

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

А.Р.Беруний номидаги Тошкент Давлат
Техника Университети

“Электроника ва автоматика” факультети

“Электроника ва асбобсозлик” кафедраси

“Аналог ракамли электроника” фанидан

КУРС ИШИ

Мавзу: “Паст частотали кучайтиргичларни хисоблаш ва
лойихалаштириш

Бажарди: III боскич 106-11

Алимов О.

Текширди: Хайдаров А.

Тошкент - 2014

Tasdiqlayman _____

_____ Kafedra mudiri
Kafedra _____ 201__yil “_____” _____

Kurs loyihasi

Kurs bo'yicha _____

Guruh _____ Talaba _____ Boshliq _____

Topshiriq

1. Ishlanadigan loyiha _____

2. Boshlang'ich ma'lumotlar _____

3. Qo'llanmalar _____

4. Grafik qismining tuzilishi _____

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. Tushuntirish yozilmasining tuzilishi _____

6. Qo'shimcha mashg'ulotlar va
ko'rsatmalar _____

7. Loyihani topshirish davri

Reja

Fakt

					Himoya

Boshliq _____

Мундарижа

1. Кириш қисми.
2. Назарий қисм.
 - 2.1. Электр сигнал кучайтиргичлари. Умумий тушунчалар.
 - 2.2. Каскад структураси.
 - 2.3. Кучайтириш каскадларининг тоифалари.
 - 2.4. Кучайтиргич параметрлари (кўрсаткичлари).
3. Асосий қисм.
 - 3.1. Кучайтириш каскадларининг қурилиш принципи.
 - 3.2. Тинчланиш нуқтаси. Силжитиш кучланиши
 - 3.3. Кучайтиргич каскадларида силжитишни узатиш усуллари
 - 3.4. УЭ схемаси бўйича уланган биполяр транзисторда бир каскадли кучайтиргич.
4. Амалий қисм.
5. Хулоса.
6. Фойдаланилган адабиётлар.

Кириш қисми

Замонавий электроникани 3та соҳага бўлиш мумкин :

1. Аналог ва рақамли электроника – электрониканинг бу қисмида сигналларни узатиш, қабул қилиш ва қайта ишлаш амаллари бажарилади.
2. Энергетик (саноат) электроникаси қисмида электроэнергетика, электротранспорт, металлургия ва саноатнинг турли хил соҳаларида ўзгарувчан ва ўзгармас токни ўзгартириш амаллари бажарилади.
3. Информацион електоника қисмида турли жараёнларда (бунга ишлаб чиқариш ва илмий тадқиқотлар ҳам киради) содир бўладиган ҳодисаларни ўлчаш, назорат қилиш ва бошқариш амаллари бажарилади.

Электроника маълумотлар йиғиш, уларни қайта ишлаш, автоматик бошқариш , энергия ни ўзгартириш соҳаларида универсал ва керакли восита бўлиб хизмат қилади.

Назарий қисм

Электр сигнал кучайтиргичлари.

Умумий тушунчалар.

1. Электр сигналларининг кучайтиргичлари.
2. Уларнинг тарифи.
3. Каскаднинг структураси.
4. Кучайтириш каскадларининг турлари.

Кучайтиргич деб, кенг ма`нода шундай қурилмага айтиладики, киришдаги кам қувватли сигнал манбанинг ўзгармас энергия сини бошқариб, чиқишда ўзининг ўзгариш қонуниятини қайтарадиган кучайтирилган сигнал ҳосил қилади.

Ҳар қандай кучайтириш, чиқиш қуввати кириш қувватидан катта бўлгандагина ма`нога ега.

$$P_{\text{чик}} > P_{\text{кир}} \quad (1)$$

Кучайтиргичда бундай шарт, та`минлаш манбаи сарфлайдиган қувват, чиқиш қувватидан катта бўлгандагина амал қилади.

$$P_{\text{ист}} > P_{\text{чик}} \quad (2)$$

(2) тенглик шундай тушинтирилади, кучайтиргич қандай бўлишидан қат`ий назар ўз-ўзидан (1) шарт бажарилишини та`минлай олмайди, яни қўшимча энергия манбаи бўла олмайди. Бундан ташқари, ҳар қандай қурилма шу жумладан кучайтиргичлар ҳам ички сарфлар туфайли ($P_{\text{йўк}}$) қўшимча энергия исте`молчиси ҳисобланади.

$$\text{Шунинг учун } P_{\text{чик}} = P_{\text{ист}} - P_{\text{йўк}}$$

Бу тенглик орқали кучайтиргич чиқишида олиниши мумкин бўлган қувватнинг максимал қиймати аниқланади. Манбанинг сарф қуввати ва чиқиш қувватининг қиймати исталган вақтда қуйидаги функционал боланиш орқали аниқланилади.

$$P_{\text{чик}} = \Phi(P_{\text{кир}})$$

Бошқача айтганда, ҳар қандай кучайтиргичда кириш сигнали $P_{\text{ВХ}}$, ўзгармас манба $P_{\text{ИСТ}}$ қувватининг сарфини бошқаради, натижада кучайтиргичнинг чиқишида $P_{\text{ВИХ}}$ чиқиш сигнали ҳосил бўлади. Киришга сигнал берилмаганда кучайтиргич чиқишида ҳам сигнал бўлмайди. Кучайтиргич киришга сигнал берилганда еса чиқиш сигнали унинг ўзгариш қонуниятини қайтаради, ҳамда чиқиш қуввати $P_{\text{ВИХ}}$ кучайтиргичнинг киришга берилган сигналнинг $P_{\text{ВХ}}$ қувватидан катта бўлади.

Каскад структураси

Ҳар қандай чизиқли бўлмаган бошқарилувчи элементли каскад иккита занжирдан иборат бўлади, яни кириш ва чиқиш занжирлари. Кириш занжири кучайтирилувчи сигнал манбаидан чиқиш занжири еса каскаднинг таъминлаш манбаидан ва юкламадан иборат. Кириш сигналининг манбаси бўлиб, ҳар хил турдаги датчиклар ва каскадлараро уланишдаги олдинги каскадларнинг чиқиш занжирлари ишлатилади.

Каскад ишлашини эквивалент генератор ҳақидаги теорема асосида таҳлил қилганда, ҳар қандай сигналнинг манбасини, қандайдир ички қаршиликка ега бўлган Э.Ю.К генератори кўринишида тасвирлаш мумкин. Бинобарин датчикнинг тоифасига қараб Э.Ю.К генераторининг ички қаршилиги турлича бўлади. Масалан: агар потенциометрик датчик бўлса, генераторнинг ички қаршилиги актив характерга ега бўлади. Индуктив датчикларда еса ички қаршилик комплекс характерга ега бўлади.

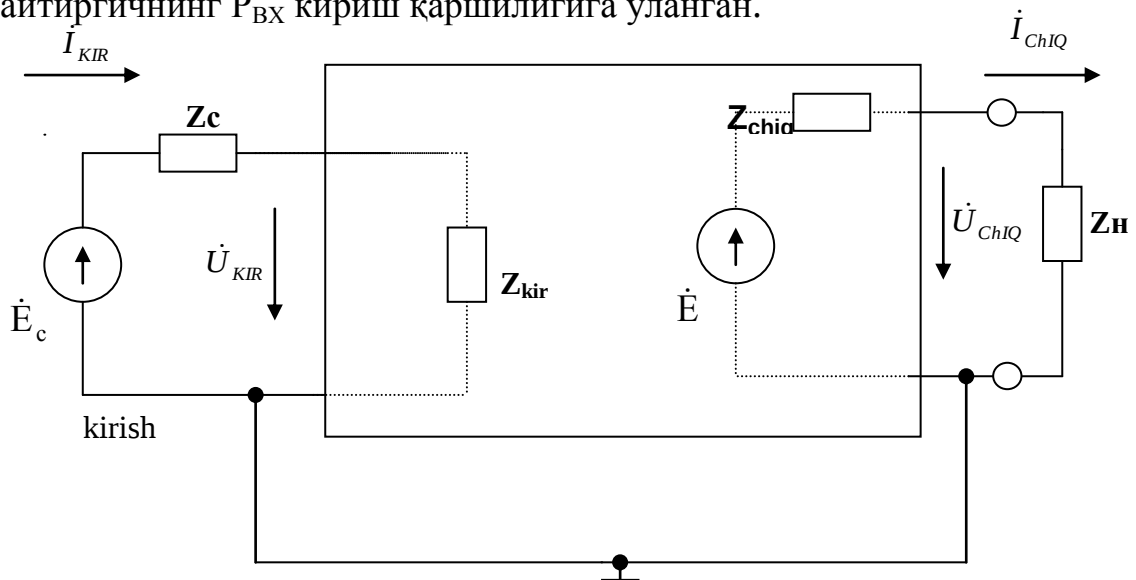
Кўп ҳолларда автоматик қурилмалар кучайтиргичларининг юкламаси бўлиб, бажарувчи қурилмаларнинг чўлғамлари ёки кейинги кучайтиргич

каскадларининг кириш хизмат қилади. Каскадни ҳисоблаётганда юклама у ёки бу структуранинг комплекс қаршилиги деб олинади. Бинобарин умумий ҳолда юклама қарама-қарши Э.Ю.К.дан иборат бўлиши мумкин.

Кучайтириш каскадларининг кириш ва чиқиш занжирлари умумий нуқтага егадир.

2.1. расмда кучайтириш каскадининг соддалаштирилган схемаси келтирилган. Бу схемадаги юклама занжири таъминлаш манбаининг ички қаршилиги нолга тенг.

Сигнал манбаи Z_c қаршиликли $\dot{E}_c$ Э.Ю.Кдан иборат ва у кучайтиргичнинг P_{BX} кириш қаршилигига уланган.



1 rasm

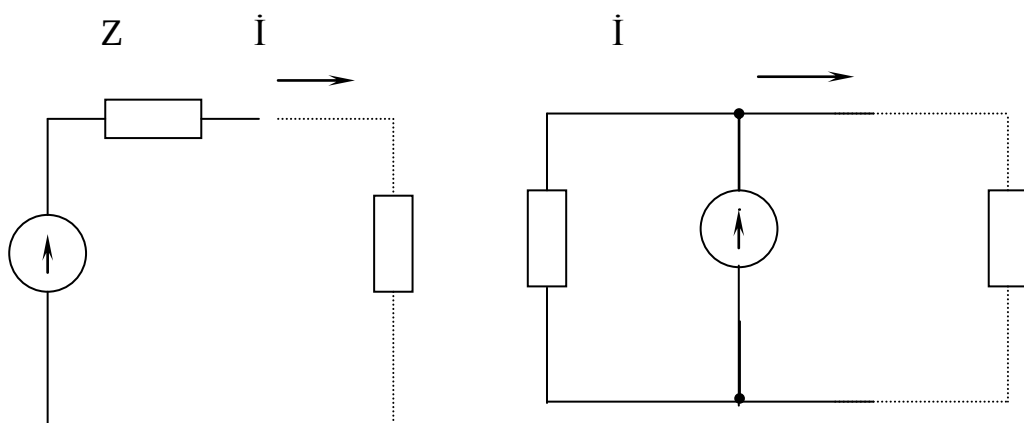
$$Z_{KIR} = \frac{\dot{U}_{KIR}}{\dot{I}_{KIR}}$$

Кучайтиргичнинг чиқиш занжирини, чиқиш қаршилиги $Z_{ВИХ}$ ва юклама қаршилиги Z_H билан кетма-кет уланган Е.Ю.К.нинг эквивалент генератори сифатида қараш мумкин.

2.1.расмдан кўринадики, кучайтириш каскадининг кириш қаршилиги $Z_{ВХ}$ кириш сигналлари манбаси учун юклама бўлиб хизмат қилади. Шу вақтнинг ўзида каскад ташқи юклама учун сигналлар манбаи бўлиб хизмат қилади.

Кўриб чиқилган структура схемаси кучайтириш каскадининг бўлиши мумкин бўлган тўртта вариантдан биттасидир. Қолган учта вариантини еса схемадаги Э.Ю.К генераторидан биттасини ёки иккитасини бирваракайига ток генераторига алмаштириб ҳосил қилиш мумкин. Е.Ю.К. генераторли схемадан ток генераторли схемаларга ўзаро ўтиш, эквивалентлик шарти асосида амалга оширилади. Бу эквивалентлик шартига биноан ички қаршилиги Z ҳамда салт юриш режимида кучланиши $\dot{E}$ бўлган генератор ток қиймати $\dot{I} = \frac{\dot{E}}{Z}$ бўлган ток манбаи билан алмаштирилиши мумкин.

$$\dot{I} = \frac{Z}{Z + Z_H} \dot{I}_{mm}.$$



$$\dot{E} \qquad Z_H \qquad Z \qquad \dot{I}_{mn} = \frac{\dot{E}}{Z} \qquad Z_H$$

а)

б)

2.2 расм

Каскад ишлаш режими нуқтаи назаридан структура схемаларининг ҳамма вариантлари бир хилдир. Схемани анализ қилиш учун керакли вариантни танлаш каскадни ҳисоблашдаги аниқ бир масалани ечиш қулайлиги орқали аниқланилади.

Кучайтириш каскадларининг тоифалари.

Каскаднинг кириш қаршилиги $Z_{вх}$ ва сигнал манбаининг ички қаршилиги Z_c ўртасидаги муносабатга кура учта режим мавжуддир:

1. $Z_{вх} \gg Z_c$ шарт бажарилганда сигнал манбаи салт юриш режимида ишлайди ва берилган кириш катталиги кучланиш бўлиб

$\dot{U}_{вх} \approx \dot{E}_c$ қабул қилинади. Шунинг учун катта кириш қаршилигига ега булган кучайтиргични кучланиш кучайтиргичи деб юритиш мумкин.

2. Агар $R_{вх} \ll R_c$ шарт бажарилса, сигнал манбаи қисқа туташув режимида якин бўлган режимда ишлайди ва берилган кириш

катталиги сифатида $\dot{E}_c$ генераторининг қисқа туташуш токи (

$\dot{I}_{вх} \approx \dot{I}_c$) қабул қилинади. Бундай кучайтиргич ток кучайтиргичи

деб аталади. Шундай қилиб $Z_{вх}$ узгармас қаршиликка ега бўлган

каскад, Z_c (датчик) қаршиликнинг қийматига кўра ток кучайтиргичи ёки кучланиш кучайтиргичи ҳам бўлиши мумкин.

3. Агарда $Z_{кир}$ қаршилик билан Z_c сигнал манбаининг ички қаршилиги максимал актив қувватни узатиш шароитига яқин бўлса, унда кучайтиргични қувват кучайтиргичи деб юритиш мумкин.

$$Z_c = Z_{кир}$$

бу ерда, $Z_{кир}$ - комплекс қаршилик (Z_c га қўшма).

Датчикнинг тоифаси кириш занжирининг ишлаш режимини аниқлайди, яни кучайтиргичнинг кириш қаршилиги қийматини аниқлайди, хусусан, кучайтиргичнинг тоифасини ҳам аниқлайди. (потенсиометрик ҳамда индуктив датчиклар салт юриш режимида, яни кучланиш кучайтиргичи режимида ишлаши мақсадга мувофиқ.

$Z_{кир}$ қаршилиги билан юкланган датчиклар маълум миқдорда ўз характеристикаларини (узатиш коэффициенти, сезгирлиги ва б.к.) узгартириб юборади.

$Z_{вих}$ ҳамда $Z_{ю}$ қаршиликлари орасидаги муносабат ҳам худди кириш занжиридаги каби бўлиши мумкин. У ҳолда $Z_n \gg Z_{чик}$ шарт бажарилиб, каскаднинг чиқиш катталиги кучланишдан иборат бўлади ва каскад потенциал чиқишли каскад деб номланиди. $Z_n \ll Z_{чик}$ бўлганда еса, каскаднинг чиқиш катталиги токдан иборат бўлади ҳамда каскад ток чиқишли каскад деб номланади.

Агар Z_n ҳамда $Z_{чик}$ қаршиликлари мос келса, каскаднинг чиқиш катталиги қувватдан иборат бўлади ва каскад, сигналинин қувват бўйича кучайтириш каскади деб номланади.

Сигнални қувват бўйича кучайтириш бу шартли тушунча бўлиб, у $Z_n = Z_{чик}$ тенгликни кўрсатиш учун ишлатилади, умуман олганда еса ҳамма каскадлар ҳам сигнални қувват бўйича кучайтиради.

Кучайтиргич параметрлари (кўрсаткичлари).

1. Кучайтиргичнинг кучланиш, ток, қувват бўйича кучайтириш коэффициентлари, ФИК.
2. Кучайтиргичнинг амплитуда частота характериаси(А.Ч.Х.) ва фазо частота характериаси(Ф.Ч.Х.). Паст ва юқори частотоларда кучайтиргичнинг частота ва фаза бўйича бузулиш коэффициентлари.
3. Кучайтиргичнинг амплитуда характериаси. Кучайтиргичларда нозизиқли бузилишлар ва уларни баҳолаш.

Кучайтириш жараёнларини характерловчи каскаднинг асосий параметрларига кучайтириш коэффициенти, чизикли ва нозизиқли бузилишлар, ФИКлар киради. Кучайтириш жараёнини аниқлайдиган миқдорий характериасалар сифатида еса мос равишда кучайтириш коэффициентлари ишлатилади.

