.

Eger-de, **p-n** gurnamany (abzaly) ýapyk zynjyr bilen birleşdirsek, onda foto **EHG**-niň täsirinden elektrik togy dörär. Dörän elektrik togunyň ululygy (güýji) ýagtylygyň akymyna we ýüküň garşylygyna baglydyr.

### Ýagtylyga duýgur abzallaryň esasy häsiýetnamalary we esasy parametrleri.

1. Wolt-Amper ýa-da anodyň häsiýetnamasy diýlip ýagtylygyň akymy  $\Phi$  = hemişelik saklananda  $I_F$  – fototok bilen elektrodalaryň arasyndaky  $U$  – naprýaženiýeniň baglanşyklaryna aýdylýar,  $I_F = f(U)$ .

Aslynda  $I_F$  – fototok ýagtylyk we tümlük toklarynyň tapawutlaryna deňdir

$$I_F = I_{\text{ýagt}} - I_{\text{tüml}}$$

**Tümlügiň togy** –  $I_{\text{tüml}}$  – haýsy-da bolsa belli bir naprýaženiýede şöhläniň ýok wagty ýapyk zynjyrdaky tok bolsa, onda ýagtylygyň togy –  $I_{\text{ýagt}}$  – haýsy-da bolsa belli bir naprýaženiýede şöhläniň bar wagty ýapyk zynjyrdaky tokdur.

2. Ýagtylygyň häsiýetnamasy – haýsy-da bolsa bir takyk ( $U=\text{hemişelik}$ ) naprýaženiýede  $I_F$  – fototok bilen ýagtylygyň  $\Phi$  – akymynyň özara baglanşyklaryna aýdylýar.

$$I_F = f(\Phi) ; U = \text{const}$$

3. Spektral häsiýetnama – ýagtylyga duýgur abzalyň  $s$  – duýgurlygynyň (ýa-da  $s/s_{\text{max}}$  – otnositel duýgurlygynyň) abzala düşýän şöhläniň  $\lambda$  – tolkun uzynlygy bilen baglanşygyna aýdylýar.

$$\frac{S}{S_{\text{maks}}} = f(\lambda)$$

4. Ýagtylyk häsiýetnama – fototoguň  $I_F$  - üýtgeýän böleginiň (goşulmasynyň) hemişelik spektr düzüminde ( $\lambda=\text{hemişelik}$ ) şertde, ýagtylyk akymynyň  $f$  – ýygylgy bilen baglanşygna aýdylýar  $I_F=f(f) ; \lambda=\text{hemişelik}$

**Ýagtylyga duýgyr abzallaryň esasy parametrleri hökmünde şu aşakdaky parametrler kabul edilen :**

1. Tümlükdäki şertde  $R_T$  – garşylyk – ýagtylygyň ýok wagty (tümlükde) şöhlelendirilmeýän abzalyň garşylygy

$$R_{\text{tüml}} = \frac{U}{I_{\text{tüml}}}$$

Bu ýerde,  $I_{\text{tüml}}$  – tümlük wagtyndaky tok.



2. Ýagtylygyň döredýän  $R_{\text{ýagt}}$  – garşylygy, bu garşylyk ýagtylygyň bar wagty spektriň (görünmegiň) duýgurlyk diapazonynda ugrukdyrylan şöhleleriň akymynyň täsirinden döreýän ýüküň garşylygy.
3. Integral (bütün) duýgurlygy – şöhlesi takyk ugrukdyrylan ýagtylyk çeşmesiniň ýagtylygyna görä şöhlelendirilýän ýüküň duýgurlygy

Eger-de,  $I_F$  – fototok bilen ýagtylygyň  $\Phi$  – akymynyň baglanşygy **göni** bolanda duýgurlyk koeffisiýentiniň tapylyşy

$$S = \frac{I_F}{\Phi}$$

4. Spektral duýgurlygy – Takyk tolkunynyň  $\lambda$  – uzynlygy bilen monohromatiki (birreňkli) şöhlelendirlende ýüküň duýgurlyk koeffisientiniň tapylyşy

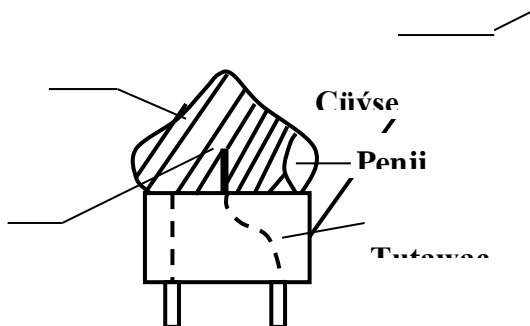
$$S_{\lambda} = \frac{d I_{F,\lambda}}{d \Phi_{\lambda}}$$

## FOTOELEKTRON ABZALLAR.

Daşky fotoeffektli fotoelementleri iki topara bölýärler :

1) Wakuumly, 2) Içi gaz bilen doldurylgy.

Gurluşy boýunça daşky fotoeffektli fotoelementleriň içinde fotokatod bilen halkaly anod ýerleşdirip (1-nji çyzgy), olar çüýşeli gapjagaz (balon) bilen gurşalan abzaldyr.



### Anodyň we

Katod hökmünde çuýşe balonyň içki üstüne çäýylan metall gatlagy hyzmat edýär.

Katodyň gabat garşysynda çüýşeli balonyň metal çäýilmadyk bölegini goýýarlar, ýagny ýagtyltgyň şöhlesi düşer ýaly **penjirejik** goýulýar.

Anoda ýüzük şekili (formasy) berilip, penjireden katoda düşýän şöhleleriň akymyna böwet bolmaz ýaly ýerde, balonyň içki giňişliginde ýerleşdirilýär.

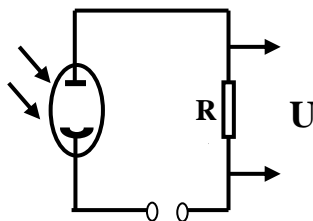
Wakuumly fotoelementlerde balonyň içinden howa (gaz) **10<sup>-6</sup> mm simap sütüni** derejesine ýetýänçe sorulyp çykarylýar.

Içi gazly fotoelementlerde bolsa çüýşeli balon inert gazlary bilen (köplenç **Argon** gazy) **0,1 – 1 mm simap sütün** basyşa çenli doldurylýar.

Fotoelementleriň daşky effekt bilen tehniki görkezijileri fotokatody üçin niýetlenilip çäýylan metalyň häsiýetlerine bagly bolýar.

Fotokatod üçin iň köp ulanylýan material **kislorodly – seziý** we **surmaly – seziýdir**.

Fotoelementleriň elektrik shemalaryna çatylyşy we işleýiş prinsipi 3-nji çyzgydaky shema bilen düşündirmek bolar.



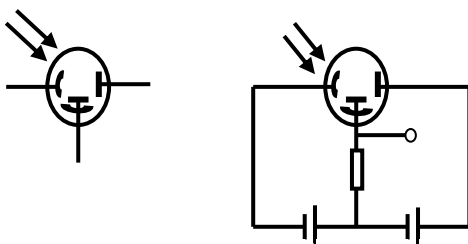
3-nji çyzgy. Fotoelementiň shemalara çatylyşy.

Fotoelementiň zynjyryna hemişelik naprýaženiýeniň  $E_a$  EHG-si çatylyar (150-200 W töweregi) we elektrik ýüki hökmünde  $R_Y$  – garşylygy yzygider birleşdirlip, ondan  $U_{çык}$  – naprýaženiýe alynýar.

### Fotoelektronly köpeldijiler ( FEK ).

Fotoelektronly köpeldijiler hem edil daşky fotoeffektli fotoelementler ýaly awtomatikanyň we ölçeýji shemalaryň dürli pudaklarynda giňden ulanylýarlar. Şol bir wagtyň özünde **FEK**-ler fotoelementler bilen deňeşdirilende birnäçe aýratynlyklary we mümkinçilikleri bilen tapawutlanýarlar hem-de özlerine mahsus bolan has ýokary integrallanmak duýgurlyklary bilen-de tapawutlanýarlar.

