

Күшті жартылай өткізгіш аспаптары



КАЛАКОВА ГУЛЬСИМ КАБДУЛОВНА

Жоспар:

- 1. Күш аспаптарына қойылатын негізгі талаптар
- 2. Тиристорлар екі топқа бөлінеді:
 - а) Динисторлар
 - б) Тиристор.
- 3. Динисторлар мен тиристорлардың негізгі параметрелері
- 4. Фототиристорлар мен фотосимисторлар
- Оқшаулы құлыптанған биполярлық транзисторлар

Күшті жартылай өткізгіш аспаптарына әртүрлі қуатты қондырғыларда қолданылатын басқару аспаптары жатады. Шығынды төмендету үшін бұл аспаптар көбінесе негізгі режимде жұмыс істейді. Күш аспаптарына қойылатын негізгі талаптарға жататындар:

- Коммутация барысындағы төменгі шығындар;
- бір қалыптан екінші қалыпқа ауыстырудың үлкен жылдамдығы;
- үлкен коммутирленген ток және жоғары жұмыс кернеуі.

Күш электроникасы үздіксіз дамиды және күш аспаптары үздіксіз жетілдірілуде.

1000 А дейінгі тоқтарға аспаптар және 6 кВ жоғары жұмыс кернеуі құрастырылған және шығарылған.





Күш аспаптарының тез әрекеттесетін ток күші мынандай, олар 1 МГц дейінгі жиілікте жұмыс істей алады. Күш кілттерін басқару қуаты мейлінше төмендеген.

Қуатты қос полярлық және униполярлық транзисторлар құрастырылды және шығарылуда.

Күш электроникасының арнайы мақсаттар үшін қуатты төрт қабатты аспаптар - *тиристорлар* мен *симисторлар* құрастырылып шығарылуда.

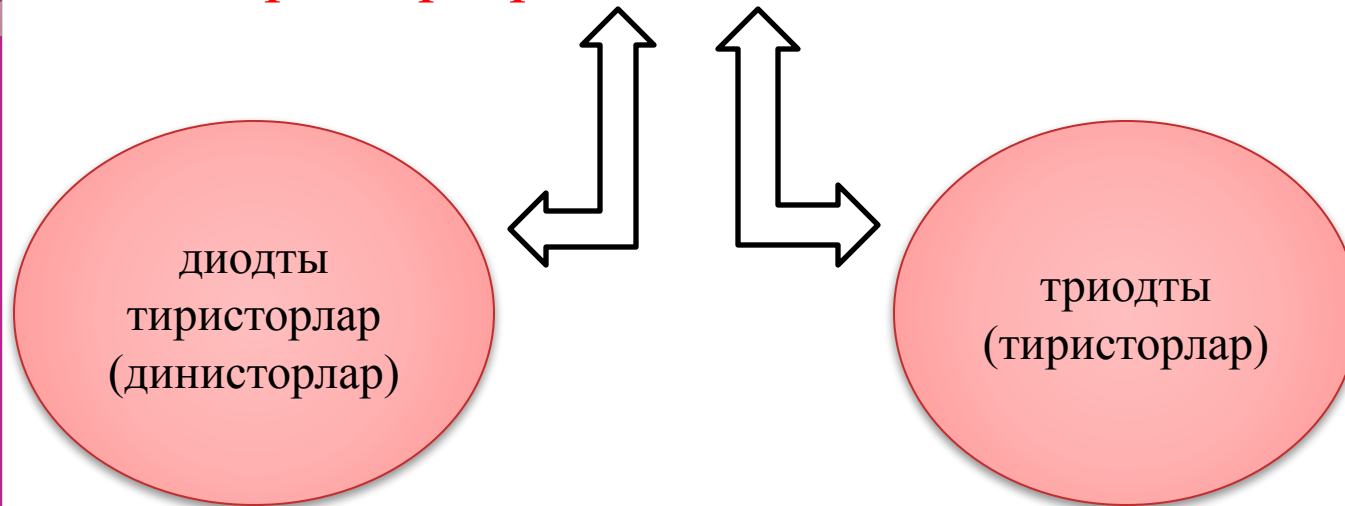
Күш электроникасының соңғы жетістіктеріне транзисторлардың жаңа типтерін құрастыру жатады: статикалық индукциямен және аулақталған бекітпесі бар қос полярлық транзисторлар. (БТИЗ).

Транзисторлардың жаңа типтері 2000В дейінгі кернеу барысында тоқтардың 500А жоғары коммутация жасай алады.



Тиристорларға қарағанда бұл аспаптар толық қолданысы, жоғары тез әсер еткізгіштігі және басқару тізбегі бойынша шағын тұтынылуы бар.

Тиристорлар екі топқа бөлінеді:

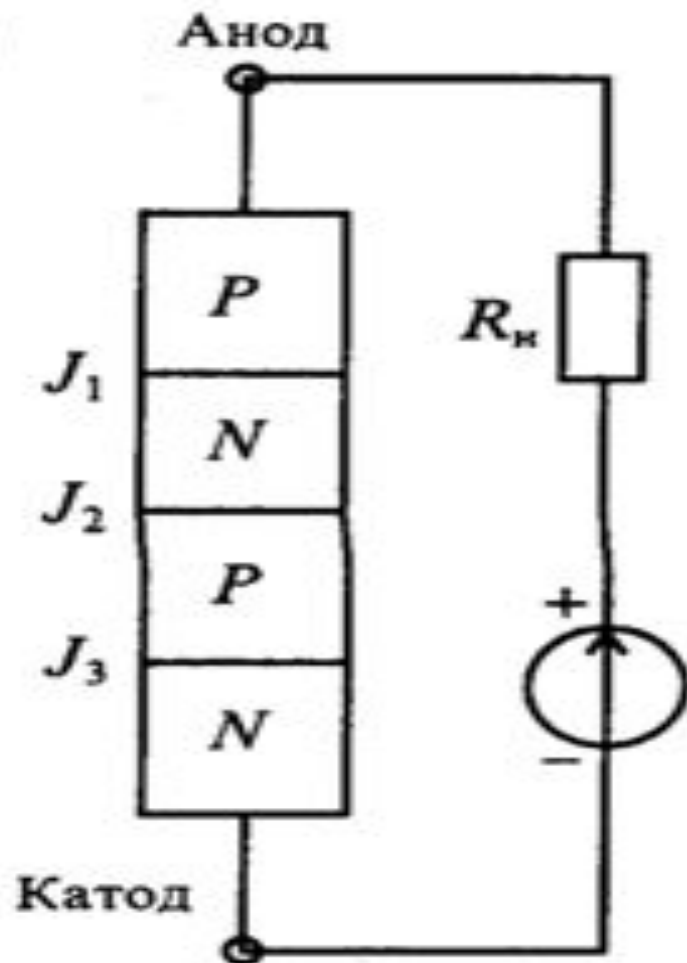


Айнымалы токтың тізбегін коммутациялау үшін арнайы симметриялы тоқтар-симисторлар-құрастырылған.