Каскаднинг кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти деб, чиқишдаги турғунлашган кучланишнинг қийматини кириш кучланиши қиймати нисбатига айтилади.

$$K_U = U_{\text{чик}} / U_{\text{кир}}$$

Ток бўйича кучайтириш коэффициенти деб, чиқишдаги ток қийматининг кириш токи қиймати нисбатига айтилади.

$$K_I = I_{\text{чик}} / I_{\text{кир}}$$

Қувват бўйича кучайтириш коэффициенти деб, кучайтиргич юкламасида ажраладиган актив қувватнинг кириш сигнал манбаи берадиган актив қуввати нисбатига айтилади.

$$K_P = P_{\text{чик}} / P_{\text{кир}}$$

Мана шу кўрилган кучайтириш каскадларининг барча кучайтириш коэффициентлари нафақат кучайтириш элементининг параметрларига, балки каскаднинг кириш ва кўпроқ чиқиш занжирларига ҳам боғлиқ бўлади. Шунинг учун кучайтириш коэффициентларини баҳолаш юклама тоифаси олдиндан берилган ёки танлангандагина ва кириш занжирининг ишлаш режими маълум бўлгандагина амалга оширилади.

Кучайтириш коэффициенти логарифмик бирликларда - непер, десибелларда ифодалаш анча қулайдир. Кучайтириш коэффициентларининг абсолют қийматларидан непер ва десибелларга ва улардан абсолют қийматларга қуйидаги ифодалар орқали ўтилади:

$$\begin{aligned} K_{p(\text{дб})} &= 10 \lg K_p & K_{u,i(\text{дб})} &= 20 \lg K_{u,i} \\ K_{p(\text{неп})} &= 0,5 \ln K_p & K_{u,i(\text{неп})} &= \ln K_{u,i} \\ K_p &= 10^{K_{p(\text{дб})}/10} = e^{0,5 K_{p(\text{неп})}} & K_{u,i} &= 10^{K_{u,i(\text{дб})}/20} = e^{K_{u,i(\text{неп})}} \end{aligned}$$

Кучайтириш коэффициентларининг непер ва десибел бирликлари орасида қуйидаги боғлиқлик мавжуддир:

$$K_{(\text{дб})} \approx 8,7 K_{(\text{неп})}, \quad K_{(\text{неп})} = 0.115 K_{(\text{дб})}$$

Кучайтиргичнинг ФИКи деганда, юкламадаги чиқиш сигналининг қувватини, кучайтиргич истеъмол қилаётган таъминлаш манбалари қувватларининг йигиндисига нисбати тушунилади.

$$\eta = P_{\text{чик}} / \Sigma P_{\text{пит}}$$

Катта қувватли чиқиш каскадларида ФИК асосий курсаткичлардан бири бўлиб ҳисобланади, чунки у кучайтиргичнинг тежамкорлигини ва кучайтиргичларда қўлланиладиган нозичлиқли бошқарувчи элементларнинг иссиқлик режимини аниқлаб беради.

Кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти умумий ҳолда комплекс катталиқ бўлиб, у қуйидагига тенг:

$$\dot{K} = K e^{j\varphi}$$

бу ерда, K -модул; φ -аргумент, $U_{\text{вих}}$ ва $U_{\text{вх}}$ орасидаги фаза силжишини кўрсатади.

Кучайтириш коэффициентининг модули билан частота орасидаги боғланиш, амплитуда-частота характеристикасини (АЧХ) аниқлаб беради

(3.1.расм)

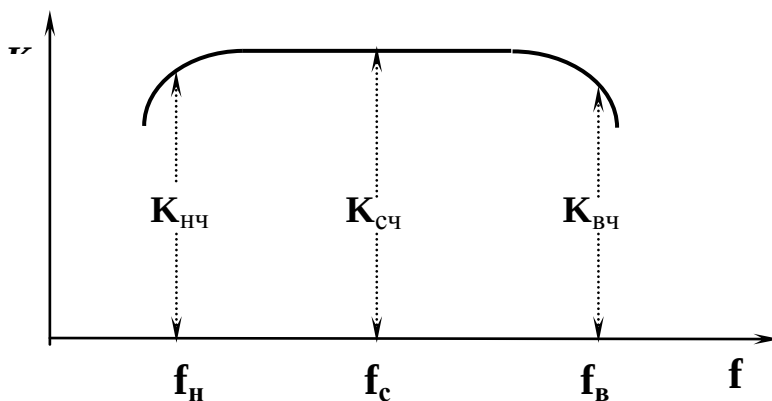
$$K = \Phi_1(\omega)$$

Аргументнинг частота билан боғликлиги еса, фаза-частота характеристикасини (ФЧХ) аниқлаб беради

$$\varphi = \Phi_2(\omega)$$

Частота ҳамда фаза бузилишлари чизикли бузилишларга киради, чунки улар кучайтиргич схемасидаги чизикли элементлар ҳисобига мавжуд бўлади. Гармоник сигналлар кучайтиргичининг ишчи диапозони деб, ω_H паст частота билан ω_B юқори частота оралиғидаги диапазонга айтилади. Мана шу часчастоталар оралиғида кучайтиргичнинг модул ва баъзи ҳолларда фаза бўйича кучайтириш коэффициенти рухсат етилган қийматлардан четга чиқиши мумкин емас.

Масалан: Нутқ ҳамда мусиқани юқори сифатли тасвирлаш учун $\omega_H = 30-50$ Гс, $\omega_B = 10-15$ кГц бўлиши керак.



3.1. - rasmi

Кириш сигнали жуда ҳам мураккаб шаклга ега бўлганда, чизикли бузилишлар катта аҳамиятга ега бўлади. Мураккаб кириш сигнали гармоникаларининг бир хилда кучайтира олинмаганлиги натижасида вужудга келадиган бузилишлар частота бузилишлари деб юритилади. Частота бузилишлари умуман бўлмаган кучайтиргичнинг частота характеристикаси идеал характеристика деб ҳисобланади ва у горизонтал ўққа нисбатан параллел бўлган тўғри чизикдан иборат бўлади.

ϕ частотада, кучайтиргич йўл қўядиган частота бузилиши, нисбий кучайтириш модули билан характерланади ва у қуйидаги ифода орқали аниқланилади:

$$K = K_{\phi} / K_{\text{сч}}$$

Нисбий кучайтиришга тескари бўлган катталиқ, частота бузилиши коэффициенти дейилади ва у қуйидагига тенг:

$$M = K_{\text{сч}} / K_{\phi}$$

Юкори ва қуйи частоталар учун у қуйидагига тенг бўлади:

$$M_{\text{х}} = K_{\text{сч}} / K_{\text{нч}}$$

$$M_{\text{в}} = K_{\text{сч}} / K_{\text{вч}}$$

Мураккаб кириш сигнали гармоникаларининг вақт бўйича турли қийматларга силжиши сигнал шаклининг бузилишига олиб келади ва бу

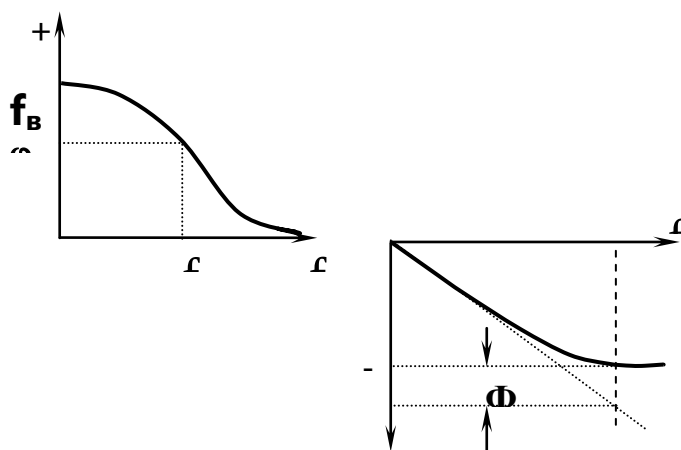
бузилишлар фаза бўйича бузилишлар деб юритилади. Фаза бўйича бузилишлар кучайтиргичнинг фаза характеристикаси ёрдамида аниқланилади.

Ҳар қандай фаза бўйича силжиш фаза бузилишини ҳосил қилавермайди. Агарда фаза силжиши вақт бўйича мутаносиб бўлса, у фаза бузилишини келтириб чиқармайди.

Кучайтиргичда фаза бузилиш булмаслиги учун, албатта фаза силжиши бўлмаслиги шарт эмас, фақатгина фаза силжишини частотага чизиқли боғлиқлиги талаб қилинади холос.

Фаза характеристикаси, бу фаза бўйича $U_{\text{вих}}$ ва $U_{\text{вх}}$ орасидаги силжишни частотага (ёки кириш сигнаolini ўзгартириш тезлигига) боғлиқлигини ифодалайди(3.2.расм).

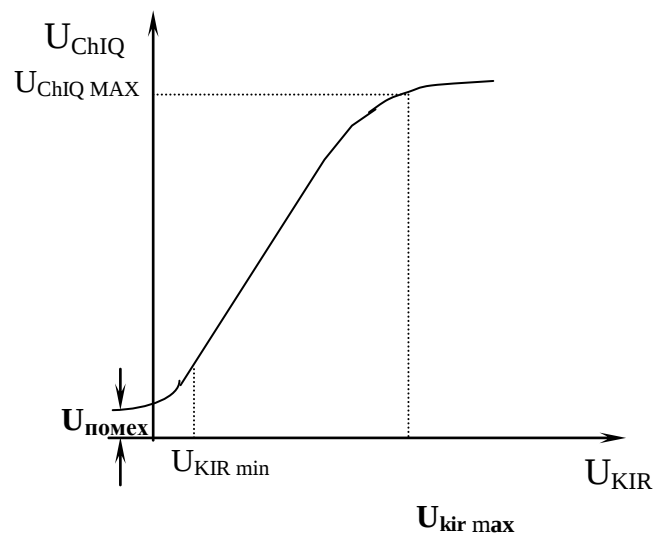
Паст ва юқори частоталар учун чизиқли масштабда фаза характеристикалар алоҳида қурилади. Кучайтиргичнинг идеал фаза характеристикаси (фаза бўйича бузилишлар бўлмаганда) координата бошидан исталган бурчак остида горизонтал ўққа нисбатан ўтувчи тўғри чизиқдан иборат бўлади. Шунинг учун кучайтиргичдаги фаза бўйича бузилишлар φ фаза силжиш бурчагининг абсолют қиймати билан эмас, балки координата бошидан ўтувчи уринма билан фаза характеристикаси айирмаси Φ билан баҳоланади.



Кучайтиргичнинг амплитуда характери­стикаси кучайтиргичнинг чиқи­шидаги турғун кучланиш қий­мати билан ўзгармас частотали кириш кучланиши орасидаги боғланишни билдиради(3.3 расм).

Кучайтиргичнинг динамик диапазони(D_U) қуйидагича бўлади:

$$D_U = \frac{U_{\text{кир max}}}{U_{\text{кир мин}}}$$



3.3-rasm

Кўп ҳолларда кучайтиргичнинг киришига берилган Э.Ю.К.(U_У) киришга берилган сигнал манбаи бўлиб, унинг қиймати U_{Умаx} дан U_{Умин} гача ораликда ўзгаради. Уларнинг нисбати еса сигналларнинг динамик диапозони дейилади.

$$D_C = \frac{U_{U_{\max}}}{U_{U_{\min}}}$$

D_У ≥ D_С, минимал ҳамда максимал сигнал амплитудаларининг кучайтириш шарти.

Кучайтиргичларда ночизиқли(амплитуда) бузилишлар асосан кучайтирувчи элементларнинг ночизиқли характеристикалари туфайли(ишчи нуқтанинг нотўғри танланганлиги сабабли), қолаверса кучайтиргичларда ишлатиладиган дросселлар ҳамда трансформаторлар ўзакларининг магнитланиши ночизиқли характеристикага ега бўлганлиги учун вужудга келади.

$$K_{\Gamma} = \sqrt{K_{\Gamma_2}^2 + K_{\Gamma_3}^2 + K_{\Gamma_4}^2 + \dots}$$

бу ерда, K_{Γ₂}, K_{Γ₃}, K_{Γ₄}... мос равишда икинчи, учинчи, тўртинчи ва ҳ.з. гармоника амплитудаларининг асосий(биринчи) гармониканинг амплитудасига нисбатлари билан характерланадиган коэффисиентлардир.

1. Кучайтириш каскадининг тузилиш принципи. Кучайтиргичнинг асосий элементлари.
2. Тинчланиш нуқтаси. Силжитиш кучланиши.
3. Транзисторни юкланиш билан бирга ишлаши. Ўзгарувчан ва ўзгармас ток бўйича юклама чизиқлари.

Кўпгина кучайтиргичлар бир неча кучайтиргичларнинг йиғиндисидан (поғоналаридан) иборат бўлади. Улар кетма-кет уланган бўлиб, каскадларни ҳосил қилишади. Бу кучайтиргичлар сигнални кетма-кет кучайтириш учун мўлжаллангандирлар. Бундай кўп поғонали кучайтиргичларда каскадларнинг сони керакли миқдорда олиниши шарт бўлган кучайтириш коэффициентларига ($K_{и}$, $K_{у}$, $K_{п}$) боғлиқдир.

Бажарётган функциясига кўра, кучайтиргич каскадлари дастлабки кучайтириш каскадларига ҳамда чиқиш каскадларига бўлинади. Дастлабки кучайтириш каскадлари сигналнинг кучланиш бўйича қийматини оширишга мўлжалланган бўлса, чиқиш каскадлари юкламада керакли миқдорда ток ҳамда қувват олиш учун мўлжаллангандир.

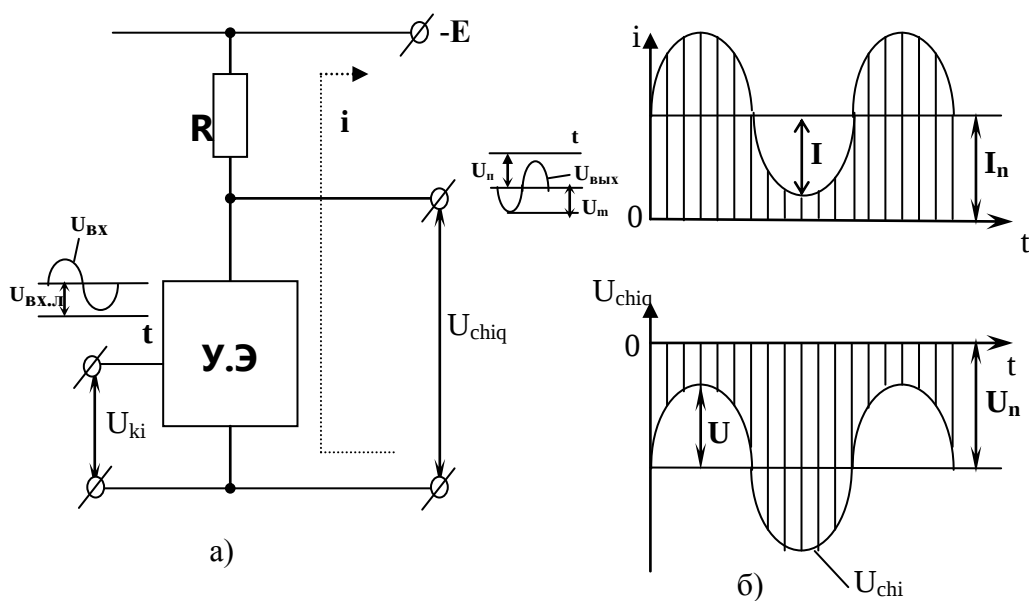
Кучайтириш каскадларининг схемалари турлилиги билан характерланади. Улар бир-биридан транзисторларнинг сонига кўра, уларнинг ишлаш режимига кўра фарқланади. Лекин асосий кучайтириш занжирларининг тузилиши бир хил бўлади. Турли каскадларнинг тузилиши ҳамда ишлашини 6.1-расмда келтирилган структура схема мисолида кўрсатиш қулайдир ва бу схема битта транзисторли кучайтиргичлар учун ўринлидир.

Каскаднинг асосий элементларига бошқарувчи элемент- биполяр транзистор ёки майдонли транзистор(УЭ) ва R резистор киради. Таъминловчи E кучланиш билан бирга бу элементлар каскаднинг чиқиш занжирини ҳосил қилади. $U_{вх}$ кучайтирилувчи сигнал кучайтирувчи элемент киришига берилади. Ишни соддалаштириш учун кириш сигналининг синусоидал кўринишда танлаймиз. $U_{чих}$ чиқиш сигнали УЭ нинг чиқишидан ёки R

резистордан олинади. Чикиш сигнали, кириш сигнали таъсирининг натижасида, УЭ қаршилигини ўзгариши, демак и чиқиш токининг ўзгариши ҳисобига ҳосил бўлади. Кучайтириш жараёни, Е ўзгармас кучланиш манбаи энергия сининг кириш сигнали қонунияти билан ўзгарувчи, ўзгарувчан кучланиш энергия сига алмаштирилишига асосланган.

