

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
«Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар» кафедрасы



SATBAYEV
UNIVERSITY

№5 ДӘРІС

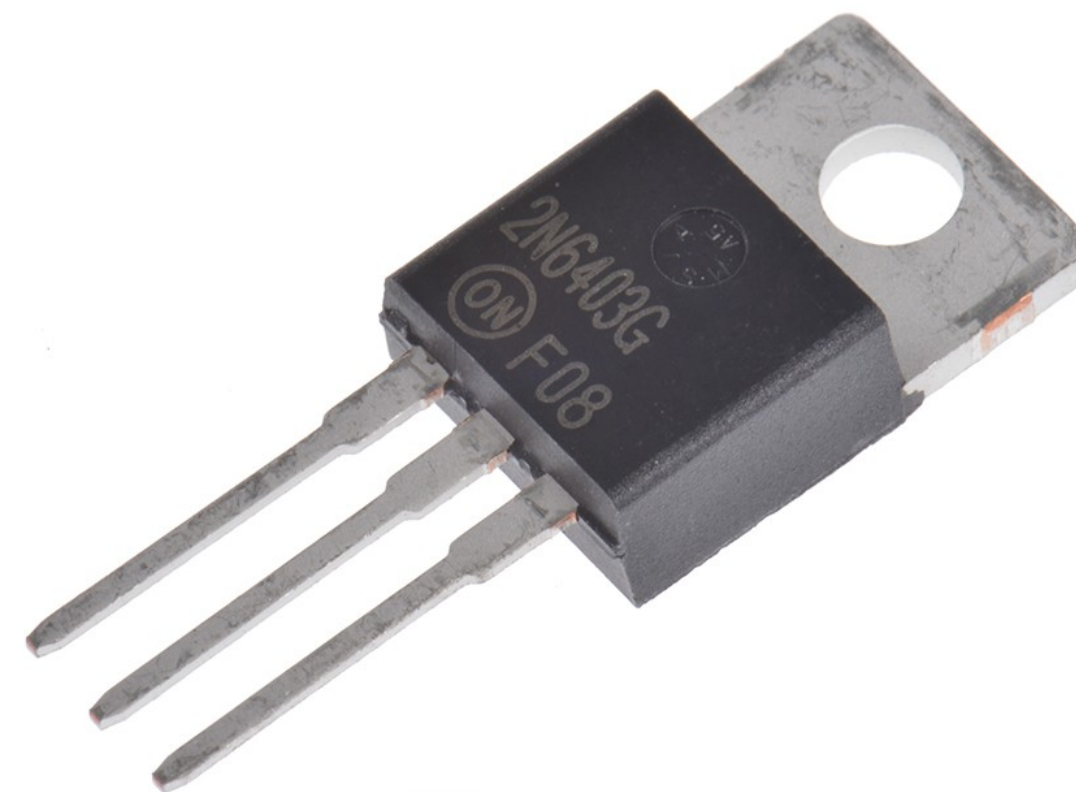
Тақырыбы: «Биполярлық транзисторлардың қосылу схемалары мен тиристорлар»

Оқытушы: Хабай А.

ELC5511 «Электроника және схемотехника»

Алматы 2025 ж.

Биполярлық транзисторлардың қосылу схемалары мен тиристорлар



Дәрістің мақсаты мен міндеттері



1. ОБ, ОЭ және ЭК қосылу схемаларының жұмыс принципін түсіндіру.
2. ОБ схемасының кіріс және шығыс сипаттамаларын талдау.
3. Эмиттерлік қайталағыштың (жалпы коллектор схемасы) негізгі қасиеттерін көрсету.
4. Транзисторлық күшейткіштердің шағын сигналдық режимін есептеу әдістерін үйрету.
5. Тиристордың құрылымын, жұмыс принципін және қолданылу аймақтарын түсіндіру.
6. Әр қосылу схемасының артықшылықтары мен кемшіліктерін салыстырып, қолдану салаларын анықтау.

Мазмұны

1. Кіріспе
2. Жалпы ортақ база (ОБ) схемасы
3. Жалпы коллектор схемасы (КС) және эмиттерлік қайталаушы
4. Маңызды қорытындылар
5. Транзисторлық күшейткіштердің аз сигнал режиміндегі есептеулері
6. Шағын сигнал режиміндегі жалпы эмиттерлі транзисторлық каскадтың есептелуі
7. Қорытынды
8. Бақылау сұрақтары

Кіріспе

Биполярлық транзисторлар — электрониканың ең маңызды белсенді элементтерінің бірі. Олар электр сигналдарын күшейтуге, түрлендіруге және басқаруға кеңінен қолданылады. Транзистордың жұмыс істеуі оның қосылу схемасына тәуелді. Жалпы база (ОБ) схемасы төмен кіріс кедергісімен және жоғары шығыс кедергісімен ерекшеленеді, жалпы коллектор (ЭҚ) схемасы кернеуді қайталайтын және төмен шығыс кедергісін беретін каскад ретінде қолданылады, ал жалпы эмиттер (ОЭ) схемасы кеңінен қолданылатын күшейткіш болып табылады.

Сонымен қатар, қуатты электрониканың дамуы тиристорларды енгізді — олар басқарылатын кілттік элементтер болып табылады және жоғары токтар мен кернеулерді басқаруға мүмкіндік береді. Тиристорлар қазіргі заманғы қуаттық схемаларда, қозғалтқыштарды басқаруда, инверторларда, қорғау тізбектерінде және реттегіш құрылғыларда қолданылады.

Жалпы ортақ база (ОБ) схемасы

Транзисторлық құрылғының жұмысын толық сипаттау үшін алдымен екі жиынтық сипаттаманы алу қажет: кіріс сипаттамалары және шығыс сипаттамалары.