а)



б)



Динистрдың құрылымы (а)
және кестелік суреті(б)



Динисторлар. Динистор деп диодты түрдегі қос электронды үш р-п-айнымалысы бар аспап аталады. Р шеткі облысы анод деп аталады, ал екінші N- шеткі облысы –катод деп аталады.

Динистрдың құрылымы 6.1 а.суретінде келтірілген. Динистрдың үш р-п-айнымалысы J_1 , J_2 және J_3 деп көрсетілген. Динистрдің кестелік суреті 6.1. б.суретінде келтірілген.

Динистордың ауысу кестесінбір-бірімен байланысқан 2 триодты құрылым түрінде көрсетуге болады.



Денисторды құрамдас бөліктерге бөлу және ауысу кестесі 6.2. суретте берілген

Осылайша жалғанған бірінші транзистордың коллекторлы тоғы екіншінің тоқ базасы болып табылады, ал екінші транзистордың тоқ коллекторлы тоғы біріншінің тоғы болып табылады. Осы ішкі байланыс себебінен аспаптың ішінде оң байланыс бар.

Егер анодқа катодқа қатысты оң кернеу берілген болса, онда ауысу *тура бағытта* жылжитын болады, ал J_2 ауысуы –*керісінше*, сондықтан E кернеу көзінің барлық кернеуі J_2 салынады.



T_1 және T_2 транзисторларының эмиттері тоғы бойынша берілетін коэффициенттері және сәйкес мәні бар деп қабылдайық. 6.2 б суретінде көрсетілген алмастыру кестесін қолданып, тиристор арқылы өтетін, екі транзистордың коллекторларының тоқтарының сомасына және кему $I_{к0}$ тоғына тең тоқты табайық.

$$I = \alpha_1 I_{\varepsilon 1} + \alpha_2 I_{\varepsilon 2} + I_{к0}, \quad (6.1)$$

Сыртқы цептің тоңы , тең сондықтан I қойылымынан кейін (6.1) табамыз.

