

O'zbekiston Respublikas Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
Abu Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti

“Elektronika va avtomatika” fakulteti

“Elektronika va asbobsozlik” kafedrası

“Analog va raqamli elektronika” fanidan

KURS

ISHI

Mavzu: “Past chastotali kuchaytirgichlarni hisoblash va
loyihalashtirish

Bajardi: III bosqich 103-
12 Meyliyeva Zebo

Teshirdi: Xaydarov A

TOSHKENT 2015

Tasdiqlayman

Kafedra _____ 201__yil “_____” _____ Kafedra mudiri

Kurs

loyihasi 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 _____

Mundarija

Kirish

1 Nazariy qism.

2 Hisoblash qismi

2.1 Tehnik masala tahlili

2.2 Struktura sxemasi sintezi

2.3 Prinsipial sxemani hisoblash va qurish

2.4 Qurilmani “Electronics Workbenche” dasturidagi tahlili

Xulosa

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati

Ilovalar

Kirish

Kundan kunga zamonaviy electron apparatlarni sxematexnik loyihalashni mashina usulidan foydalanishni kengayib borishiga qaramasdan, electron sxema loyihachilari har doimgi amaliyotlarda tipli uzellar va qurilmalar masalalarini taqribiy hisoblab, so'ngra olingan natijalar aniqligini Electronics Workbenche yoki tajriba yo'li bilan aniqlashtirishlariga to'g'ri kelmoqda.

Bu kurs loyihasida ham past chastotali kuchaytirgichlarni hisoblash avval dasturiy ta'minotsiz, so'ngra esa sxema natijalar aniqligini tekshirish maqsadida Electonics Workbenche dasturida loyihalshtiriladi.

Shunday qilib, bu kurs loyihasining maqsadi electron sxemalarni yig'ishni amaliy bilimlarini egallash va electron sxemani Electronics Workbenche dasturida modellashtirish tajribasini oshirishdan iborat. Bunga misol tariqasida Past chastotali kuchaytirgichni ko'ramiz. Texnik masalaning parametrlari berilgan.

1 Nazariy qismi.

Biz ushbu kurs loyihasini bajarish davomida bir nechta aktiv va passiv elementlardan foydalandik. Bular: resistor, kondensator, transistor va o'tkazgich similar. Bu kurs loyisida elektr zanjirida operatsion kuchaytirgich muhim o'rin egallaydi. Biz quyida ushbu elementlarga alohida to'xtalib tavsiflarini beramiz.

Kuchaytirgichlar va ularning turlari. Qurilmaga kiruvchi va undan chiquvchi signallarning fizik tabiatini va formasini o'zgartirmagan holda кириш сигналини сон жиҳатидан бир неча мартабага кучайтириш учун хизмат қилувчи элемент ***сигнал кучайтиргич*** деб аталади.

Бундай сигнал кучайтиргичлар пайдо бўлишининг асосий сабаби датчиклардан олинадиган чиқиш сигналларининг жуда заифлигидир (10^{-4} — 10^{-5} Вт). Сезгичлари унча ката бўлмаган чиқиш сигнали автоматик системалардаги ижрочи элементларни ишга тушира олмайди. Шунинг учун сигнални кучайтириш, яъни кириш сигнали қувватини ошириш муаъммоси пайдо бўлди.

Сигнал кучайтиргичлар ташқи энергия манбаининг турига қараб турларга бўлинади. Бундай кучайтиргичлар

статик **характеристикаси** **ва** **кучайтириш**
коэффициентлари билан бир-биридан фарқ қилади.

Кучайтириш коэффициенти ва ташқи энергия манбаининг қуввати кучайтиргичларни **характерловчи асосий параметрлар** ҳисобланади.

Кучайтириш коэффициенти қуйидагича ифодаланади:

$$K_y = \frac{X_q}{X_k}$$

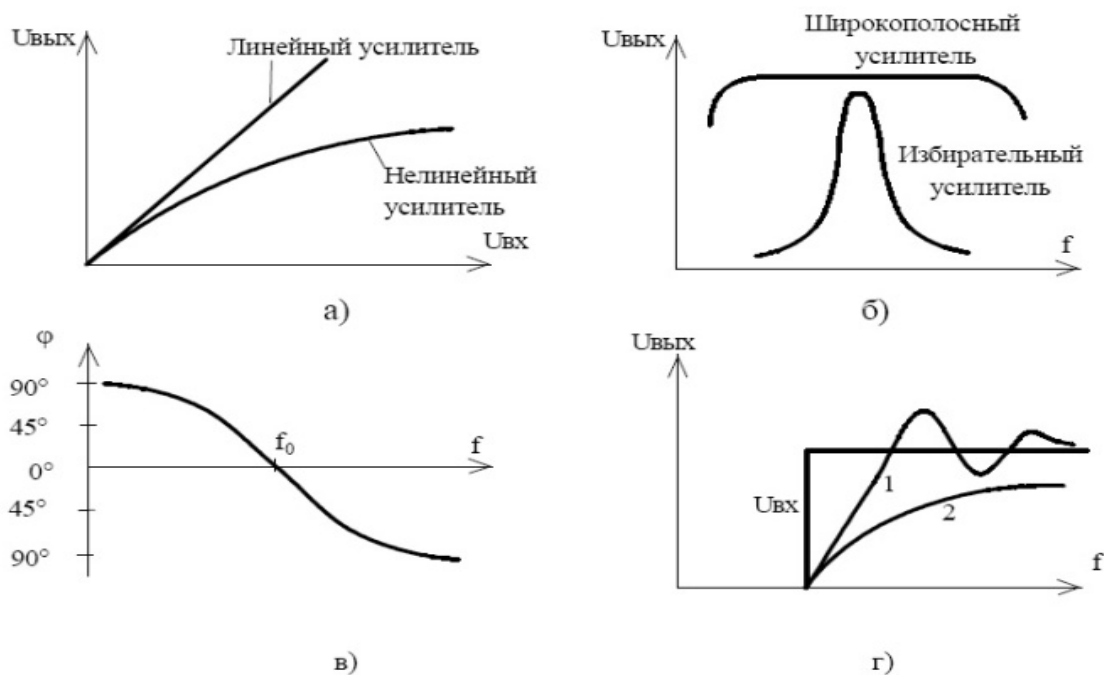
бунда X_q — кучайтиргичнинг чиқишидаги сигнал, X_k — кучайтиргичнинг киришидаги сигнал.