Ýerine ýetirýän işine (wezipesine) we oňa edilýän talaplara laýyklykda **FEK**-ler birkaskadly we köpkaskadly toparlara bölünýärler.



5-nji çyzgy. Birkaskadly FEK-iň **a** – grafiki  
görnüşde şertli belgilenşi

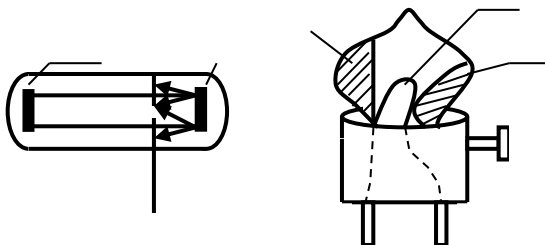
Birkaskadly **FEK**-leriň gurluşy we işleýiş prinsipi 4-nji **a, b** çyzgylarda görkezildi. Abzalda **fotokatodyň** elektrodyndan başga-da iki sany elektrod bolup, olaryň biri **anod** üçin niýetlenilen bolsa, beýlekisi ikilenji emissiýa üçin niýetlenilen **dinoddyr**.

Dinodyň potensialy katoda görä has ýokary bolup, anodyň potensialyndan kiçi bolýar. Şonuň üçin-de ilki-başdaky elektronlar fotokatoddan sypan soň göni dinod-dinod ýol bilen hereket edýär. Şular ýaly hereketde elektronlaryň käbiri anodda saklanyp anodyň zynjyrynda tok döretse, käbiri anodyň toruny böwsüp geçäge-de dinoda barýar. Eger-de, dinoda berilen belli bir napryäženiýede dinodyň materialynyň ikilenji sapar emissirlenýän koeffisiýenti  $\sigma > 1$  bolsa, onda anodda toplanýan ikilenji elektronlar ilki-başdaky elektronlaryň döreden togundan  $\sigma$ - esse köp tok döreder.  $I_2 = \sigma \cdot I_1$

Bu ýerde  $I_1$  – katoddan alynýan tok.

Şeýlelikde, birkaskadly fotoelektronly köpeldijiler (FEK-ler) ilkinji

$I_1$  – togy  $\sigma$  – gezek köpeldýär.

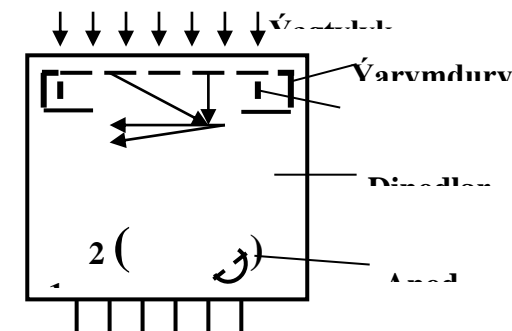


4-nji çyzgy. a – birkaskadly FEK-iň gurluşy.

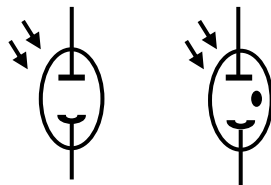
### Köpkaskadly FEK-leriň gurluşy we işleýiş prinsipi.

Köpkaskadly FEK-iň gurluşy 8.6-nji çyzgyda görkezildi.

Ýagtylygyň çeşmesinden (çyralardan) FEK-iň fotokatodyna ýagtylyk şöhlesiniň akymy ugrukdyrylýar.



8.6-nji çyzgy. Köpkaskadly



2-nji çyzgy. Fotoelementleriň grafiki görnüsde sertli belgilenisleri.

Häzirki zaman konstruksiýalaryň abzallarynda ýarymdury fotokatodlar ulanylýar. Olaryň (FEK-leriň) içki giňişliginiň başlanýan tarapynda ýarymdury katodlar çaýylýarlar.

Katoda ýagtylygyň şöhesi (signaly) düşenden fotoelektronlaryň emissiýasy başlanýar, olaryň mukdary ýagtylygyň ýitiligine (intensiwliline) göni baglydyr.

FEK-iň tutýan meýdany birinji dinodyň tutýan meýdanyndan epesli ulydyr. Şonuň üçin-de fotoelektronly köpkaskadly köpeldijileri ýygnanlarynda katoda golaý ýerlerde, ýörite fokusirleýji elektrodlaryň toparlary goýulýar.

Fotoelektronlar tizlendiriji elektrik meýdanyna düşenden birinji **dinod** bilen fotokatodyň aralygynda has tijenip birinji dinody bombalaýar we ondan ikilenji elektronlary goparyp çykarýar, soňra bu ikilenji fotoelektronlar has ýokary (+) – potensially ikinji dinody bombalaýar we ondan üçülenji fotoelektrony goparyp çykarýar we ş.m.

Köplenç ýagdaýda ikilenji elektronlaryň sany ilkinji elektronlaryň sanyndan 4 – 5 esse köp bolýar. Şonuň üçin-de her bir dinod, elektronlaryň gelip düşýän kuwwatly elektron akymalaryny, elektrik yüküniň  $\mathbf{R}_Y$  – garşylygyndan akyp geçýän  $\mathbf{I}_Y$  – toguň ululygyny kesgitleýär.

Eger-de, dinodlaryň sanyny 10-na 15-e ýetirsek, onda örän ýokary derejede fototoguň güýçlenmegini gazanyp bileris. Şonuň üçin-de häzirkizaman FEK-leriň duýgurlyklaryny ýüzlerçe Amper – Lýumene çenli ulaldyp bolýar.

Dogrudan-da, eger fotokatodyň öz duýgurlygyny  $s$  – harpy bilen belgilesek, onda fotokatoddan akýan fototoguň ululygyny  $\mathbf{I}_F = s \Phi$  formula bilen kesgitlese bolar. Dinodlarda döreýän ikinji emissiýany  $\sigma$  – diýip belgilesek, onda birinji dinodyň togy  $\mathbf{I}_1 = \sigma \cdot \mathbf{I}_F = \sigma \cdot s \cdot \Phi$  bolar. Ikinji dinodyň togy  $\mathbf{I}_2 = \sigma \mathbf{I}_1 = \sigma^2 \cdot s \cdot \Phi$ , üçünji dinodyň togy  $\mathbf{I}_3 = \sigma \mathbf{I}_2 = \sigma^3 \cdot s \cdot \Phi$  bolar, onda  $n$  – dinodyň togy (elektrik yükünden akýan tok)

$$\mathbf{I}_Y = \sigma^n \cdot s \cdot \Phi \quad \text{bolar}$$

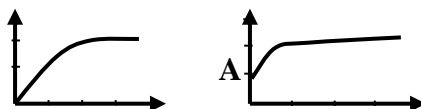
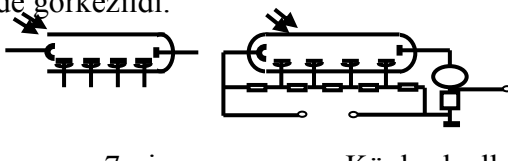
Fotoelektronly köpeldiji (FEK-leriň) fototogunyň güýçlendiriş umumy koeffisiýentiniň aňladylşy

$$K_{\text{güýç}} = \sigma^n$$

Bu ýerde  $n$  – dinodlaryň sany (mukdary).

Şeýlelikde fotoelektronly köpeldijileriň kömegi bilen abzallaryň duýgurlygyny millionlarça esse ýokarlandyryp bolýar.

Fotoelektronly köpeldijileriň grafiki görnüşde belgilenişleri we olaryň shemalara çatylyşlary 8.7-njy **a** ; **b** çyzgylarda degişlilikde görkezildi.



### Mysal

Gorkezilen ýagtylygyň  $\Phi$  – akymynyň örän giň aralykda (  $0 - 10^{-4}$  gerimde ) üýtgeşe-de ýagtylygyň häsiýetnamasy gönüligini saklaýar.