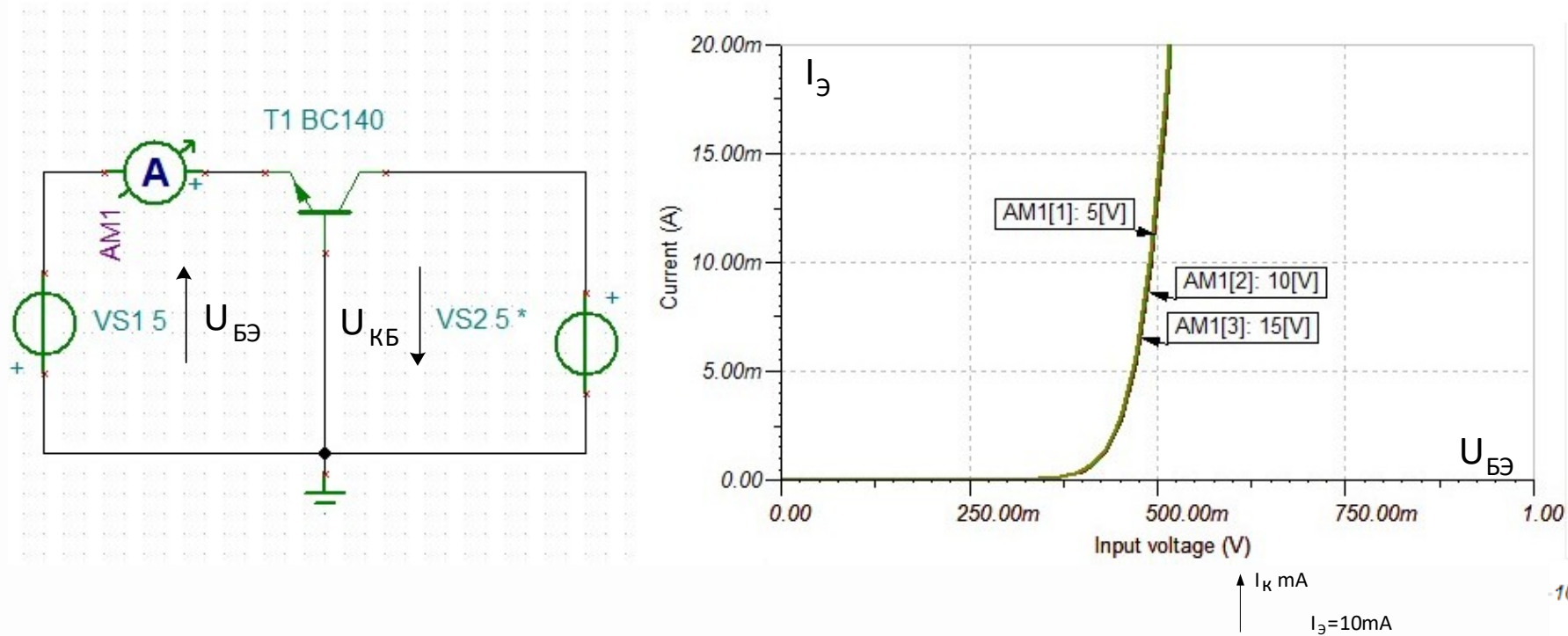
Жалпы база схемасы үшін кіріс сипаттамалары эмиттер тогының I_E эмиттер-база кернеуіне $U_{БЭ}$ тәуелділігін білдіреді, ол коллектор-база кернеуінің $U_{КБ}$ әртүрлі мәндерінде анықталады.

Полупроводник диодтары жағдайында сияқты, сипаттамаларды TINA бағдарламасында аламыз. 2.26-суретте эксперимент схемасы және модельдеу нәтижелері көрсетілген. $U_{КБ}$ кернеу көзі басқарылатын объект болып табылады және 5 В, 10 В, 15 В мәндерін қабылдайды. Analysis – DC Analysis – DC Transfer Characteristic режимінде кіріс кернеуі $U_{БЭ}$ 0-ден 1 В-қа дейін өзгереді. Кіріс сипаттамаларының бастапқы бөлігінде олар тығыз шоғырмен көтерілуде. Артықша, коллектордағы кернеулер төмен болғанда, сипаттама тезірек өседі.

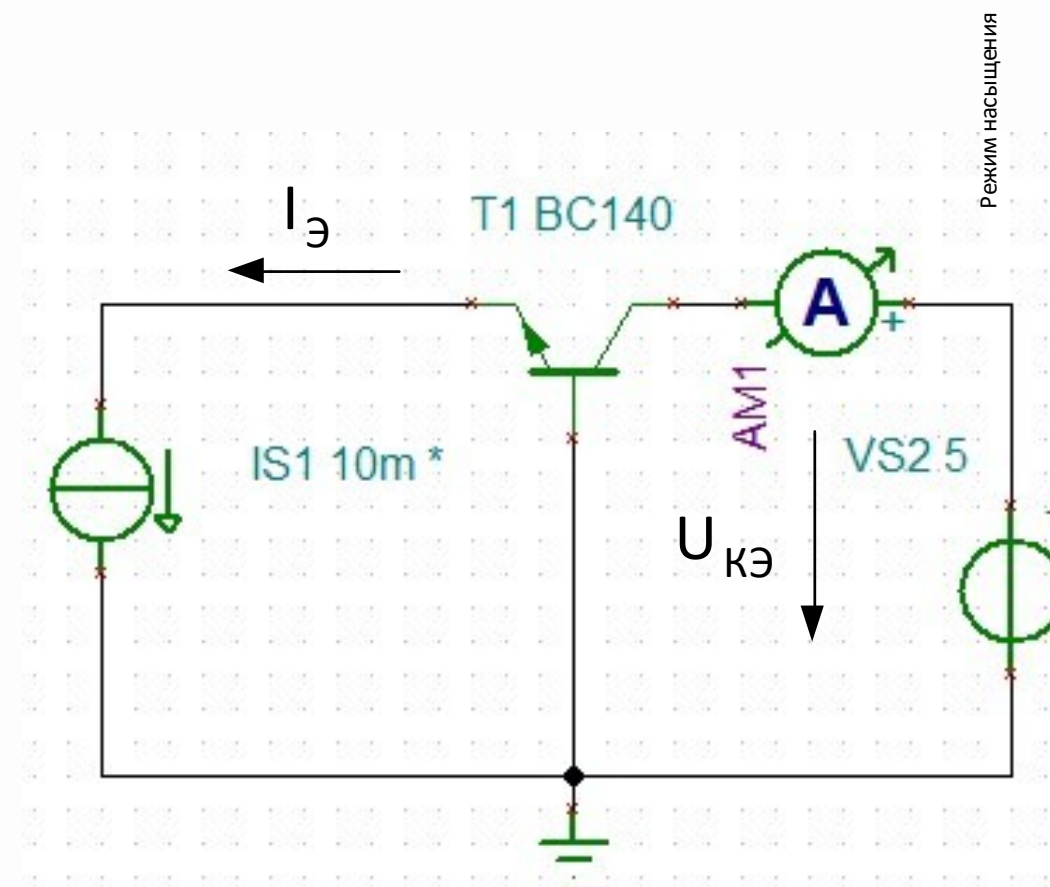
Жалпы база схемасының шығыс сипаттамалары коллектор тогының эмиттер тогына тәуелділігін білдіреді. Шығыс сипаттамаларын ОБ схемасында өлшеу 2.27-суретте, ал шығыс сипаттамалары 2.28-суретте көрсетілген.

