

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.

5 ТРАНЗИСТОРДЫ ТАҢДАУ ЖӘНЕ ШЕКТІ ШАМАЛАРДЫ ЕСЕПТЕУ

Транзистордың шекті шамаларына мыналар жатады: транзистордың коллекторы мен эмиттерінің арасындағы максималдық кернеу, ол мынадай өрнекпен анықталады $U_{к\max}=1.2*E_k$ және осы өрнектен кем болмау керек. Сонымен қатар транзистор шекті жиіліктің $f_{гр}$ талаптарына сәйкес келу керек. Анықтамалық құралда берілген шекті жиіліктің мәні берілген күшейткіштің мәнінен үлкен болу керек. Сондықтан тогы $h_{21э}$ үлкен статикалық коэффициентті күшейткіш n-p-n типті транзисторды таңдау ұсынылады. Анықтамалық құралда осы коэффициенттің максималдық және минималдық мәндері келтірілген - минималдық мәні таңдалады.

Берілген техникалық шарттарға сәйкес КТ -315 транзистордың параметрлері: $I_{к\max}=100 \text{ mA}$;

$$U_{кэ \max} = 20;$$

$$h_{21э} = 100 - 350;$$

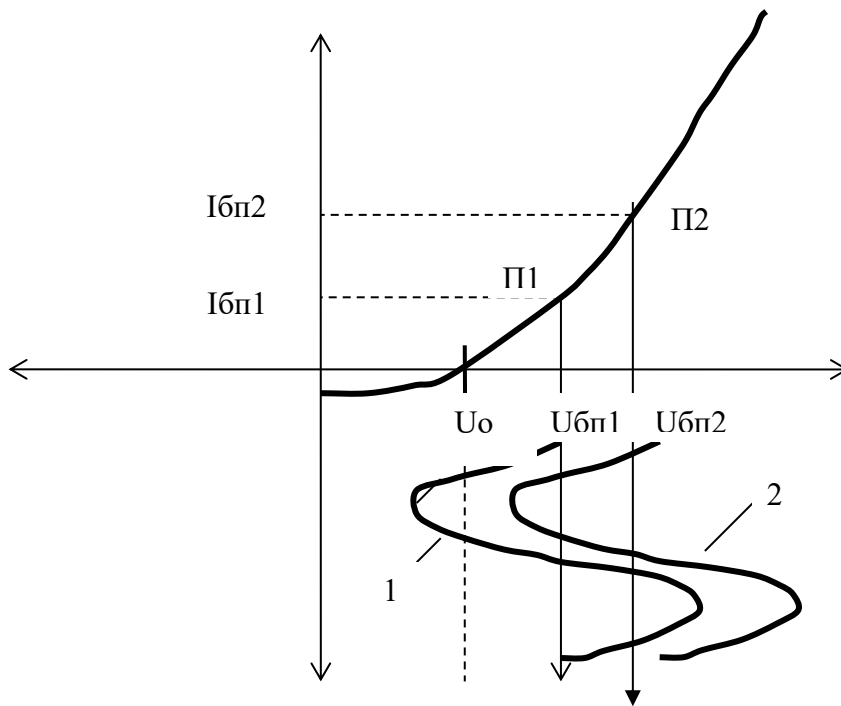
$$f_{гр} = 250 \text{ МГц.}$$

Транзистор КТ 315Б вольт – амперлік сипаттамасы 1 қосымшасында көрсетілген.