Электрик сигнал кучайтиргичларнинг кучайтириш коэффициенти сигналнинг қувват P , ток (I) ёки кучланиш U орқали ифодаланиши мумкин, улар мос равишда **қувват бўйича кучайтириш коэффициенти**, **ток бўйича кучайтириш коэффициенти** ва **кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти** деб аталади. Барқарор режимлардаги чиқиш сигнали X_q билан кириш сигнали X_k орасидаги боғланиш $X_q = f(X_k)$ сигнал кучайтиргичларнинг **статик характеристикаси** деб аталади.

Паст частотали кучайтиргичлар (УНЧ) деб, кириш сигналларини қувват ёки кучланиш бўйича кучайтиришга мўлжалланган ва 20 - 20000 Гц (овоз) частотаси билан ўзгарадиган қурилмаларга айтилади.

Доимий ток кучайтиргичлари (УПТ) деб, секин ўзгарадиган сигналларни ва ноль частотали ўзгармас кириш сигналларини кучайтираётган сигналлар эгри чизиғи формасини сақлаб қолган ҳолда кучайтирадиган қурилмага айтилади.

Кучайтиргичнинг асосий параметрлари қуйидагилардан иборат:



Ток бўйича кучайтириш коэффициент- ток бўйича, K_I
кучланиш бўйича K_u ва қувват K_P , бўйича

$$K_I = \frac{\Delta I_{\text{ч}}}{\Delta I_{\text{к}}} \quad K_U = \frac{\Delta U_{\text{ч}}}{\Delta U_{\text{к}}} \quad K_P = \frac{\Delta P_{\text{ч}}}{\Delta P_{\text{к}}}$$

Бу ерда $I_{\text{ч}}$, $I_{\text{к}}$, $U_{\text{ч}}$, $U_{\text{к}}$, $P_{\text{ч}}$, $P_{\text{к}}$ – кучайтиргичга кириш ва чиқиш ток, кучланиш ва қувватнинг қийматлари.

Кучайтиргичларнинг *асосий* *характеристикалари*

қуйидагилардан иборат:

1 - расм

Амплитудавий характеристика — $U_{\text{ч}} = \varphi(U_{\text{к}})$ боғланиш

билан баҳоланади, бунда чиқиш сигнаlines катталиги кириш сигнаlines катталигига боғлиқ бўлади.

Амплитуда – частотали характеристика (АЧХ) —

$U_{\text{ч}} = \varphi(f)$ бунда чиқиш сигнаlines катталиги кириш сигнаlines частотасига боғлиқ бўлади. (амалда паразит сиғимлар ва қўшимча индуктивликлар таъсирида ҳамма частоталар бир хил кучаумайди.)

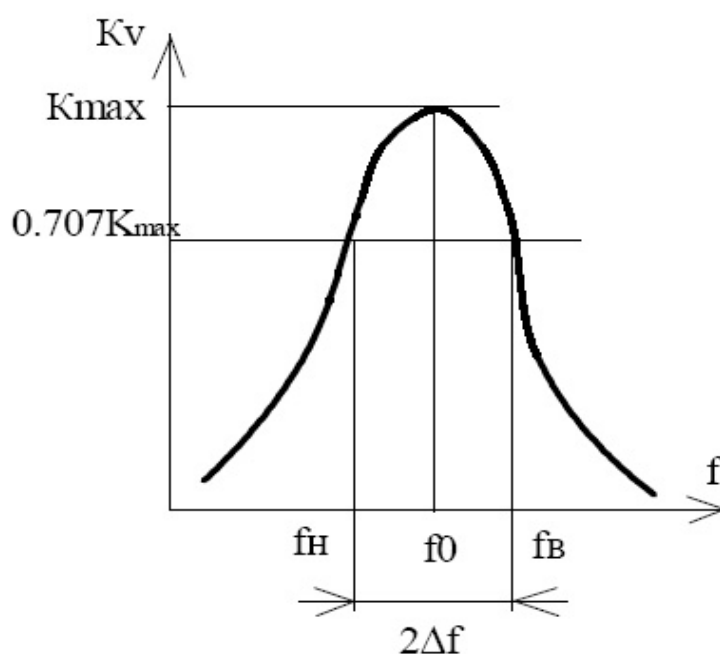
Фазово - частотали характеристика — $U_{\text{ч}} = \lambda(f)$ бунда

чиқиш сигнаlines фаза силжиш бурчагини кириш сигнаlines фаза силжиш бурчага боғлиқлигига айтилади

Ўтиш характеристикаси — кучайтиргични кириш
сигналининг сакрашига бўлган муносабатига
айтилади.

Кучайтиргичларнинг ўтказиш полосаси (полоса
пропускания) $2\Delta f$ – кучайтиргични
частотали характеристикасини
белгилайди. (ўлчашда $0,707 \cdot K_{\max}$)

$$2\Delta f = f_{\text{б}} - f_{\text{п}}$$



2 - расм

Тушинишга осон бўлиши учун кўпинча амплитуда –
частотали характерситка (АЧХ) қуйидагича нисбий
катталикларда кўрсатилади.

$$K(f) = \frac{K(f)}{K_{\max}}$$

Бунда $K(f)$ f – частотадаги кучайтириш коэффиценти. K_{\max} – максимал кучайтириш коэффиценти

Кучайтиргичларнинг кириш ва чиқиш қаршиликлари

комплекс характерга эга ва частотага боғлиқ функция ҳисобланади.

$$Z_q(f) = \frac{U_q(f)}{I(f)_q} \qquad Z_x(f) = \frac{U_x(f)}{I(f)_x}$$

Кучайтиргичларнинг чиқиш қуввати – нагрускада ажралиб чиқадиган қувват.

Кучайтиргичда сигналларнинг бузилиши (Искажения сигналов в усилителе) кириш сигналларининг формасини чиқиш сигнали формасига нисбатан бузилишига айтилади улар икки хил кўринишда бўлади. Статистик (нелинейные) ва динамик(линейные).