Сыртқы цептің тоңы , тең сондықтан I қойылымынан кейін (6.1) табамыз

$$I(1 - \alpha_1 - \alpha_2) = I_{к0} \quad (6.2).$$

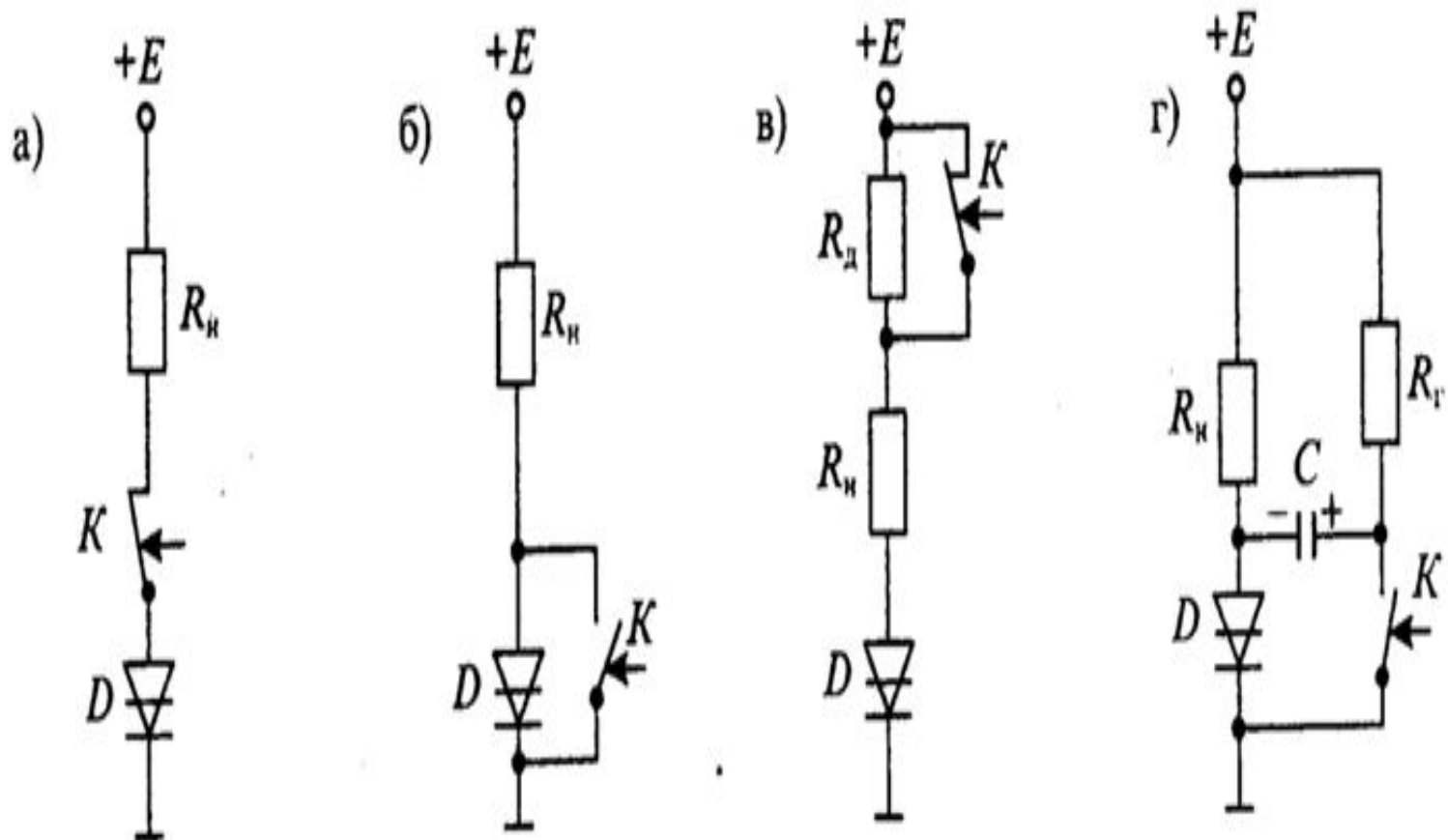


Сыртқы тоқтың мәнін табуымызға болады

$$I = \frac{I_{к0}}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2)}$$

Есеп шарты $(\alpha_1 + \alpha_2) < 1$ орындалып жатқанда динистордағы ток $I_{к0}$ тең болады. $(\alpha_1 + \alpha_2) \geq 1$, істесек онда динистор қосылып және тоқты өткізе бастайды. Сөйтіп, динисторды қосу шарты жасалды. немесе α_1 тоқты α_2 беру коэффициенттерін жоғарылату үшін екі тәсіл бар. Бірінші тәсіл бойынша динистордағы кернеуді үлкейтуге болады. α_1 барысында кернеудің ұлғаюымен транзисторлардың біреуі толық режиміне көше бастайды.





6.4 сурет Динистордың ажырату схемасы

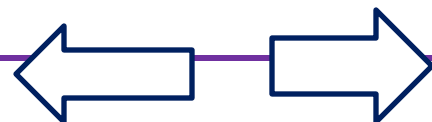


Бұл транзистордың коллекторлық тогы екінші транзистордың тізбегінен өтіп, оны ашады, ал ол бірінші транзистордың тогын арттырады. Нәтижесінде транзисторлардың коллекторлық тогы қанығу деңгейіне жеткенше дейін ағынды түрде өседі.

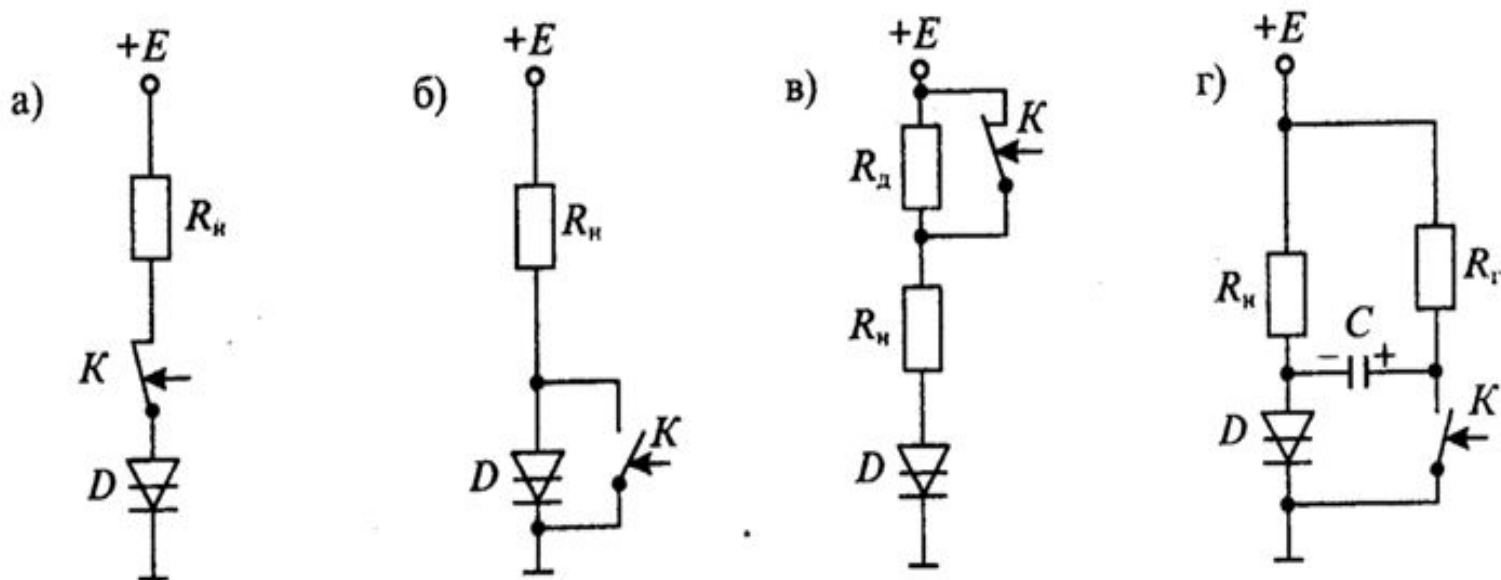
Транзистор іске қосылғаннан кейін динистор тұйықталып, ток I сыртқы тізбек кедергісімен шектеледі.

Ашық құралға түсетін кернеу 2 В аспайды, ал бұл қалыпты диодтың кернеуімен шамалас. Динистордың вольт-амперлік сипаттамасы 6.3 а, ал импульстық қосу сұлбасы 6.3 б. суретінде көрсетілген.

Динистордағы токты азайту $I_{\text{выкл}}$ немесе анодтың кернеулік полярлығын ауыстыру арқылы оны ажыратуға болады.



Динисторды ажырату тәсілдері 6.4. суретінде келтірілген. Бірінші суретте динистор тізбегіндегі ток үзіледі. Екінші суретте динистор кернеуі нөлге теңеледі. Үшінші суретте қосымша резистор R_d қосылғандықтан динистордағы ток $I_{\text{выкл}}$ азаяды.

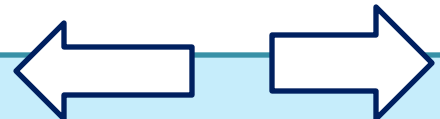


6.5. сурет. Катодты басқарылатын тиристор құрылымы (а) және оның шартты белгілері (б), анодты басқарылатын тиристор құрылымы (в) және оның шартты белгілері (г)



Тиристор. Төрт қабатты құрылымды қосудың екінші тәсілі тиристорда іске асырылады. Тиристорда T_1 немесе T_2 эквивалентті транзисторларының біреуінің базалық шығысы бар. Егер де бір базаға басқару тогы қосылса, сәйкесінше транзистордың өткізу коэффициенті артып, тиристор іске қосылады.