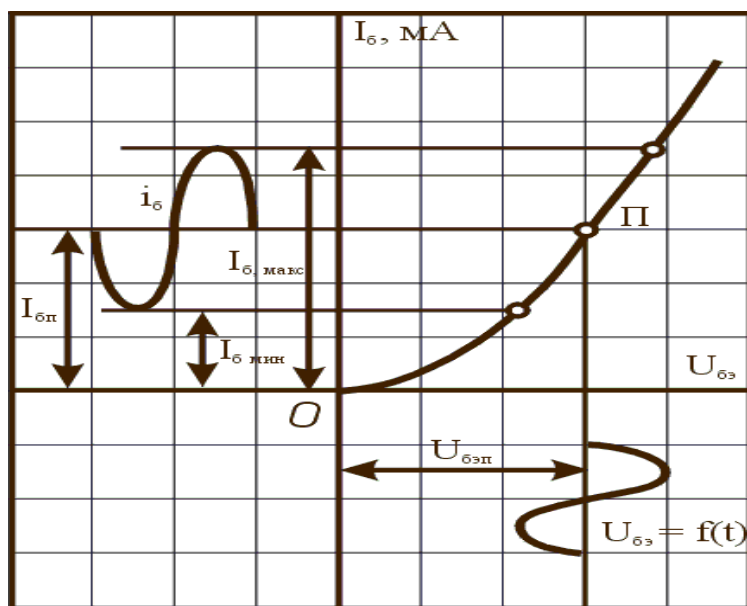
5.1 Тұрақты ток бойынша есеп.

Транзистордың тұрақты ток бойынша режимі күшейткіштің барлық техника-экономикалық шамаларын анықтайды. Біріншіден жұмыс нүктесін ток бойынша және транзистордың кіріс және шығыс тізбегінің кернеуі бойынша таңдайды. Тұрақты ток режимі мынадай кедергілермен қамтамасыз етіледі: $R_{б1}$, $R_{б2}$, $R_э$, $R_к$, оларды табу қажет. Кейбір жағдайда $R_к$ берілуі мүмкін.

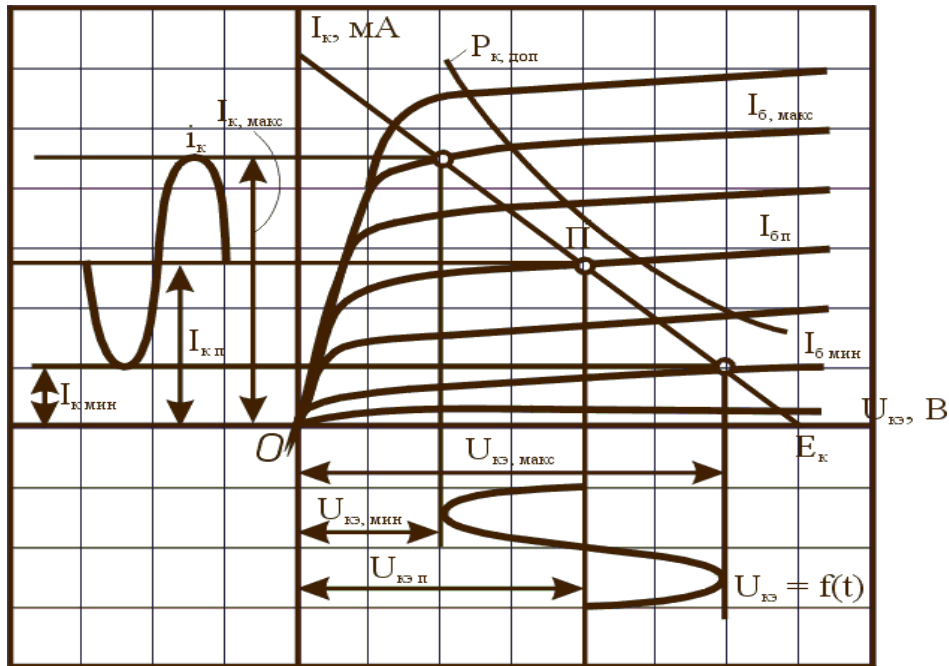
5.1 және 5.2 суреттерінде тұрақты токтағы жұмыс режимі вольт – амперлік кіріс және шығыс сипаттамалары көрсетілген.