Has ýokary  $\Phi$  – akymda baglansygyň egrelmegini görmek bolýar. Bu egriligi soňky dinodlardaky minus zarýadly giňişlikleriň emele gelmegi bilen, netijede dinodlardan çykarylýan ikilenji elektronlaryň doly bolmadyk mukdarynyň alynýandygy bilen düşündirilýär.

Görkezilen **b** – çyzgyda baglanşygyň ilki başlanýan ýeri iň soňky **dinod** bilen anodyň aralaryndaky guňşlikde emele gelen zarýadlaryň düzgünine laýyk gelýär. Anoda berilýän **U** – naprýaženiýeniň ösmegi anoddaky toguň doýmagyna getirýär we ondan aňry **U** – naprýaženiýeniň ösmegi **I** – toguň ösmegine hiç hili täsir etmeyär we **U** – okuna parallel galýar.

Köpkaskadly FEK-leriň integral duýgurlygy fotokatodyň integral duýgurlygynyň fototok boýunça güýçlendiriş koeffisiýentiniň köpeltmek hasylyna deňdir.

$$K_F = s \cdot K_{güýç}$$

Hökmany üns berilmeli zat, FEK-lerde ýagtylyk akymynyň ujypsyz (ýitidäl) şöhlelerini ( signallaryny ) hasaba almak üçin ulanylýar. Şonuň üçin-de, has ýokary integral duýgurluklarda elektrik ýükündäki tok onlarça milliamperden ýokarydyr.

### **Göneldiji abzallar**

#### **Iýmitlendiriji çeşmeleriň toparlara bölünişleri.**

Iýmitlendiriji elektrik çeşmelerini, umuman iki topara bölmek adaty ýagdaý hasap edilýär:

**1)Ilkinji** we **2) Ikilenji** hasap edilýän elektrik çeşmeleridir:

**Ilkinji** elektrik çeşmeleri diýlip, elektrik däl energiýalary, elektrik energiýasyna öwürijilere aýdylýar. Meselem : -mehanika, himiýa, ýadro, ýylylyk, Gün ... ýaly energiýalary öwüriji elektrik generatorlaryna **ilkinji** çeşmeler diýilýar.

**Ikilenji** elektrik çeşmeleri diýlip, hakyky (**ilkinji**) elektrik çeşmelerinden gelýän elektrik energiýasyny belli bir derejede hil taýdan gowy saklamak üçin ulanylýan gurnamalara aýdylýar. Meselem:- stabilizatorlar, transformatorlar, parametrlerini üýtgedip dolandyryp bolýan çeşmeler, diodly, tranzistorly göneldiji çeşmeler we ş.m.



**Ikilenji** çeşmeleriň çykalgalarynyň sanyna laýyklykda bir çykalgaly ýa-da birnäçe çykalgaly çeşmeler bolup bilýär.

**Ikilenji** çeşmelerdäki toklaryň görnüşlerine laýyklykda çeşmeleri şu aşakdaky toparlara bölüp bolýar:

- Üýtgeýän tokda (köplenç 50Gs-de) işleýän ikilenji çeşmeler;

- Hemişelik tokda işleýän ikilenji çeşmeler;

- Çykalgasy uniwersal (hemişelik we üýtgeýän naprýaženiýeleri dürli ululykda alyp bolýan) ikilenji çeşmeler.

Diýmek, toklaryň jynslaryna laýyklykda ikilenji iýmitlendiriji çeşmeler

(**IIÇ-ler**) çykalgasynda hemişelik ýa-da üýtgeýän toklary bilen-de tapawutlanýarlar .

IIÇ-leriň kömegi bilen elektrik energiýasyny dürli görnüşlere özgerdip bolýar, meselem:

- b) Elektrik ýüki üçin talap edilýän üýtgeýän toguň san bahalaryny almak maksady bilen IIÇ-leriň çykalgalary takyk kanallar bilen üpjün edilýär.

- c) Üýtgeýän toguň naprýaženiýesini hemişelik toguň naprýaženiýesine özgertmek (göneltmek)

- d) Hemişelik toguň naprýaženiýesini bir ýa-da köpfazaly üýtgeýän toguň naprýaženiýesine özgertmek (inwertirleýji);

- e) Hemişelik toguň naprýaženiýesini başga san bahaly hemişelik toguň naprýaženiýesine özgertmek ýa-da birnäçe dürli-dürli san bahalary berip bilýän (konwertirleýji).

- f) Hemişelik we üýtgeýän toklary sazlamak ýa-da hemişelik (stabil) saklamak .

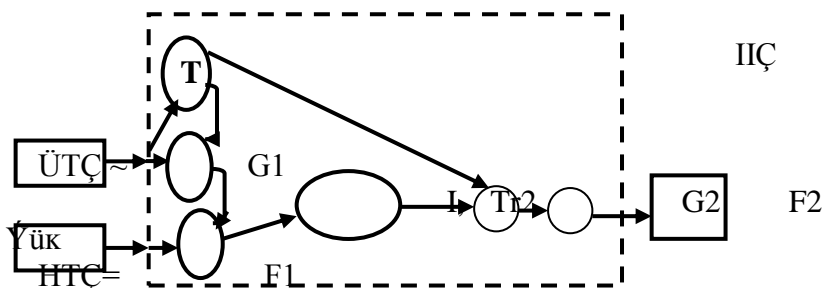
a)Çykalgasyndaky naprýaženiýeleriň san bahalary pesi **100W** çenli, ortaragy **100-den 1000 W** çenli we ýokary **1000 W-dan** uly bolýar;

- b) Pulsirlemegiň koeffisiýentiniň bahalarynyň pesi **0.1%-den** az, ortaragy **0.1%-den** tä **1%-e** çenli, **1%-den** uly bolsa, ýokary hasaplanýar;

ç) Çykalgasyndaky kuwwaty boýunça- mikrokuwwatly (**1Wt-a** çenli), (**1Wt-dan 10Wt-a** çenli) peskuwwatly, (**10Wt-dan tä 100Wt-a** çenli) ortakuwwatly, **100Wt-dan 1000Wt-a** çenli ýokarlandyrlan hem-de has ullaiany **1000Wt-dan** ýokary.

d) Stabilizirleýji IİÇ-leriň çykalgasynda naprýaženiýeleriň summirlenişiniň **stabilizirli: 5%-den** ýokary bolsa pes, **1%-den tä 0.5%-e** çenli-ortarak, **stabilizirli 0.1%-den tä 1%-e** çenli-ýokary hem-de **stabilizirli** has ýokary **0.1%-den** kiçi bolanda aýdylýar.

**Mysal hökmünde 10.1-nji çyzgyda görkezilen çykalgasy diňe hemişelik tok üçin, birkanally stabilizir IİÇ-leriň funksional shemasyna seredeliň.**



1 –nji çyzgy. Ikilenji iýmitlendiriji çeşmäniň funksional shemasy.

Çyzgydaky şertli belgileriň okalyşlary

**ÜTÇ**- Üýtgeýän toguň çeşmesi; **HTÇ**-Hemişelik toguň çeşmesi; **G1** we **G2**- göneldijileriň shemasy; **I**- inwertor; **Y**- ýük, **IİÇ**- ikilenji iýmitlendiriji çeşme; **Tr1**- Çeşmäniň transformatory, **Tr2** –inwertoryň transformatory, **F1**-hemişelik toguň çeşmesini goraýjy, **F2**- Düzleýji (filtr) süzgüç.