Ўзгармас кучланиш манбаи ёрдамида таъминланадиган кучайтириш каскадларида киришга ўзгарувчан кучланиш берилганда, чиқишда ўзгарувчан кучланиш ҳосил қилишнинг моҳиятини билиш аҳамиятга ега.

Каскаднинг таъминланиши Е ўзгармас кучланиш манбаидан амалга оширилгани учун, чиқиш занжиридаги и ток бир томонга ёналган бўлади. (6.1.а расм).



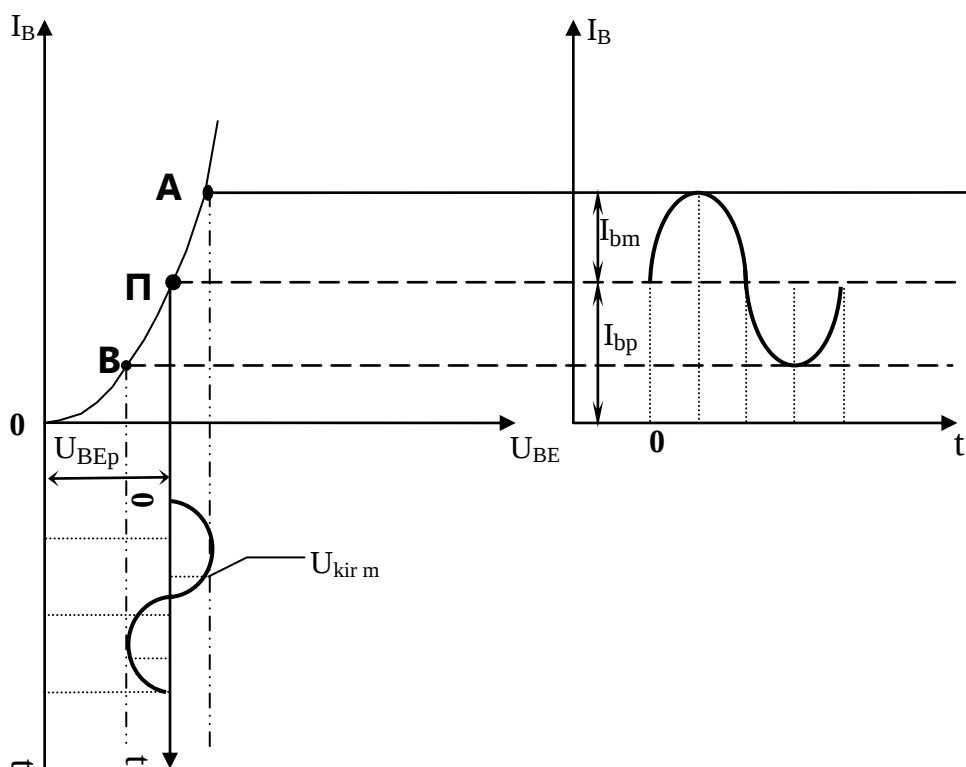
6.1. rasn

Шунинг учун чиқиш занжирининг ўзгарувчан ток ва кучланиши чиқишда ҳосил бўлган умумий ток ва кучланишнинг бир қисми сифатида қаралади. Умумий ток ва кучланиш деганда, еса ўзгармас I_p, U_p ва ўзгарувчан қисмларининг йиғиндиси тушунилади (6.1.6 расм). Ток ва кучланишларнинг ўзгармас ҳамда ўзгарувчан ташкил етувчилари орасидаги боғланиш уларнинг амплитудалари орасидаги муносабат билан характерланади, яни $I_n \geq I_m$ ҳамда $U_n \geq U_m$ шартлар бажарилиши керак. Агарда ушбу шартлар бажарилмаса, и чиқиш токининг қиймати баъзи интервалларда нолга тенг бўлади, бу еса ўз навбатида чиқиш сигнали шаклини бузлишига олиб келади. Шундай қилиб, кучайтиргич киришига ўзгарувчан сигнал берилганда, кучайтириш каскадининг ишлашини таъминлаш учун, унинг чиқишида ўзгармас I_n ток ҳамда ўзгармас U_n кучланиш ҳосил қилиш керак. Бу еса кучайтириш каскадининг кириш занжирига кучайтирилаётган сигналдан ташқари ўзгармас $U_{вх.п}$ кучланиш (ёки ўзгармас $I_{вх.п}$ ток) берилиши билан амалга оширилади.

Мана шу ток ва кучланишларининг ўзгармас ташкил етувчилар, кучайтириш каскадининг тинчланиш режимини аниқлаб беради. Кириш ($I_{вх.п}$, $U_{вх.п}$) ҳамда чиқиш (I_p , U_p) занжирларининг тинчланиш режими параметрлари, кириш сигнали мавжуд бўлмаган хол учун схеманинг электр ҳолатини характерлайди.

Тинчланиш нуқтаси. Силтижиш кучланиши

Кириш занжиридаги токнинг ўзгарувчан ташкил етувчиси шаклини, киришга берилган бошқариладиган кучланиш шакли билан мос тушиши учун, улар орасидаги боғланиш чизиқли бўлиши керак(уларнинг график боғланиши тўғри чизикдан иборат). Биполяр ҳамда майдонли транзисторларнинг статик характеристикалари нозичиқлидир. Шунинг учун кириш сигналининг(токининг) бузилиши содир бўлиши мумкин, яни кириш токи таркибида гармоникалар ҳамда комбинацион частоталар пайдо бўлади. Бузилишларни ёқ қилиш мақсадида, характеристиканинг чизиқли соҳасини ишлатиш мақсадга мувофиқдир.



6.2 rasm

Транзисторнинг киришига ўзгарувчан сигнал берайлик.

$$U_{\text{кир}} = U_{\text{кир м}} \sin \omega t$$

$U_{\text{кир}}$ кучланишининг иккала ярим даврида ҳам, I_b токининг ўзгарувчан таъкил етувчиларининг ярим даврлари, характеристиканинг чизиқли АВ соҳасидан чиқиб кетмаслиги учун транзисторнинг киришига $U_{\text{бэ п}}$ ўзгармас кучланишини бериш керак.

бу ерда, п - тинчланиш нуқтаси.

Тинчланиш нуқтасини танлаш учун УЭ киришига берилаётган ўзгармас кучланиш - силжитиш кучланиши деб юритилади. Биполяр транзисторларда тинчланиш нуқтаси киришга ўзгармас ток - силжитиш токининг берилиши билан ҳам танланиши мумкин.

$U_{\text{вх}}$ кучланишининг мусбат ярим даврида транзистор киришидаги оний кучланиш $U_{\text{бэ}} = U_{\text{бэп}} + U_{\text{вхп}} \sin \omega t$ ортади, натижада i_b токи ҳам ортади.

$$I_b = I_{\text{бп}} \pm I_{\text{бм}} \sin \omega t$$

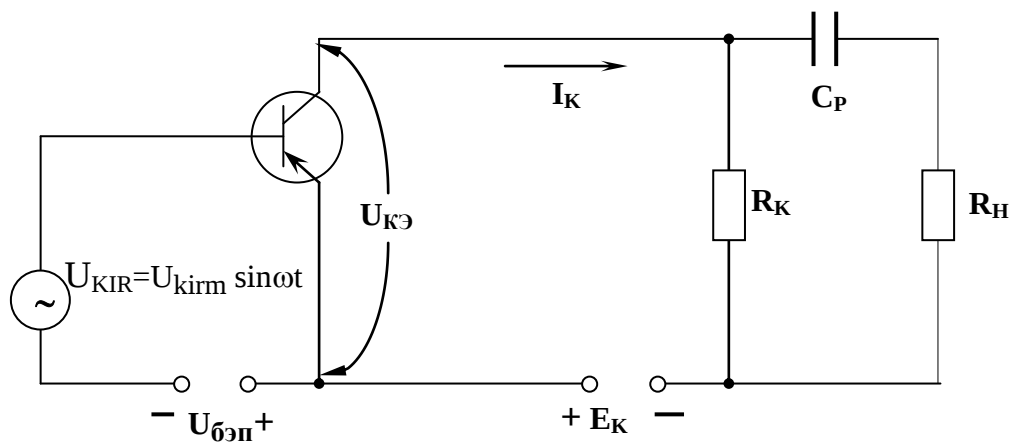
I_b токининг ўзгариши (кириш токининг ўзгариши), чиқиш токининг ўзгаришига олиб келади, чунки $I_k = \beta \cdot I_b$. Тинчланиш режимида коллектор занжиридан $I_{\text{кп}}$ ўзгармас ток оқиб ўтади. Транзисторнинг киришига ўзгарувчан сигнал берилганда еса, коллектор токи таркибида ўзгарувчан таъкил етувчи пайдо бўлади.

$$\sim I_k = I_{\text{им}} \sin \omega t$$

яни таминаш манбаининг ўзгармас энергия си кириш сигнали қонунияти бўйича ўзгарувчан энергия га ўзгартирилади.

Транзисторнинг юклага ишлаши

УЭ бўйича уланган биполяр транзистор асосида қурилган, оддий кучайтиргич схемасини кўриб чиқайлик (6.4 расм).



6.4 rasm

Юклама занжири узиб қўйилган хол учун (+E_к, транзистор, R_к, -E_к занжири учун) Кирхгофнинг 2-қонунини қўллаймиз.

$$E_K = U_{KЭ} + U_{P_K}$$

$$U_{K3} = E_K - I_K \cdot P_K \quad (1)$$

Шундай қилиб, кучайтирувчи элемент P_k билан биргаликда ишлаганда U_{ke} кучланиш чиқиш токининг функцияси бўлади ва ўз ўрнида кириш кучланишининг ўзгариши натижасида у ҳам ўзгаради.

Берилган тенглама бўйича транзисторнинг статик чиқиш характеристикасига курилган динамик характеристика транзисторнинг юклама чизиғи дейилади. Ўзгарувчан ҳамда ўзгармас токлари учун юклама чизиғи алоҳида мавжуддир. (1) тенглама бўйича ўзгармас ток учун юклама чизиғини курайлик. (1) тенглама тўғри чизиқ тенгламаси бўлиб, уни иккита маълум нукта бўйича қуриш мумкин.

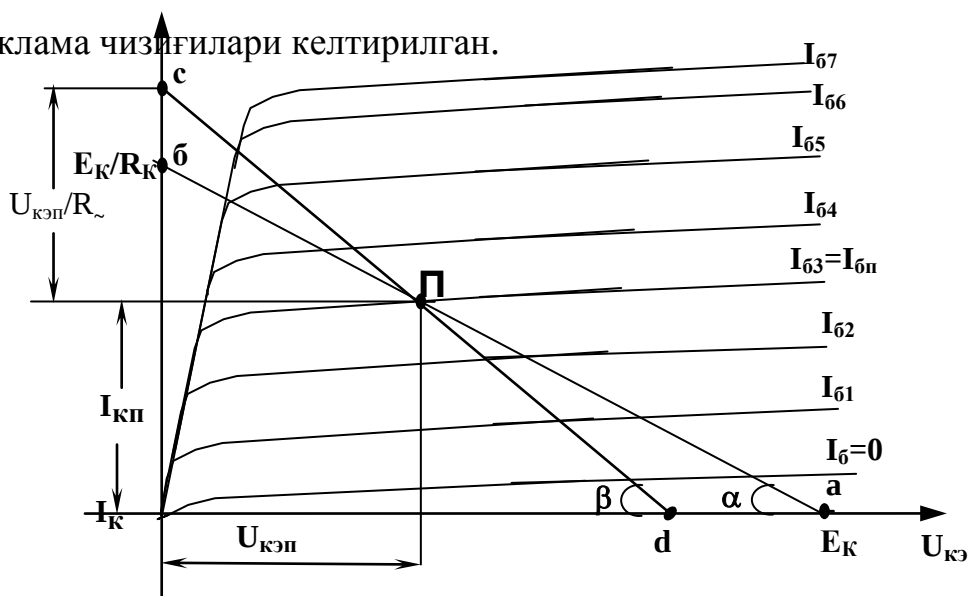
«а» нукта $I_K = 0$, $U_K = E_K$ нукталарга мос келса,

«б» нукта $U_{K3} = 0$, $I_K = E_K / R_K$ нукталарга мос келади.

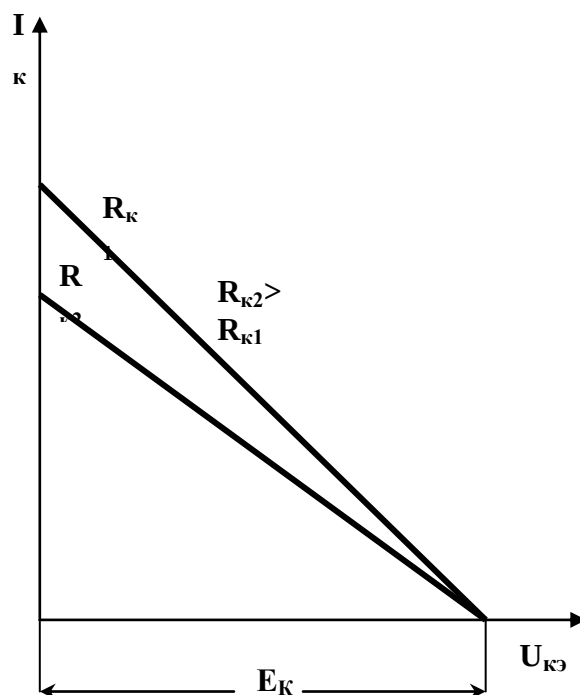
Тўғри чизиқнинг оғиш бурчаги қуйидагича аниқланилади:

$$\sin \alpha = P_K \quad (6.5 \text{ pacm}).$$

6.6-расмда P_k нинг турли қийматлари учун кучайтиргичнинг ўзгармас ток бўйича юклама чизилгалари келтирилган.



6.5 -rasm



6.6.-rasm

Кучайтиргичнинг иккита режими мавжуд:

1. квазистатик (P_H - уланмаган)
2. динамик (P_H - уланган)

Квазистатик режимда $P_b = P_{\sim} = P_k$

Динамик режимда $P_b = P_k$, $P_{\sim} = P_k \parallel P_H$ бўлади.

Бу ерда, $P_{\sim}$ - ўзгармас ток бўйича қаршилиқ
 $P_{\sim}$ - ўзгарувчан ток бўйича қаршилиқ.

$$R_{\sim} = \frac{R_K \cdot R_H}{R_K + R_H}$$

Ўзгарувчан ток бўйича юклама чизиғи $stg\beta = P_{\sim}$ - ифода ёрдамида аниқланилади.

Кириш токи силжитиш токига ($I_{\text{бп}}$) тенг бўлганда транзисторнинг статик чиқиш характеристикасининг ўзгармас ток бўйича юклама чизиғи билан кесишиш нуқтаси, тинчланиш нуқтаси дейилади.

Ўзгарувчан ток бўйича юклама чизиғи ҳам П тинчланиш нуқтасидан ўтади, чунки киришда ўзгарувчан сигнал бўлмаганда чиқишдаги ток $I_{\text{и}} = I_{\text{кп}}$ бўлади.

Транзисторнинг киришга ўзгармас силжитиш кучланиши билан бирга ўзгарувчан $U_{\text{вх}} = U_{\text{вхм}} \sin \omega t$ сигнал берилганда, чиқиш токи қуйидаги ифода орқали ўзгаради.

$$I_{\text{вих}} = I_{\text{кп}} + I_{\text{к}\sim} = I_{\text{кп}} + I_{\text{км}} \sin \omega t$$

Чиқиш кучланиши кириш токи оний қийматига боғлиқ бўлади ва юклама режимининг тенгламасини қуйидагича ифодалаш мумкин бўлади.

$$U_{\text{кэ}} = E_K - (I_{\text{кп}} P_K + I_{\text{к}\sim} P_{\sim}) = (E_K - I_{\text{кп}} P_K) - I_{\text{к}\sim} P_{\sim} = U_{\text{кэп}} - I_{\text{к}\sim} P_{\sim}$$

Ўзгарувчан ток бўйича юклама чизиғининг «с» нуқтасини $U_{\text{ке}} = 0$ деб олиб, аниқлаш мумкин.

$$U_{\text{кэп}} = I_{\text{к}\sim} P_{\sim}, \text{ бу ердан } I_{\text{к}\sim} = U_{\text{кэп}} / P_{\sim}$$

«с» нуқтадаги натижавий ток қуйидагига тенг бўлади.