5.1 сурет- Тұрақты ток кезіндегі кіріске жұмыс нүктесін тандау мысалы



5.2 сурет – А класындағы күшейткіш каскадтың жұмыс істеу режиміндегі транзистордың кіру сипаттамасы. [Аринова]



5.3 сурет - А режиміндегі транзистордың күшейткіш каскад жұмысының шығу сипаттамасының графигі.

П нүктеге тұрақты ток $I_{бп}$ және кернеу $U_{бэп}$ жұмыс режимі бойынша сәйкес келеді. 5.3 суретте көрсетілгендей, сәйкес келетін максимал деңгейдегі кернеу көзінің сигналы $U_{имак}$ тең, база мен эмиттердің арасындағы кернеулер «отсечки» кернеуінен кем болмайтындай жұмыс нүктесі таңдалынуы тиіс.

Осы суретте 1 жағдайда нүкте Π_1 таңдауы дұрыс емесі көрсетілген, себебі амплитудалық мән кері фазадағы кернеу сигналы «отсечки» U_o сигнал зонасына кіреді. 2 жағдайда, яғни сурет 5.2 тұрақты кернеудің $U_{бп2}$ дұрыс таңдауы көрсетілген.

Кремнилік транзисторда кернеулік отсечка анықтамалық кіріс ВАХ арқылы анықталынады. КТ 315 үшін U_o тең 0,3 В. Онда база мен эмиттер арасындағы кернеу $U_{бэп} > U_o + U_{имак} = 0.3 + 0.1 = 0.4$ В қатынасы тұрақты режиммен қолданылуы керек. Сонымен қатар жұмыс нүктесі кіріс ВАХ транзисторының бөлігінде жатса дұрыс.

Жұмыс температурасы 20С болатын транзистор КТ-315Б түзу сызықты бөлігі 0,3-0,6В диапазонында жатады. Шартты ескере отырап, ең дұрыс нұсқа ретінде: $U_{бэп} = 0.45$ В, кіріс ВАС транзисторы КТ 315 $I_{бп} = 0.0001$ А сәйкес келеді.

Схема бойынша жалпы эмиттері бар транзистор күшейткіш токтың базасы болса, онда коллекторлы тізбек арқылы тыныштықтығы тұрақты ток ағады, $I_{кп} = h_{21э} \times I_{бп} = 100 \times 0.0001 = 0.01$ А қатынаспен байланысқан тыныштықтағы тұрақты ток базасымен бірігеді.

Кіріс мазмұнында тыныштықтағы коллектордың жұмыс тоғы $I_{кп}$ коллекторлы ток I_k ординатасында нүктемен берілуі мүмкін. (1 қосымшаны қара). Егер $I_{кп}$ нүктесінен $I_{бп} = 0.1$ mA базалық тогына дейін горизонталь түзумен қиылыстырсақ, онда сыртқы вольт-амперлік сипаттамада коллектрлік

тізбекте П нүктесін аламыз. Егер $I_{бп}$ базалық тогына тең тізбек вольт-амперлік сипаттамада жоқ болса, онда оны көршілес екі тізбек $I_б$ арқылы тұрғызу керек. П нүктесінен ($I_{бп} = 0.1\text{mA}$ тізбегінде жатқан) $U_{кэ}$ кернеудегі горизонталь осьқа перпендикуляр түсірсек коллектор кернеуіндегі $U_{кэп} = 5\text{ В}$ нүктесін аламыз.