**Göneldijileriň görnüşleri we olaryň parametrleri.**

Göneldijileriň nyşanlaryna laýyklykda şu aşakdaky görnüşlere bölmek bolýar:

a) Göneldiji elementleriň görnüşlerine görä:- elektronly, ionly, ýarymgeçirijili, dolandyryp bolýan we dolandyryp bolmaýan;

b) Göneldilmeli naprýaženiýeniň ululygyna görä: -pes **1000 W** –a çenli, we ýokary **1000 W** –dan ylu naprýaženiýeler üçin;

ç) Çykalgasyndaky kuwwatyna görä: - kiçi kuwwatly (**1kWt**- a çenli), uly kuwwatly (**1kWt**-dan ýokary) göneldijiler;

d) Iş düzgünleri boýunça görnüşleri: -uzak wagtlaýyn, gysga wagtlaýyn, impulsly, gaýtalanyp-gysgawagtdan işläp bilýän göneldijiler;

k) Ýüküň häsiýetlerine görä:- aktiw, induktiw, sygym we aktiw-induktiw ýa-da aktiw-sygym häsiýetli;

m) Göneldiji shemalaryň ýygnaýşyna görä:- birtazaly, köpazaly, birtaktly, ikitaktly, naprýaženiýeni köpeldijiler;

### **Göneldijileriň shemalary dürli-dürli görnüşde bolup bilerler:**

a) Her ýarymperiodda elektrik ýükünden akyp geçýän toguň häsiýetlerine görä;- şular ýaly göneldijiler birýarymperiodly (birtaktly) we ikiýarymperiodly (ikitaktly) shemalara bölünýärler.

Birýarymperiodly göneldiji çeşmelerde transformatoryň ikinji sargysyndaky togunyň diňe ýarym periody akyp geçýär, ikiýarymperiodly göneldijilerde bolsa ýarymperiodlaryň ikisi-de ýüküň garşylygynda belli (takyk) bir tarapa akdyrylýar.

b) Göneldijilere berilýän üýtgeýän toguň fazalarynyň sanyna görä bölünýärler.

Çeşmeleriň ýa-da transformatorlaryň gurluşlaryna we görnüşlerine laýyklykda göneldijiler birtazaly, üçfazaly, altıfazaly we köpfazaly ýaly görnüşlere bölünýärler.

ç) Göneldilýän fazalaryň **m**-sanyna görä shemalary  **$m=p \cdot q$**  formula bilen düşündirip bolýar.

Bu ýerde: **p** – üýtgeýän naprýaženiýelerde göneldilýän fazalaryň sany,

**q** – işleýän göneldiji elementlerdäki üýtgeýän naprýaženiýeniň ýarymperiodlarynyň sany.

Göneldiji gurnamalary (ikilenji çeşmeleri diýseň-de bolýar) şu aşakdaky parametrleri bilen häsiýetlendirýärler:

- 1.Çykalgasyndaky parametrleri bilen;
- 2.Göneldiji elementleriň parametrleri bilen;
- 3.Çeşmedäki transformatoryň parametrleri bilen.

Bu parametrlere aýratynlykda seredip geçeliň.

### **1.Çykalgasyndaky parametrleri:**

a) **U<sub>d</sub>** – göneldilen naprýaženiýeniň ortaça bahasy;

b) **I<sub>d</sub>** – göneldilen toguň ortaça bahasy;

ç) **P<sub>d</sub> = U<sub>d</sub> · I<sub>d</sub>** – göneldilen toguň zynjyryndaky kuwwaty;

c) **f<sub>p1</sub>** – göneldilen (pulsirlenen diýseňde ýalňyş bolmaz) naprýaženiýeniň esasy (birinji) gormonikasynyň ýygylgy;

**k<sub>p</sub> =  $\frac{U_{1m}}{U_d}$**  – pulsyň ululygyny anyklaýan koeffisiýent.

### **2.Göneldiji elementleriň parametrleri:**

a) **I<sub>ort</sub>, I<sub>täs</sub>, I<sub>max</sub>** –göneldilen toguň ortaça, täsir we maksimal bahalary;

c) **U<sub>ters, max</sub>** –dioda düşýän ters naprýaženiýeniň maksimal bahasy.

### **3.Çeşmä birikdirilen transformatoryň parametrleri:**

$I_1, I_2$  ;  $U_1, U_2$  – birinji we ikinji sargylardaky toklaryň we naprýaženiýeleriň täsir bahalary ;

b)  $S_1 = m_1 \cdot U_1 \cdot I_1$  – birinji sargynyň doly kuwwaty;

$S_2 = m_2 \cdot U_2 \cdot I_2$  – ikinji sargynyň doly kuwwaty;

$m_1$  - birinji sargydaky fazalaryň sany;

$m_2$  – ikinji sargydaky fazalaryň sany;

$$S_{tr} = \frac{S_1 + S_2}{2} \quad - \quad \text{Transformatoryň doly kuwwaty.}$$

ç) Transformatoryň birinji we ikinji sargylarynda ulanylýan koeffisiýentler.

$$k_1 = \frac{P_d}{S_1} ; \quad k_2 = \frac{P_d}{S_2} ;$$

$S_{Tr}$

### Göneldijileriň birfazaly shemalary.

**Kesgitlemesi:** Göneldijiler diýlip, üýtgeýän toguň naprýaženiýesini hemişelik toguň naprýaženiýesine talabalaýyk göneldip bilýän gurnamalara aýdylýar.

**Göneldijileriň düzümi (gurluşlary)** Mysal hökmünde 2-nji çyzgyda üýtgeýän naprýaženiýe bilen togy hemişelik toga we naprýaženiýä öwürýän göneldijiniň funksional shemasy görkezildi.

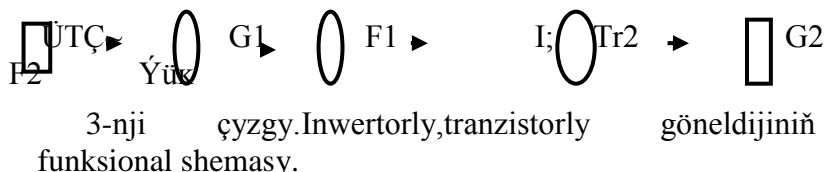


2-nji çyzgy.

Görkezilýän shema, dolandyryp bolmaýan birfazaly transformatorly göneldijileriň içinde iň köp ýaýranydyr. Muňa garamazdan bular ýaly göneldijileriň kem tarapy-da bardyr, ol

hem **50Gs** işleýän birfazaly transformatorlaryň aşa uly göwrümi bilen massasy umumy göwrüminiň we massasynyň **50%** -nden-de köpdügidir. Düzleýji **F2**-süzgüç (filtr) hem özüniň induktiw tegegi bilen ullaňan göwrümi we massasy bilen tapawutlanýarlar.

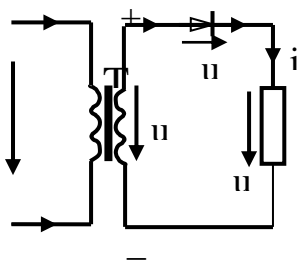
Häzirki döwürde şu aşakdaky funksional shema has giňişleýin ulanyp başlady.



Bu hödürülenilýän funksional shemanyň gowy diýlip hasap edilýänliginiň sebäpleri: a) Shemasyna hiç hili üýtgeşmeler girizmezden bu shemalary **50, 400** we **1000Gs** ýygylklarda işledip bolýanlygyndadyr;

### **Bir - we ikiýarymperiodly göneldijileriň shemalary.**

Birfazaly göneldijileriň iş düzgünlerine düşünmek üçin transformatorly çeşmä birikdirilen göneldijileriň in ýönekeýine seredeliň. Göneldijilerde bolup geçýän fiziki hadysalar özleşdirlende transformator bilen diodlary **ideal** diýlip kabul edýärler. Şonuň üçin-de, ideal transformatorlaryň sargylaryndaky aktiw we reaktiw garşylyklary nula deňdir, ýagny  **$R_{Tr} \approx 0$ ;  $X_{Tr} \approx 0$** .