Басқару электродының орналасу қалпына байланысты тиристорлар катодты басқарылатын тиристорлар және анодты басқарылатын тиристорлар болып бөлінеді. Аталмыш басқару электродтардың орналасуы және тиристорлар белгілері 6.5. суретінде келтірілген. Тиристордың вольт-амперлік сипаттамасы 6.6. суретінде келтірілген. Оның динистор сипаттамасынан айырмашылығы іске қосу кернеуі басқару электроды тізбегінің тогының өзгерісі арқылы реттеледі. Басқару тогының өсуіне байланысты іске қосылу кернеуі төмендейді.

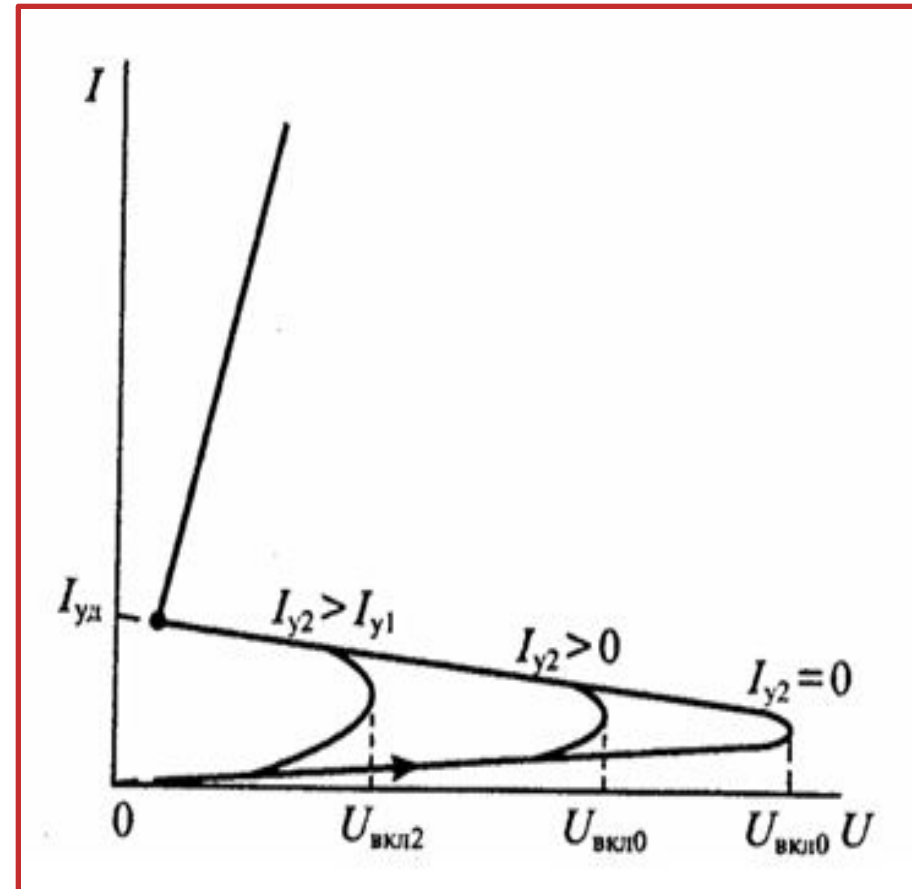


Қосылғаннан кейін басқару электроды басқару қызметінен айрылады, сондықтан тиристорды оның көмегімен ажыратылмайды. Тиристорды ажырату жолдары динистордыкіне сай

Динистор да, тиристорлар да анод кернеуінің лездік өзгеруі арқылы өздігінен қосылады. Бұл құбылыс « dU/dt эффектісі» деген атауға ие болды.

Бұл тиристор немесе динистор аноды кернеуінің лездік өзгеруі сыйымдылық зарядының өтуімен байланысты:

$$i_{c2} = C_2 dU / dt$$



6.6. сурет. Тиристордың вольт-амперлік сипаттамасы





Тиристор анодының кернеуі төмен болса да, кернеудің лезде өзгеру жылдамдығына байланысты тиристор қосылуы мүмкін.

Тиристорларды жасау, өндіру барысында олардың белгілері бойынша екі аталым қалыптасты:

диодты тиристорлар (динисторлар) және триодты тиристорлар.



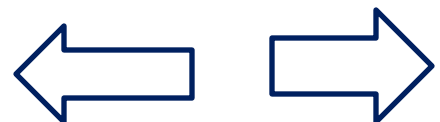
10862-72 МТЖК сәйкес орташа ток күші 20А аспайтын импульстық тиристорлар **4 элементтен** құралады:

біріншісі – құралдың жасалған материалына қатысты әріп немесе сан (мысалы, Г немесе 1 – германий немесе оның қоспалары; К немесе 2 – кремний немесе оның қоспалары; А немесе 3 – галлий қоспалары); **екіншісі** – құрал түрін анықтауға арналған әріп (Н – диодты тиристор, У – триодты тиристор); **үшіншісі** – құралдың пайдаланылуы мен сапалық ерекшеліктерін көрсететін сан (қуаты аз 101 – ден 199 дейін, орта қуатты 201 – ден 299 дейін); **төртіншісі** – негізгі параметрлердің сәйкестігін аңғартатын әріптер (мысалы: А параметрлерімен сәйкес КУ201А – орта қуатты ($0,3A \leq I_{\text{орта}} \leq 10A$) кремнийден жасалған триодты тиристор).



20859-79 МТЖК сәйкес орташа ток күші 10А асатын күштік тиристорлар келесі 4 элементтен құралады: біріншісі – тиристор түрі (Т – жабылмайтын, ТЛ – ағынды т.б.); екіншісі – құралдың келісті түрін айқындау әрпі (4 – жиілігі жоғары; Б – лездік; И- импульстық); үшіншісі – құралдың құрылысын анықтайды (қаптамасыз, дөңгелек пішінді т.б.); төртіншісі – ашық тұрған қалпындағы максималды орта ток күшін белгілейді.

Барлық тиристорлар түрі жабық қалыптағы қайталанатын импульсті кедергі беретін және ашық қалыптағы қайталанатын импульсті кедергі беретін класстарға жіктеледі. Сонымен қатар, тиристорлар бойынша топтарға бөлінеді.