Статистик (нелинейные) бузилиш кучайтиргичнинг волт ампер характеристикасининг чизиқли бўлмаган жойида ишлаши натижасида юзага келади ва кучайтиргичнинг чизиқли бузилиш коэффиценти билан бахоланади.

Кучайтиргичларнинг тезкорлигига ҳам катта аҳамият берилади. Бу уларнинг динамик характеристикаси $X_q(t)$ асосида ёки вақт доимийси T (с) бўйича аниқланади. Электрон ва яримўтказгичли кучайтиргичлар энг юқори тезкорликка эга.

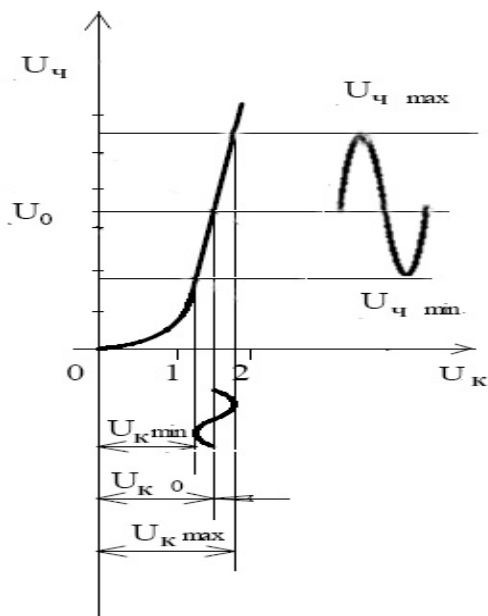
$$K_q = \sqrt{\frac{A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_n^2}{A_1}}$$

A_n – амплитуданинг n чи гармоникаси A_1 - амплитуданинг 1 чи гармоникаси

Чиқиш босқичларининг вазифаси – сигналнинг берилган (етарлича катта) қувватини бузилишларсиз паст омли юкламага узатишни таъминлаш. Одатда кўп босқичли кучайтиргичларда улар чиқиш босқичлари ҳисобланадилар. Кучланиш бўйича кучайтириш коэффиценти чиқиш босқичлари учун иккинчи даражали параметр ҳисобланади. Шу сабабли асосий параметрлар бўлиб қуйидагилар ҳисобланади: **фойдали иш коэффиценти η** ва **ночизиқли бузилишлар коэффиценти K_{Γ}** .

Фойдали иш коэффициенти чиқиш сигнали қувватини манбадан тортиб олинаётган қувватга нисбатига тенг:

$$\eta = \frac{1}{2} \frac{U_{\text{ЧИК}m} I_{\text{ЧИК}m}}{E_M I_{\text{ЎРТ}}}, \quad (6.8)$$



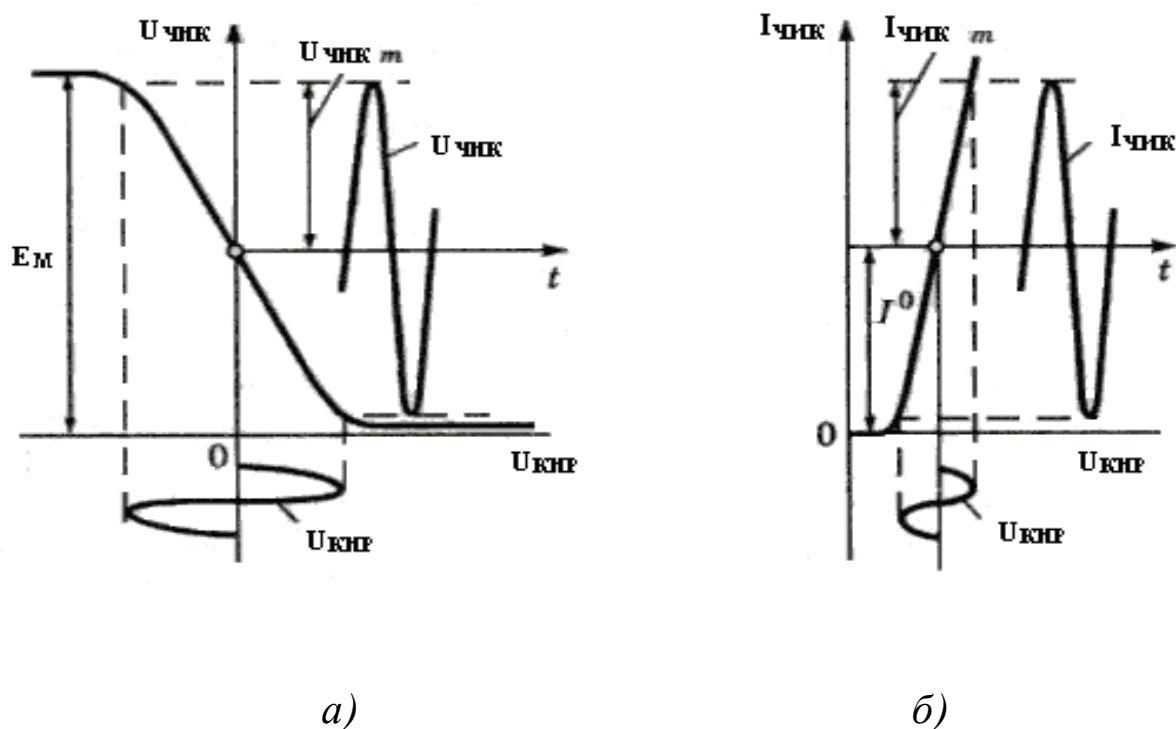
бу ерда $I_{\text{чиқ.т}}$, $U_{\text{чиқ.т}}$ – чиқиш катталиклар амплитудаси, E_M – кучланиш манбаи, $I_{\text{ЎРТ}}$ – ўртача ток.

Ночизикли бузилишлар коэффициенти чиқиш сигнали шаклининг кириш сигнали шаклидан фарқини ифодалайди. Бу фарқ босқичнинг узатиш характеристикасининг ночизиклиги сабабли юзага келади. Кучайтиргич босқичи узатиш характеристикалари чиқиш катталигини ($I_{\text{ЧИҚ}}$ ёки $U_{\text{ЧИҚ}}$) кириш катталигига ($I_{\text{КИР}}$ ёки $U_{\text{КИР}}$) боғлиқлигини ифодалайди..