4-njy çyzygy. Birýarymperiodly

4-nji we 5-nji çyzgylarda ulanylan şertli belgiler:

$U_1$  – transformatoryň birinji sarymyndaky naprýaženiýe;

$U_2$  – transformatoryň ikinji sarymyndaky naprýaženiýe;

$i_a$  we  $U_a$  – diodyň deňişlilikde togy we naprýaženiýesi;

$i_2$  – transformatoryň ikinji sargysyndaky tok;

$U_{\text{tres,max}}$  – dioda düşýän ikinji ters naprýaženiýeniň maksimal bahasy;

$D$  – ýarymgeçiriji diod;

$T$  – elektrik çeşmesine birikdirilýän transformator ;

Eger-de göneldijiniň  $T_r$  – transformatoryny sinus görnüşli üýtgeýän

(10.4-nji çyzgy)  $U_1$  – naprýaženiýe bilen iýmitlendirsek, onda transformatoryň ikinji sargysynda sinus görnüşli **e2-EHG** döreýär. Bu **e2-EHG** ululygy we formasy boýunça  $U_2$  – naprýaženiýä deňdir. (10.5-nji a-çyzgy)

Diagrammadan we shemadan görnüşi ýaly  $O$ -dan  $\pi$  - aralykda diodyň anody (+)-plýus alamatly naprýaženiýä duçar bolýar,  $D$ -diod açylýar we

$U_2$  – naprýaženiýäniň täsirinden transformatoryň ikinji sargysynda  $i_2$  – dioddan  $i_a$ , elektrik ýükünden  $i_y$  toklar akar. Diýmek,  $D$ -diod  $0$ -dan tä  $\pi$  çenli naprýaženiýeniň plýus potensialynda açyklygyna galýar we beýleki (+)-plýus ýarymperiodlarda-da bu proses gaýtalanýar (5-nji **b**-çyzgy).

Şeýle polýarlyk 4-nji çyzgyda (+) we (-) alamatlar ýaý içine alynmady. Polýarnostyň üýtgeýän pursatlaryny bolsa ýaý içine (+) we (-) alyndy. Şeýle ýagdaýda diodyň anodyna (-), katodyna bolsa (+) alamatly potenciallar düşýär. Bu aralyk  $\pi$  - den tä  $2\pi$  çenli dowam edýär. Diýmek, dioda ters alamatly naprýaženiýe berilýär. Ters polýarnostda dioddan, ýüküň  $R_y$ -garşylygyndan we transformatoryň ikinji sargysyndan tok akmaýar.

Şeýlelikde,  $R_{\dot{y}}$  – garşylykdan akýan tok puls görnüşli bolar. Bu impulsalaryň dowamy (+) ýarymperioda deň bolup, formasy we ugry diňe birtaraplaýyndyr hem-de (+) plýus alamatlydyr (5-nji **b**-çyzga seret).

Göneldiji naprýaženiýe öz düzüminde hemişelik  $U_0$  – düzüjisinden hem-de birnäçe garmoniki düzüjilerinden emele gelip, olaryň özära garylmalarynyň netijesinde pulsirleýji formanyň döremegine sebäp bolýarlar. Ýokarda seredilen göneldijiniň shemasy üçin (4-nji çyzgy seret) fazanyň sany  $m=1$ , sebäbi bir periodyň dowamynda elektrik ýüküniň  $R_{\dot{y}}$  – garşylygynyň üstünden bir impuls geçýär. Toguň  $I_0$  – hemişelik düzüjisi transformatoryň ikinji sargysyndan akyp geçende transformatoryň poladyny magnitlendirýär. Magnitleniş hadysa transformatoryň parametrleriniň hiliniň peselmegine getirýär hem-de polat-demirdäki ýitginiň artmagyna, transformatoryň boş iş düzgünindäki toguň ulalmagyna getirýär. Bu ýitgileri azaltmak üçin polat-demiriň kese-kesiginiň meýdanyny ulaltmaly bolýar, bu bolsa transformatoryň göwrüminiň we massasynyň artmagyna getirýär. Seredilýän shema üçin, göneldilen naprýaženiýeniň impulsynyň ýygylgy **50Gs** (senagatlarda ulanylýan ýygylgy) diýlip alyndy, hemişelik düzüjisi bolsa

$$U_0 = \frac{U_m}{\pi} = 0.318 \cdot U_m \text{ deňdir}$$

### **Ikiýarymperiodly göneldijileriň shemalaryna seredeliň.**

Ikiýarymperiodly göneldijileriň iki görnüşli shemalary bardyr.

**Birinji** transformatoryň ikinji sargysy ýörite neýtrallaşdyrylyp, bary-ýogy iki sany ýarymgeçiriji diod bilen (6-njy çyzgy) amala aşyrylýar. Degişli diagrammalary 7-nji çyzgyda görkezildi.



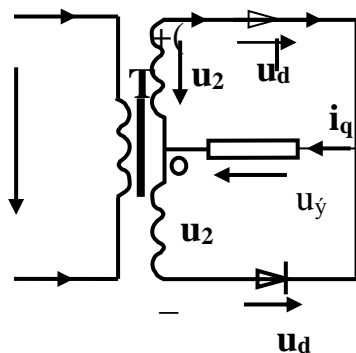
**Ikinji** köprüli shemadyr (8-nji çyzga seret). Bu shemada transformatoryň ikinji sargysynda dört sany diodly-ýörite shema bilen birleşdirilip, olaryň bir dioganylyna transformatoryň ikinji sargysy, beýleki diaganylyna bolsa  $R_f$  – garşylyk birleşdirýärler. Şeýle shema köprüni ýada salýar, şonuň üçin-de köprüli shema diýilýär. Bu iki shemalaryň işleýiş düzgünlerine aýratynlykda seredeliň. 6-njy çyzgyda çeşmä birikdirilen **T** – transformatoryň birinji sargysy bir sany tegekden gurnalan bolsa, onda ikinji sargysynyň ortarasyndan **0** – potensially sim çykarýanlygy üçin, bu transformatoryň ikinji sargysy iki tegekden gurnalan diýseňde kän bir ýalňyş bolmaz. Şonuň üçin-de, transformatoryň ikinji sargylary özara ylalaşykly hem-de yzygiderli birikdirilen tegekler diýip-de bileris.

Transformatoryň ikinji sargysyny emele getirýan her bir tegek öz diody hemde **O**-nokada birleşdirilen ýükiň  $R_f$  – garşylygy bilen birleşdirýär. Diodlar ýüke göre anody ýa-da katody bilen birleşdirilip bilner. Berilen shema iki sany birýarymperiodly göneldijileriň gezekli-gezegine goşulyp işlemekleriniň netijesidir diýip bileris. Shemanyň işleýiş düzgünini şu aşakdaky tertipde düşündirip bileris:

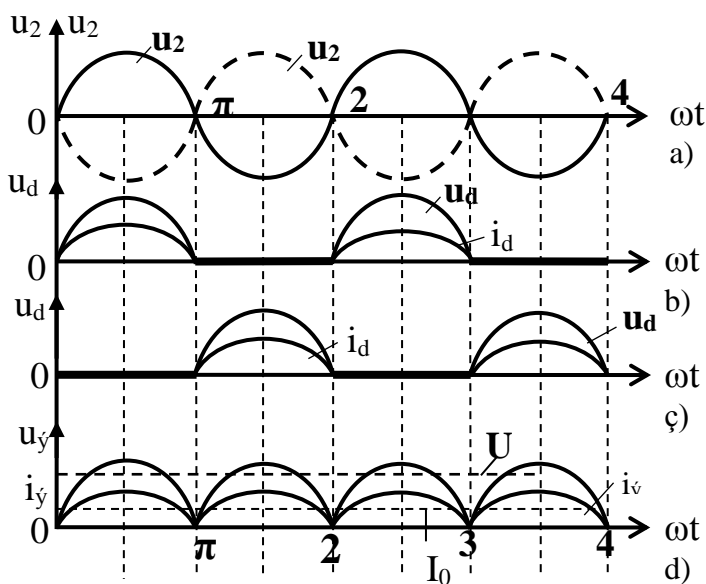
Eger-de, birinji ýarymperiodda (**0** -  $\pi$  aralyk) ýokarky tegegiň çykalgasy **O**-nokada göre (+), aşaky tegegiň çykalgasy (-) minus potensial diýip kabul etsek (10.6-njy çyzgyda ýaý içine salynmadyk „+“ we „-“ alamatlar), onda

**D<sub>1</sub>**– diod açyk bolar, sebäbi onuň anody (+), katody bolsa (-) potensiallara eýe bolarlar. Netijede, **D<sub>1</sub>** – diod bilen  $R_f$  – ýükiň üstlerinden  $i_{a1}=i_f$  tok akar

(10.9-njy **b** çyzga seret). Emma, diod **D<sub>2</sub>** – ýapyk bolar we oňa ters naprýaženiýeniň iki esse ( $U_{ters}=2U_{2maks}$ ) maksimal bahasy düşer. Bu ýerde  $U_{2m}$  – transformatoryň ikinji sargysy hasap edilýän tegekleriň ikinjisiniň maksimal naprýaženiýesiniň san bahasydyr, munuň sebäbi **D<sub>1</sub>** – diodyň açyk wagty **D<sub>2</sub>** – diodyň katodyna (+) potensial, anodyna bolsa (-) potensial düşýär.