Базалық тізбектегі $I_{бп}$ тогы $R_{б1}$ және $R_{б2}$ кедергілерімен сипатталады. Бөлгіш тізбекте ток жүреді, мұнда $R_{б1}$ кедергісі арқылы $I_д$ бөлгіш және $I_{бп}$ базалық токтары, ал $R_{б1}$ кедергісі арқылы тек қана $I_д$ бөлгіш тогы ғана ағады. $R_{б1}$ және $R_{б2}$ кедергілерін есептеуде төменқуатты каскадтағы $I_д$ базалық токтан 8-10 есе үлкенін таңдау керек, ал үлкен қуатты күшейткіште 2-3 есе көп. Онда базалық токты $I_{бп}$ Кирхгофтың екінші заңын қолдана отырып былай жаза аламыз:

$$I_д * R_{б2} = U_{бэ} + R_э * I_{кп} \text{ және де осыдан } R_{б2} = (U_{бэ} + R_э * I_{кп}) / I_д$$

$U_{бэ} = U_{бэп} = 0.45\text{ В}$ мәні. $U_{R_э} = R_э * I_{кп}$ кедергісін $0.1 E_к$ тең деп алу керек, яғни $U_{R_э} = 0.1 * 12 = 1.2\text{ В}$.

Онда, $R_э = U_{R_э} / I_{кп} = 1.2 / 0.01 = 120\text{ Ом}$.

$$R_{б2} = (U_{бэп} + U_{R_э}) / I_д = (0.45 + 1.2) / (0.0001 * 8) = 1.65 / 0.0008 = 2000\text{ Ом кедергісін анықтау формуласы.}$$

Кирхгоф заңына сәйкес

$$R_{б1} = (E_к - I_д * R_{б2}) / (I_д + I_{бп}) = (12 - 0.8 * 10^{-3} * 2000) / (0.8 * 10^{-3} + 0.1 * 10^{-3}) = 10.4 / 0.9 * 10^{-3} = 11500\text{ Ом. Стандарт мәнді аламыз } 12000\text{ Ом.}$$

$R_к$ кедергісін екі нүкте арқылы тұрғызылатын түзу арқылы табамыз. Бірінші нүкте сыртқы вольт-амперлік сипаттамасының $I_{бп}$ базалық токтың тізбегінде жатқан П нүктесі болып табылады (5.3 суретті қара). Екінші нүкте горизонталь осьтағы $U_{кэ}$ коллектрлік кернеуден алынады және $E_к$ қорек көзінің кернеуіне тең. $E_к$ және П нүктелері арқылы $I_к$ ординатасымен қиылысатын түзу жүргізсек, онда статикалық түзуін аламыз.

Жүктемелік түзудің қиылысу нүктесі және $I_к$ ординатасында ток мағынасы бар, ол транзистордың қысқаша тұйықталуында коллектор тізбегінде ағады, оны $I_{кз}$ деп атайық, және ол бұлай табылады: $I_{кз} = E_к / (R_к + R_э)$. Бұдан $R_к = (E_к - R_э * I_{кз}) / I_{кз}$ бұлай табылады.

$I_{кз}$ тогының сандық мәнін КТ 315Б кіріс вольт-амперлік сипаттамадан табылған (1 қосымшасынан жүктемелік түзумен $I_к$ ординатасының қиылысу жерінен қараңыз, ондағы $I_{кз} = 15\text{ mA}$).

$$\text{Онда, } R_к = (12 - 120 * 15 * 10^{-3}) / 15 * 10^{-3} = 680\text{ Ом.}$$

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.

6 КҮШЕЙТКІШТІ КАСКАДТЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ЕСЕБІ

Келесі бөлім каскадтың динамикалық есебін жүргізу болып табылады. Кернеулік күшейткіш коэффициентін келесі берілген формула арқылы есептеу керек:

$$\frac{U_{m\text{ вых}}}{U_u} = K$$

мұндағы, $U_{m\text{ вых}}$ -1ші каскадқа түсірілген кернеу амплитудасы;
 U_u - белгі көзінің амплитудасы.

Транзистордың коллекторлық тізбегіндегі ток бойынша күшейтілген кіру белгісі 5.3 суретінде көрсетілген. Онда $I_{km} = (I_{k\text{max}} - I_{k\text{min}})/2$ және кернеу бойынша $U_{km} = (U_{\text{max}} - U_{k\text{min}})/2$ теңдігі берілген.