η ва K_T катталиклари кўп ҳолларда транзисторнинг сокинлик режими– кучайтириш синфи билан аниқланади. Шу сабабли қувват кучайтиригичларида қўлланиладиган кучайтиргич синфларини кўриб чиқамиз.

Узатиш характеристикасидаги ишчи нуқта (сокинлик нуқтаси) ҳолатига кўра ***A, B, AB*** ва ***бошқа кучайтириш синфлари*** мавжуд.

A режимда сокинлик режимда ишчи нукта узатиш характеристикаси квазичизиқ соҳа ўртасида жойлашади (4 - расм).



4 - расм

Кириш сигналнинг иккала ярим даври узатиш характеристикасининг квазичизиқ соҳасида жойлашганлиги сабабли ночизиқли бузилишлар энг кичик ($K_r \leq 1\%$) бўлади.

Расмдан кўриниб турибдики, агар

$U_{\text{ЧНК.m}} = \frac{1}{2} E_M$; $I_{\text{ЧНК.m}} = I_{\text{ўРТ}}$ бўлса, у ҳолда (6.8)ни ўрнига қўйиб,

қуйидагини оламиз

$$\eta = \frac{1}{4}, \text{ (яъни } 25 \text{ \%)}.$$

В режимда сокинлик режимидаги ишчи нуқта транзисторнинг берк ҳолатига мос келувчи квазичизиқ соҳа чегарасида жойлашади. Транзистор фақат мусбат ярим давр мобайнида очик ҳолатда бўлади (5 – расм).

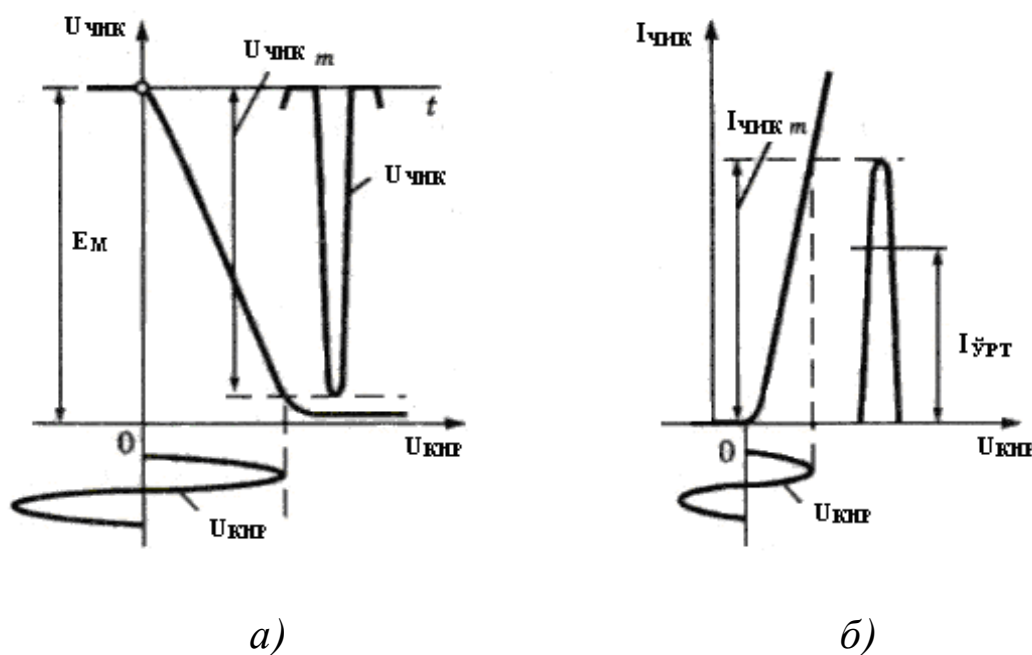
В режимда K_T 70 % атрофида бўлади. (6.8) ифодага E_M ва $I_{\dot{y}PT} = \frac{2}{\pi} I_{чик.m}$ ларни қўйиб, қуйидагини ҳосил қиламиз

$$\eta = \frac{\pi}{4} \text{ (яъни 78 \%)}.$$

В режимда ночизиқли бузилишларни камайтириш мақсадида мусбат ярим даврни, иккинчиси – манфий ярим даврни кучайтирадиган, иккита кучайтиргичдан ташкил топган **икки тактли схема** қўлланилади.

АВ синфи А ва В синфлари оралиғидаги ҳолатни эгаллайди ва икки тактли қурилмаларда қўлланилади. Бу ерда сокинлик режимида бир транзистор берк бўлганда, иккинчиси очилиш арафасида бўлади, лекин бу ҳолат асосий ишчи ярим даврни кичик инерцияга эга бўлган ВАХ соҳасига олиб чиқишга имкон яратади. η коэффициент А синфига нисбатан юқори, $K_T \leq 3$ % бўлади.

Ночизикли бузилишларни камайтириш ва кучайтириш коэффициентини температуравий барқарорлигини ошириш мақсадида кучайтиргич босқичига манфий тескари алоқа киритилади.



5 - расм

Тескари алоқа деб чиқишдаги ёки бирор оралиқ звено қурилмаси чиқишидаги энергиянинг бир қисмини унинг киришига узатишга айтилади. Бунинг учун схемага махсус занжир киритилади ва у тескари алоқа занжири деб аталади. Бу занжир кучайтиргич чиқишидаги қувватнинг бир қисмини унинг киришига узатишга хизмат қилади. Бир босқични ўз ичига оладиган тескари алоқа – **маҳаллий**, кўпбосқичли

кучайтиргичнинг баърини ўз ичига оладиган тескари алоқа - *умумий* деб аталади.

Тескари алоқанинг мавжудлиги қурилма чиқишидаги сигналнинг, демак кучайтириш коэффициентининг ҳам ортиши ёки камайишига олиб келиши мумкин. Биринчи ҳолатда кириш сигнали фазаси билан тескари алоқа сигнали фазалари бир – бирига мос келади ва уларнинг амплитудалари кўшилади – бундай тескари алоқа *мусбат тескари алоқа* деб аталади. Иккинчи ҳолатда эса фазалар тескари бўлиб, амплитудалар бир - биридан айирилади – бундай тескари алоқа *манфий тескари алоқа* деб аталади.