Шығыс сипаттамаларында үш аймақ бар: активті режим, насыщение режимі және транзистордың өшірілу режимі.

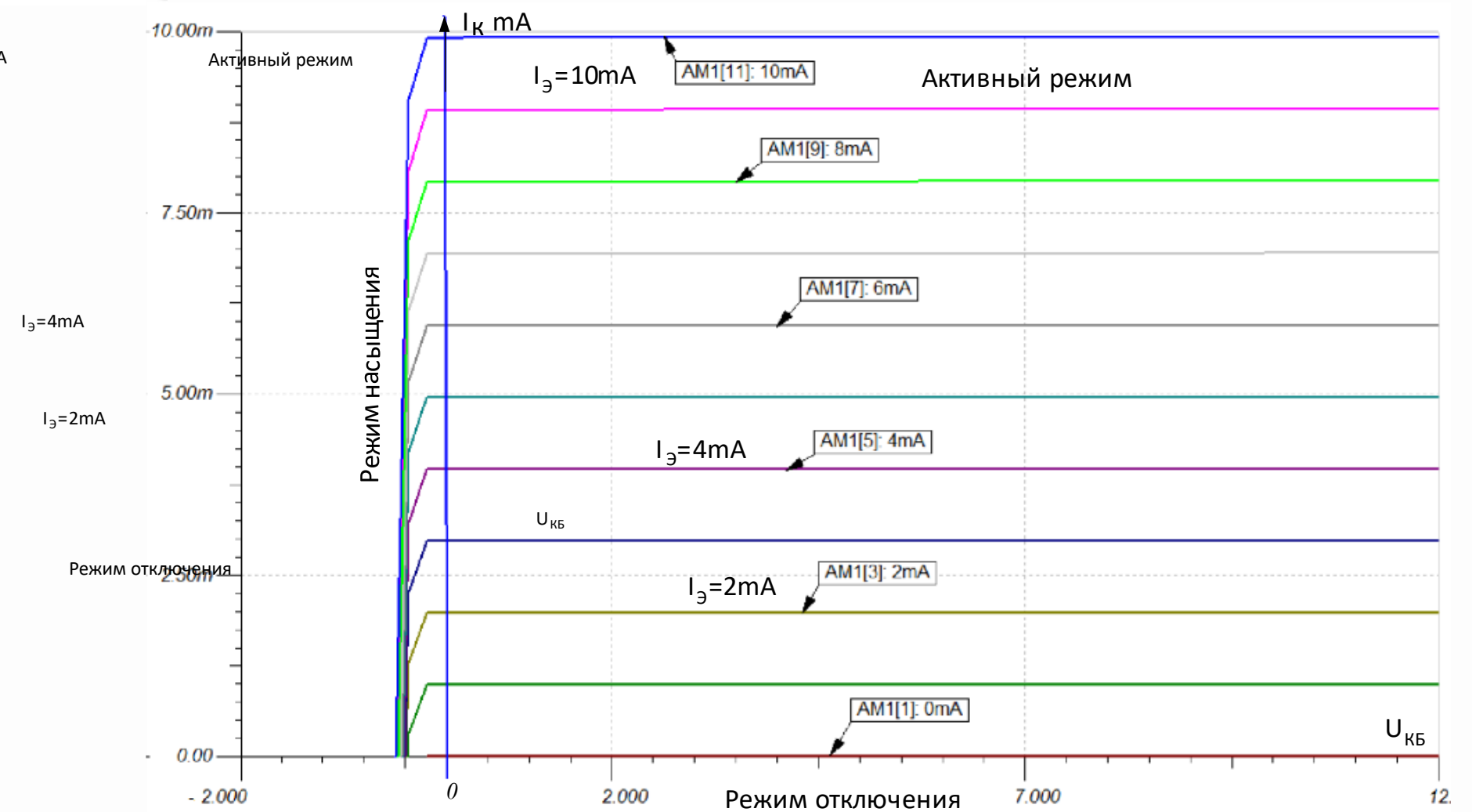
Активті режимде коллектор-база өткені жабық, ал база-эмиттер өткені ашық. Активті аймақтың төменгі бөлігінде эмиттер тогы нөлге тең, коллектор-база өткені жабық, коллектор тогы р-п өткені бойынша кері токқа тең және бірнеше микроамперден аспайды. Температураның көтерілуі кері токты арттыратынын есте сақтау керек, бұл прецизионды құрылғыларда теріс фактор болуы мүмкін.