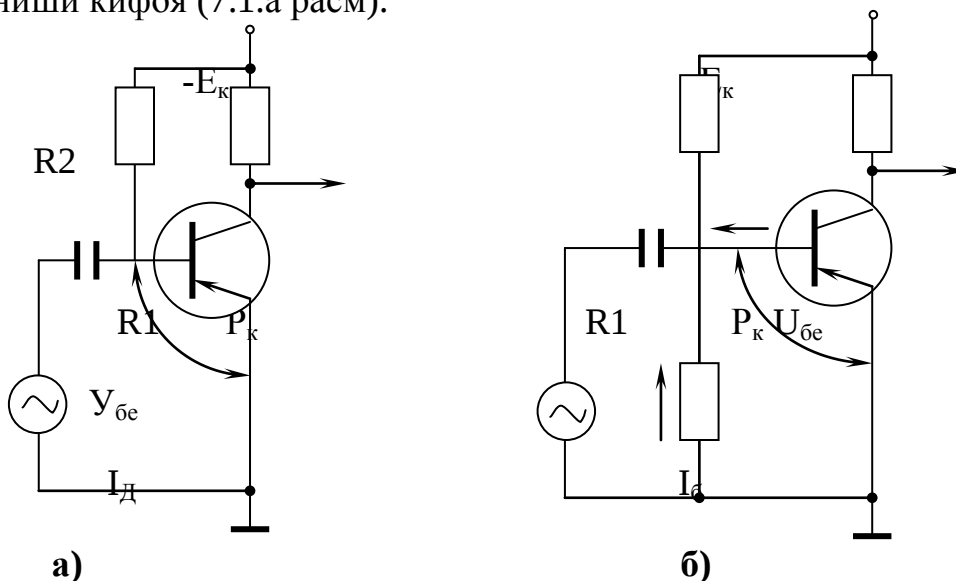
$$I = I_{\text{кп}} + \frac{U_{\text{кэп}}}{R_{\sim}}$$

Кучайтиргич каскадларида силжитишни узатиш усуллари

1. Силжитишни қайд етилган ток билан бериш усули.
2. Силжитишни қайд етилган кучланиш билан бериш усули.
3. Коллектор стабилизасиясининг схемаси.
4. Емиттер стабилизасиясининг схемаси.

Юқорида кўрсатилгандек кучайтиргичларда нозичлики бузилишларнинг олдини олиш мақсадида силжитиш кучланиши берилади (керакли миқдорда силжитиш токини ҳосил қилиш учун). Мана шу силжитиш токи турли хил усуллар ёрдамида ҳосил қилиниши мумкин. Транзисторли каскадларда силжитишнинг энг оддий усулларида бири - қайд етилган силжитишдир. Бу усул қайд етилган база токи билан ёки бўлмаса қайд етилган база - емиттер кучланиши билан амалга оширилиши мумкин (7.1 а.б расмлар).

Қайд етилган база токини ҳосил қилиш учун схемага $R1$ қаршиликнинг уланиши кифоя (7.1.а расм).



7.1-rasm

$U_{\text{бе}}$ кучланиш қиймати волтнинг улушларини ташкил қилганлигини ҳисобга олганда ($E_{\text{к}}$ еса 5 дан 30 В гача қийматга ега) ва $R_1 \gg R_{\text{бэ}}$ шарт бажарилганда, база токи қуйидаги ифода орқали топилади.

$$I_{\text{б}} \approx E_{\text{к}}/R_1$$

бу катталиқ ўзгармас қийматга ега ва у температуранинг ўзгариши, транзисторнинг ўзгартирилиши, ескириши натижасида ҳам ўзгармас қийматга ега бўлиб қолади. Шунинг учун бу усулни қайд етилган ток билан силжитиш усули деб юритилади. Ушбу усулни атроф-муҳит температурасининг ўзгариши $10^0 - 20^0\text{C}$ дан ортиқ бўлмаганда ҳамда ишлатилаётган транзистор учун R_1 қаршилиқ алоҳида танланганда ишлатиш мумкин.

Қайд етилган кучланиш билан силжитиш учун транзистор- юклама занжирига параллел равишда R_1 - R_2 кучланиш бўлгичларини улаш керак. Агарда R_2 ни $I_{\text{д}} > (3\div 5)I_{\text{б}}$ шарт бажарилишини инобатга олган ҳолда танласак, ундаги кучланишлар тушувини ўзгармас ҳамда $U_{\text{бе}}$ га тенг деб ҳисоблаш мумкин. $I_{\text{д}}$ токининг қийматини билган(ўзамиз берамиз) ҳолда R_1 ва R_2 қийматларини топамиз:

$$R_1 = \frac{E_{\text{к}} - U_{\text{БЕР}}}{I_{\text{д}} + I_{\text{бн}}}; \quad R_2 = \frac{U_{\text{БЕР}}}{I_{\text{д}}}$$

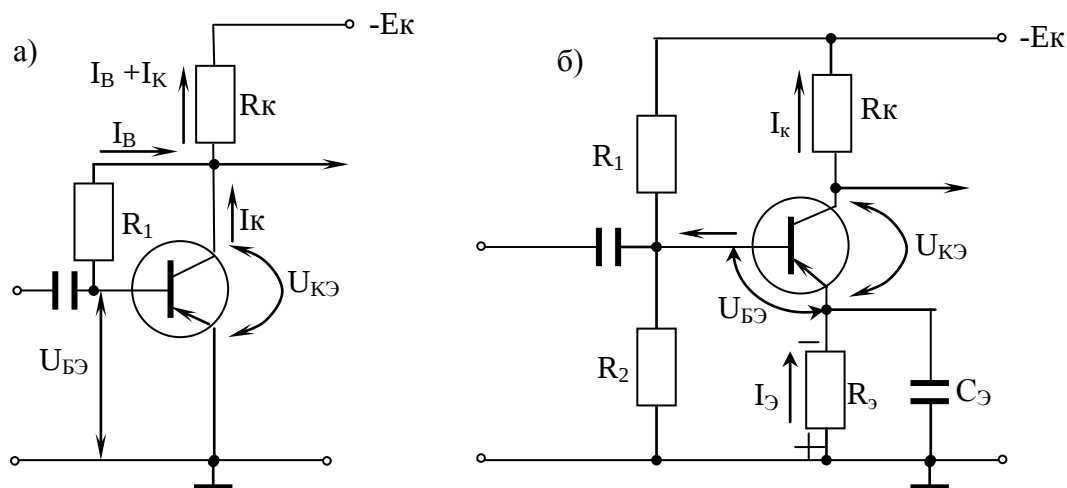
Ушбу усулнинг камчилиги бу R_1 ҳамда R_2 бўлгичларида таъминланиш манбаи энергия сининг ортиқча исроф бўлишидир. Қайд етилган кучланиш билан силжитиш усули транзисторнинг алмаштирилишига кам боғлиқ ва кучайтиргич каскадининг температуранинг ўзгариши $20^0 - 30^0\text{C}$ дан ортиқ бўлмаган диапозонда ишлашига мослашган. Агар температура каттарок диапозонда ўзгарса, иккала схемага ҳам тескари боғланиш(ТБ) ёки температурани компенсирловчи қаршилиқлар киритилади.

Қайд етилган база токи билан силжитиш схемасида (7.1а расм) R_1 қаршилиқ ҳароратга боғлиқ ҳамда температуравий коэффициентлари мусбат бўлган элемент билан алмаштирилади - $R_1(T^0)$. Қайд етилган кучланиш билан силжитиш схемасида (7.1б расм) еса R_2 қаршилиқ ҳароратга боғлиқ ҳамда температуравий коэффициентлари мусбат бўлган элемент билан алмаштирилади - $R_2(T^0)$.

Тинчланиш нуқтасининг ностабиллиги нафақат температурага, балки транзисторлар параметрларининг турлилигига ҳам боғлиқдир. Кучайтиргичнинг стабилизасия схемаси, транзисторлар (худди шу тоифали) алмаштирилганда ҳам, маълум оралиқда температура ўзгарганда ҳам каскаднинг ишлашини стабиллаштириш керак. Шунинг учун кучайтириш каскадларига ишчи нуқтани стабиллаштириш учун, ўзгармас ток бўйича манфий ТБ киритилади. Мана шундай стабилизасиянинг энг содда схемаси бу коллекторли стабилизасия бўлиб, унинг схемаси 7.2.а расмда келтирилган. Бу схемада T_B R_1 қаршилиқ орқали амалга оширилади. Бу қаршилиқка E_K билан R_K даги кучланишлар тушувининг фарқи қўйилади, чунки U_{BE} нинг қиймати анча кичикдир. Транзистор ўзгартирилганда ёки бўлмаса температура ўзгарганда, коллектор токи ҳам ўзгаради. Мисол учун коллектор токи ошди дейлик, у ҳолда R_K даги кучланиш тушуви ҳам ошади, R_1 даги кучланиш тушуви еса камаяди, мос равишда база токи ҳам камаяди, натижада коллектор токининг камайишига еришилади ва дастлабки ҳолатга қайтилади. Коллекторли стабилизасия $(I_K + I_B) \approx 0,5 E_K$ да, ΔI_K токнинг кичкина ўзгаришларида ҳамда α , β (узатиш коэффициентлари) нинг кичик қийматларида яхши самара беради. Каскаднинг кучайтириш коэффициентини камайитиб юбормаслик учун реал коллекторли стабилизасия схемаларида R_1 қаршилиқ икки қисмга ажратилади ва уларнинг уланган нуқтаси билан умумий сим орасига катта сифимга ега ажратувчи конденсатор уланади.

Эмиттерли стабилизасия схемаси коллекторли схемага қараганда афзалликларга ега. Эмиттерли стабилизасия схемаси 7.2.б расмда

келтирилган. Ўзгармас ток бўйича ишчи нуқтани қисман стабилизасияси бу ерда, R_1 ҳамда R_2 кучланиш бўлгичлари томонидан транзисторни базасига бериладиган силжитиш кучланиши ҳисобига амалга оширилади ва у транзистор параметрларига кам боғлиқ бўлади. Ишчи режимини кейинчалик стабилизасияси R_e қаршилиқ орқали амалга оширилади, яни R_e қаршилиқ орқали ўзгармас ток бўйича манфий тескари боғланиш ҳосил қилинади. Ушбу схемада $U_{be} = U_{R2} - I_e R_e$ қандайдир сабабларга кўра коллектор токи ошди дейлик, натижада эмиттер токи ҳамда R_e даги кучланиш тушуви ортади, U_{be} камаяди натижада коллектор токи камаяди. Се ўзгарувчан ток бўйича манфий ТБ ни камайтиради я'ни, кучайтириш коэффициенти нинг камайишини олдини олади.



7.2-rasm

УЭ схемаси бўйича уланган биполяр транзисторда бир каскадли кучайтиргич.

1. Умумий эмиттер схемаси бўйича уланган кучайтириш каскадининг схемаси.
2. Умумий эмиттер схемаси бўйича уланган кучайтиргич схемаси элементларининг вазифалари.
3. Ўзгармас ток бўйича графоаналитик усул ёрдамида каскадни анализ қилиш.

4. Ўзгарувчан ток бўйича графоаналитик усул ёрдамида каскадни анализ қилиш.
5. Умумий эмиттер схемасидаги кучайтириш каскадининг физик параметрлари асосида (ўзгарувчан ток ва кучланиш ташкил етувчилари учун) кичик ва ўрта частоталардаги эквивалент схемалари.

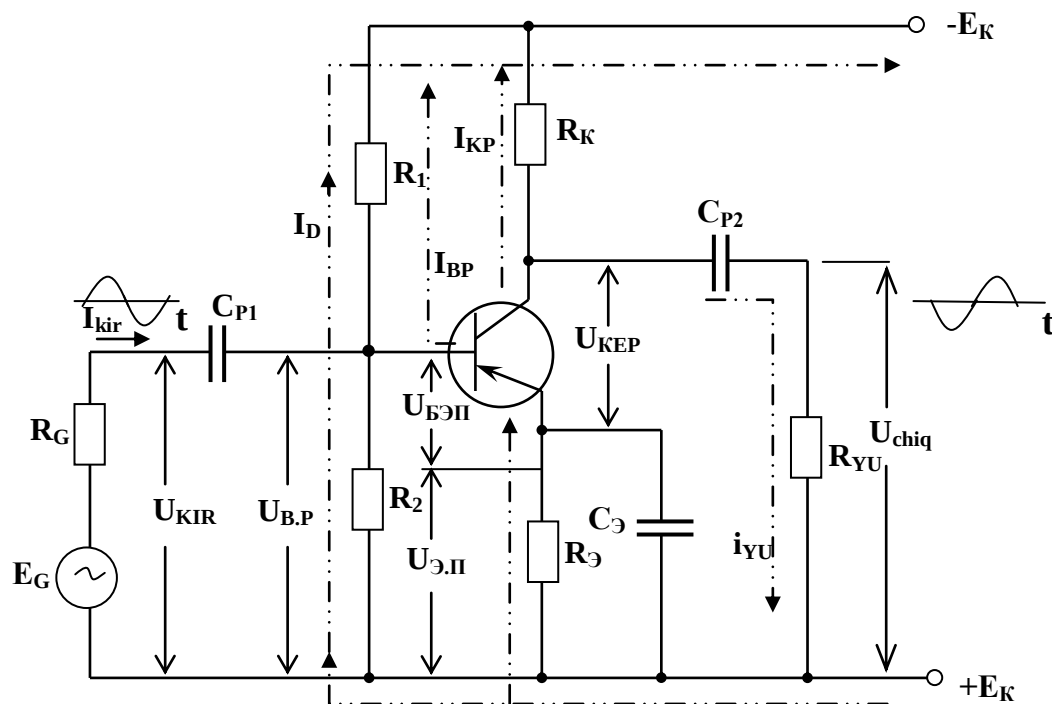
Кучайтиргич каскадининг схемаси 8.1-расмда келтирилган. Схеманинг асосий элементлари бўлиб, таъминлаш манбаи E_k , бошқарувчи элемент-транзистор T ва резистор R_k ҳисобланади. Бу элементлар кучайтириш каскадининг асосий занжирини ташкил қилишади. Каскаднинг қолган элементлари ёрдамчи вазифани бажаради. C_{p1} , C_{p2} конденсаторлар ажратувчи конденсаторлар ҳисобланади. Конденсатор C_{p1} ўзгармас ток бўйича кириш сигнали манбаи занжирини, каскаднинг кириш занжири билан параллел уланишини олдини олади, бу еса биринчидан ўзгармас токни E_k - $R1$ - P_r занжири бўйича кириш сигнали манбаи орқали оқиб ўтишини бартараф этади, иккинчидан, тинч ҳолат режимида $U_{бп}$ базада E_g кучланиш манбаининг ички қаршилиги R_p дан озод бўлишини таъминлайди. C_{p2} конденсаторнинг функцияси, юклама занжирига чиқиш кучланишининг ўзгарувчан ташкил етувчиларини ўтказиб, ўзгармас ташкил етувчиларини ушлаб қолишдан иборат.

$R1$ ва $R2$ резисторлар каскад учун тинчланиш ҳолат режимини таъминлайди. Биполяр транзисторни ток билан бошқарилишини ҳисобга олсак, бошқарувчи элементнинг тинчланиш ҳолати токи ($I_{кр}$), тинчланиш ҳолати учун база токининг берилиши билан таъминланади. $R1$ резистор $I_{бр}$ токининг ўтиш занжирини ҳосил қилади, $R1$ ва $R2$ резисторлар биргаликда таъминлаш манбаининг "+" қутбига нисбатан базада $U_{бп}$ бошлангич кучланишини таъминлайдилар.

R_e резистор манфий тескари боғланиш элементи бўлиб, температура ўзгарганда каскаднинг тинчланиш ҳолатини стабиллаш учун мўлжалланган.

Конденсатор C_e ўзгарувчан ток бўйича манфий тескари боғланишни бартараф этади ва ўз навбатида кучайтириш коэффициентининг камайишини олдини олади.

Транзисторнинг эмиттер кутби ўзгарувчан ток бўйича кириш ҳамда чиқиш занжирлари учун умумий бўлганлиги сабабли, кучайтиргич схемаси « умумий эмиттер » схемаси деб юритилади.



8.1 rasm

Каскадни ўзгармас ток бўйича анализ қилиш, график қуриш ва ҳисобланувчи муносабатларга асосланган графо-аналитик усул билан амалга оширилади. График қуриш транзисторнинг чиқиш (коллектор) характеристикалари ёрдамида амалга оширилади(8.2а.расм). Усулнинг қулайлиги шундаки, каскадни ҳисоблаётганда бошланғич деб қабул қилинган, каскадни тинчланиш ҳолати режими параметрларининг ($U_{кеп}$ ва $I_{кп}$) ўзгарувчан ташкил етувчилари амплитудалари билан (чиқиш кучланиши $U_{вихм}$ ва $I_{км}$ токи) боғлиқлиги яққол кўринади ва топилади.