Кучайтиргичларда фақат манфий тескари алоқа (МТА) қўлланилади. МТА нинг киритилиши сигнал кучайишини камайтиради, лекин параметрларнинг барқарорлиги ортади ва ночизикли бузилишлар камаяди.

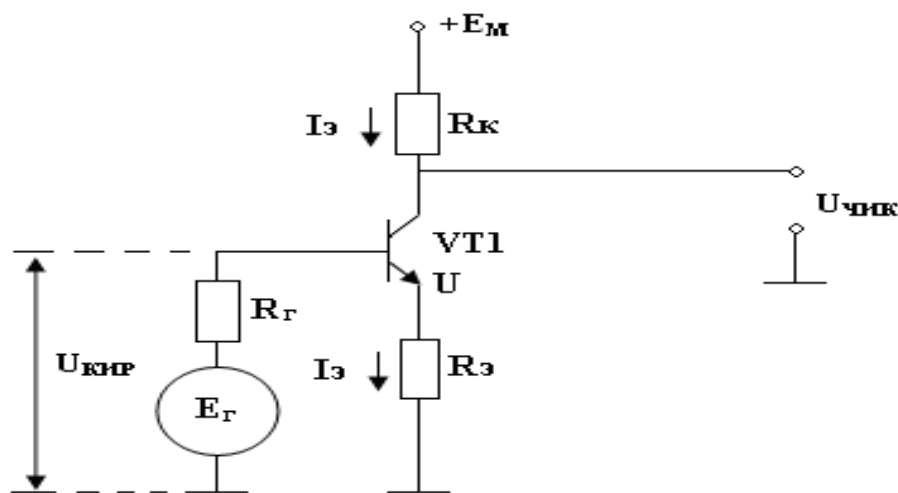
6 – расмда манфий тескари алоқали бир босқичли кучайтиргич схемаси келтирилган.

Бу ерда МТА эмиттер занжирига R_9 резистор киритилиши билан амалга оширилган. Кириш кучланиши $U_{\text{КИР}}$ ортиши билан эмиттер токи ортади, шу сабабли R_9

резисторда кучланиш пасайиши ҳам ортади: $U_{\text{Э}} = I_{\text{Э}} R_{\text{Э}}$, чунки база- эмиттер ўтишида кучланиш кириш кучланишига нисбатан кичик бўлади $U_{\text{БЭ}} = U_{\text{КИР}} - U_{\text{Э}}$.

Кириш ва $R_{\text{Э}}$ резистордаги кучланишиларнинг ўзгариши бир - бирига тенг деб ҳисоблаш мумкин, яъни база-эмиттер кучланиши ўзариши $\Delta U_{\text{БЭ}}$ ни ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

$R_{\text{Э}}$ орқали оқиб ўтаётган ток $R_{\text{К}}$ дан ҳам оқиб ўтади, демак, бу токнинг ўзгариши коллектордаги резисторда эмиттердаги резистордагига нисбатан $R_{\text{К}} / R_{\text{Э}}$ марта катта кучланиш ортишига олиб келади



6 – расм.

Агар $\Delta U_{\text{Э}} = \Delta U_{\text{КИР}}$ ни инобатга олсак

$$K_U = \frac{\Delta U_{\text{ЧИК}}}{\Delta U_{\text{КИР}}} = -\frac{R_{\text{К}}}{R_{\text{Э}}}$$

Бу ифодада транзисторнинг токка боғлиқ бўлган параметрлари кирмайди. Шу сабабли, коллектор токи эмиттер токидан анча фарқ қилишини ҳисобга олсак, МТА ли кучайтиргичнинг кучланиш бўйича кучайтириш коэффиценти кам миқдорда бўлса ҳам ток қийматига боғлиқ бўлади

$$K_U = -\frac{SR_K}{1 + SR_{\mathcal{O}}}$$

Кучайтиргич кириш қаршилиги қиймати $r_{KIP} = r_{BЭ} + \beta R_{\mathcal{O}}$ МТА ҳисобига ортади. Чиқиш қаршилиги эса манфий тескари алоқа ҳисобига секин ортади ва R_K қийматига интилади.

2 Hisoblash qismi.

2.1 Texnik masala tahlili.

Past chastotali kuchaytirgichlar (PCHK) uzluksiz davriy signallarni kuchaytirish uchun xizmat qiladi. U 10Gh dan 100kGh oralig'idagi chastotada yotadi. Xullas, PCHK ning vazifasi berilgan qarshilikda oxirgi yuklamali qurilma talab qilayotgan quvvatdan kuchaytirilayotgan signalni olishdan iborat.

Zamonaviy PCHK bipolyar va maydonli tranzistorlardan diskret va integral holda tayyorlanmoqda.

Texnik masalani tahlil etish jarayonida PCHK ga kirayotgan signal quvvatini quyidagi formula orqali aniqlash mumkin:

$$P_{BX} = \frac{U_{BX}^2}{4R_{\Gamma}}, (1.1.1)$$

Bu yerda R_{Γ} - signal manbasi qarshiligi

U_{BX} - ta'sir etuvchi signal manbayi kuchlanishi

$$P_{ax} = \frac{(20 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 20} = 5 \cdot 10^{-6} (Bm)$$

Kuchaytirgichning umumiy quvvatidan talab qilinayotgan kuchaytirish koeffitsienti formulasi quyidagicha:

$$K_{Pum} = \frac{P_{chiq}}{P_{kir}}, (1.1.2)$$

bunda P_{chiq} - texnik masalada berilgan kuchaytirgichning chiqish quvvati

$$K_{Pobuy} = \frac{3}{5 \cdot 10^{-6}} = 0.6 \cdot 10^6$$

Kuchaytirgichning umumiy quvvatidan talab qilinayotgan kuchaytirish koeffitsienti detsibellda quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$K_{\text{Po6u}}[\text{дБ}] = 10 \lg K_{\text{Po6u}} \quad (1.1.3)$$

$$K_{\text{Po6u}}[\text{дБ}] = 10 \lg(0.6 \cdot 10^6) \approx 58$$

2.2 Struktura sxemasi sintezi.

Texnik masalaning tahlilidan shuni ko'rish mumkinki, Past chastotali kuchaytirgichning chiqishida kuchli oxirgi kaskad bo'lishi kerak.