6-njy çyzgy. Iki dioddan gurnalán ikiýarymperiodyly birtakly göneldijiniň shemasy.



7-nji çyzgy. Ikiýarymperiodyly göneldijiniň  $t$ -wagta görä diagrammasy .

Ikinji ýarymperiodda bolsa  $D_2$  – diod açylýar, çünki ikinji  $D_2$  – diodyň anodyna (+), katodyna bolsa (-) potensial düşýär, sebäbi transformatoryň ikinji sargysyny emele getirýän tegekleriň birinjisiniň çykalgasy (-) minus potensiala öwrülýänligi üçindir.

Şeýlelikde ikinji  $D_2$  – diod bilen  $R_f$  – ýüküň üstlerinden  $i_2 = i_f$  tok akar (10.7-nji ç ýyzga seret). Diýmek,  $D_1$  we  $D_2$  diodlar gezekli-gezegine işleýärler. Şonuň üçin-de bir periodyň dowamynda  $R_f$  – garşylykdan akýan  $i_f$ -tok  $i_{a1}$ -bilen  $i_{a2}$  – toklaryň jemine deň bolar, ýagny  $i_f = i_{a1} + i_{a2}$  bolar. Impulsyň sany bolsa  $m=2$  bolar, ýagny ýýmitlendiriji EHG-niň ýygylgy  $50Gs$  bolsa, onda impulsalaryň ýygylgy iki esse köp bolar. ( $f_{puls} = 2f_{çeşme} = 2 \cdot 50 = 100Gs$  bolar).

Ikiýarymperiodly göneldijilerde transformatoryň ferromagnit demiri magnitlenmeýär, sebäbi göneldilen toguň hemişelik düzüjileri özara tersdirler. Bu shemalarda göneldilen naprýaženiýeniň we toguň hemişelik düzüjisi birýarymperiodly bilen deňeşdirlende iki esse köpdür.  $U_0 = 0,634 \cdot U_m$ ;

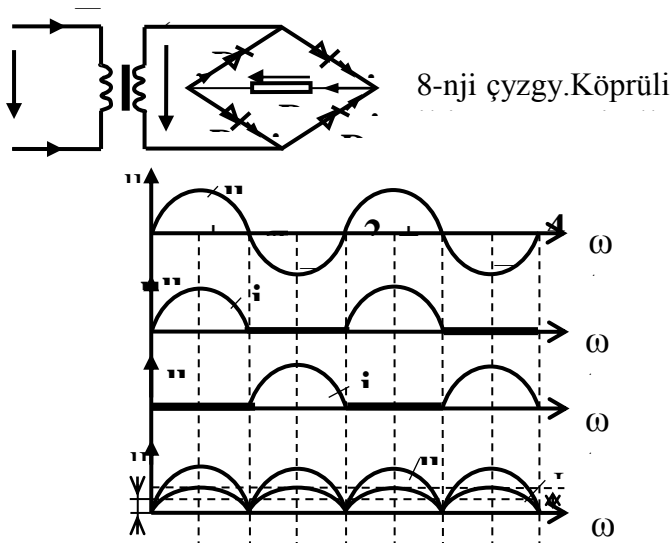
$$I_0 = 0,634 \cdot I_m$$

Ikiýarymperiodly göneldijiniň köprüli shemasy 8-nji çyzgyda, onuň iş düzgüniniň diagrammalary 9-njy çyzgyda görkezildi.

Çeşmä birikdirilen transformatoryň ikinji sargysynda bary-ýogy bir sany tegek bolup, köprini emele getirýän diodlaryň sany dörde deňdir. ( $D_1, D_2, D_3$  we  $D_4$ ).

Köprüli shemanyň bir dioganaly transformatora birleşdirilse, ikinji dioganaly ýüküň  $R_f$  – garşylygyna birleşdirilýär.

Köprüli shemany emele getirýän diodlar özara birleşdirlende naprýaženiýeniň her bir ýarymperiodyna iki sany yzygider birleşdirlen diod düşýär.



10.9-njy çyzgy. Ikiýarymperiodly köprüli  
göneldijiniň  $t$ - wagta görä  
diagrammasy.

Shema üns berip seretseniz **D<sub>1</sub>** bilen **D<sub>2</sub>** diodlaryň umumy nokady emele getirýän katodlary (+) – plýus potensiala eýe bolsa, onda **D<sub>3</sub>** bilen **D<sub>4</sub>** diodlaryň umumy nokady emele getirýän anodlary (-) – minus potensiala eýe bolýarlar.

Eger-de, transformatoryň ikinji sargysynyň ýokarky çykalgasynyň potensialyny (+) – plýus, aşaky çykalgasyny bolsa (-) – minus diýip kabul etsek, onda sinus boýunça üýtgeýän  $U_2$  – naprýaženiýeniň birinji ýarymperiodyna gabat gelýär diýiligidir (10.9-njy **a** hem-de **b** – çyzgylardaky diagrammalara serediň). Netijede, **D<sub>1</sub>**, **D<sub>3</sub>** – diodlardan akýan göni  $i_{a1}$  we  $i_{a3}$  – toklar  $R_{\gamma}$  - garşylygyň üstünden akýan tok

sagdan – çep tarapa bolar (10.8-nji çyzgydaky shemany yzarla!). Diýmek  $U_2$  – naprýaženiýeniň birinji ýarymperiodynda  $D_2$  bilen  $D_4$  – diodlardan tok akmaz, sebäbi olaryň anodlary bilen katodlaryna düşýän naprýaženiýe alamatlary boýunça tersdirler. Şonuň üçin-de birinji ýarymperioddan bu diodlar ýapykdyrlar. Sinus grafiğiň ikinji ýarymperiodynda  $D_1$  bilen  $D_3$  – diodlar ýapyk bolup,  $D_2$  bilen  $D_4$  – diodlar açylýar. Sebäbi bu diodlaryň anodlaryna (+) – plýus, katodlaryna bolsa (-) – minus potensiallar düşýär (8-nji çyzgyda transformatoryň ikinji sarymynda görkezilen ýaýyçindäki (+) we (-) alamatlary serediň)

Diýmek  $R_f$  – garşylykdan akýan  $i_f$  tok  $i_f = i_{d13} + i_{d24}$  bolar. Bu toklaryň ikisi-de  $R_f$  – garşylykda ugurlary boýunça bir tarapa akarlar (meselem, biziň seredýän shemamyzda sag tarapdan çep bolar).

Köprüli shemada hem, impulsyň sany  $m=2$  bolar, sebäbi bir periodyň dowamynda  $R_f$  – garşylykdan naprýaženiýeniň (ýa-da toguň) iki sany impulsy geçýär. Diýmek, elektrik ýükdäki ýygylgyň pulsy çeşmäniň ýygylgynyň pulsundan iki esse köp bolar ( $f = 2 f_c = 2 \cdot 50 = 100$  Gs).