2.26-сурет. ОБ сұлбасының кіріс сипаттамалары



2.27-сурет. ОБ тізбегіндегі шығыс сипаттамаларын өлшеу



2.28-сурет. ОБ сұлбасының шығыс сипаттамалары

Жалпы коллектор схемасы (КС) және эмиттерлік қайталаушы

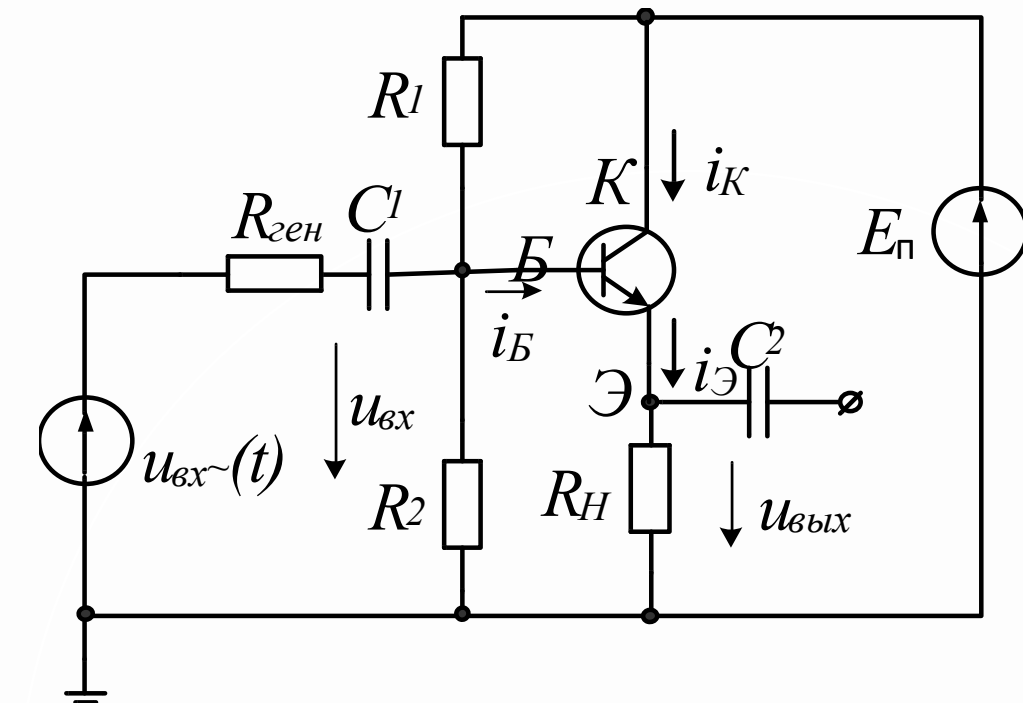
Тізбекте (2.33-сурет) коллектор айнымалы компонент арқылы $u_{\text{кпр}}(t)$ сигналының ортақ нүктесіне қосылады. Тізбектің бұл түрі жалпы коллекторлық схема деп аталады. Шығыс сигнал $u_{\text{кпр}}(t)$ эмиттердегі кедергіден алынады және ол кіріс сигналын дерлік дәл қайталайды. Сондықтан жалпы коллектор схемасын әдетте эмиттерлік қайталаушы (ЭҚ) деп атайды. Эмиттерлік қайталаушы схемасы кіріс сигналдарын күшейту және фазасыз беру үшін тиімді, сондықтан оны көптеген электрондық құрылғыларда қолдануға болады.

Эмиттерлік қайталаушының жұмысын (2.33 сурет) келесі параметрлермен қарастырайық:

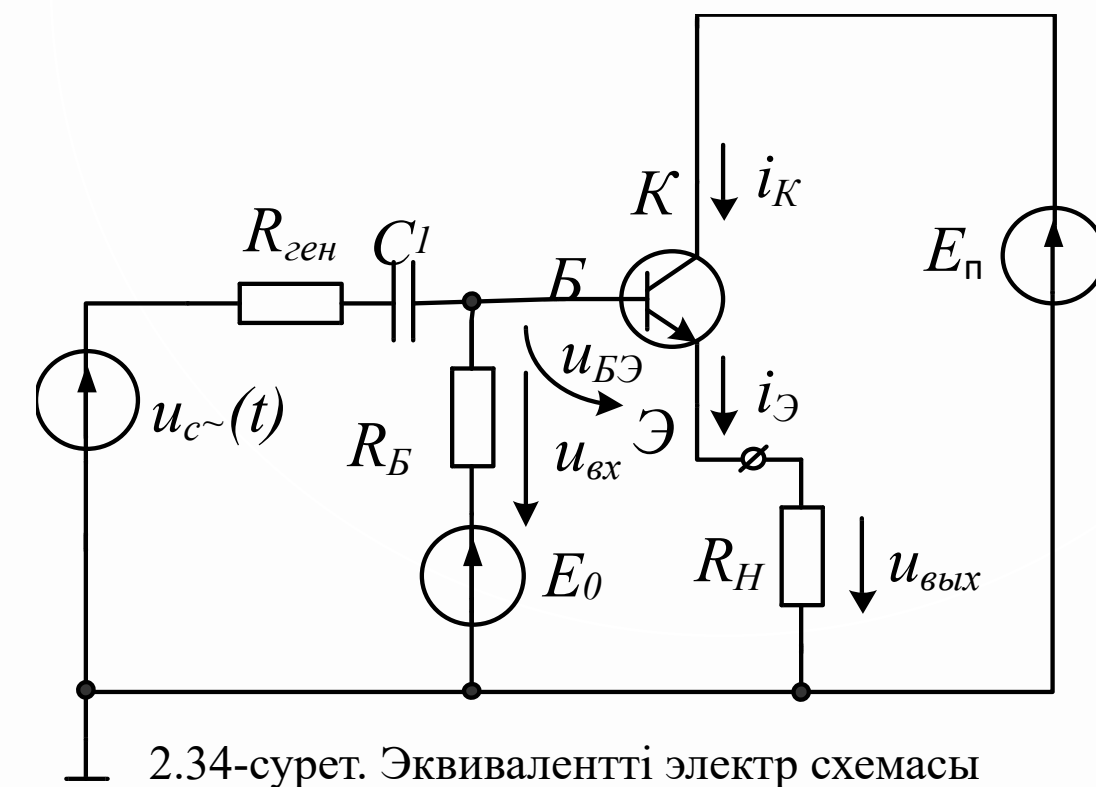
$$E_{\Pi} = E_K = 10\text{В}, R_1 = R_2 = 10\text{кОм}, R_H = 500\text{ Ом}, \\ R_{\text{ГЕН}} = 500\text{ Ом},$$