Chiqish signalining quvvati 50mW bo'lganligi uchun, A sinfga mansub bo'lgan oxirgi kuchaytiruvchi kaskad qo'yish maqsadga muvofiqdir.

Shuning uchun chiqishda B rejimda ishlovchi, transformersiz ikkitaktli kuchaytiruvchi kaskad tanlangan. Bu rejimning foydali ish koeffitsienti yuqori bo'lganligi uchun kaskadni yahshi tejaydi. Transformatorning yo'qligi past nochiziqli siljishlarni yuzaga keltiradi. Kuchli tranzistorlardan tayyorlangan ikkitaktli transformersiz kaskad 30dB gacha kuchaytirish imkoniyatiga ega.

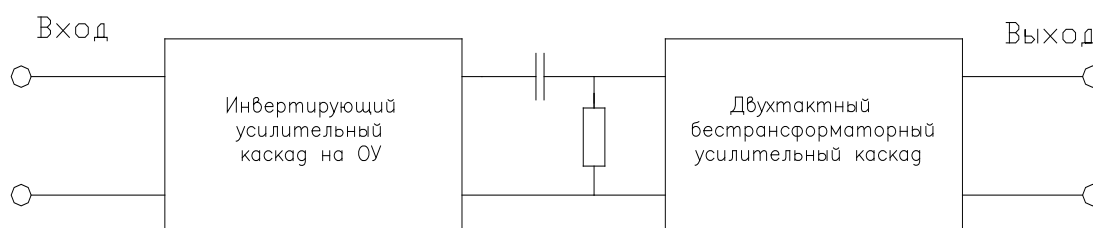
Kirish kaskadi sifatida asosida integral operatsion kuchaytirgich bo'lgan invertorlovchi kuchaytirgich olingan. Bu kaskad foydalanilayotgan mikrosxemaning tipiga qarab 60 va undan yuqori detsibellgacha

kuchaytirib berishi mumkin. Bundan tashqari operatsion kuchaytirgichdagi inverterlovchi kaskad umumiy kuchaytirgichning kirish qarshiligini keng diapazonda o'zgartirishi mumkin.

Kirish va chiqish kaskadlarining yahshi kuchaytirish qobiliyati sababli, qo'shimcha oraliq kuchaytirish kaskadlarning keragi yo'q.

Kirish va chiqish kaskadlarini ulashda RC- zanjiridan foydalaniladi.

Past chastotali kuchaytirgichning struktura sxemasi 1- rasmda keltirilgan.



1-rasm. Past chastotali kuchaytirgichning struktura sxemasi.

2.3 Prinsipial sxemani qurish va hisoblash.

Past chastotali kuchaytirgich prinsipial elektr sxemasi B ilovada ko'rsatilgan. Hisoblash jarayonida xar hil yelkalardagi tranzistorlarning parametrlari bir xilligi inobatga olinadi.

Manbaa kuchlanishi kattaligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$E_K = \sqrt{8P_{\text{ВЫХ}} R_H} + 1, (1.3.1)$$

$$E_K = \sqrt{8 \cdot 3 \cdot 4} + 1 = 10.8(B)$$

VT3 va VT4 oxirgi tranzistorlarning kollektor tokining maksimal qiymati quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$I_{K \max \text{расч}} = \frac{E_K}{2R_H} \quad (1.3.2)$$

$$I_{K \max \text{расч}} = \frac{10.8}{2 \cdot 4} = 1.35(A)$$

Sharoitdan kelib chiqib, tinchlikdagi tokning qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$I_{Kp} \approx (0.01 \dots 0.02) I_{K \max \text{расч}} \quad (1.3.3)$$

$$I_{Kp} \approx 0,027(A)$$

Har bir so'nggi tranzistordagi kollektor o'tishdagi maksimal quvvat:

$$P_{K \max \text{расч}} = \frac{E_K^2}{4\pi^2 R_H} \quad (1.3.4)$$

$$P_{K \max \text{расч}} = \frac{10.8^2}{4\pi^2 \cdot 4} = 2.32(Bm)$$

VT3 va VT4 oxirgi tranzistorlarni hisoblashlardan olingan E_K , $I_{k.\max.hix}$, $P_{k.\max.xis}$ va berilgan texnik masaladagi f_b ni hisobga olgan holda va quyidagilarga asoslanib tanlanishi kerak:

$$U_{KЭ\max} > E_K \quad (1.3.5)$$

$$P_{K_{\max}} > P_{K_{\max \text{ расч}}} \quad (1.3.6)$$

$$I_{K_{\max}} > I_{K_{\max \text{ расч}}} \quad (1.3.7)$$

$$f_{h_{21\theta}} \geq 2f_B \quad (1.3.8)$$

Bu talablarni KT825 va KT827 tranzistorlari qoniqtirishadi:

$$100B > 10.8B$$

$$125Bm > 2.32Bm$$

$$20A > 1.35A$$

$$4M\Gamma\vartheta \geq 15\kappa\Gamma\vartheta$$

Oxiridan avvalgi tranzistorning maksimal toki qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{K_{\max \text{ расч. пред}}} = \frac{I_{K_{\max \text{ расч}}}}{h_{21\theta \text{ min}}}, \quad (1.3.9)$$

bunda $I_{K_{\max \text{ расч}}}$ - oxirgi tranzistorlarning kollektor tokining maksimal qiymati.