Diýmek, her ýarymperioddan iki sany diod açyk bolsa, beýleki ikisi ýapyk bolýarlar. Şonuň üçin-de (diodlaryň açyk wagtlary olaryň içki garşylyklary nula deň bolýandyklary, ýapyk wagtlary bolsa içki garşylyklary tükeniksizlige deň bolýandyklary sebäpli)  $D_1$  bilen  $D_3$  – diodlardan göneldilen tok aksa, beýleki  $D_2$  bilen  $D_4$  – diodlardan tok akmaýar we tersine.

Diodlara düşýän ters naprýaženiýeniň maksimal  $U_{ters,m}$  – bahasy transformatoryň ikinji sargysyndaky  $U_{2max}$  – naprýaženiýesiniň maksimal bahasyna deňdir, ýagny  $U_{ters,max} = U_{2max}$  bolar.

## Elektron generatorlar.

**Kesgitlemesi.** Elektron generatorlary diýlip, elektronly çyralary ýa-da ýarymgeçirijilerden ýasalan abzallaryň kömegi bilen, hemişelik togunyň elektrik energiýasyny yrgyldyly elektrik energiýasyna öwüriji (kesgitli ýygýlykda we formada) gurnamalara aýdylýar.

### **Generatorlaryň klasslara (toparlara) bölünişi.**

Elektron generatorlary özleriniň birnäçe nyşanalary (aýratynlyklary) boýunça klasslara bölünýärler :

1. Generirlenen yrgyldylaryň ýygýlyk diapazony (giňligi) boýunça bölünişi **a)** ýygýlykly generatorlar (1-Gers böleginden tä **100 KGS**-e çenli) ;

**b)** ýokary ýygýlykly generatorlar (**100 KGS**-den **100 MGS**-e çenli) ;

**ç)** aşýokary ýygýlykly generatorlar (**AÝÝ**) (**100 MGS**-den ýokary).

2. Generirlenen ýygýlyklary formalary boýunça sinus we sinus däl yrgyldylara-da bölýärler.

Sinus görnüşli yrgyldylary öndürýän generatorlary almak üçin olarda ulanylan güýçlendirijileriň shemalarynda görkezilen yzy bilen baglanşyklaryň hemmesi plýus alamatly bolmalydyr (**YBPB**-yzy bilen plýus baglanşyk).

Yrgyldysy sinus görnüşli ýokary ýygýlykly generatorlar adaty rezonansly **LC** – konturlar bilen döredilýär, şonuň üçin-de bular ýaly konturlara **LC** – generatorlar diýilýär.

Pes ýygýlykly generatorlar bolsa – ýygýlykdan bagly hem-de yzy bilen baglanşykly **RC** – zynjyrlar ulanylýar. Yrgyldysy sinus görnüşli generatorlarda ulanylýan yzy bilen baglanşyk yrgyldyly generatoryň ýitgileriniň öwezini dolandurýar diýäýmeseň, tutýan orny beýle bir uly däl.

Yrgyldyly generatorlardaky ýitgileri diňe bir yzy bilen plýus baglanşykly elementler bilen däl-de, garşylyklaýyn

**minus** baglanşykly elementler bilen-de kompensirlemek bolýar.

Islendik, hatda hil tarapdan aşa ýokary ýygylkly yrgyldyly konturlarda-da ýitgi bardyr, sonuň üçin-de döreýän islendik ýygylkdaky yrgyldylar (hiç hili şübhesiz) ýuwaş-ýuwaşdan sönäýmelidirler. Eger-de, yrgyldylar sönmeýän bolsalar, onda şol generatordaky ýitgileri haýsy-da bolsa bir energiýa çeşmesi bilen dynuwsyz kompensirlenip durulýar diýiligidir.

Islendik yrgyldyly sistemada döreýän ýitgileri birnäçe ekwiwalent garşylyklaryň üsti bilen düşündirip bolýar, meselem  $R_{\text{ýitgi}}$  – garşylygy haýsy-da bolsa bir minus alamatly  $R^-$  – garşylyk bilen kompensirleseň, onda  $R_{\text{ýitgi}} - R^- = 0$  ýagdaýy-da alyp bileris. Şular ýaly ýagdaýa her hili tehniki tilsimler bilen çykyp bilsek, onda döredilen yrgyldylar tükeniksiz wagtyň dowamynda-da sönmezler.

Yrgyldyly generatorlaryň shemasyna minus alamatly  $R^-$  – garşylyklaryň girizilmegi generatorda döreýän ýitgileri kompinsirleýji (öwezini doldyryp durýan) energiýa çeşmesiniň sistemada ulanylýandygyny aňladýar.

Napryžaženiýesi ulalanda togy kiçelýän (we tersine) elementrlere minus alamatly garşylyklar diýilýär. Şular ýaly garşylyklara **termistorlar, tunnelli diodlar, tiristorlar, birpolýarly** (ýa-da bir sany **p – n** geçişli) **tranzistorlar** degişlidirler.

Bu elementleriň Wolt-Amper häsiýetnamalarynda (WAH-larynda),

aşak düşýän böleginiň bar ýerinde 
$$\frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1}$$
 minus alamatly garşylygy berýär (mysal üçin 2.6 -njy **a** – çyzgyda **0 – 1** we **2 – 3** aralyklarda garşylyklar plýus alamatly bolsalar, onda **1 – 2** aralykda, WAH-yň ýykylýan ýerinde, garşylyk minus alamata eýe bolýar).

Eger-de, sinusdäl yrgyldylar (impulsar) bar bolsa, onda **100%** yzy bilen plýus aragatnaşykly generatorlardan

peýdalanmak maslahat berilýär. Şeýle edilende generatorlarda döreyän yrgyldyly hadysa garmonikasyz (bigarmoniki) bolýar. Şular ýaly bigarmoniki görnüşdäki signallar üçin harçlanýan energiýalaryň mukdaryndan - çeşmeden berilýän energiýanyň mukdary köpdür. Sonuň üçin-de yrgyldyly generatoryň elementlerinde energiýalaryň toplanmagy bolup, bu toplanan energiýalar sönmeýän yrgyldylaryň döremegine sebäp bolýarlar we yrgyldylaryň formalarynyň düýbünden üýtgeşik häsiýetli görnüşlerine getirýär.

Sinus däl yrgyldyly generatorlara köplenç **relaksasion** (ýuwaş-ýuwaşdan sönýän) generatorlar diýilýär.

Relaksasion generatorlaryň bölünüşleri :

- a) Impulslaryň generatorlary (bloking – generatorlar) ;
- b) Goniburçly yrgyldylaryň generatorlary (multiwibratorlar) ;
- c) Naprýaženiýesi göni üýtgeýän generatorlar (NGÜG) ;

Relaksasion generatorlar üç iş düzgüninde işläp bilýär :

- a) Awtoyrgyldyly düzgünde ;
- b) Haýallanýan (tormozlanýan) iş düzgüninde ;
- c) Sinhronly iş düzgünde.

Relaksasion generatorlar durnukly we deňagramly belli bir ýagdaýda işlände bir**wibratorly** generator diýilýär. Eger-de, generatorlar iki sany durnukly ýagdaýda işlese, onda olara **triggerler** diýilýär.

Umuman, birwibratorly generatorlar hem-de triggerler işlänlerinde takyk iş ýagdaýynda işleýärler we açmak (generirlemek) ýa-da ýapmak (söndürmek) funksiýalary ýerine ýetirýärler. Şonuň üçin-de bu generatorlara shemalary kiltli diýseň-de ýalňyş bolmaz.

Awtoyrgyldyly iş düzgüninde işleýän relaksasion generatorlarda durnukly we deňagramly ýagdaý bolmaýar, olarda iki sany **kwazi** deňagramlyk (deňagramla meňzeş) ýagdaý bolýar.