Динисторлар мен тиристорардың негізгі параметрелері:

★ мүмкін болатын кері кернеу $U_{обр}$

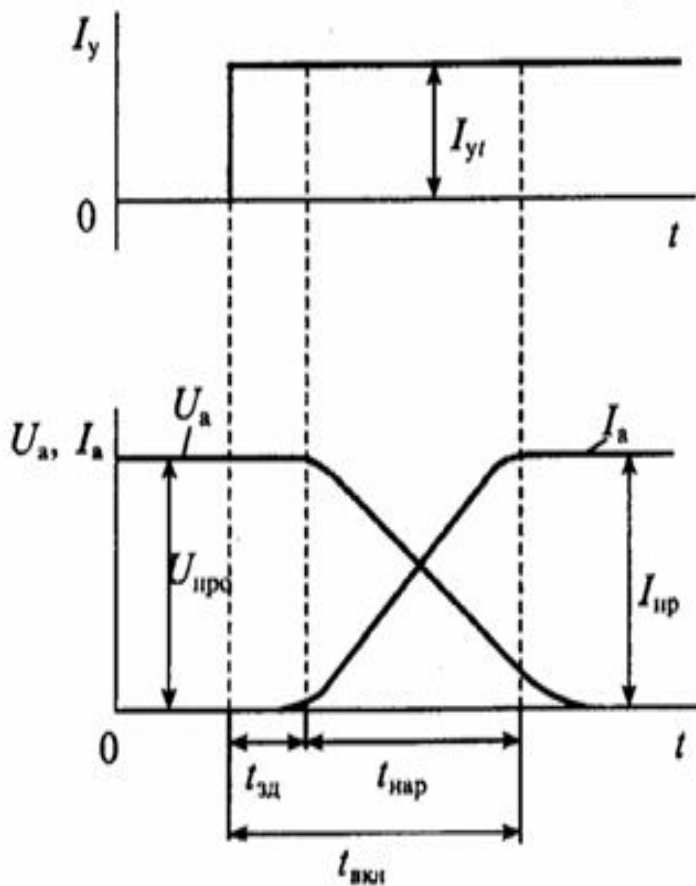
★ белгіленген тура ток I_{np} көрсеткішіне қатысты ашық тұрған қалпындағы кернеу;

★ мүмкін болатын тура ток I_{ap} ;

★ қосылу уақыты $t_{вкл}$ ажырату уақыты $t_{выкл}$.



- Тиристорды басқару тогымен іске қосқан жағдайда ток импульсы басқару электродына енгенде тиристордың қосылуына белгілі бір уақыт қажет етіледі. Тиристорды іске қосудағы I_t ток мәні мен кернеу қисықтары



6.7. суретте көрсетілген. Тиристордағы токтың өсуі I_{yt} басқару тогы импульсының амплитудасына байланысты біршама уақыттан $t_{зд}$ соң басталады. Токтың шамасы көп болса, уақыт көлемі азаяды (0,1 - 1 ...2мкс дейін).

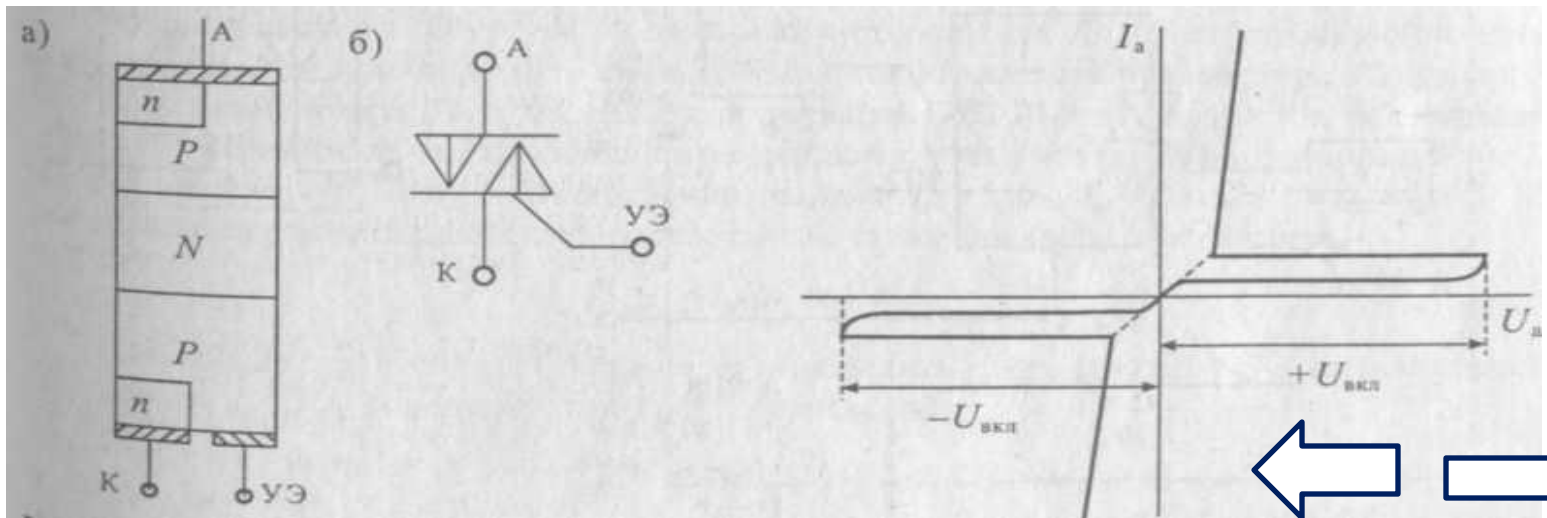


Содан соң токтың құрал арқылы өту үрдісі іске асады, ол әдетте ағынды өсу уақыты деп аталады. Бұл уақыт тиристордағы тура токка $I_{пр}$ және тура кернеуге $U_{про}$ байланысты. Тиристор әдетте басқару тогының импульсымен іске қосылады. Тиристорды іске қосу үшін басқару тогының импульсының параметрлері: амплитуда I_{yt} ұзақтығы $t_{иу}$, өсу жылдамдығы dI_y/dt болуы керек. Басқару тогы импульсының ұзақтығы тиристордың анодты тогы ұстау тогынан $I_{ауд}$ көп болуы керек.