Ең алдымен бұл бөлімде бірінші каскадқа кернеу көзінің белгісін және кедергілерді енгізу керек, сонымен қатар бірінші транзисторға әсер ететін кернеу және кедергі баламасын анықтау кажет. Бұл үшін базалық тізбектің параллельді кедергісінің көлемін R_6 мына формула арқылы табамыз:

$$R_6 = \frac{R_{61} \cdot R_{62}}{R_{61} + R_{62}}, R_6 = (12000 \times 2000)/(12000+2000) = 17142 \text{ Ом}$$

Кіріс кернеуінің күшеюінің токқа қатынасы сияқты кіріс ВАС бойынша анықталатын транзистордың айнымалы (динамикалық) тоғы бойынша R_6 кедергіге кіріс кедергісі параллель жалғанады, яғни:

$$R_k = \Delta U_{63}/\Delta I_6 = 0.3/0.00035 = 857 \text{ Ом.}$$

R_k және R_6 кедергілерінің параллельді жалғануы мынаған тең

$$R_{\Pi} = (R_k \times R_6)/(R_k + R_6) = 857 \times 17142/17999 = 816 \text{ Ом.}$$

Онда транзистордың кірісіндегі балама айнымалы белгі мынаған тең:

$$U_{\text{бал к}} = (E_{\text{и}} \times R_{\Pi})/(R_{\text{и}} + R_{\Pi}) = 0.1 \times 816/(300 + 816) = 0.073 \text{ В.}$$

Бұл кернеу белгі көзінің кернеуінен аз және транзистордың кіру сипатамасы арқылы ең алдымен минималды және максималды кіріс кернеуінің динамикалық мәнін мына формула арқылы табу керек

$$U_{\text{бдmin}} = U_{\text{бп}} - U_{\text{бал}} = 0.45 - 0.073 = 0.377 \text{ В,}$$

$$U_{\text{бдmax}} = U_{\text{бп}} + U_{\text{бал}} = 0.45 + 0.073 = 0.523 \text{ В}$$

Кіріс кернеуінің динамикалық мәні бойынша кіріс ВАС-нда сәйкес динамикалық кіріс токтары мына теңдеуден табылады:

$$I_{\text{бдmin}} = 0.05 \text{ mA}$$

$$I_{D_{\max}} = 0.015 \text{ mA}$$

Келесі қадам каскадтың шығу динамикалық шамаларын табу, бірінші кезекте жүктеменің ортақ кедергісі, ол мына теңдеуден табылады:

