

## КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта адам қызметінде, әсіресе басқару жүйесінде электроника қолданылмайтын сала жоқ. Басқару үрдісінің күйі жайлы бастапқы ақпарат электрлік белгілері формасында берілген, өндірілетін сәйкес датчиктермен күшейтуге, фильтрлеуге, түрлендіруге т.б ұшырайды. Датчиктермен өндірілетін белгілердің энергетикалық деңгейі төмен болуына байланысты оларды алдын ала күшейту керек. Күшейткіш – ток көзіне түсетін энергия ағымын басқаратын электрондық құрылғы. Күшейткіштер өзінің функционалдық қызметіне қарай бірнеше түрге бөлінеді. Күшейтілетін белгінің табиғатына қарай күшейткіштер мынандай түрлерге бөлінеді: тұрақты ток күшейткіштері, айнымалы ток күшейткіштері, импульстік белгілер күшейткіштері. Күшейтілетін белгілердің жиілігіне қарай төменгі жиілікті (ҚТЖ)  $f_n$  ондаған герцтен  $f_b$  килогерцке дейін, кең жолақты жүзденген килогерцтен ондаған мегагерцке дейін, селективті күшейткіштер және т.б.

ҚТЖ қолдану шартына қарай қоршаған ортаның температура өзгерісін жатқызуға болады, онда күшейткіш өзінің толық жұмысқа қабілеттілігін сақтау керек, механикалық әсер ету түрін, салмақтық энергетикалық энергетикалық көрсеткіш талабына сай және т.б. Күшейткішке қойылатын талаптардың негізгі біреуі күшейтілетін белгінің энергетикалық көрсеткішін ұлғайту, оған кернеу(ток, қуат) бойынша күшейту, белгі формасының тозып қалмауынсыз, белгі формасының тозу деңгейін бақылау міндеті пайда болады. Күшейткіштің шығысында үлкен сызықты емес тозу көзінің біреуі транзистордың сызықты емес вольтамперлік мінездемесі болып табылады. Датчиктер кең спектрлік техникалық параметрлерге ие, мысалы: шығыс кедергісінің шамасы, онда күшейткіш каскадының жоғарғы кіріс кедергісіне арнайы талаптары қойылады.

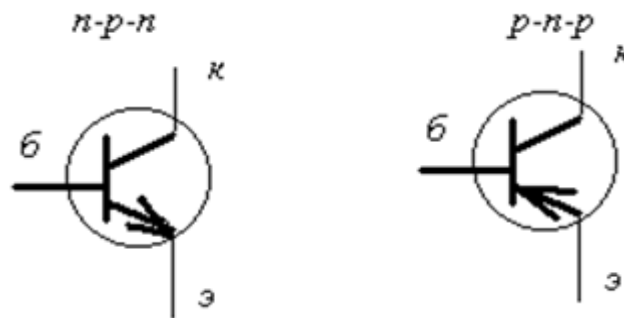
Электрондық сұлба каскадының байланысы жартылай өткізгіш құралдарының эквиваленттік сұлбалары, белгілердің пассивтік пішіндеуі  $RC$ ,  $RL$  және  $RLC$  тізбектер базасында жүзеге асырылады. Көрсетілген тізбектер бойымен белгілер өткенде, өзінің пішінін өзгертеді. Бұл өзгерістер алдын ала жобаланған сипатта немесе кездейсоқ болады. Пассивтік тізбектердің көмегімен белгінің пішін өзгерісінің болжамдық есептеуі схема техникалар курсына оқуда негізі және міндетті болып табылады.

Күшейткіштің электрондық сұлбасын жобалаған кезде, пішіндеу және түрлендіру компоненттерін таңдау келесі түрде болады, берілген мінездемелер бойынша олардың параметрлері, құрылғының максималдық эффектілігін қамтамасыз ету керек, сонымен қатар оның үнемділігі, ток көзі энергиясының шығыны және компоненттердің өзіндік құндылығы бойынша болады.