$$u_c(t) = E_m \sin \omega t, \quad E_m = 50\text{В}$$

Негізгі ығысу тізбегін $R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ және $E_0 = \frac{E_{\Pi} R_2}{R_1 + R_2} = 5\text{В}$ болатын эквивалентке түрлендіреміз. 2.34-суреттегі эквивалентті тізбекті аламыз.



2.33-сурет. Эмиттер ізбасарының (эмиттерлік қайталаушының) негізгі тізбегі



2.34-сурет. Эквивалентті электр схемасы

Маңызды қорытындылар:

- Эмиттерлік қайталаушының күшейту коэффициенті 1-ге жақын;
- Эмиттерлік қайталаушының кіріс кедергісі жоғары;
- Эмиттерлік қайталаушының шығыс кедергісі төмен.

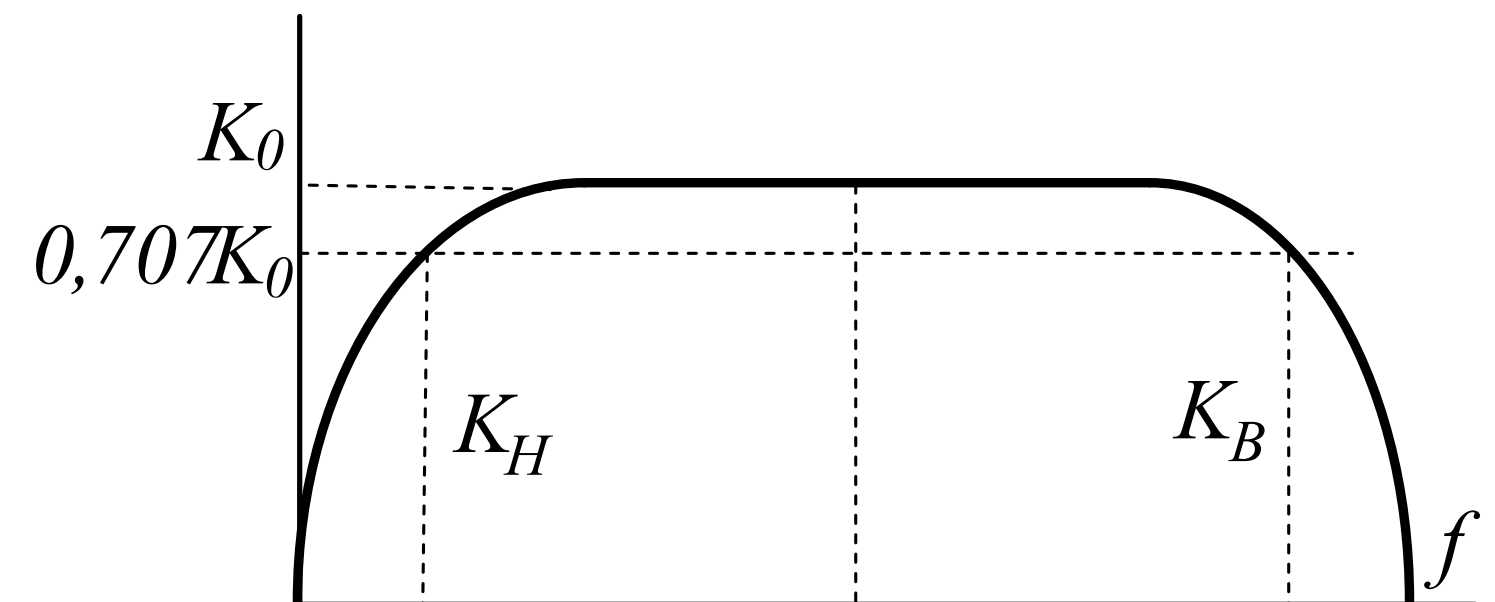
Біз әр каскадта транзистор үшін оңтайлы жұмыс нүктесін таңдағанымызды және тыныштық режимінде база тогының қажетті мәнін орнатқанымызды есептейміз. Күшейткіштің негізгі сипаттамалары амплитудалық-жиілік сипаттама (АЖС) — күшейту коэффициентінің жиілікке тәуелділігі, фазалық-жиілік сипаттама (ФЖС) — кіріс және шығу кернеулері арасындағы фазалық ауытқу бұрышының жиілікке тәуелділігі. Фазалық бұрмаланулар жиілік және фазалық модуляциялы сигналдар үшін маңызды.

Егер сигнал аз амплитудамен күшейтілсе, онда шығу пайдалы сигналының айтарлықтай бұрмалануы болмайды. Бірақ егер сигнал өте күрделі формалы болса, яғни «көптеген гармоникалар» болса, онда шығуда үлкен бұрмаланулар пайда болуы мүмкін, өйткені АЖС жұмыс жиілік диапазонында біркелкі болмайды. Мұндай бұрмаланулар шығу сигналында жиілік бұрмалануы деп аталады және олар жиілік бұрмалануы коэффициентімен бағаланады:

$$M_H = \frac{K_0}{K_H} \quad M_B = \frac{K_0}{K_B}$$

Мұнда M_H және M_B — сәйкесінше төменгі және жоғарғы шекті жиіліктердегі жиілік бұрмалануы коэффициенттері; K_H және K_B — сәйкесінше төменгі және жоғарғы жиіліктердегі күшейту коэффициенттері; K_0 — орташа жиіліктердегі күшейту коэффициенті.