$$R'_H = \frac{R_K \cdot R_H}{R_K + R_H},$$

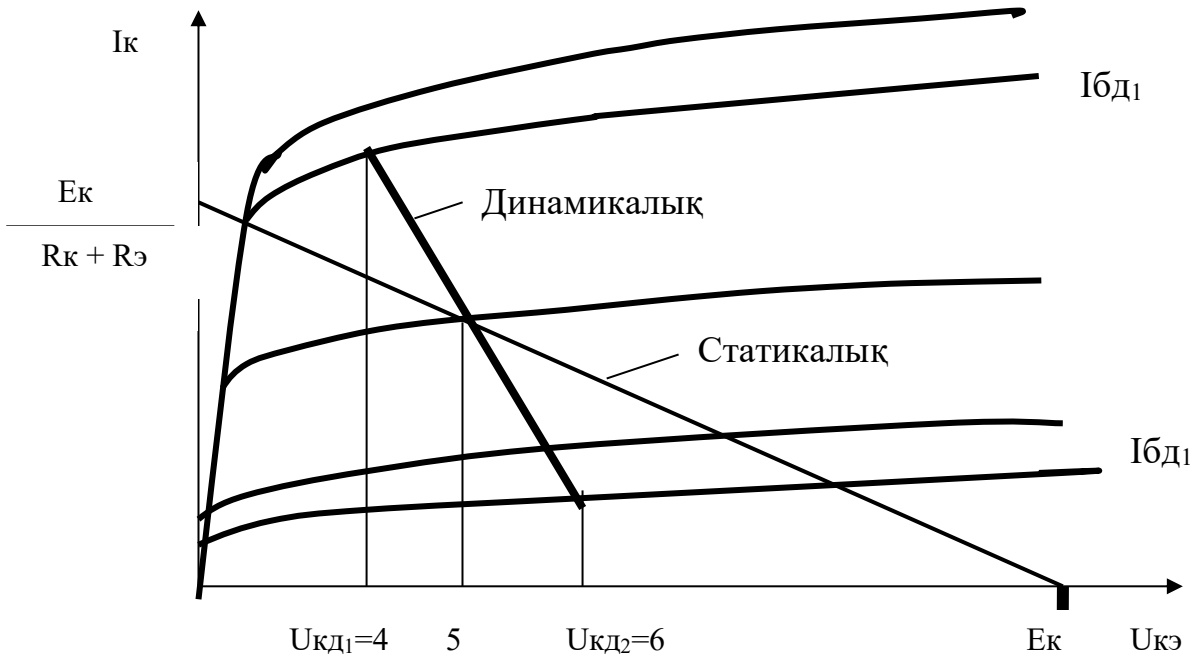
$$R'_H = (R_H \times R_K) / (R_H + R_K) = (2000 \times 680) / (2000 + 680) = 507 \text{ Ом}$$

Айнымалы белгі бойынша коллектор тізбегіндегі кедергісі өзгергендіктен, транзистордың шығыс ВАС-ндағы екі нүкте арқылы өтетін қайтадан есептеу және динамикалық жүктемелік түзуді қайтадан құру керек. Бірінші нүкте статикалық режимде қалады (П нүктесі). Екінші нүкте Ік ординатасында жатуы керек және ол келесі формула бойынша есептелуі мүмкін:

$$I_{кд} = E_k / R'_H = 12 / 507 = 0.0236 \text{ A}$$

Жүктемелік динамикалық диапазон, 2.15 суреттегідей, I_{D1} және I_{D2} базалық токтардың аралығында орналасады. Шығыс кернеуінің $U_{кд1}$ - $U_{кд2}$ өзгерісінің диапазоны асау жағына қарай өзгереді. КТ 315 Б (1 Қосымшаны қара) транзисторының шын шығыс ВАС-ын қолдана отырып, 2.15 суретте көрсетілгендей динамикалық шығыс белгі $U_{кд1} = 4 \text{ В}$ - $U_{кд2} = 6 \text{ В}$ диапазонында орналасады. Онда факт бойынша күшейткіштің коэффициентін мынадан табуға болады:

$$K = (U_{кд2} - U_{кд1}) / (2 \cdot E_k) = 2 / 0.2 = 10$$



6.1 сурет – Динамикалық және статикалық жүктемелік сипаттама арасындағы қатынас

Егер K коэффициентінің мәні шарт бойынша талап етілген мәнінен аз болса, онда бірінші күшейткіш каскадты екінші күшейткіш каскадпен толықтырып және есептеуді жалғастыру керек. Бұл үшін, бірінші каскадтың күшейткіш коэффициентін K есептеу керек, бірінші каскадқа енді жүктеме екінші каскадтың кіруі болып табылады, ал жүктеме екінші кедергі R_n болады. Екінші каскадтың есептеу алгоритмі бірінші каскадтың есептеуіне ұқсас болады.