### 3 ТРАНЗИСТОРЛЫ КҮШЕЙТКІШТЕРДІ ЕСЕПТЕУ

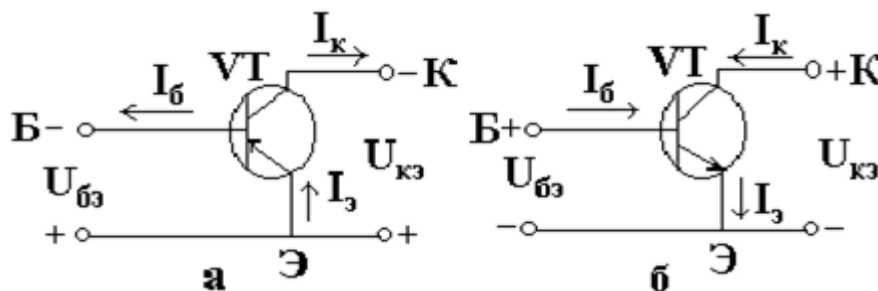
#### 3.1 Биполярлы транзисторлардағы күшейткіштердің негізгі принциптері

Биполярлы транзистор – бұл ені р-п өтпеден тұратын, яғни р-п-р және п-р-п құрылымды үш шықпасы бар жартылай өткізгішті аспаптар. Электр өткізгіштігі электронды және кемтігі заряд тасымалдаушылармен түзілетіндіктен мұндай транзисторларды биполярлы деп аталады. Кеңінен п-р-п құрылымды транзистор қолданылады. Сұлба түрінде биполярлы транзистор келесі түрде көрсетіледі.



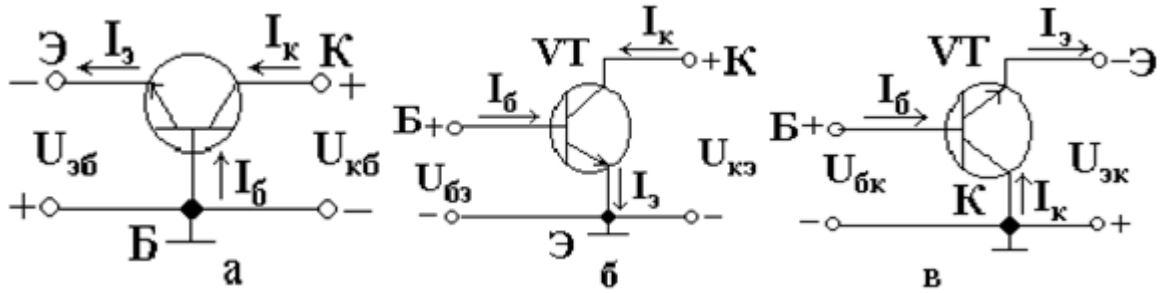
3.1 сурет - Транзистордың сұлбалық құрылымы

“б” индексімен база көрсетілген, “к” коллектрмен, “э” эмиттер байланысы. Эмиттердегі стрелканың бағыты элементтер өтпесіндегі токтың бағытын көрсетеді. Сонда р-п-р типті транзистор коллекторды теріс полюсті көзге, ал п-р-п типті транзистор коллекторды оң полюске жалғанады. п-р-п және р-п-р типті өткізгішті транзисторлардың электродтағы токтар мен кернеулер келесі 3.1 суретінде көрсетілген.



3.1 сурет - Әртүрлі өткізгіштегі кернеу мен ток

Белгінің кіріс козі мен транзистордың шығыс тізбегінің аралығындағы жалпы транзистордың қорытындыларына тәуелді транзисторды қосудың үш негізгі сұлбасы бар, оның ішінде, ортақ эмиттермен, ортақ коллектрмен, ортақ базамен (3.2 суретті қара).



а) – ортақ базамен; б) – ортақ эмиттермен; в) – ортақ коллектормен.

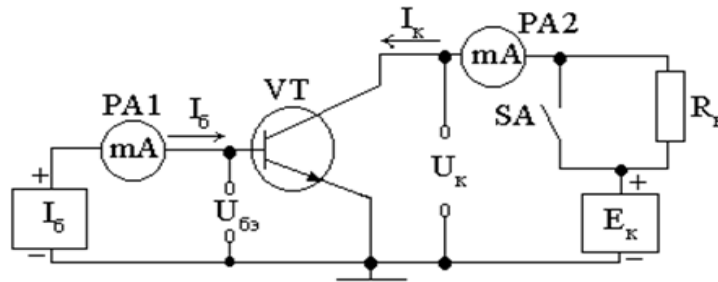
Сурет 3.2 – транзисторды қосу сұлбалары

Транзистор қосуларының әртүрлі сұлбаларының негізгі салыстырмалы техникалық шамалары 3.1 кестесінде көрсетілген

3.1 кесте - Транзистор қосуларының әртүрлі сұлбаларының негізгі салыстырмалы техникалық шамалары