Чиқиш характеристикаларида (8.2арасм) ўзгармас ток бўйича юклама чизиғи (а-б) қуйидаги тенглама бўйича ўтказилади.

$$U_{кеп} = E_k - I_{кп} * R_k - e_p * R_{э} - E_k - I_{кп} * R_k - (I_{кп}/2) * R_{э}$$

бу ердан,

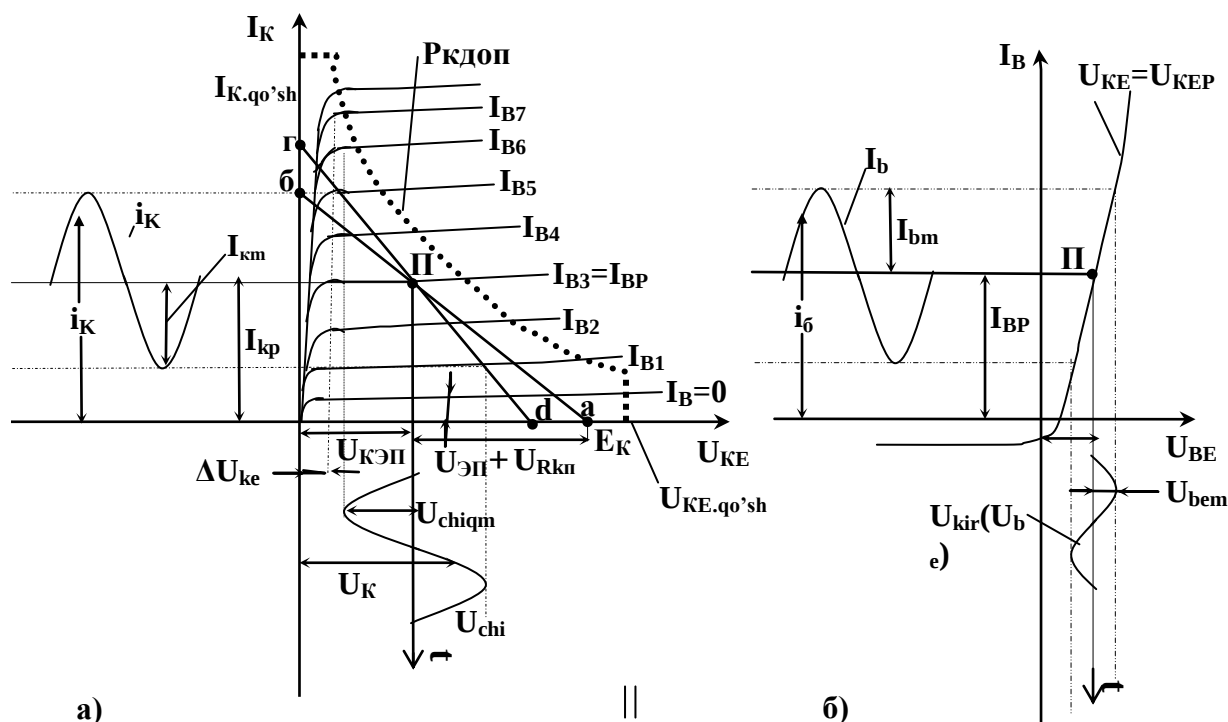
$$U_{кеп} = E_k - I_{кп} (R_k + R_{э})$$

Бу тенглама икки нуқтадан ўтказиш мумкин бўлган тўғри чизик тенгламаси ҳисобланади.

"а" нуқта учун $I_{кп}=0$, $U_{кеп}=-E_k$ ва

"б" нуқта учун $U_{кп}=0$ $I_{кп}=E_k/(R_k+R_{э})$.

Қириш (база) характеристикаси $I_b=\Phi(U_{бэ})$ дан база токининг $I_b= I_{бп}$ керакли қийматини танлаб, чиқиш характеристикалари оиласида шу ток қийматига тўғри келувчи характеристикани топиб, каскаднинг ўзгармас ток бўйича юклама чизиғи билан кесилган нуқтаси (тинчланиш нуқтаси П) нинг координатасини аниқлаймиз (8.2а расм).



8.2 -rasm

Каскаднинг чиқиш кучланиши ва коллектор токининг ўзгарувчан ташкил етувчиларини аниқлаш учун, ўзгармас ток бўйича юклама чизиғи қўлланилади. Ўзгарувчан ток бўйича юклама қаршилиги қуйидагича топилади

$$R_{H\sim} = R_K R_H, \text{ чунки чиқиш токининг ўзгарувчан ташкил етувчиларининг ўтиш ё`ллари қуйидагидан иборат.}$$

1) $+E_K, C_e, \text{ транзистор, } R_K, -E_K;$

2) $+E_K, P_X, C_{p2}, R_K, -E_K.$

Кириш сигнали берилганда, транзисторнинг ток ва кучланиши ўзгармас ҳамда ўзгарувчан ташкил етувчиларидан иборат бўлганлиги учун, ўзгарувчан ток бўйича юклама чизиғи тинчланиш нуктаси П дан ўтади (8.2a расм). Ўзгарувчан ток бўйича юклама чизиғи(«г»-«д») ўзгармас ток бўйича

юклама чизиғига нисбатан тикроқ бўлади. Ўзгарувчан ток бўйича юклама чизиғи, кучланиш ва ток ортирмаларининг нисбати орқали ясалади.

$$\Delta U_{\text{кэ}} / \Delta I_{\text{к}} = R_{\text{к}} \parallel R_{\text{х}}$$

Каскад киришига $U_{\text{вх}}$ кучланиш берилганда, транзисторнинг база занжирида $U_{\text{вх}}$ кучланиш билан транзистор кириш характеристикаси орқали боғланган $I_{\text{б}}$ токининг ўзгарувчан ташкил етувчилари ҳосил бўлади (8.26 расм). Коллектор токи $\beta I_{\text{б}}$ га тенг бўлганлиги учун, транзисторнинг коллектор занжирида $I_{\text{к}}$ токининг ўзгарувчан ташкил етувчиси ($I_{\text{к} \sim}$) ва ўзгарувчан чиқиш кучланиши ўзаро ўзгарувчан ток бўйича юклама чизиғи билан боғланган

Ҳисоблаш учун бошлангич параметрлар бўлиб чиқиш кучланиши ($U_{\text{вихм}}$) ва юклама токининг ($I_{\text{нм}}$) ўзгарувчи ташкил етувчиларининг амплитуда қийматлари ҳисобланади, демак юклама куввати $R_{\text{н}}$ ва юклама қаршилиги $R_{\text{н}}$ ҳам бошлангич параметр бўлади.

Кучайтирилувчи сигналнинг бузилишини олдини олиш учун тинчланиш режимининг параметрлари қуйидаги шартларни қаноатлантириши керак:

$$U_{\text{кэп}} > U_{\text{вихм}} + \Delta U_{\text{кэ}}$$

$$I_{\text{кп}} > I_{\text{км}} + I_{\text{к0(э)max}}$$

$\Delta U_{\text{кэ}}$ - коллектордаги кучланиш бўлиб, транзистор чиқиш характеристикаси нозичли соҳасининг бошлангич қисмига мос келади.

$I_{\text{к0(э)max}}$ - коллекторнинг бошланғич иссиқлик токи бўлиб, максимал температурага мос келади.

$I_{\text{км}}$ токи каскаднинг чиқиш кучланиши билан қуйидагича боғланган.

$$I_{\text{км}} = U_{\text{вихм}} / R_{\text{к}} \parallel R_{\text{х}} = U_{\text{вихм}} / R_{\text{х} \sim}$$

Каскаднинг кучайтириш коэффициентини ошириш учун, $R_{\text{к}}$ катталиқни $R_{\text{х}}$ дан 3-5 марта катта қилиб олинади.

Танланган $I_{кп}$ ток бўйича тинчланиш ҳолатининг база токи

$$I_{бп} = (I_{кп} - I_{к0(э)}) / \beta \sim$$

транзисторнинг кириш характеристикалари бўйича еса кучланиш $U_{бп}$ топилади (8.2-брасм).

Тинчланиш ҳолатининг эмиттер токи тинчланиш ҳолатининг коллектор токига тенг деб олинади.

$$I_{эп} = I_{кп}$$

E_k катталикни танлаганда (агар у берилмаган бўлмаса) қуйидаги шартларга риоя қилиш керак:

$$E_k = U_{кэп} + I_{кп} R_k + U_{эп}$$

$$U_{эп} = I_{эп} R_e \approx I_{кп} R_e$$

$$\text{Одатда } U_{эп} = (0,1 \div 0,3) E_k$$

$$\text{Унда } E_k = (U_{кэп} + I_{кп} R_k) / (0,7 \div 0,9), \quad R_e = U_{эп} / I_{кп}.$$

Бўлувчи қаршиликлар қуйидагича аниқланилади.

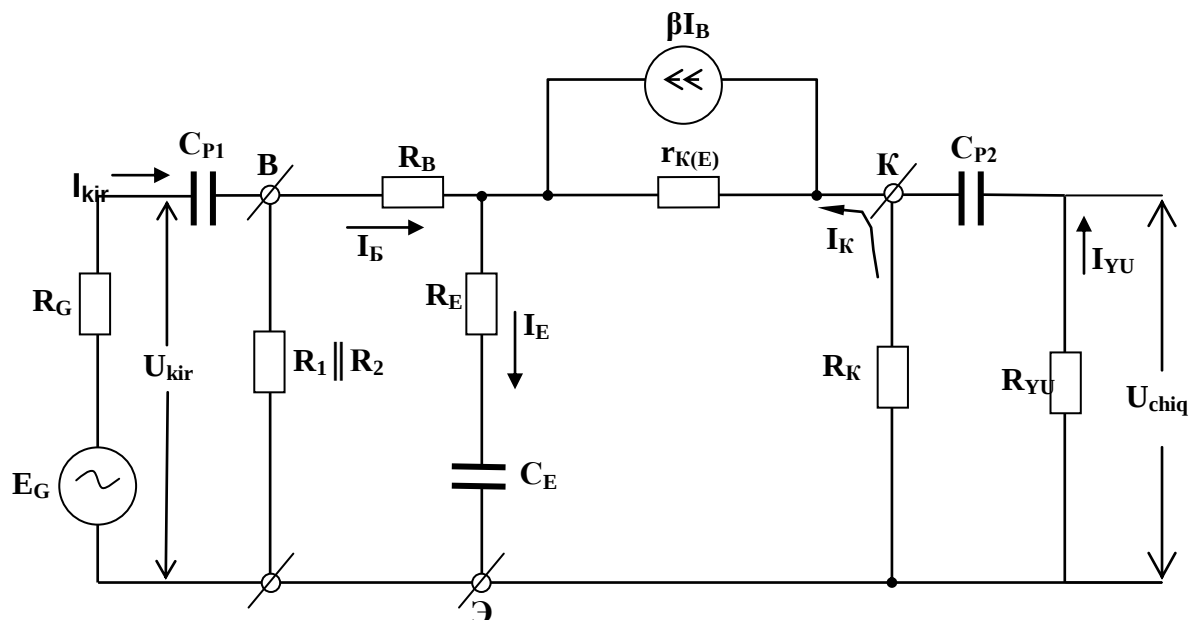
$$R_2 = U_{бп} / I_d = (U_{эп} + U_{бэп}) / I_d, \quad \text{бу ерда } I_d = (2 \div 5) I_{бп}$$

$$R_1 = (E_k - U_{бп}) / (I_d + I_{бп})$$

Транзистор танланганда, частота диапозонини шу билан бирга ток, кучланиш ва кувват бўйича параметрлари ҳисобга олинади.

$$\text{Бунда } I_{кмаx} = I_{кп} + I_{км} < I_{к,доп}, \quad U_{кэ,доп} > E_k, \quad R_k = U_{кп} / I_{кп} < R_{к,доп}$$

Каскаднинг асосий параметрлари бўлиб, ток бўйича кучайтириш коэффициенти K_I , кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти K_U , қувват бўйича кучайтириш коэффициенти K_P , шу билан бирга кириш R_{BX} ва чиқиш R_{BIX} қаршиликлар ҳам ҳисобланади. Бу кўрсаткичларни аниқлаш масаласи,



8.3. - rasm

кучайтириш каскадини ўзгарувчан ток бўйича ҳисобланганда ҳал бўлади. Ҳисоблаш методи транзисторни ва бутун каскадни ўзгарувчан ток бўйича алмаштириш схемасини келтириб ҳисоблашга асосланган. 8.3-расмда паст ва ўрта частоталар учун УЭ каскадинини алмаштириш схемаси келтирилган.

Каскадни ҳисоблаш, ўрта частоталар оралиғи учун амалга оширилади, чунки бу ораликда схема элементлари параметрларининг частотага боғлиқлиги ҳисобга олинмайди, 8.3 - расмда келтирилган схемадаги конденсаторларнинг қаршилиги нолга тенг ва уларни ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Ўзгарувчан ток бўйича таъминлаш манбаи қаршилиги нолга тенг, шунинг учун алмаштириш схемасида R_1 резисторнинг юқори кутби эмиттер кутби билан боғлаган.

Юқорида қабул қилинганидек, кириш сигнали синусоидал деб қабул қилинади. Схемадаги ток ва кучланишларнинг таъсир етувчи қийматлари

келтирилади, улар амплитуда қиймати билан $1/\sqrt{2}$ коэффициенти орқали боғланган.

Каскаднинг кириш каршилиги $R_{вх}$ ни аниқлаймиз. У транзистор кириш занжирининг каршилиги $R_{вх}$ ва R_1, R_2 каршиликларнинг параллел уланишидан топилади.

$$R_{вх} = R_1 || R_2 || U_{вх}.$$

$R_{вх}$ каршиликни топиш учун $U_{бэ}$ кучланишни $I_б$ ток орқали ифодалаймиз. Ток манбаи $\beta I_б$ нинг ички каршилиги катта бўлганлиги учун ва $R_{к(э)} + R_k || R_X \gg R_э$ бўлишини ҳисобга олиб, қуйидагига ега бўламиз:

$$U_{бэ} = I_б R_б + I_э r_э, \quad U_{бэ} = I_б [r_б + (1 + \beta) r_э]$$

Охирги тенгликни иккала томонини $I_б$ га бўлиб,

$$r_{вх} = r_б + (1 + \beta) r_э \text{ ни ҳосил қиламиз.}$$

Одатда УЭ каскадининг кириш каршилиги $R_{вх}$ 1-3 кОМ дан ошмайди. Ток бўйича каскаднинг кучайтириш коэффициенти $R_{вх} \approx r_{вх}$ ва $r_{к(э)} \gg R_k || R_X$ бўлганда $K_I \approx \beta R_k || R_X / R_X$ га тенг.

Каскаднинг кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти

$$K_U = U_{вих} / E_{г} \text{ га тенг.}$$

Агар чиқишдаги(юкламадаги) кучланишни юклама токи орқали $U_X = I_X R_X$, манба кучланишини($E_{г}$) каскаднинг кириш токи орқали ифодаласак кучайтириш коэффициенти қуйидагига тенг бўлади:

$$K_U = -I_X R_X / (I_{вх} (R_{г} + R_{вх})) = -K_I R_X / (R_{г} + R_{вх})$$

K_I ифодасини қўйиб

$$K_U \approx -\beta R_k || R_X / (R_{г} + R_{вх}) \text{ га ега бўламиз.}$$

УЭ схемасида K_U 20 - 100 оралиғида бўлади.

УЭ кучайтириш каскади, чиқиш кучланишини кириш кучланишига нисбатан фаза бўйича 180° га айлантиради(8.2-арасм), бу K_U ифодасида "-" орқали кўрсатилган.

Кувват бўйича кучайтириш коэффициенти

$$K_P = R_{вих} / R_{вх} = K_U K_I$$

УЭ схемасида $K_p (0,2-5)10^3$ ни ташкил килади.

Киришга сигнал берилмаганда ва юклама схемага уланмаган ҳолатда, каскаднинг чиқиш каршилиги каскаднинг эквивалент схемасининг чиқиш кутбига нисбатан аниқланилади томонидан. Агар βI_6 манбаининг ички каршилигини нолга тенг деб олсак, каскаднинг чиқиш каршилиги $R_{вих}=R_k$ бўлади.