$h_{21\theta \text{ min}}$ - oxirgi tranzistorlarning tok o'tkazish koeffitsientining minimal qiymati.

$$I_{K_{\max \text{ расч. пред}}} = \frac{1.35}{750} = 1.8 \cdot 10^{-3} (A)$$

Har bir oxiridan avvalgi tranzistorlarning kollektor o'tishida yutilatotgan maksimal quvvat quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$P_{K \max \text{расч.пред}} = \frac{P_{K \max \text{расч}}}{h_{21Э \min} \left(1 - \frac{0,9}{R_2 I_{K \max \text{расч.пред}}}\right)} \quad (1.3.10)$$

$$P_{K \max \text{расч.пред}} = \frac{2.32}{750 \cdot \left(1 - \frac{0,9}{1000 \cdot 0,0018}\right)} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ (Вт)}$$

VT3 va VT4 oxirgi tranzistorlari hisoblashlardan olingan E_k , $I_{k \max \text{.xis}}$, $P_{k \max \text{.xis}}$ va berilgan texnik masaladagi f_b ni hisobga olgan holda quyidagi shartlarni bajaradigan qilib tanlanadi:

$$U_{KЭ \max \text{.пред}} > E_K \quad (1.3.11)$$

$$P_{K \max \text{.пред}} > P_{K \max \text{расч.пред}} \quad (1.3.12)$$

$$I_{K \max \text{.пред}} > I_{K \max \text{расч.пред}} \quad (1.3.13)$$

$$f_{h21Э \text{.пред}} \geq 5f_B \quad (1.3.14)$$

Bu talablarni KT825 va KT827 tranzistorlari mutloq qoniqtiradi:

$$125 > 10.8$$

$$125 \text{ Вт} > 6 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$

$$20 \text{ А} > 1.8 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$4 \text{ МГц} \geq 75 \text{ кГц}$$

C5 ajratuvchi kondensatorning sig'imi quyidagicha aniqlanadi:

$$C5 \geq \frac{1}{\pi f_H R_H}, \quad (1.3.15)$$

bunda f_H – pastki chegaraviy chastota;

$$C5 \geq \frac{1}{\pi \cdot 20 \cdot 4} \approx 3900(\text{mk}\Phi)$$

C5 ajratuvchi kondensatorning nominal qiymati ГOCT 10318-80 ga ko'ra 4000mkF qilin olinadi.

R7 va R8 rezistorlarning qarshiligi 100 omdan qilib olinadi va Electronics Workbenche dasturida loyihalashtirilayotganda aniqlashtiriladi.

Past va yuqori chastota joylaridagi kaskadning chastota siljishi quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$M_{H.pacq.1} = \sqrt{1 + \left(\frac{1}{2\pi f_H R_H C5} \right)^2} \quad (1.3.16)$$

$$M_{B.pacq.1} = \sqrt{1 + \left(\frac{f_B}{f_{h21\Theta}} \right)^2}, \quad (1.3.17)$$

bunda f_B – yuqori chastota chegarasi.

$$M_{H.pacq.1} = \sqrt{1 + \left(\frac{1}{2\pi \cdot 20 \cdot 4 \cdot 3900 \cdot 10^{-6}} \right)^2} = 1,06(\partial B)$$

$$M_{B.pacq.1} = \sqrt{1 + \left(\frac{15000}{4 \cdot 10^6} \right)^2} = 1(\partial B)$$

Ikkitaktli transformersiz kaskadning kirish toki quyidagicha aniqlanadi::

$$I_{BX} = \frac{I_{K \max \text{расч.пред}}}{h_{21Э \min}}, \quad (1.3.18)$$

bunda $I_{K \max \text{расч.пред}}$ - oxiridan avvalgi tranzistorlar tokining maksimal qiymati.

$$I_{ex} = \frac{1.8 \cdot 10^{-3}}{750} = 2.4 (\mu A) \approx 0,01 mA$$

R4-R5-R6 bo'luvchi toki quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$I_D = (5 \dots 10) I_{BX} \quad (1.3.19)$$

$$I_o = 0,1 mA$$

R5 rezistorning qarshilik qiymati quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$R5 = \frac{U_{R5}}{I_D} = \frac{U_{БЭ1} + U_{БЭ2} + U_{БЭ3}}{I_D}, \quad (1.3.20)$$

Bu yerda I_D –R4-R5-R6 bo'luvchining toki;

$U_{БЭ1}$, $U_{БЭ2}$, $U_{БЭ3}$, - kirish xarakteristikalari orqali aniqlangan tranzistorlarning emitter o'tishidagi ko'chish kuchlanishi.

$$R5 = \frac{1B + 1B + 0,8B}{10^{-4} A} = 28 \kappa Om$$

VT1 va VT2 kollektor o'tishlar ko'chish kuchlanishining minimal nohiziqli siljishi ta'minlash uchun ular teng bo'lishi kerak. Bu tranzistorlarning h_{21e} va I_{b0} parametrlari bir xil bo'lganligidan quyidagi munosabatlar o'rinli:

$$U_{R4} + U_{R5} + U_{R6} = E_K \quad (1.3.21)$$

$$U_{KЭ} + U_{R5} + (U_{KЭ} + U_{R8}) = E_K \quad (1.3.22)$$

$$2U_{KЭ} + U_{R5} + I_{K\max\text{расч.пред}} \cdot R8 = E_K \quad (1.3.23)$$

Shunday qilib, VT1 va VT2 tranzistorlardan xoxlagan birining kollektor o'tishidagi ko'chish kuchlanishi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$U_{KЭ} = \frac{E_K - I_{K\max\text{расч.пред}} \cdot R8 - U_{R5}}{2}, \quad (1.3.24)$$

bunda U_{R5} - R5 rezistordagi kuchlanishning tushishi.

$$U_{KЭ} = U_{R4} = \frac{11 - 1.8 \cdot 10^{-3} \cdot 100 - 2,8}{2} = 4.01(B)$$

R4 va R6 qarshiliklar o'z navbatida quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$R4 = \frac{U_{KЭ}}{I_D} \quad (1.3.25)$$

$$R4 = \frac{4.01}{10^{-4}} = 40.1(kOm)$$

$$R6 = \frac{U_{KЭ} + U_{R8}}{I_D} = \frac{U_{KЭ} + I_{K\max\text{расч.пред}} \cdot R8}{I_D} \quad (1.3.26)$$

$$R6 = \frac{4.01 + 1.8 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{10^{-4}} = 41,9 (\kappa Om)$$

Hisoblashlarda R4 va R6 qarshiliklarning qiymati taxminan teng.
ГОСТ 10318-80 bo'yicha eng yaqin nominal qiymat 50 kOm.