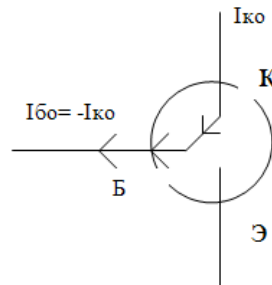
	$R_k$	$R_{шығу}$	$K_u$	$K_i$	$K_p$	Ескерту
ОЭ	орта	Жоғары	үлкен	үлкен	өте үлкен	Жиі қолданылады
ОК	өте үлкен	өте төмен	1	үлкен	үлкен	Сирек қолданылады
ОБ	кіші	өте жоғары	үлкен	1	үлкен	Сирек қолданылады

Бұл сипаттамалар транзистордың әр типі үшін ерекше болып келеді және оның зауыттық паспорттық берілгенінде келтіріледі, сондай-ақ оларды жартылай өткізгішті аспаптар анықтама кітабынан тауып алуға болады[3,4]. Транзистордың негізгі вольтметрлік сипаттамасы кіріс және шығыс сипаттамалары болып табылады. Практикада транзистордың ортақ эмиттермен ОЭ қосу сұлбасын жиі қолданады. Бұндай қосылыста кіріс электрод база болып, эмиттер кемиді (ортақ электрод), ал шығыс электроды коллектор болып табылады. 2.4-суретте ортақ эмиттермен ОЭ қосылған транзистордың вольтамперлік сипаттамасын анықтау үшін зертханалық бекітпенің принципіалдық сұлбасы келтірілген. Кіріс тізбегі (база тізбегі) керекті ток базасын ұстап тұратын оң полярлы реттелетін ток көзімен қоректенеді. База тогының шамасы  $I_b$  миллиамперметрмен PA1 өлшенеді. Эмиттер мен база арасындағы кернеу  $U_{бэ}$  осы мақсатта қарастырылған қорытындыға қосылған вольтметрмен өлшенеді. Коллектордағы кернеу реттелетін кернеу көзінен  $E_k$  орнатылады. Коллектор кернеуі қорытындыға қосылатын ( $U_k$ ) вольтметрдің көмегі арқылы өлшенеді. Коллекторлық токты  $I_k$  өлшеу үшін миллиамперметр PA2 қолданылады.



3.4 - сурет Транзистордың ВАС өлшейтін зертханалық қондырғы

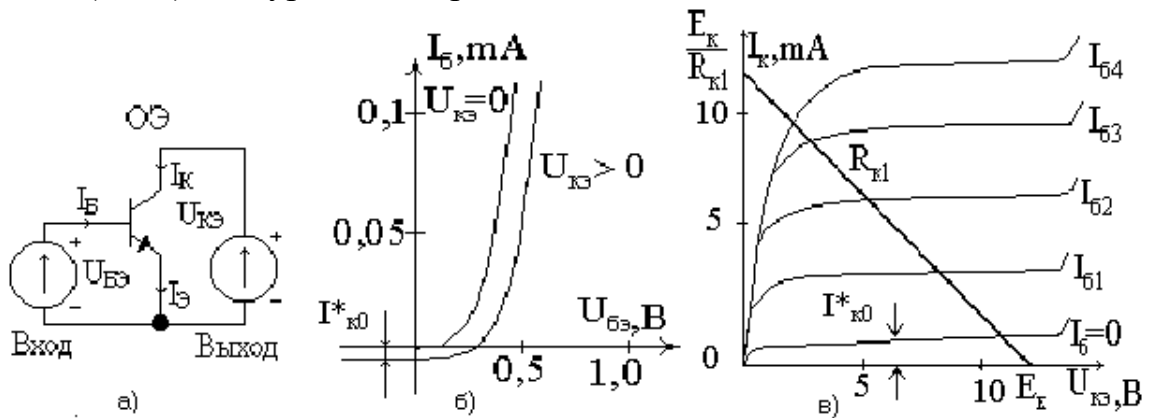
ОЭ сұлбасы бойынша қосылған транзистордың кіріс сипаттамасы болып кернеудің  $U_{бэ}$  кірме токқа  $I_b$  тәуелділігі табылады, берілген кернеу бойынша ( $U_{кэ}$ )  $U_{бэ}=f_1(I_b)$ . Коллектор тізбегінде реттелмейтін жылулық ток ағып жатуы мүмкін.  $U_{кэ}=0$  болғанда коллектор тізбегіндегі жылулық ток  $I_{к0}$  болмайды және тек  $U_{кэ}>0$  болғанға ғана пайда болады, сонымен қатар ол  $I_b$  токқа қарсы бағытталған, 3.5-суретінде көрсетілгендей.



3.5 сурет - Транзистордағы температуралық токтың таралу сұлбасы.