Паст частоталар оралигида кучайтиргичнинг кучайтириш коэффисиентига $C_{п1}$, $C_{п2}$ ва C_E конденсаторларнинг сиғимлари таъсир килади. Конденсатор сиғимларининг таъсирларини, шу конденсаторларни ўз ичига олган занжирларнинг паст частотали вақт доимийлари ёрдамида хисобга олиш мумкин. Вақт доимийлари:

кириш занжирининг; $\tau_{вх} = C_{п1} \cdot (R_{г} + R_{вх})$

чиқиш занжирининг; $\tau_{вых} = C_{п2} \cdot (R_k + R_{н})$

эмиттер занжирининг; $\tau_{э} = C_{э} \cdot r_{э}$

Юқорида айтиб ўтилган вақт доимийларининг ҳар бири натижавий частота бўйича бузилиш коэффисиенти M_x га таъсир килади. M_H нисбий бирликларда аниқланилади:

$$M_H = M_{Hвх} M_{Hвих} M_{He}$$

бу ерда,

$M_{Hвх}$ - кириш занжирининг частота бўйича бузилиш коэффисиенти;

$M_{Hвих}$ - чиқиш занжирининг частота бўйича бузилиш коэффисиенти;

M_{He} - эмиттер занжирининг частота бўйича бузилиш коэффисиенти;

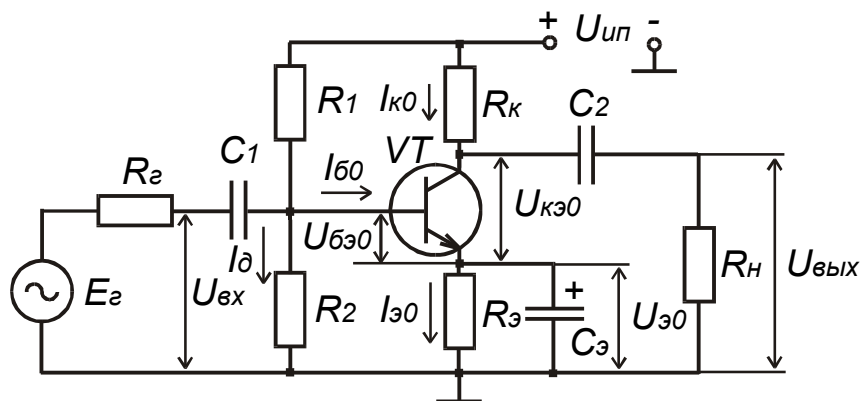
Юқорида айtilган ҳар бир частота бўйича бузилиш коэффисиенти қуйидагига тенг:

$$M_{H.BX, BIX, \Theta} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega \tau_{BX.BIX, \Theta}} \right)^2}}$$

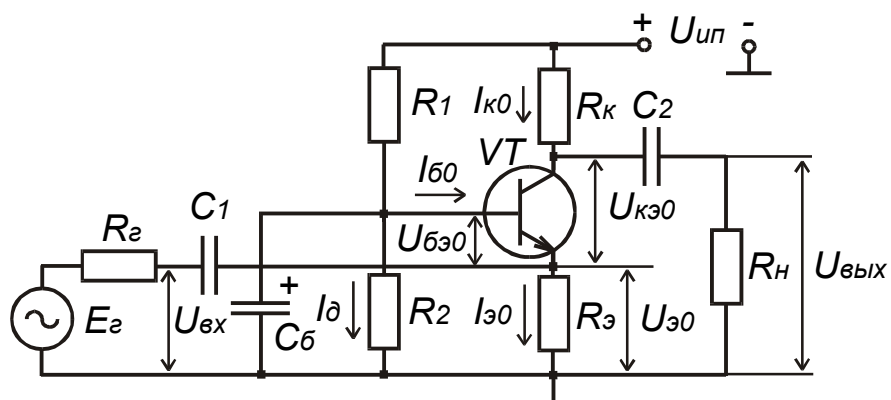
Одатда кучайтиргичга берилган частота бўйича бузилишлар уларни ҳосил килувчи элементларга тақсимланади. Элементларнинг узи еса ўзига мос келувчи частота бўйича бузилиш коэффициенти орқали аникланилади.

Бополяр транзисторнинг кичик сигналли кучайтириш каскадларини ҳисоблаш

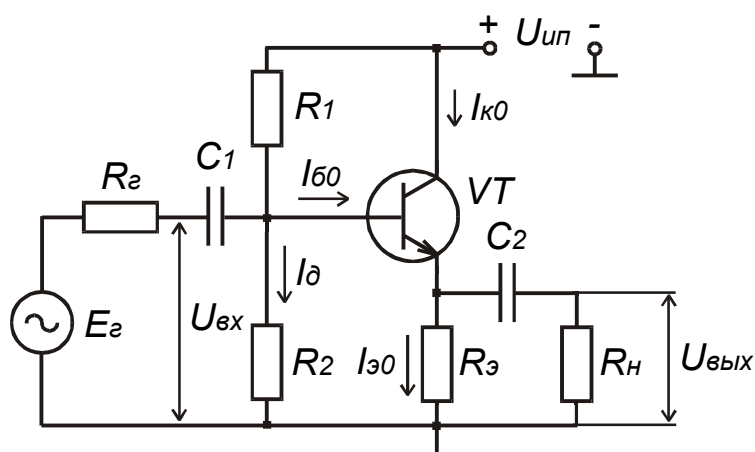
1. БТ нинг УЭ(УБ, УК) (1,2,3-расмлар) частота чизиқлари $f_n = 20 \Gamma\text{ц}$ дан $f_s = 20 \kappa\Gamma\text{ц}$ гача.



1-расм



2-расм



3-расм

Бошланғич маълумотлар параметрлари УЭ каскади учун.

№	Тури(Б Т)	$U_{кэ0}$, В	$I_{к}$, мА	$E_{г}$, мВ	$R_{г}$, Ом	$R_{н}$, кОм	$C_{н}$, нФ
01	КТ 315Г	5	5	1	100	5	0,1
02	КТ 337Б	6	6	5	200	2	0,2
03	КТ 342А	8	8	2	50	4	0,05
04	КТ 347А	5	4	10	150	6	0,3
05	КТ 349Б	9	3	3	200	10	0,1
06	КТ 358Б	10	5	4	300	8	0,15
07	КТ 361Г	6	9	7	100	5	0,05

08	КТ 3102Г	9	8	0,5	50	4	0,1
09	КТ 3107Г	12	7	5	200	5	0,2
10	КТ 3117А	10	4	6	300	10	0,25

Бошланғич маълумотлар параметрлари УБ каскади учун.

№	Тури(Б Т)	$U_{кЭ0}$, В	I_k , мА	E_r , мВ	R_r , кОм	R_n , кОм	C_n , нФ
01	КТ 315Г	5	5	1	1	5	0,1
02	КТ 337Б	6	6	5	2	2	0,2
03	КТ 342А	8	8	2	5	4	0,05
04	КТ 347А	5	4	10	1,5	6	0,3
05	КТ 349Б	9	3	3	2	10	0,1
06	КТ 358Б	10	5	4	3	8	0,15
07	КТ 361Г	6	9	7	1	5	0,05
08	КТ 3102Г	9	8	0,5	5	4	0,1
09	КТ 3107Г	12	7	5	2	5	0,2
10	КТ 3117А	10	4	6	3	10	0,25

Бошланғич маълумотлар параметрлари УК каскади учун.

№	Тури(БТ)	E_r , мВ	R_r , кОм	R_n , Ом	C_n , нФ	$U_{инп}$, В
01	КТ 315Г	500	3	100	0,1	9
02	КТ 337Б	200	4	40	0,2	15
03	КТ 342А	100	5	20	0,05	15
04	КТ 347А	300	10	60	0,3	20
05	КТ 349Б	400	8	100	0,1	12

06	КТ 358Б	600	7	100	0,15	20
07	КТ 361Г	500	6	100	0,05	10
08	КТ 3102Г	800	5	150	0,1	15
09	КТ 3107Г	100	3	20	0,2	10
10	КТ 3117А	200	2	30	0,25	15

Муносабатларни ҳисоблаш учун формулалар

Параметрлар	УБ схемасида	УК схемасида
$r_{BX \Gamma}$	$h_{11\delta} = r_{\delta} + (1 - h_{21\delta})r'_{\delta}$	$r'_{\delta} + (r_{\delta} + R_{\delta} R_H)(h_{21\delta} + 1)$
R_{BX}	$R_{\delta} r_{BX \Gamma}$	$R_{\delta} r_{BX \Gamma}$
R_{BIX}	R_K	$R_{\delta} \left(r_{\delta} + \frac{r_{\delta}^{\odot} + R_{\delta} R_{\delta}^*}{1 + h_{21\delta}} \right)$
K_i	$\frac{h_{21\delta} R_K}{R_K + R_H}$	$\frac{(1 + h_{21\delta}) R_{\delta}}{R_{\delta} + R_H}$
K_u	$h_{21\delta} \frac{R_K R_H}{R_{\delta} r_{BX \Gamma}}$	$\frac{(1 + h_{21\delta})(R_{\delta} R_H)}{R_{BX}}$
f_H	$1 / (2\pi C1(R_{\Gamma} + R_{BX}))$ $1 / (2\pi C2(R_{BIX} + R_H))$ $1 / (C_{\delta} R_{\delta})$	$1 / (2\pi C1(R_{\Gamma} + R_{BX}))$ $1 / (2\pi C2(R_{BIX} + R_H))$
f_B	$1 / (2\pi(R_{\Gamma} R_{BX})(C_{ЭП} + C_{КЭКВ}))$ $1 / (2\pi(R_H R_{BIX})C_H)$ $f_{h21\delta}$	$1 / (2\pi(R_{\Gamma} R_{BX})C_K^*)$ $1 / (2\pi(R_{\Gamma} R_{BX})C_{\delta})$ $1 / (2\pi(R_H R_{BIX})C_H)$ $f_{h21\delta}$

И. Кичик сигналл кучайтиргичли БТ нинг учун УЭ схемаси.

1. Ишчи нуқта стабилизацияси билан таъминланган кучланишнинг камайиши қаршилиқ R_{ϑ} (эмиттер потенциали) шароитга қараб танланади

$$U_{\vartheta 0} = I_{\vartheta 0} R_{\vartheta} = 0,2 U_{KЭ0};$$

Бу минимал кучланиш, талаб қилинадиган чиқиш температурасининг компенсациясини қандай кўпайтириш, қандай қилиб камайитириш деган саволларга жавоб бўлади.

КТ315Г транзисторида $U_{KЭ0} = 5B$, унда

$$U_{\vartheta 0} = I_{\vartheta 0} R_{\vartheta} = 0,2 U_{KЭ0} = 1B$$

Манба кучланиши $U_{ин}$

$$U_{ин.} = 2U_{KЭ0} + U_{\vartheta 0} = I_{K0} R_K + U_{KЭ0} + U_{\vartheta 0},$$

$$U_{ин.} = 2U_{KЭ0} + U_{\vartheta 0} = 2 \cdot 5 + 1 = 11B$$

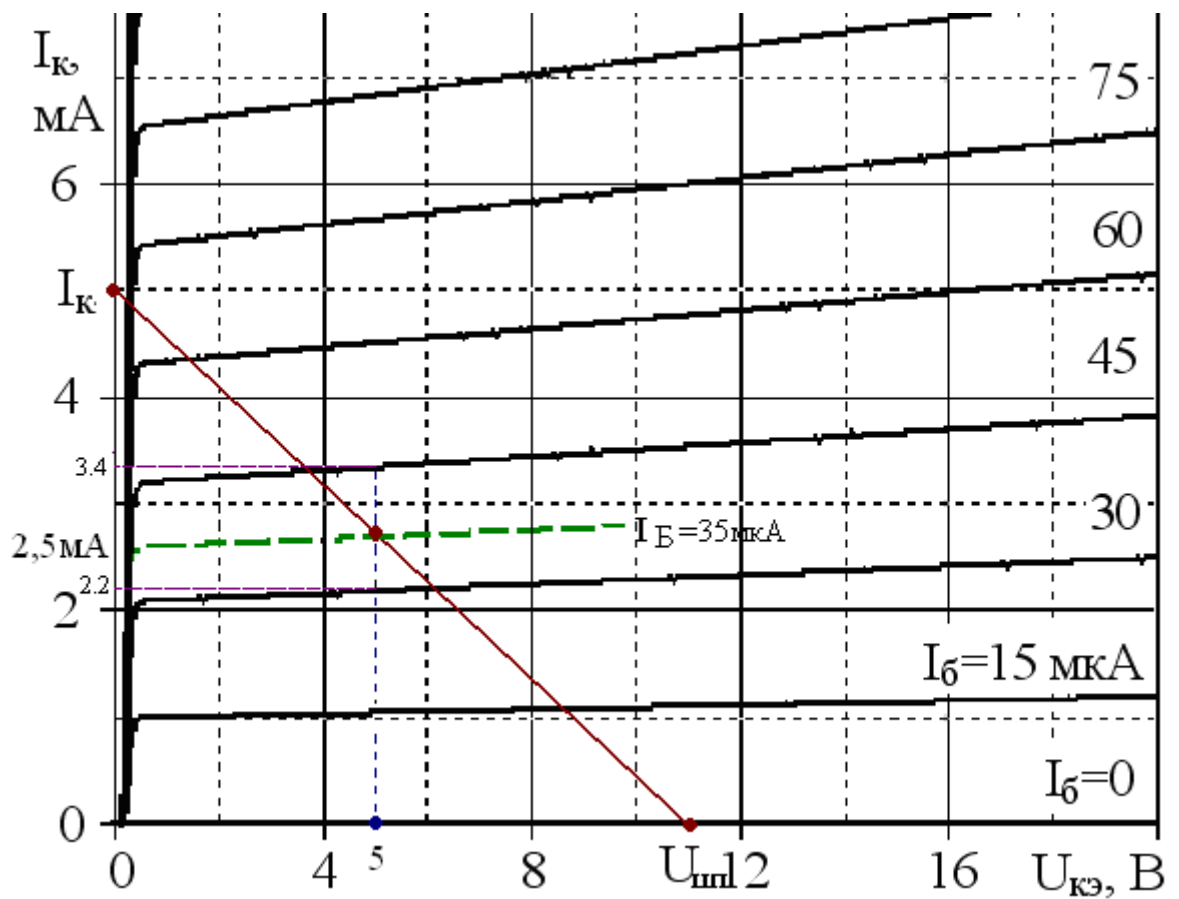
2. Қаршилиқлар R_{ϑ} и R_K $R_K = (U_{ин} - U_{KЭ0} - U_{\vartheta 0}) / I_{K0}$;

$$R_{\vartheta} = U_{\vartheta 0} / I_{\vartheta 0} \approx U_{\vartheta 0} / I_{K0},$$

$$I_{\vartheta 0} \approx I_{K0}.$$

$U_{ин.} = 11B$ да чиқиш характеристикалари ва берилган $I_K = 5mA$ да топсак:

$$I_{K0} = 2,5mA$$



Унда $R_K = (U_{унд} - U_{КЭ0} - U_{э0}) / I_{К0} = (11 - 5 - 1) / 2,5 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^3 \text{ Ом}$

$R_K = 2 \text{ кОм} \pm 10\%$

$R_э = U_{э0} / I_{э0} \approx U_{э0} / I_{К0} = 1 / 2,5 \cdot 10^{-3} = 0,4 \cdot 10^3 \text{ Ом}$

$R_э = 400 \text{ Ом} \pm 5\%$

$U_{КЭ\bullet} = 5 \text{ В} = \text{const}$

Унда

$$h_{21э} = \frac{I_{К2} - I_{К1}}{\Delta I_б} = \frac{(3,4 - 2,2) \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 10^{-6}} = 80$$

3. База токини топсак

$$I_{Б0} = I_{К0} / h_{21э} = 2,5 \cdot 10^{-3} / 80 = 31,3 \cdot 10^{-6} = 31,3 \text{ мкА}$$

ва транзистордаги база потенциали

$$U_{Б0} = U_{БЭ0} + U_{э0} = 0,6 + 1 = 1,6 \text{ В}$$

$$U_{БЭ0} = 0,6 \text{ В.}$$

4. Ишчи қобилиятини схемадаги стабилзациядан токдаги кучланишлар тақсимотидан, R_1 ва R_2 қаршилик маълумотларидан, база токи 10маротаба катта эканини кўриш мумкин.

$$I_D = 10 \cdot I_{B0} = 10 \cdot 31,3 = 313 \text{ мкА}$$

5. R_1 ва R_2 қаршиликларни топсак

$$R_1 = (U_{III} - U_{B0}) / (I_D + I_{B0}) = (11 - 1,6) / (313 + 31,3) \cdot 10^{-6} = 0,0273 \cdot 10^6 \text{ Ом} = 27,3 \text{ кОм};$$

$$R_1 = 30 \text{ кОм} \pm 10\%$$

$$R_2 = U_{B0} / I_D = 1,6 / 313 \cdot 10^{-6} = 0,0051 \cdot 10^6 = 5,1 \text{ кОм}$$

$$R_2 = 5 \text{ кОм} \pm 10\%$$

6. Ушбу қонуният орқали конденсатор сиғимини кўрадиган бўлсак

$$C_1 > \frac{10}{2\pi f_n (R_f + R_{ex})}; \quad C_2 > \frac{10}{2\pi f_n (R_{вых} + R_n)}; \quad C_3 > \frac{10}{2\pi f_n R_3};$$

$$R_{ex} = R_B // R_{ex.мп.} = R_1 // R_2 // R_{ex.мп.} \text{ ни топсак}$$

$$R_{ex.мп.} = h_{11} = r'_B + r'_{BЭ} = r'_B + r_3(1 + h_{21Э});$$

$$r_3 = \varphi_T / I_{Э0} = 0,026 / 2,5 \cdot 10^{-3} = 10,4 \text{ Ом};$$

$$(T = 300 \text{ К}, \varphi_T = 0,026 \text{ В})$$

$$r'_B = \tau_k / C_{KB} = 500 \cdot 10^{-12} / 7 \cdot 10^{-12} = 71,4 \text{ Ом};$$

$$R_{ex.мп.} = 71,4 + 10,4 \cdot (1 + 80) = 913,8 \text{ Ом};$$

$$R_{ex} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_{ex.мп.}}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_{ex.мп.} + R_2 \cdot R_{ex.мп.}} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 913,8}{30 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^3 + 30 \cdot 10^3 \cdot 913,8 + 5 \cdot 10^3 \cdot 913,8} =$$

$$= \frac{137070 \cdot 10^6}{(150 + 27414 + 4569) \cdot 10^3} = \frac{137070 \cdot 10^6}{32133 \cdot 10^3} = 4266 \text{ Ом}$$

$$R_{вых} \approx R_K = 2 \text{ кОм};$$

$$C_1 > \frac{10}{2\pi f_n (R_f + R_{ex})} = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot 20(100 + 4266)} = \frac{10}{548369,6} = 76,19 \cdot 10^{-6} = 18,24 \text{ мкФ}$$

$$C_1 = 20 \text{ мкФ} \pm 10\%$$

$$C_2 > \frac{10}{2\pi f_n (R_{вых} + R_n)} = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot 20(2 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3)} = \frac{10}{879,2 \cdot 10^3} = 11,37 \text{ мкФ}$$

$$C_2 = 12 \text{ мкФ} \pm 10\%$$

$$C_{\vartheta} > \frac{10}{2\pi f_n R_{\vartheta}} = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 400} = \frac{10}{50,24 \cdot 10^3} = 199 \text{ мкФ}$$

$$C_{\vartheta} = 220 \text{ мкФ} \pm 10\%$$

Кучайтириш каскади асосий параметрлари ҳисоботи(УЭ)

Ток бўйича кучайтириш Коеффициенти параметрини ҳисоблаганда транзисторнинг дифференциал параметрига мурожат қилинади $h_{21\vartheta}$,

$$K_i = \frac{I_{\text{эблх}}}{I_{\text{эх}}} = \frac{I_n}{I_{\text{б}}} = \frac{I_{\kappa} R_{\kappa}}{I_{\text{б}} (R_{\kappa} + R_n)} = \frac{h_{21\vartheta} R_{\kappa}}{R_{\kappa} + R_n} \approx \frac{h_{21\vartheta} R_{\kappa}}{R_{\kappa} + R_n};$$

$$K_i \approx \frac{h_{21\vartheta} R_{\kappa}}{R_{\kappa} + R_n} = \frac{80 \cdot 2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3} = 22,9$$

$$K_u = \frac{U_{\text{эблх}}}{U_{\text{эх}}} = - \frac{h_{21\vartheta} I_{\text{б}} (R_{\kappa} \parallel R_n)}{I_{\text{б}} (r'_{\text{б}} + (h_{21\vartheta} + 1) r_{\vartheta})} = - \frac{h_{21\vartheta} (R_{\kappa} \parallel R_n)}{r'_{\text{б}} + (h_{21\vartheta} + 1) r_{\vartheta}} \approx - \frac{R_{\kappa} \parallel R_n}{r_{\vartheta}};$$

$$K_u \approx - \frac{R_{\kappa} \parallel R_n}{r_{\vartheta}} = - \frac{R_{\kappa} \cdot R_n}{(R_{\kappa} + R_n) r_{\vartheta}} = - \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^3}{(2 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3) \cdot 10,4} = - \frac{10000}{72,8} = -137,4$$

$$r'_{\text{б}} \ll (h_{21\vartheta} + 1) r_{\vartheta}.$$

Манфий белги, УЭ каскадининг инвертланганлигини билдиради.