Haýallanýan iş düzgüninde relaksasion generatoryň bir sany durnukly we deňagramly ýagdaýy bolup : sinhron iş düzgüninde impulslaryň ýygylklary gaýtalanyp durýan



relaksasion generator daşyndaky dolandyrylýan (sinhronizirlenýän) naprýaženiýeniň ýygylgynyň ýagdaýy bilen kesgitlenilýär.

Relaksasion generatorlar özleriniň açylyş (oýanyş) düzgünleri boýunça-da iki görnüşe eýedirler :

1. Garaşsyz açylyş hem-de,
2. Öz-özünden açylyş (awtogeneratorlar).

Garaşsyz açylyan (oýanýan) generatorlaryň girelgesine berilýän naprýaženiýe, garaşsyz naprýaženiýe çeşmesinden takyk ýygylgy bilen üpjün edilýär (üpjün ediji generatordan).

Öz-özünden açylyan (oýanýan) generatorlarda sönmeýän yrgyldylary almak üçin, generatoryň çykalgasyndaky signallary girelgesi bilen birleşdirýän, zzy bilen plýus baglanşykly zynjyryň üsti (kömegi) bilen amala aşyrylýar.

Awtogeneratorlarda öz-özünden oýanmagyň ýörite şertleri bardyr. Olaryň girelge signallary bolmaýar. Şonuň üçin-de, döreýän durnukly yrgyldylar takyk şertler bilen baglanşykdadylar. Meselem, güýçlendirijilerdäki zzy bilen plýus alamatly baglanşyklaryň netijelerinden generatorlarda öz-özünden oýanmak hadysasy bolup geçýär.

Generatorlarda öz-özünden oýanmak hadysany güýçlendirmegi amala aşyrmak üçin şu aşakdaky şertleriň ýerine ýetirilmegi hökmanydyr.

$$\kappa \cdot \beta \geq 1 \qquad \text{we} \qquad \varphi + \psi = 2\pi \cdot n$$

Bu ýerde :  $\kappa$  – güýçlendirijiniň güýçlendiriş koeffisiýenti ;

$\beta$  – zzy bilen arabaglanyş koeffisiýenti ;

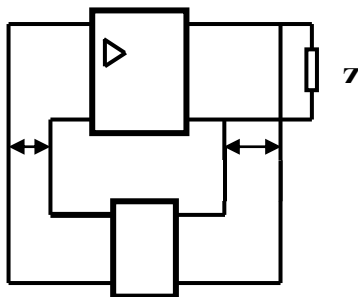
$\varphi$  – güýçlendirijiniň naprýaženiýesiniň süýşme burçy;

$\psi$  – zzy bilen arabaglanyş naprýaženiýesiniň süýşme burçy ;

$n = 0, 1, 2, 3, 4 \dots$  islendik san.

Birinji ( $\kappa\beta \geq 1$ ) aňlatmanyň manysy, amplitudalar balansynyň şertini aňladýar. Bu aňlatma, generatorda öz-özünden oýandyrylma hadysasy bolup geçende yzy bilen arabaglanşygy emele getirýän zynjyryň çykalgasyndaky signalyň güýçlendirijidäki girelge signalyndan kiçi bolmaly dældigini aňladýar.

1-nji çyzgyda awtogenatoryň gurluşynyň ýönekeý shemasy görkezildi.



1-nji çyzgy. Awtoawtogenatoryň

Ikinji aňlatma ( $\varphi + \psi = 2\pi \cdot n$ ) aňlatma fazalaryň balans şertini aňladýar. Bu aňlatma, güýçlendirijiniň girelgesindäki  $U_{gir}$  – naprýaženiýeniň fazasy, yzy bilen arabaglanşygy emele getirýän zynjyryň çykalgasyndaky naprýaženiýeniň fazasy bilen gabat gelmelidirini aňladýar.

Güýçlendirijidäki yzy bilen baglanşygy emele getirýän  $\beta$  – elementi hem-de - güýçlendirijiniň girelge we çykalga naprýaženiýeleri öz güýçlendiriji koeffisiýentleri bilen aňladylýarlar. (Ähli ululyklar kompleks görnüşde ýazyldy).

$$U_{gir} = \beta \cdot U_{çyk}; \quad U_{çyk} = k \cdot U_{gir};$$

$$U_{çyk} = k \cdot \beta \cdot U_{çyk};$$

Soňky deňlemede

$\underline{k} \cdot \underline{\beta} = 1$  bolanda dogrudyr. Bu ýerde  $\mathbf{k}$  bilen

$\beta$  – güýçlendiriji bilen yzyna baglanşygyň degişlilikde güýçlendiriş koeffisiýentleriniň modullary  $\varphi$  bilen,  $\psi$  – bolsa,  $\underline{k}$  bilen  $\underline{\beta}$  kompleks sanlaryň argumentleridir.

Bu argumentler güýçlendiriji bilen yzyna baglanşygy emele getirýän zynjyryň girelgeleri bilen çykalgalaryndaky naprýaženiýeleriň fazalarynyň özara süýşme burçlaryny kesgitleýär.

Eger-de  $\underline{k} \cdot \underline{\beta} = 1$  şert ýerine ýetse, onda awtogeneratora sönmeýän yrgyldylar döreýär. Köplenç ýagdaýlarda  $\mathbf{k}$  bilen  $\beta$  – koeffisiýentleriň köpeltmek hasyly  $\mathbf{k} \cdot \beta \geq 1$  kanagatlanar ýaly edip gurnaýarlar.

Umuman  $\underline{k}$  bilen  $\underline{\beta}$  koeffisiýentler ýygylyga baglydyrlar, şonuň üçin-de kompleks görnüşde aňladylýarlar.

Eger-de, öz-özünden oýandyrylýan prosesleriň şerti hiç bolmanda bir ýygylyk üçin kanagatlandyryýan bolsa, onda garmoniki ýygylyklar döreýär. Eger-de, öz-özünden oýandyrylmagyň şerti birnäçe ýygylyklary kanagatlandyryýan bolsa, onda çylşyrymly formalaryň yrgyldylary döreýär. Bu çylşyrymly formalar birnäçe garmoniki yrgyldylaryň goşulmalaryndan (düzüminden) emele gelýär.

1. Türkmenistanyň Konstitusíasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň 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 ruhobelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidenti Beýk Saparmyrat Türkmenbaşynyň Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry “Milli Maksatnamasy”. Türkmenistan. 2003. Alp Arslan aýynyň 27-si.
8. А.М.Туричин, П.В. Новицкий, Я.С. Левшин и др. - Л. Энергия 1977-“Электрические измерения неэлектрических величин ”
9. Я.С. Левшин, , П.В. Новицкий “Электрические измерения физических величин”- Л. Энергоатомиздат, 1983 г.
10. А.И. Марташин, Э.К. Шахов, В.Н.Шландин “Для измерения и исследования параметров измерительных преобразователей”- М.Энергия 1976.
11. А. Кобус, Я. Тущенский, “Датчики Холла и магниторезисторы” М.Энергия, 1971.

## Mazmuny

Giriş	7
Maglumat – ölçeg tehnikasynyň elektrotehnik elementleri	14
Rezistorlar	17
Fotorezistorlar	19
Fotogalwaniki elementler	21
Fotodiodlar	24
Fototranzistorlar	28
Fototiristorlar	31
Ýarymgeçiriji diodlar	34
Ýarymgeçirijilerde dreýf we diffuzion toklar	46
Tiristorlar	55
Tiristorlaryň harplar we sanlar bilen şertli belgilenişi (markirowkasy)	72
Tranzistorlar	74
Tranzistorlaryň statiki häsiýetnamalary	81
Birpolýarly (unipolýar) tranzistorlar	86
Elektrowakuumly we gazorazrýadly abzallar	95
Integral elementler we shemalar	100
Operasion güýçlendirijiler ( OG)	107
Ýagtylyga duýgur abzallar	127
Fotoelektron abzallar	134
Göneldiji abzallar	141
Göneldijileriň birfazaly shemalary	146
Ikiýarymperiodly göneldijileriň shemalary	149
Elektron generatorlar	155
Edebiýatlar	161