ОЭ сұлбасы бойынша транзистордың шығу сипаттамасы  $I_k=f_2(U_{кэ})$  тендеуі арқылы есептеледі. Егер  $U_{бэ}=0$  болса, онда коллектор тізбегінде жылулық тоғы ғана өтеді, себебі бұл жағдайда эмиттерден базаға (n-p-n транзисторы үшін) өтетін электрондар берілмеген.

Статикалық режимдегі шартты транзистордың вольт-амперлік сипаттамасы (ВАС) 3.6 суретінде көрсетілген.



- б) транзистордың кіру вольт-амперлік сипаттамасы;  
в) транзистордың шығу вольт-амперлік сипаттамасы;

3.6 сурет- транзистордың кіру және шығу ВАС

ВАС кіруінде көрсетілгендей (1.6-б суретіне қара), транзистор кіруде нақты кернеуге дейін бірнеше байқалмайтын көлемді иемденген, күшейткіштік қасиеті жоқ. Германийлі транзисторда кернеу аз, бұдан есептеу де ыңғайлы, себебі ол 0,3-0,5В аралығын қамтиды, ал кремнийлі 0,6-0,9 аралығын қамтиды.

Транзистордың негізгі шамалары, күшейткіш ретінде, ОЭ мен қосылу сұлбасы статикалық режимде ток базасының күшейткіш коэффициенті болып табылады  $h_{21э}$ :

$$h_{21э} = \beta = I_K / I_Б, \text{ при } U_{КЭ} = \text{const} \quad (3.1)$$

Анықтамада бұған көп көңіл аударады, бұл шама статикалық режимге берілгенін көрсетеді. Көп транзисторларда  $h_{21э}$  көлемі мына интервалда жатады  $h_{21э} = 10 - 200$ .

$h_{21э}$  шамасы  $h$  – шамасына қарайды (төртполюстік шамасы). Анықтамаларда мынадай  $h$  – шамалар көрсетілген:

-  $h_{11э}$  – транзистордың дифференциалды кіру кедергісі, былай анықталады

$$h_{11э} = \Delta U_{БЭ} / \Delta I_Б, \quad U_{КЭ} = \text{const};$$

-  $h_{22э}$  - дифференциалды шығу өткізгіштігі  $h_{22э} = \Delta I_К / \Delta U_{КЭ}, \quad I_Б = \text{const}$

Бұл екі шама динамикалық шамаға жатады.

ОЭ сұлбасы үшін кіру кедергісі кОм бірлігін құрайды, ал шығу өткізгіштігі -  $10^{-4} - 10^{-5}$ .

Транзистордың коллектірлік жүктемемен  $R_К$  жұмыс істегенде, токтың үлкен мөлшерінде коллектордағы кернеу азаяды және нөлге теңесуі мүмкін. Коллекторлық токпен коллектордағы кернеу арасындағы байланыс жүктемелі тура теңдеумен анықталады:

$$I_k = (E_k - U_k) / R_k$$

Графикалық жүктемелі транзисторлардың сипаттамалары келесі координат осьтерінде қиылысады: горизонталь осьтегі кернеу коллектормен эмиттердің арасындағы нүкте  $E_k$ ,  $I_k = 0$  болғанда коллектор тогындағы вертикаль осьтегі нүкте  $E_k/R_k$ , транзистор қанығу режимінде болғанда, транзистор қысқажабылуда болады.

Келтірілген графикалық тұрғызылулар және есептеулер биполярлы транзисторлардың әртүрлі күшейткіштер сұлбасын жобалау кезінде қолданылады.

## ӘДЕБИЕТ

### Негізгі

1 Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. – М.: Высш. Школа, 2011. – 496 с., ил.

2 Бочаров Л.Н. и др. Расчет электронных устройств на транзисторах / Бочаров Л.Н., Жебряков С.К., Колесников И.Ф. – М.: Энергия, 2017. – 208с., ил. – (Массовая радиобиблиотека; Вып. 963).

3. Войшвилло Г.В. Усилительные устройства: Учебник для вузов.- 2-е изд. Перераб. и доп. –М.: Радио и связь. 2013. – 264 с.

4 Шадрин Г.К. Основы электроники: Курсовая работа, задания, методические указания для студентов специальности 050716 «Приборостроение» заочной формы обучения / Г.К. Шадрин, Н.В. Аринова / ВКГТУ.-Усть-Каменогорск, 2007. – 35 с.

### Анықтама

8 Голомедов В.А. Полупроводниковые приборы: диоды выпрямители, стабилитроны, тиристоры. Справочник – М.: Связь, 1978.

9 Лавриненко В.Ю. Полупроводниковые приборы. Справочник. – Киев: Техника, 1984.