Егер тиристор кері кернеу $U_{обр}$ арқылы істен шығатын болса, екі жағдайда қарастыруға болады: кері кернеудің қалпына келу уақыты $t_{об.в}$ және сөну уақыты $t_{вык}$. Қалпына келу уақыты аяқталғаннан кейін $t_{об.в}$ тиристордағы ток нөлдік шамаға келеді, бірақ та тура кернеуге төтеп бере алмайды. Белгілі бір уақыт өткеннен кейін ғана $t_{вык}$ тиристорға қайта тура кернеу беруге болады $U_{пр.0}$.



Симистор — айнымалы ток тізбегін коммутирлеу үшін пайдаланылатын симметриялы тиристор. Ол реверсивті түзеткіштерді жасауға және айнымалы тоқты реттеуде қолданылады. Симметриялы тиристор құрылымы 6.8 а, ал оның сұлбасы, белгілері 6.8 б. суреттерінде келтірілген. Симистордың жартылай өткізгіштік құрылымы тиристорға қарағанда құрылымы күрделі бес қабатты жартылай өткізгіштерден тұрады. Симистордың вольт-амперлік сипаттамасы 6.9. суретте келтірілген.





Симистордың вольт-амперлік сипаттамасы бойынша құрал кез келген бағытта басқару электродына оң импульс жіберілгенде қосылады.

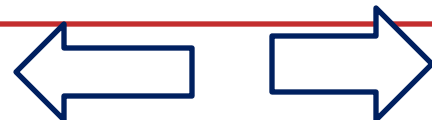
Тиристор мен басқару импульсіне қойылатын талаптар бірдей.

Симистордың негізгі сипаттамалары мен белгілік жүйелері тиристорға сәйкес. Симисторды бір-біріне қарама-қарсы параллель қосылған басқару электроды ортақ екі тиристормен алмастыруға болады. Мысалы, КУ208Г симисторы 400 В кернеуде 10 А айнымалы ток күшін коммутитерлендіреді. Басқару тізбегіндегі ашылатын ток күші 0,2 А, ал қосылу уақыты 10 мкс аспауы тиіс.



Фототиристорлар мен фотосимисторлар — басқару электроды инфрақызыл жарық диоды мен басқару сұлбасы орнатылған бейне қабылдағышпен алмастырылған фотоэлектронды басқарылатын тиристорлар мен симисторлар.

Мұндай құралдардың артықшылығы күштік тізбектен басқару тізбегінің гальваникалық айрылуы. «Сименс» ұйымы шығаратын СИ- ТАК атты фотосимистор құрылғысын мысал ретінде қарастырайық. СИТАК құралының құрылымы 6.10 суретінде, ал оның шартты сұлбалық бейнесі 6.10 б. Суретінде көрсетілген.

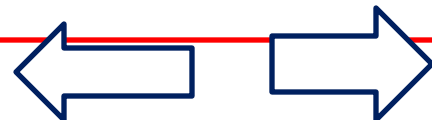


Мұндай құрал жарық диодының кіруін басқару үшін 1,5 мА ток күшін жұмсайды және шығу тізбегіне айнаымалы ток кернеуі 600 В, 0,3 А ток күші коммунитерленеді.

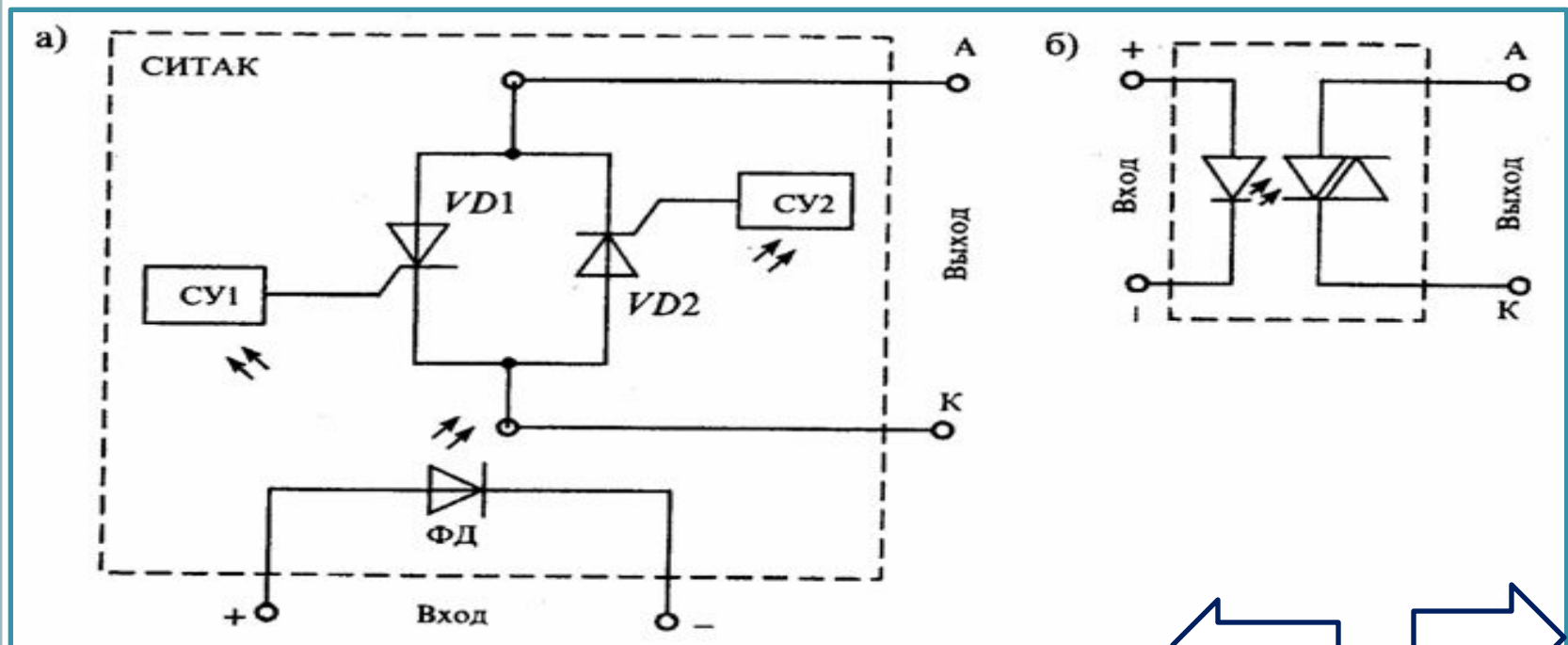
Мұндай құралдар оқшаулы басқарылатын айнаымалы ток кілті ретінде кеңінен қолданылады.