Өткізу сипаттамасы — бұл шығу кернеуінің амплитудасының кіріс амплитудасынан тәуелділігі. Идеалды өткізу сипаттамасы кіріс сигналдарының динамикалық диапазонында $U_{\text{кірmin}}$ ден $U_{\text{кірmax}}$ дейін сызықтық болуы тиіс.



2.31-сурет. Күшейткіштің амплитудалық-жиіліктік сипаттамасы (АЖС)

Транзисторлық күшейткіштердің аз сигнал режиміндегі есептеулері

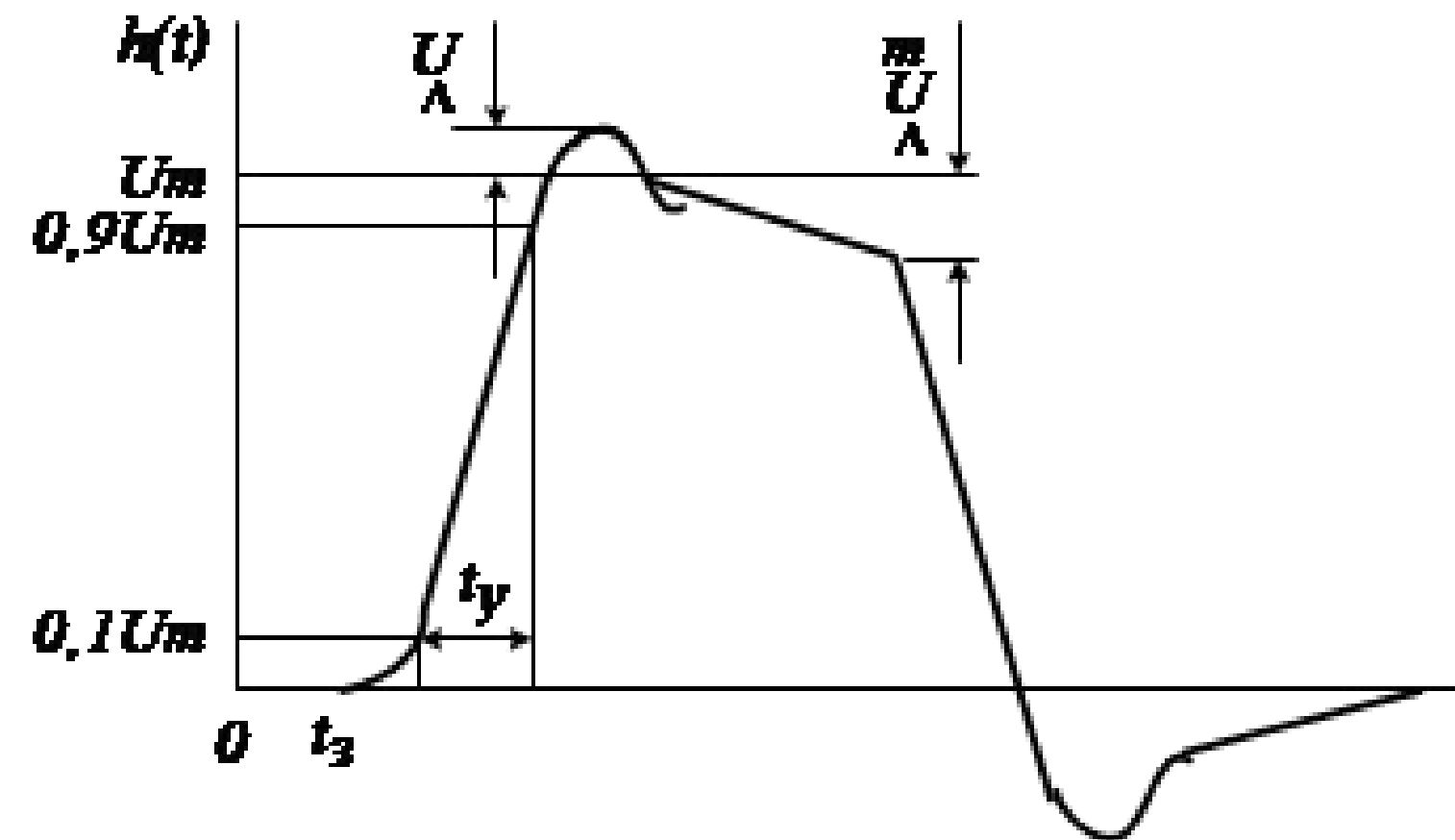
Сызықтық емес бұрмаланулардың деңгейі гармоникалық сигналды кіріске енгізу кезінде сызықтық емес бұрмаланулар коэффициентімен бағаланады:

$$K_{\text{нн}} = \frac{\sqrt{U_{m2}^2 + U_{m3}^2 + \dots + U_{mn}^2}}{U_{m1}}$$

мұнда: U_{m1} — шығу сигналының бірінші гармоникасының амплитудасы, $U_{m2}^2, U_{m3}^2, U_{mn}^2$ — шығу сигналының барлық қалған гармоникаларының амплитудалары.

Өтпелі бұрмаланулар импульстік күшейткіштерде кіріске идеалды тікбұрышты импульс берілгенде өлшенеді.

Шығу күшейткішіндегі шығу импульсі төмендегі суретте көрсетілген формада болуы мүмкін.