Кучайтиргичнинг аълоқадорлик коеффициенти:

$$K_{u \text{ экв}} = \frac{U_{\text{эблх}}}{E_{\Gamma}} = \frac{U_{\text{эблх}}}{E_{\Gamma}} \frac{U_{\text{эх}}}{U_{\text{эх}}} = K_u \frac{U_{\text{эх}}}{E_{\Gamma}} = K_u \frac{R_{\text{эх}}}{R_{\Gamma} + R_{\text{эх}}} = 137,4 \cdot \frac{4266}{100 + 4266} = 134,3,$$

Чегаравий частота чизиклари одатдагидан $\sqrt{2}$ марта камайиши кузатилади.

$$f_{n1} = \frac{1}{2\pi C1(R_{\Gamma} + R_{\text{эх}})} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 10^{-6} (100 + 4266)} = \frac{10^6}{548369,6} = 1,82 \text{ Гц},$$

$$f_{n2} = \frac{1}{2\pi C2(R_{\text{эблх}} + R_n)} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 12 \cdot 10^{-6} (2 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3)} = \frac{10^3}{527,52} = 1,9 \text{ Гц},$$

$$f_{n3} = \frac{1}{2\pi C_{\vartheta} (R_{\vartheta} + (R_{\Gamma} \parallel R_{\text{б}} + r'_{\text{б}}) / (h_{21\vartheta} + 1))} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 220 \cdot 10^{-6} (400 + 169,1/81)} = 1,8 \text{ Гц},$$

$$R_{\Gamma} \parallel R_{\text{б}} + r'_{\text{б}} = \frac{R_{\Gamma} \cdot R_{\text{б}}}{R_{\Gamma} + R_{\text{б}}} + r'_{\text{б}} = \frac{100 \cdot 4,23 \cdot 10^3}{100 + 4,23 \cdot 10^3} + 71,4 = 97,7 + 71,4 = 169,1$$

$$R_{\text{б}} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} = \frac{30 \cdot 5 \cdot 10^3}{30 + 5} = 4,23 \cdot 10^3$$

Пастки чегаравий частота чизиклари ўтказилган кучайтиргичдан f_n максимал даражада катта бўлади f_{n1}, f_{n2}, f_{n3}

$$f_n \geq \max(f_{n1}, f_{n2}, f_{n3}).$$

$$f_n \geq 1,9 \Gamma\text{ц}$$

Частота соҳаси кичик частотали(шартли филтри киритилган) частотавий бузулишларни топсак,

$$M_{nN}(f) = \sqrt{1 + \left(\frac{f_{nN}}{f}\right)^2}, \quad N=1, 2, 3.$$

$$M_{n1}(20) = \sqrt{1 + \left(\frac{1,82}{20}\right)^2} = \sqrt{1,008281} = 1,004$$

$$M_{n2}(20) = \sqrt{1 + \left(\frac{1,9}{20}\right)^2} = \sqrt{1,009025} = 1,005$$

$$M_{n1}(20) = \sqrt{1 + \left(\frac{1,8}{20}\right)^2} = \sqrt{1,0081} = 1,004$$

$$M(f)[\partial B] = M_1(f)[\partial B] + M_2(f)[\partial B] + \dots + M_N(f)[\partial B], \text{ десибелда.}$$

$$M(f) = 1,004 + 1,005 + 1,004 = 3,013 \text{ дБ}$$

Конденсатор C_K^* сиғими транзисторнинг чиқиш занжири учун

$$C_{K \text{ экв}}^* = (K_u + 1)C_K^* = (3,61 + 1) \cdot 7 \cdot 10^{-12} = 32,27 \text{ нФ}$$

Тўғри чегаравий частота чизиклари йўқотилган кучайтиргич f_B ни

$$f_B \leq \min(f_{B1}, f_{B2}, f_{B3}),$$

$$\begin{aligned} f_{B1} &= \frac{1}{2\pi(R_{\Gamma} || R_{\text{гх}})(C_{\text{эн}} + C_{K \text{ экв}})} = \frac{1}{2\pi \frac{R_{\Gamma} \cdot R_{\text{гх}}}{R_{\Gamma} + R_{\text{гх}}}(C_{\text{эн}} + C_{K \text{ экв}})} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{100 \cdot 4266}{100 + 4266} \cdot (20 + 32,27) \cdot 10^{-12}} = \\ &= \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 97,7 \cdot 52,27 \cdot 10^{-12}} = \frac{10^{12}}{32070,57212} = 31 \text{ МГц} \\ f_{B2} &= \frac{1}{2\pi(R_{\text{н}} || R_{\text{блх}})C_{\text{н}}} = \frac{1}{2\pi \frac{R_{\text{н}} \cdot R_{\text{блх}}}{R_{\text{н}} + R_{\text{блх}}}C_{\text{н}}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^3} \cdot 0,1 \cdot 10^{-9}} = \\ &= \frac{10^6}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,43 \cdot 0,1} = \frac{10^6}{0,89804} = 1,1 \text{ МГц} \end{aligned}$$

$$f_{B3} = f_{h_{21\beta}} = \frac{f_{cp}}{h_{21\beta}} = \frac{f \cdot |h_{21\beta}|}{\sqrt{h_{21\beta \min} \cdot h_{21\beta \max}}} = \frac{100 \cdot 2,5}{\sqrt{50 \cdot 350}} = \frac{250}{132,3} = 1,89 \text{ МГц} \text{ ёзиш мумкин.}$$

$$f_B \leq 1,1 \text{ МГц}$$

Катта частоталилар учун еса

$$M_{eN}(f) = \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_{eN}} \right)^2}, \quad N=1, 2, 3.$$

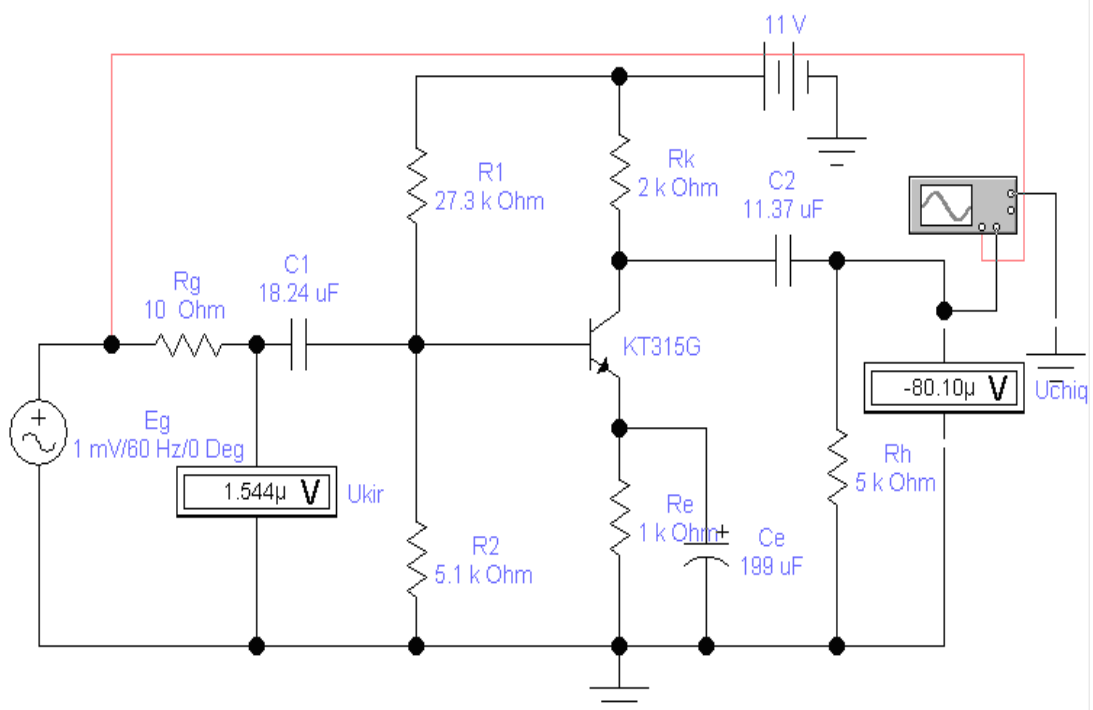
$$M_{e1}(f) = \sqrt{1 + \left(\frac{20 \cdot 10^3}{31 \cdot 10^6} \right)^2} = 1$$

$$M_{e2}(f) = \sqrt{1 + \left(\frac{20 \cdot 10^3}{1,1 \cdot 10^6} \right)^2} = 1$$

$$M_{e3}(f) = \sqrt{1 + \left(\frac{20 \cdot 10^3}{1,89 \cdot 10^6} \right)^2} = 1$$

Частотавий бузилиш коэффициенти ички чегаравий частотаси f_H ,

$$M(f) = M_1(f) \cdot M_2(f) \cdot M_3(f) = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$



Workbench программасидаги кўриниши

Эмиттер кайтаргичининг ҳисоб-китоби (УК)

1. Мумкин бўлган максимал амплитудали юклама токи идеал ҳолатда

$U_{\text{вых}} = E_{\Gamma}$ бўлгандагина юз беради:

$$I_{\text{н}} = \frac{U_{\text{вых}}}{R_{\text{н}}} = \frac{E_{\Gamma}}{R_{\text{н}}} = \frac{500 \cdot 10^{-3}}{100} = 5 \text{ мА}$$

2. БТ ишчи нуқтаси:

$$I_{\text{э0}} \approx 1,3 \cdot I_{\text{н}} = 6,5 \text{ мА};$$

$$U_{\text{кэ0}} = U_{\text{э0}} = I_{\text{э0}} R_{\text{э0}} = U_{\text{ин}} / 2 = 9 / 2 = 4,5 \text{ В}$$

$$I_{\text{р0}} \approx I_{\text{э0}} = 6,5 \text{ мА}$$

$$R_{\text{э}} = U_{\text{э0}} / I_{\text{э0}} = 4,5 / 6,5 \cdot 10^{-3} = 0,69 \cdot 10^3 \text{ Ом} = 690 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{э}} = 680 \text{ Ом} \pm 10\%$$

3. База токи

$$I_{\text{б0}} = I_{\text{к0}} / h_{21\text{э}} = 6,5 \cdot 10^{-3} / 80 = 0,08125 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 81,3 \text{ мкА}$$

$$U_{\text{б0}} = U_{\text{бэ0}} + U_{\text{э0}} = 0,6 + 4,5 = 5,1 \text{ В}$$

4. Ишчи қобилиятини схемадаги стабилизациядан токдаги кучланишлар тақсимотидан, R1 ва R2 қаршилик маълумотларидан, база токи 10 мартаба катта эканини кўриш мумкин.

$$I_{\text{д}} = 10 \cdot I_{\text{б0}} = 10 \cdot 81,3 = 813 \text{ мкА}$$

5. R1 ва R2 қаршиликларни топсак

$$R1 = (U_{\text{ин}} - U_{\text{б0}}) / (I_{\text{д}} + I_{\text{б0}}) = (9 - 5,1) / (813 + 81,3) \cdot 10^{-6} = 0,00436 \cdot 10^6 \text{ Ом} = 4,36 \text{ кОм};$$

$$R1 = 4,4 \text{ кОм} \pm 10\%$$

$$R2 = U_{\text{б0}} / I_{\text{д}} = 5,1 / 813 \cdot 10^{-6} = 0,00627 \cdot 10^6 = 6,27 \text{ кОм}$$

$$R2 = 6,3 \text{ кОм} \pm 10\%$$

6. Ушбу қонуният орқали конденсатор сиғимини кўрадиган бўлсак

$$C1 > \frac{10}{2\pi f_{\text{н}}(R_{\Gamma} + R_{\text{ex}})}; \quad C2 > \frac{10}{2\pi f_{\text{н}}(R_{\text{вых}} + R_{\text{н}})};$$

$$R_{\text{ex}} = R_{\text{Б}} // R_{\text{ex.мп.}} \text{ ни топамиз}$$

$$R_{\sigma} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} = \frac{4,4 \cdot 6,3 \cdot 10^3}{4,4 + 6,3} = 2,591 \cdot 10^3 = 2591 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{ex.мп.}} = r'_{\text{Б}} + (r_{\text{э}} + R_{\text{э}} // R_{\text{н}})(h_{21\text{э}} + 1)$$

$$R_{\mathcal{O}} || R_{\mathcal{H}} = \frac{R_{\mathcal{O}} \cdot R_{\mathcal{H}}}{R_{\mathcal{O}} + R_{\mathcal{H}}} = \frac{680 \cdot 100}{680 + 100} = 87,18 \text{ Ом}$$

$$r_{\mathcal{O}} = 10,4 \text{ Ом};$$

$$r'_{\mathcal{B}} = 71,4 \text{ Ом};$$

Бундан

$$R_{\text{ex. mp.}} = 71,4 + (10,4 + 87,18)(80 + 1) = 7975,4 \text{ Ом}$$

Ега бўламиз.

$$R_{\text{ex}} = \frac{R_{\mathcal{B}} \cdot R_{\text{ex. mp.}}}{R_{\mathcal{B}} + R_{\text{ex. mp.}}} = \frac{2591 \cdot 7975,4}{2591 + 7975,4} = 1955,7 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{блх}} = R_{\mathcal{O}} // \left(r_{\mathcal{O}} + \frac{r'_{\mathcal{B}} + R_{\mathcal{I}} // R_{\mathcal{B}}}{h_{21\mathcal{O}} + 1} \right);$$

$$R_{\mathcal{I}} || R_{\mathcal{B}} = \frac{R_{\mathcal{I}} \cdot R_{\mathcal{B}}}{R_{\mathcal{I}} + R_{\mathcal{B}}} = \frac{3000 \cdot 2591}{3000 + 2591} = 1390,3 \text{ Ом}$$

$$r_{\mathcal{O}} + \frac{r'_{\mathcal{B}} + R_{\mathcal{I}} // R_{\mathcal{B}}}{h_{21\mathcal{O}} + 1} = 10,4 + \frac{71,4 + 1390,3}{81} = 28,4 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{блх}} = \frac{R_{\mathcal{O}} \cdot 28,4}{R_{\mathcal{O}} + 28,4} = \frac{680 \cdot 28,4}{680 + 28,4} = 27,26 \text{ Ом}$$

$$C1 > \frac{10}{2\pi f_{\mathcal{H}} (R_{\mathcal{I}} + R_{\text{ex}})} = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot 20(3000 + 1955,7)} = \frac{10}{622435,92} = 16,07 \cdot 10^{-6} = 16,07 \text{ мкФ}$$

$$C1 = 17 \text{ мкФ} \pm 10\%$$

$$C2 > \frac{10}{2\pi f_{\mathcal{H}} (R_{\text{блх}} + R_{\mathcal{H}})} = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot 20(27,26 + 100)} = \frac{10}{15983,856} = 625,6 \text{ мкФ}$$

$$C2 = 680 \text{ мкФ} \pm 10\%$$

Кучайтириш каскади асосий параметрлари ҳисоботи(УК)