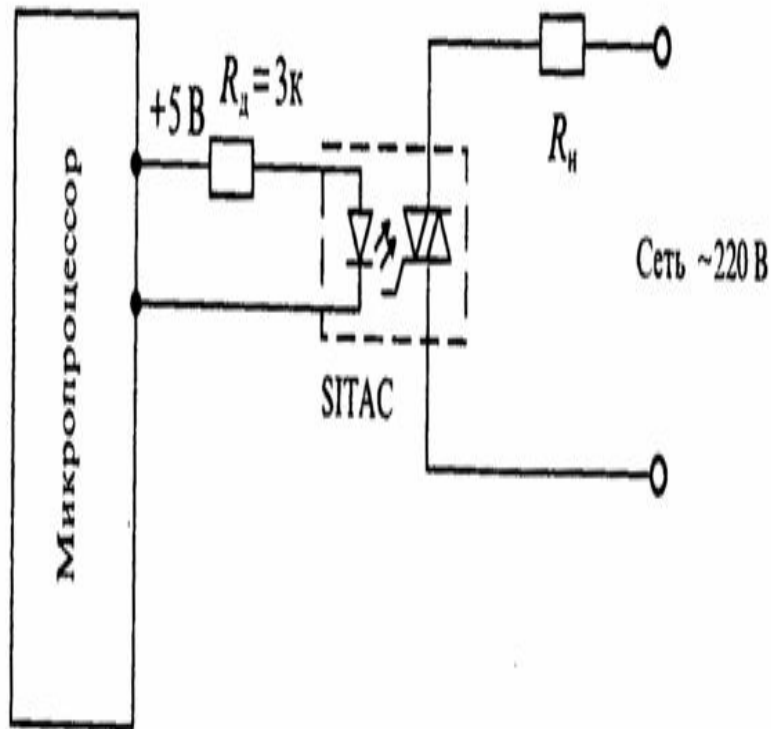
Сонымен қатар, олар қуатты тиристорлар мен симисторларды басқаруда қолданылады және басқару тізбегінің гальваникалық айрылуын туғызады.

Басқару тізбегін сирек тұтыну СИТАК құрылғысын микропроцессор мен микро-ЭЕМ шығу тізбегіне қосуға мүмкіндік береді. Мысал ретінде кернеуі 220 В, максималды қуаты 66 Вт айнаымалы ток желісіне қосылған жүктеме тогын реттеу мақсатында СИТАК құрылғысының микропроцессерге қосылуы 6.11 суретінде көрсетілген.



Оқшаулы құлыптанған биполярлық транзисторлар
(ОҚБТ) оқшаулы құлпы бар кіру (униполярлық)
полярьлық транзистордың шығу биполярлық n-p-n-
транзисторымен сәйкестігі ретінде орындалған





6.11.сурет.СИТАК
фотосимисторын
микропроцессорге қосу

Мұндай құралдарды жасаудың көптеген әдістері бар, бірақ та, вертикаль каналды полярлық транзистордың және қосымша биполярлық транзистордың ерекшеліктері үйлескен 1GBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) құрылғылары кеңінен қолданысқа ие болды.

Вертикаль каналы бар оқшаулы құлыпталған полярлық транзисторларды жасау барысында практикалық қолданысқа түспейтін биполярлық паразитті транзистор пайда болады.



Сұлбада VT — оқшаулы құлпы бар полярлық транзистор, $T1$ — паразитті биполярлық транзистор, R_1 — полярлық транзистор каналының тізбектелген кедергісі, R_2 — $T1$ биполярлық транзисторының база-эмиттер өткізудегі кедергі. R_2 кедергісі арқылы биполярлық транзистор жабық, яғни ол VT полярлық транзистор жұмысына әсер етпейді.

6.12 б суретінде келтірілген ОҚПТ вольт-амперлік сипаттамалары тік құламалы S және канал кедергісі R_1 сипатталады.

1GBT транзистор құрылымы ОҚПТ құрылымына сай, бірақ қосымша

p-n-өтуі бар. Сондықтан 6.12 в суретінде тағы бір p-n-p-транзистор $T2$ келтірілген.



T1 және T2 қос транзистордан құрылған құрылым ішкі оң кері байланысқа ие. Себебі T2 транзисторы коллекторының тогы T1 транзисторы базасының тогына әсер етеді, ал T1 транзисторы коллекторының тогы T2 транзисторы базасының тогын анықтайды.

T1 және T2 транзисторларының эмиттер тогының тасымалдау коэффициенті, α_1 және α_2 болып белгіленсе, сәйкесінше $I_{k2} = I_{\varepsilon 2} \alpha_2$, $I_{k1} = I_{\varepsilon 1} \alpha_1$ және $I_{\varepsilon} = I_{k1} + I_{k2} + I_c$ табылады.