2.32-сурет. Импульстік бұрмаланулар

Фронттық бұрмалануларды сипаттайды:

- орнату уақыты t_y яғни импульс амплитудасының $0,1 U_m$ деңгейінен $0,9 U_m$ дейін өсу уақыты;
- фронттық шығу δ бұл импульс шығуының амплитудасын ΔU орнатылған режим амплитудасына U_m қатынасы арқылы анықталады;
- кешігу уақыты t_z , бұл кіріс сигналының $0,1 U_m$ деңгейіне қатысты.

Импульстің жазық төбесіндегі бұрмаланулар Δ импульс ұзақтығында ΔU_m кернеуінің төмендеу мөлшерімен сипатталады.

$$\Delta, \% = \frac{\Delta U_m}{U_m} \cdot 100\%$$

Кернеу күшейту коэффициенті

$$K_U = \frac{U_{\text{шығ}}}{U_{\text{кіру}}} = |K| \cdot \exp(j\phi)$$

ϕ — шығыс және кіріс сигнал арасындағы фазалық ығысу.

$|K|$ — жұмыс диапазонының ортаңғы жиіліктеріндегі күшейту коэффициентінің модулі, оны K_0 деп атайды.

Логарифмдік бірліктерде: $k_0 dB = 20 \cdot \lg k_0$.

n-сатылы күшейткіштер үшін: Егер сатылар тізбектей жалғанған болса, жалпы кернеу күшею коэффициенті көбейтіледі: $K_{\Sigma} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$.

Логарифмдік бірліктерде бұл коэффициенттер қосылады: $K_{\Sigma}, dB = K_1, dB + K_2, dB + \dots + K_n, dB$.

Шағын сигнал режиміндегі жалпы эмиттерлі транзисторлық каскадтың есептелуі

Жалпы эмиттерлі күшейткіш каскадының моделіне (сурет 2.18) біз тыныштық режимін және жұмыс нүктесінде BC140 транзисторының h-параметрлерін есептедік.

Жалпы эмиттерлі схемада келесі нәтижелер алынды:

$$h_{11} = 529 \text{ Ом} \quad h_{12} \approx 0$$

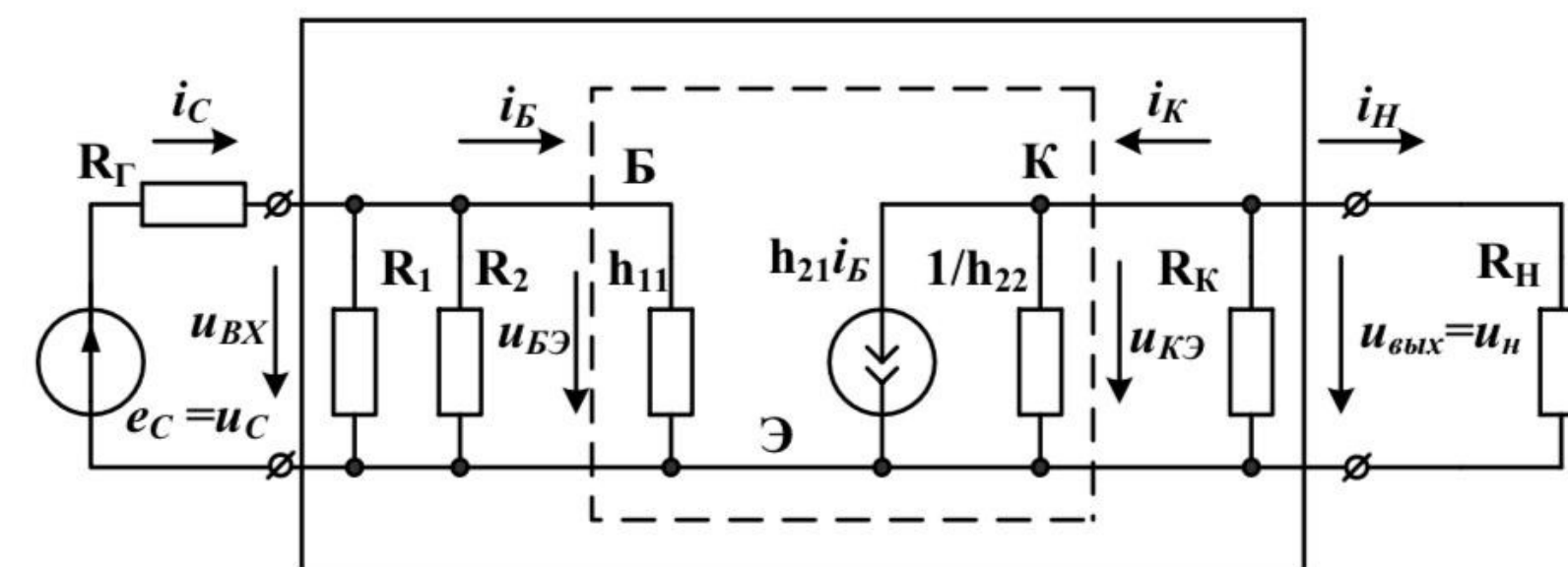
$$h_{21} = 136 \quad h_{22} = 90,13 \cdot 10^{-6} \text{ См.}$$

Есептеулерде бұл параметрлерді көбінесе «э» индексімен ($h_{11э}$, $h_{12э}$, $h_{21э}$, $h_{22э}$) белгілейді, бұл олардың жалпы эмиттерлі схемаға қатыстылығын көрсету үшін жасалады.