6.1 Бөлу конденсаторларын есептеу. Каскад аралық байланыстардың сыйымдылықтары C_{p1} , C_{p2} беруші мен бірінші каскад және ары қарай бүкіл күшейткіш жолы бойынша әр каскад арасындағы гальваникалық шешуге арналған. C_3 сыйымдылық күшейту каскадындағы айнымалы ток арқылы кері байланысты жоюға арналған. Келтірілген сыйымдылықтар келесі формулалар бойынша анықталады:

$$C_{p1} = \frac{1}{2\pi F_n (R_{к.каскад} + R_\Gamma) \sqrt{M_n - 1}} \quad \Phi$$

$$C_{p2} = \frac{1}{2\pi F_n (R_H + R_K) \sqrt{M_n - 1}} \Phi$$

$$C_{\Sigma} = \frac{10^7}{(1 \div 2) 2\pi F_n R_{\Sigma}} \text{ мкФ}$$

Онда, $C_{p1} = 1 / [6.28 \times 20 \times (857 + 300) \times \sqrt{(1.18 - 1)}] = 10 \times 10^{-6} \Phi$.

$C_{p2} = 1 / [6.28 \times 20 \times (2000 + 680) \times \sqrt{(1.18 - 1)}] = 7 \times 10^{-6} \Phi$

Стандартты мәнді таңдайық $C_{p2} = 10 \times 10^{-6} \Phi$.

$C_{\Sigma} = 10^7 / 2 \times 6.28 \times 20 \times 120 = 331 \times 10^{-6} \Phi$

Стандартты мәнді таңдайық $C_{\Sigma} = 500 \times 10^{-6} \Phi$

6.2 Күшейткіштердің қуатты шамаларын анықтау. Егер күшейткіш бірнеше каскадты болса және соңғы каскад қуатты күшейткіш болса, онда есептеу аяғында күшейткіштің қуатты мәндерін бағалау керек. [2] сәйкес методика бойынша каскадтың шығыс қуатын есептейді. Келтірілген мысал азқуатты ТЖК жайында болса, қуатты есептеу керек емес.

6.4 Өздік тапсырмалар

Кесте 6.1- Есепке арналған өздік тапсырмалардың нұсқалары

нұсқа №	$U_{m \text{ шығ, В}}$	$E_{и, В}$	$E_{к, В}$	$R_{и, Ом}$	$R_{н, кОм}$
1	4	0.1	15	50	5
2	3	0.15	10	100	10
3	5	0.2	15	200	8
4	6	0.1	12	150	2
5	5.5	0.15	15	250	5
6	4	0.2	20	300	20
7	3	0.16	15	350	12
8	4	0.18	20	20	7
9	4	0.12	15	40	3
10	5	0.1	12	120	3
11	6	0.15	20	130	3.3
12	4	0.15	12	50	5.1
13	5	0.2	20	100	4.5
14	5	0.1	12	200	10
15	6	0.12	15	150	15
16	4	0.14	20	250	2
17	5	0.11	12	300	13
18	6	0.13	15	350	12
19	5	0.1	12	20	7
20	4	0.18	24	60	3

$E_{и}$ – белгі көзінің амплитудалық мәні;

$U_{m \text{ шығ, В}}$ – күшейткіштің шығысындағы кернеудің амплитудалық мәні;

$R_{н, кОм}$ – күшейткіштің жүмектенің тізбегіндегі кедергі;

$F_{н} \div F_{в}$, кГц – күшейтілетін жиіліктердің диапазоны 20 Гц-20 000Гц;

$M_{в} = M_{н} = 1,18$ – жиіліктік бұрмалау коэффициенті;

$t_{кор}^{\circ}$, °C – күшейткіштің жұмыс істеу температурасы;

$E_{к, В}$ – коллектор тізбегіндегі тұрақты кернеу көзінің кернеуі.

$R_{и}$ – белгі көзінің ішкі кедергісі (генератордың ішкі кедергісі).

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.

Қосымша

5 Лачин В.И., Савелов Н.С. Электроника: Учеб. Пособие. 3-е изд. Перераб. И доп. – Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 2002.- 576 с.

6 Жеребцов И.П. Основы электроники. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 2015.

7 Герасимов В.Г., Князев О.М. и др. Основы промышленной электроники. – М.: Высшая школа, 2000.

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.