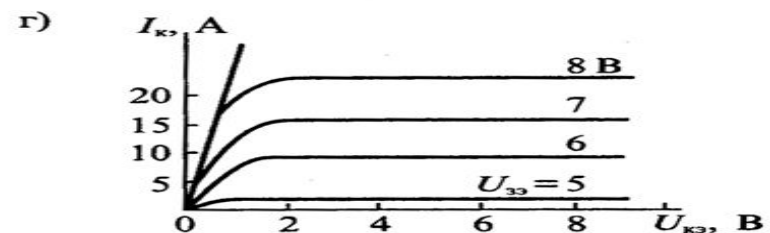
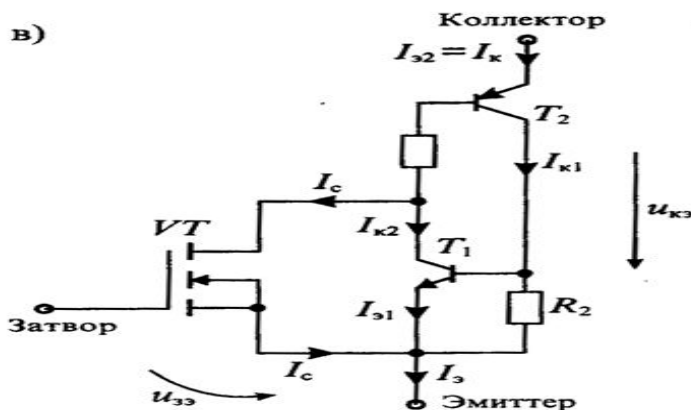
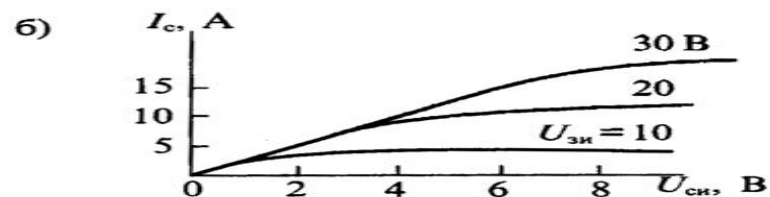
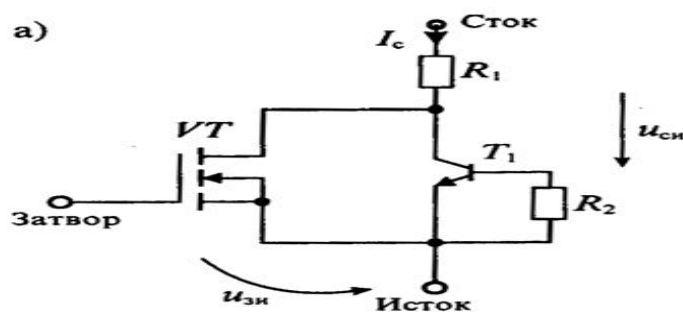
Соңғы теңдеу арқылы полярлық транзистордың ағындық ток күші табылады.
$$I_c = I_{\varepsilon} (1 - \alpha_1 - \alpha_2) \quad (6.3)$$



I_c ОҚПТ ағындық тогын тік құламалы S және U_3 кернеуін көбейту арқылы, $I_c = S U_3$ табылады және 1GBT транзисторының тогын анықталады.

$$I_K = I_9 = \frac{S U_3}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2)} = S_9 U_3 \quad (6.4)$$

Мұнда, $S_9 = S / [1 - (\alpha_1 + \alpha_2)]$ — ажыратылған бекітпесі бар қос полярлық транзистордың эквивалентті құлдылығы



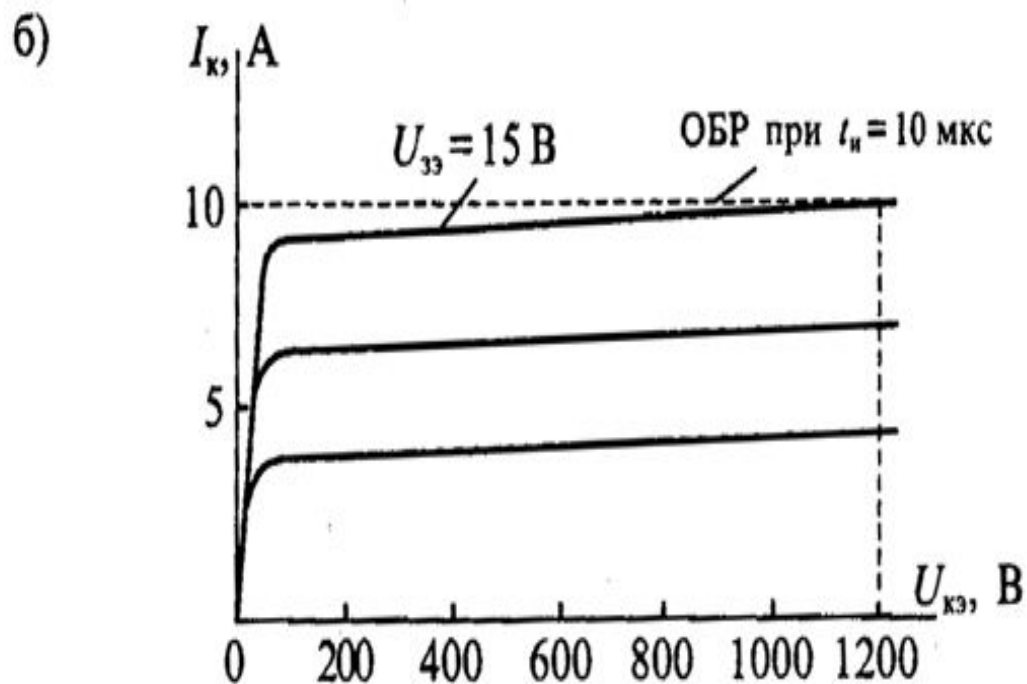
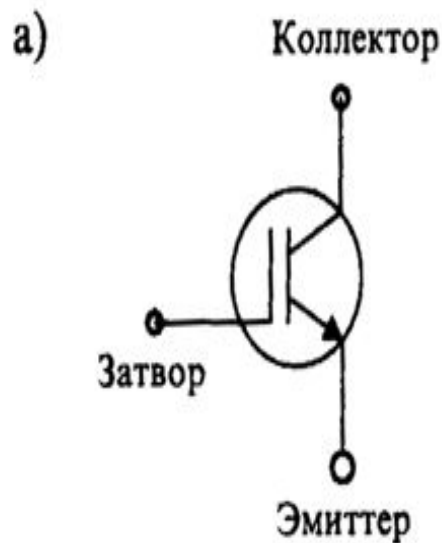
6.12 суреті сатылас каналы бар ПТИЗ орнын басу кестесі (а)және оның вольтамперлы сипаттамасы (б), 1GBT типтегі транзисторды ауыстыру кестесі және оның вольт-амперлы сипаттамасы (г)

мәнін транзисторды жасауда баламалы тіктігі ПТИЗ тікігін бірсыпыра асатыны анық. және R_1 және R_2 кедергісін өзгерту арқылы реттеуге болады.

6.12 г суретінде 1GBT транзистордың вольт-амперлы сипаттамасы берілген, ол ПТИЗ бен салыстырғанда тіктіктің түбегейлі үлкеюін көрсетеді.

Мысалға, BUP 402 транзистор үшін 15А/В тіктік мәні алынған.





6.13 Сурет. БТИЗ транзистордың шартты схемалық суреті (а) және оның қауіпсіз жұмыс аймағы (б)

БТИЗ транзистордың шартты схемалық суреті 6.13. суретте келтірілген.