Төмен және орта жиіліктердегі есептеу

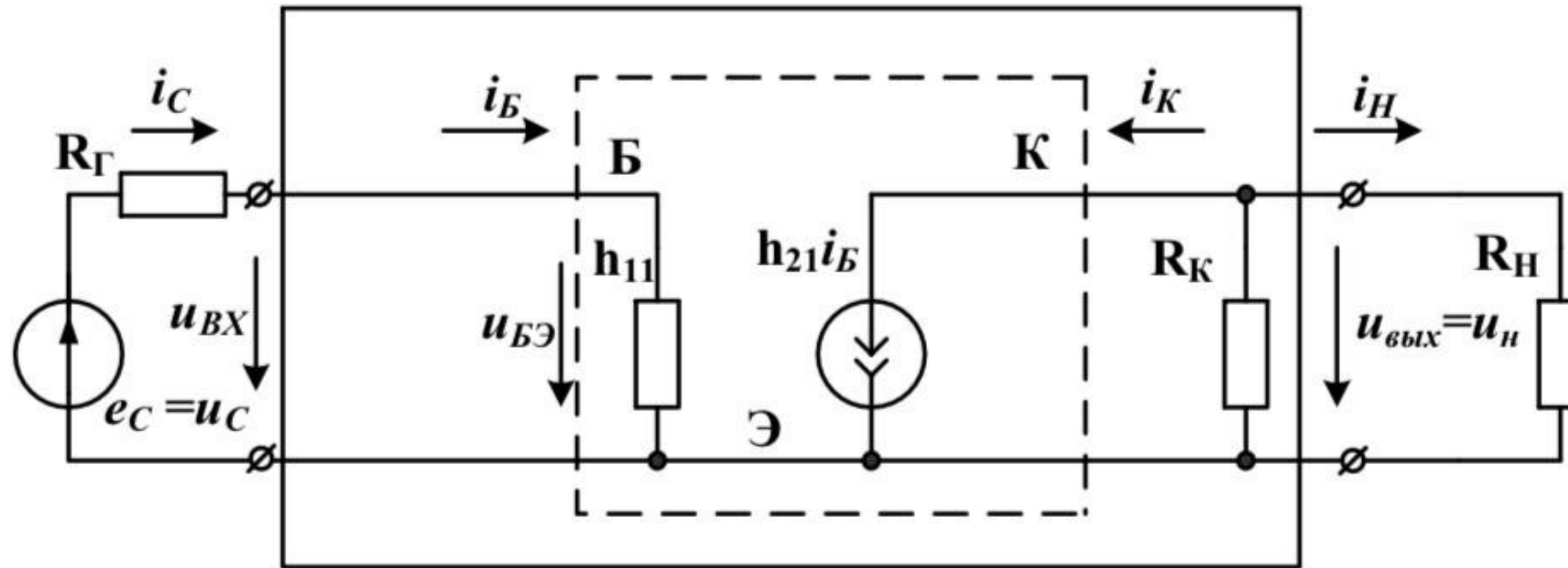
Төмен және орта жиіліктер аймағында транзистордың $C_э$ және $C_к$ өткелдерінің сыйымдылықтарын ескермеуге болады. Сонымен қатар, схема (сурет 2.18) бойынша C_1 , C_2 , C_3 сыйымдылықтары жеткілікті үлкен деп есептеледі және олардың әсерін ескермеуге болады.

Бұл жағдайда шағын сигнал режиміндегі есептеу h-параметрлерді қолдана отырып, эквиваленттік схема бойынша (2.33-сурет) жүргізіледі.



2.33- Сурет. h-параметрлерімен күшейткіштің эквиваленттік схемасы.

Қарапайымдатылған схема сурет 2.34-те көрсетілген.



2.34-сурет. h-параметрлерімен қарапайымдатылған схема

Қорытынды:

Тиристор деп екі тұрақты күйі бар және үш немесе одан да көп р-п өткелдері тізбектей қосылған жартылай өткізгіш құрылғыны айтады. Басқарылатын тиристордың төрт алмастыра орналасқан р және п типті жартылай өткізгіш қабаттарынан тұратын құрылымы (сурет 2.37) көрсетілген. Анодтық және катодтық шығулардан басқа, басқарылатын тиристордың тағы бір шығуы - басқарушы электроды УЭ бар. УЭ катодқа жақын р-аймағына (катодтық басқару тиристоры) немесе анодқа жақын п-аймағына (анодтық басқару тиристоры) қосылуы мүмкін.

Тиристорлардың шығу санына байланысты олар:

- Диодты/динисторлар, анод пен катодтан екі шығуы бар;
- Триодты/тиристорлар, анод, катод және бір базадан шығулары бар;
- Тетродты, барлық аймақтардан шығулары бар.

Бақылау сұрақтары

1. Жалпы база (ОБ) схемасында кіріс және шығыс сипаттамалары қалай анықталады?
2. ОБ схемасының ток беру коэффициенті α немен сипатталады?
3. ОБ схемасы неге «ток ізбасары» деп аталады?
4. ОБ схемасының негізгі үш жұмыс режимін атаңыз.
5. ОБ схемасында фазалық ығысу бола ма?
6. Жалпы коллектор схемасы неге эмиттерлік қайталағыш деп аталады?
7. Эмиттерлік қайталағыштың кіріс және шығыс кедергілері қандай болады?
8. Эмиттерлік қайталағыш қай жағдайларда қолданылады?
9. Күшейткіштің амплитудалық-жиіліктік сипаттамасы (АЖС) нені көрсетеді?
10. Сызықтық емес бұрмаланулар дегеніміз не және олар қалай бағаланады?
11. Көп каскадты күшейткіштер не үшін қолданылады?
12. h -параметрлер бойынша күшейткіштің эквиваленттік схемасы қалай құрылады?
13. Жалпы эмиттерлі каскадта күшейту коэффициентін қалай анықтайды?
14. Тиристордың құрылымы неден тұрады?
15. Тиристордың «ON» және «OFF» күйлері қалай сипатталады?
16. Тиристорды қандай жолдармен өшіруге болады?
17. Тиристорлардың негізгі қолданылу салалары қандай?
18. Тиристордың артықшылықтары мен кемшіліктерін атаңыз.
19. ОБ, ОЭ және ЭҚ схемаларының арасындағы негізгі айырмашылықтарды салыстырыңыз.
20. Транзистор мен тиристордың қолдану салаларын салыстырмалы түрде сипаттаңыз.

Назарларыңызға рақмет!