Ток ва кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти :

$$K_I = \frac{(1 + h_{21\mathcal{O}})R_{\mathcal{O}}}{R_{\mathcal{O}} + R_{\mathcal{H}}} = \frac{(1 + 80) \cdot 680}{680 + 100} = 70,6$$

$$K_U = \frac{(1 + h_{21\mathcal{O}})(R_{\mathcal{O}} // R_{\mathcal{H}})}{R_{\text{ex}}} = \frac{(1 + 80) \cdot 87,18}{1955,7} = 3,61$$

Кучайтиргичдаги йўқотилган чегаравий частота чизиқлари:

$$f_{n1} = \frac{1}{2\pi C1(R_{\Gamma} + R_{\text{ex}})} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 17 \cdot 10^{-6} (3000 + 1955,7)} = \frac{10^6}{529070,532} = 1,89 \Gamma\text{ц},$$

$$f_{n2} = \frac{1}{2\pi C2(R_{\text{ex}} + R_{\text{H}})} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 680 \cdot 10^{-6} (27,26 + 100)} = \frac{10^6}{543451,104} = 1,84 \Gamma\text{ц},$$

Ички чегаравий частота чизиклари йўқотилган кучайтиргичларда f_{H}

$$f_{n1}, f_{n2}, f_{n3}$$

$$f_{\text{H}} \geq \max(f_{n1}, f_{n2}, f_{n3}).$$

$$f_{\text{H}} \geq 1,89 \Gamma\text{ц}$$

Частота соҳаси кичик частотали(шартли филтри киритилган) частотавий бузулишларни топсак,

$$M_{\text{H}N}(f) = \sqrt{1 + \left(\frac{f_{\text{H}N}}{f}\right)^2}, \text{ H}=1, 2, 3.$$

$$M_{n1}(20) = \sqrt{1 + \left(\frac{1,89}{20}\right)^2} = \sqrt{1,00893} = 1,0045$$

$$M_{n2}(20) = \sqrt{1 + \left(\frac{1,84}{20}\right)^2} = \sqrt{1,008464} = 1,0042$$

$$M(f)[\text{дБ}] = M_1(f)[\text{дБ}] + M_2(f)[\text{дБ}] + \dots + M_N(f)[\text{дБ}], \text{ десибелда.}$$

$$M(f) = 1,0045 + 1,0042 = 2,0087 \text{ дБ}$$

Конденсатор C_K^* сиғими транзисторнинг чиқиш занжири учун

$$C_{K\text{ экв}}^* = (K_u + 1)C_K^* = (3,61 + 1) \cdot 7 \cdot 10^{-12} = 32,27 \text{ нФ}$$

Тўғри чегаравий частота чизиклари йўқотилган кучайтиргич f_{B} ни

$$f_{\text{B}} \leq \min(f_{B1}, f_{B2}, f_{B3}, f_{B4}),$$

$$\begin{aligned} f_{B1} &= \frac{1}{2\pi(R_{\Gamma} \| R_{\text{ex}})C_K^*} = \frac{1}{2\pi \frac{R_{\Gamma} \cdot R_{\text{ex}}}{R_{\Gamma} + R_{\text{ex}}} C_K^*} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{3000 \cdot 1955,7}{3000 + 1955,7} \cdot 7 \cdot 10^{-12}} = \\ &= \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1183,9 \cdot 7 \cdot 10^{-12}} = \frac{10^{12}}{52044,244} = 19,21 \text{ МГц} \end{aligned}$$

$$f_{B2} = \frac{1}{2\pi(R_{\Gamma}||R_{\text{ex}})C_{\text{Э}}} = \frac{1}{2\pi \frac{R_{\Gamma} \cdot R_{\text{ex}}}{R_{\Gamma} + R_{\text{ex}}} C_{\text{Э}}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{3000 \cdot 1955,7}{3000 + 1955,7} \cdot 20 \cdot 10^{-12}} =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1183,9 \cdot 20 \cdot 10^{-12}} = \frac{10^{12}}{148697,84} = 6,7 \text{ МГц}$$

$$f_{B3} = \frac{1}{2\pi(R_{\text{H}}||R_{\text{блх}})C_{\text{H}}} = \frac{1}{2\pi \frac{R_{\text{H}} \cdot R_{\text{блх}}}{R_{\text{H}} + R_{\text{блх}}} C_{\text{H}}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{100 \cdot 27,26}{100 + 27,26} \cdot 0,1 \cdot 10^{-9}} =$$

$$= \frac{10^9}{2 \cdot 3,14 \cdot 21,42 \cdot 0,1} = \frac{10^9}{13,45176} = 74,3 \text{ МГц}$$

$$f_{B4} = f_{h_{21\text{э}}} = \frac{f_{\text{зп}}}{h_{21\text{э}}} = \frac{f \cdot |h_{21\text{э}}|}{\sqrt{h_{21\text{э min}} \cdot h_{21\text{э max}}}} = \frac{100 \cdot 2,5}{\sqrt{50 \cdot 350}} = \frac{250}{132,3} = 1,89 \text{ МГц};$$

$$f_B \leq 1,89 \text{ МГц}$$

Юқори частоталиларда еса,

$$M_{\text{эN}}(f) = \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_{\text{эN}}} \right)^2}, \text{ H}=1, 2, 3.$$

$$M_{\text{э1}}(f) = \sqrt{1 + \left(\frac{20 \cdot 10^3}{19,21 \cdot 10^6} \right)^2} = 1$$

$$M_{\text{э2}}(f) = \sqrt{1 + \left(\frac{20 \cdot 10^3}{6,7 \cdot 10^6} \right)^2} = 1$$

$$M_{\text{э3}}(f) = 1 \qquad M_{\text{э4}}(f) = 1$$

Ички чегаравий частота f_{H} учун частотавий бузулиш коэффициенти,

$$M(f) = M_1(f) \cdot M_2(f) \cdot M_3(f) = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

БТ учун кичик сигналли кучайтиргичларни ҳисоботи (УБ).

$$R_{\kappa} = 2\kappa O_M \pm 10\%$$

$$R_{\gamma} = 400 O_M \pm 5\%$$

$$R1 = 30\kappa O_M \pm 10\%$$

$$R2 = 5\kappa O_M \pm 10\%$$

$$C2 = 12_{MK} \Phi \pm 10\%$$

$$R_{\text{ex}} = R_{\gamma} // R_{\text{ex.мп.}}$$

$$R_{\text{блх}} \approx R_K = 2\kappa O_M$$

$$R_{\text{ex.мп.}} = h_{1\bar{1}6} = r_{\gamma} + (1 - h_{21\bar{6}})r'_B;$$

$$r_{\gamma} = 10,4 O_M;$$

$$r'_B = 71,4 O_M;$$

$$h_{1\bar{1}6} \approx \frac{h_{21\bar{9}}}{1 + h_{21\bar{9}}} = \frac{80}{81} = 0,99$$

$$R_{\text{ex.мп.}} = 10,4 + 71,4 \cdot (1 - 0,99) = 11,1 O_M$$

$$R_{\text{ex}} = \frac{R_{\gamma} \cdot R_{\text{ex.мп.}}}{R_{\gamma} + R_{\text{ex.мп.}}} = \frac{400 \cdot 11,1}{400 + 11,1} = 10,8 O_M$$

$$C1 > \frac{10}{2\pi f_n (R_{\Gamma} + R_{\text{ex}})} = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot 20(1000 + 10,8)} = 78,8_{MK} \Phi$$

$$C1 = 82_{MK} \Phi \pm 10\%$$

$$R_{\sigma} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{30 \cdot 5 \cdot 10^3}{30 + 5} = 4,23 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

$$C_B > \frac{10}{2\pi f_n R_B} = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 4,23 \cdot 10^3} = 18,8 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 18,8 \text{ мкФ}$$

$$C_B = 20 \text{ мкФ} \pm 10\%$$

Кучайтиргич каскадининг асосий параметрлари ҳисоботи.

Ток бўйича кучайтирганда унинг дифференциал параметри h_{21B} га мурожат қиламиз,

$$K_i \approx \frac{h_{21B} R_K}{R_K + R_H} = \frac{0,99 \cdot 2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3} = 0,283$$

$$K_U = h_{21B} \frac{R_K | R_H}{R_{\sigma} | R_{\text{ex. mp}}}$$

$$\text{бундан} \quad R_K | R_H = \frac{R_K \cdot R_H}{R_K + R_H} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3} = 1428,6 \text{ Ом}$$

$$R_{\sigma} | R_{\text{ex. mp.}} = \frac{R_{\sigma} \cdot R_{\text{ex. mp.}}}{R_{\sigma} + R_{\text{ex. mp.}}} = \frac{400 \cdot 11,1}{400 + 11,1} = 10,8 \text{ Ом}$$

$$K_U = 0,99 \frac{1428,6}{10,8} = 131$$

Кучайтиришнинг алоқадорлик коэффициенти:

$$K_{u \text{ cк8}} = \frac{U_{\text{вых}}}{E_{\Gamma}} = \frac{U_{\text{вых}}}{E_{\Gamma}} \frac{U_{\text{ex}}}{U_{\text{ex}}} = K_u \frac{U_{\text{ex}}}{E_{\Gamma}} = K_u \frac{R_{\text{ex}}}{R_{\Gamma} + R_{\text{ex}}} = 131 \cdot \frac{10,8}{1000 + 10,8} = 1,4$$

Кучайтиргичнинг йўқотилган чегаравий частота чизиқлари:

$$f_{n1} = \frac{1}{2\pi C1(R_{\Gamma} + R_{\text{ex}})} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 82 \cdot 10^{-6} (1000 + 10,8)} = \frac{10^6}{525008} = 1,92 \text{ Гц},$$

$$f_{n2} = \frac{1}{2\pi C2(R_{\text{вых}} + R_H)} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 12 \cdot 10^{-6} (2 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3)} = \frac{10^3}{527,52} = 1,84 \text{ Гц},$$

$$f_{n3} = \frac{1}{C_B \cdot R_{\sigma}} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-6} \cdot 4,23 \cdot 10^3} = 11,8 \text{ Гц},$$

Кучайтиргичнинг йўқотилган ички чегаравий частота f_n чизиқлари

f_{n1}, f_{n2}, f_{n3} дан максимал даражада юқори

$$f_n \geq \max(f_{n1}, f_{n2}, f_{n3}).$$

$$f_{\text{н}} \geq 11,8 \Gamma\text{ц}$$

Кичик частоталиларда,

$$M_{\text{нN}}(f) = \sqrt{1 + \left(\frac{f_{\text{нN}}}{f}\right)^2}, \text{ Н=1, 2, 3.}$$

$$M_{\text{н1}}(20) = \sqrt{1 + \left(\frac{1,92}{20}\right)^2} = \sqrt{1,009025} = 1,005$$

$$M_{\text{н2}}(20) = \sqrt{1 + \left(\frac{1,84}{20}\right)^2} = \sqrt{1,008464} = 1,004$$

$$M_{\text{н1}}(20) = \sqrt{1 + \left(\frac{11,8}{20}\right)^2} = \sqrt{1,3481} = 1,161$$

$$M(f)[\partial B] = M_1(f)[\partial B] + M_2(f)[\partial B] + \dots + M_N(f)[\partial B], \text{ десибелда.}$$

$$M(f) = 1,005 + 1,004 + 1,161 = 3,17 \text{ дБ}$$

Конденсатор C_K^* сиғими транзисторнинг чиқиш занжири учун

$$C_{K_{\text{эКБ}}}^* = (K_u + 1)C_K^* = (3,61 + 1) \cdot 7 \cdot 10^{-12} = 32,27 \text{ нФ}$$

Тўғри чегаравий частота чизиқлари йўқотилган кучайтиргич $f_{\text{в}}$ ни

$$f_B \leq \min(f_{B1}, f_{B2}, f_{h21\sigma}),$$

$$f_{B1} = \frac{1}{2\pi(R_{\Gamma} |R_{\text{эX}})(C_{\text{эн}} + C_{K_{\text{эКБ}}})} = \frac{1}{2\pi \frac{R_{\Gamma} \cdot R_{\text{эX}}}{R_{\Gamma} + R_{\text{эX}}}(C_{\text{эн}} + C_{K_{\text{эКБ}}})} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1000 \cdot 10,8}{1000 + 10,8} \cdot (20 + 32,27) \cdot 10^{-12}} =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 10,68 \cdot 52,27 \cdot 10^{-12}} = \frac{10^{12}}{3505,769} = 285 \text{ МГц}$$

$$f_{B2} = \frac{1}{2\pi(R_{\text{н}} |R_{\text{блX}})C_{\text{н}}} = \frac{1}{2\pi \frac{R_{\text{н}} \cdot R_{\text{блX}}}{R_{\text{н}} + R_{\text{блX}}}C_{\text{н}}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^3} \cdot 0,1 \cdot 10^{-9}} =$$

$$= \frac{10^6}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,43 \cdot 0,1} = \frac{10^6}{0,89804} = 1,1 \text{ МГц}$$

$$f_{h21\sigma} = \frac{f_{\text{зп}}}{h_{21\sigma}} = \frac{f \cdot |h_{21\sigma}|}{\sqrt{h_{21\sigma \min} \cdot h_{21\sigma \max}}} = \frac{100 \cdot 2,5}{\sqrt{0,98 \cdot 0,997}} = \frac{250}{0,988} = 253 \text{ МГц};$$

$$h_{21\sigma \min} = \frac{h_{21\sigma \min}}{1 + h_{21\sigma \min}} = \frac{50}{1 + 50} = 0,98$$

$$h_{21\sigma \max} = \frac{h_{21\sigma \max}}{1 + h_{21\sigma \max}} = \frac{350}{1 + 350} = 0,997$$

$$f_B \leq 1,1 M\Gamma\text{ц}$$

Юқори частоталиларда,

$$M_{\epsilon N}(f) = \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_{\epsilon N}}\right)^2}, \quad M_{\epsilon 1}(f) = \sqrt{1 + \left(\frac{20 \cdot 10^3}{285 \cdot 10^6}\right)^2} = 1$$

$$M_{\epsilon 2}(f) = \sqrt{1 + \left(\frac{20 \cdot 10^3}{1,1 \cdot 10^6}\right)^2} = 1 \quad H=1, 2, 3.$$

Частотавий бузилиш коэффициенти ички чегаравий частотаси f_H ,

$$M(f) = M_1(f) \cdot M_2(f) = 1 \cdot 1 = 1$$

Параметр	УЭ Схемасида	УБ Схемасида	УК Схемасида
$r_{BX \text{ Т}}, \text{Ом}$	913,8	11,1	797,5
$R_{BX}, \text{Ом}$	4266	10,8	1955,7
$R_{БЫХ}, \text{Ом}$	2000	2000	27,26
K_i	22,9	0,283	70,6
K_u	-137,4	131	3,61
$f_H, \Gamma\text{ц}$	$\geq 1,9$	$\geq 11,8$	$\geq 1,89$
$f_B, \Gamma\text{ц}$	$\leq 1,1 \cdot 10^6$	$\leq 1,1 \cdot 10^6$	$\leq 1,89 \cdot 10^6$

Натижа:

Хулоса:

Ўзгармас кучланиш манбаи ёрдамида таъминланадиган кучайтириш каскадларида киришга ўзгарувчан кучланиш берилганда, чиқишда ўзгарувчан кучланиш ҳосил қилишнинг моҳиятини билиш аҳамиятга ега.

R_1 ва R_2 резисторлар каскад учун тинчланиш ҳолат режимини таъминлайди. Биполяр транзисторни ток билан бошқарилишини ҳисобга олсак, бошқарувчи элементнинг тинчланиш ҳолати токи ($I_{кр}$), тинчланиш ҳолати учун база токининг берилиши билан таъминланади. R_1 резистор $I_{бр}$ токининг ўтиш занжирини ҳосил қилади, R_1 ва R_2 резисторлар биргаликда таъминлаш манбаининг "+" қутбига нисбатан базада $U_{бп}$ бошлангич кучланишини таъминлайдилар.

Кучайтиргичда бундай шарт, таъминлаш манбаи сарфлайдиган қувват, чиқиш қувватидан катта бўлгандагина амал қилар экан.

$$U_{ист} > U_{чик}$$

Адабиётлар

1. Ю.С. Забродин. «Промышленная электроника», М. Высшая школа, 1982г. 2-1 стр. 87-88
2. Б.С. Гершунский. «Справочник по расчету электронных схем». Киев. Изд. «Виша школа», 1983г. 2-1 стр 90-93
3. Б.С. Гершунский. «Основы электроники и микроэлектроники». Киев. Изд. «Виша школа», 1989г. 2-1 стр. 231-232
4. М.А. Балашов, Е.Б. Елагин и др. «Электронные и полупроводниковые устройства систем автоматического управления». Изд. «Машиностроение», Москва 1966г. 2-2 стр 95-96, 2-3 стр. 98-99