C4 kondensatorning sig'imi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$C4 = \frac{1}{2\pi \cdot f_H \cdot 0,1 \cdot R5}, (1.3.27)$$

bunda f_H - PCHK ning pastki chegaraviy chastotasi.

$$C4 = \frac{1}{2\pi \cdot 20 \cdot 0,1 \cdot 28 \cdot 10^3} = 2,8 (mk\Phi)$$

ГОСТ 10318-80 C4 ning eng yaqin nominal qiymati 3 mkF.

Ikkitaktli chiquvchi kaskadning kiruvchi qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{BX} = \frac{U_{BX}}{I_{BX}} = \frac{U_{R5} + U_{R6}}{I_{BX}} = \frac{I_D (R5 + R6)}{I_{BX}} (1.3.28)$$

$$R_{ex} = \frac{10^{-4} \cdot (28 + 41,9) \cdot 10^3}{10^{-5}} = 699 \cdot 10^3 (Om)$$

R3 rezistorning qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$R3 = \frac{R_{BX} \cdot R_{H.min}}{R_{BX} - R_{H.min}} (1.3.29)$$

bunda R_{BX} - ikkitaktli oxirgi kaskadning kirish qarshiligi;

$R_{H.min}$ - operatsion kuchaytirgich yuklama qarshiligining optimal qiymati.

$$R3 = \frac{699 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3}{699 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^3} = 2 \cdot 10^3 (OM)$$

R3 qarshilikning bunday qiymati ikkitaktli chiquvchi kaskadning talab qilayotgan kirish qarshiligi bilan ta'minlashdan iboratdir. Bunda $R3 // R_{kir} = R_{H.min}$ bo'lishi kerak.

C3 kondensatorning sig'imi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$C3 = \frac{1}{(R_{\text{ЭК}} + R_{H.min}) 2\pi \cdot f_H \cdot \sqrt{M_H^2 - 1}} = \frac{1}{2R_{H.min} \cdot 2\pi \cdot f_H \cdot \sqrt{M_H^2 - 1}}, \quad (1.3.30)$$

bunda $R_{\text{ЭК}} = R3 \parallel R_{BX}$;

f_H – pastki chastota chegarasi;

M_H - chastota siljishi koeffitsienti ($M_H = 1.01$ dB deb beramiz);

$R_{H.min}$ - operatsion kuchaytirgich yuklama qarshiligining optimal qiymati.

$$C3 = \frac{1}{2 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 2\pi \cdot 20 \cdot \sqrt{1,01^2 - 1}} = 0.875 (MK\Phi)$$

ГОСТ 10318-80 bo'yicha C4 ning eng yaqin nominal qiymati 3.6 mkF..

RC - aloqa zanjirining uzatish koeffitsienti quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$K_U(j\omega) = \frac{R_{\text{ЭК}}}{R_{\text{ЭК}} + R_{\text{H.min}} + \frac{1}{j\omega \cdot C3}} = \frac{R_{\text{H.min}}}{2R_{\text{H.min}} + \frac{1}{j\omega \cdot C3}} \quad (1.3.31)$$

RC – aloqa zanjiri uzatish koeffitsienti pastki chastota chegarasini inobatga olib hisoblanishi quyidagicha:

$$K_U(f_H) = \frac{R_{\text{H.min}}}{\sqrt{4R_{\text{H.min}}^2 + \left(\frac{1}{2\pi \cdot f_H \cdot C3}\right)^2}} \quad (1.3.32)$$

$$K_U(f_H) = \frac{2 \cdot 10^3}{\sqrt{4(2 \cdot 10^3)^2 + \left(\frac{1}{2\pi \cdot 20 \cdot 3,6 \cdot 10^{-6}}\right)^2}} = 0,124$$

Shunday qilib, RC – aloqa zanjiri kirishidagi kuchlanish quyidagi munosabat orqali aniqlanadi:

$$U_{\text{BXRC}} = \frac{U_{\text{BX}}}{K_U(f_H)} = \frac{I_{\text{Д}}(R5 + R6)}{K_U(f_H)} \quad (1.3.33)$$

$$U_{\text{BXRC}} = \frac{10^{-4} \cdot (28 + 41,9) \cdot 10^3}{0,124} \approx 56(B)$$

Operatsion kuchaytirgichdagi invertorlovchi kuchaytirgich va signal manbayi orasidagi bog'lanishni ta'minlash kerak. Buning uchun kuchaytirgichning kirish qarshiligi va signal manbayi teng bo'lishi kerak. $R_{\text{kir.ok}} = R1$ bo'lganligi uchun $R1 = R_2 = 20$ Om deb olamiz.

$R1 = R_r$ bo'ganligidan, kuchaytirgichning ko'rinishidagi kuchlanishi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$U_{BX} = \frac{E_{\Gamma}}{2} \quad (1.3.34)$$

$$U_{ax} = \frac{20}{2} = 10(\text{mB})$$

Operatsion kuchaytirgichdagi invertorlovchi kuchaytirgichning talab qilinayotgan kuchaytirish koeffitsienti quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$K_{OC} = -\frac{U_{B_{BYX}}}{U_{BX}} = -\frac{U_{BX}RC}{U_{BX}} \quad (1.3.35)$$

$$K_{oc} = -\frac{56}{10 \cdot 10^{-3}} = -5600$$

R2 rezistor qarshiligi qiymati quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$R2 = -R1 \cdot K_{OC} \quad (1.3.36)$$

$$R2 = 20 \cdot 5600 = 112 \cdot 10^3 (\text{Om})$$

ГОСТ 10318-80 bo'yicha qarshilikning eng yaqin nominal qiymati 110 kOm.

C1 kondensator sig'imi 1 mkF qilib belgilanad va u "Electronics Workbenche" da loyihalashtirilganda aniqlashtiriladi.

Sxemadagi barcha kondensatorlarning nominal kuchlanishi $U_{nom}=2E_k$ munosabat orqali aniqlanadi. Barcha kondensatorlarning nominal kuchlanishi 22 V dank am bo'lmaydi.

2.4 Qurilmani “Electronics Workbenche”dagi tahlili

Ishlangan sxemaning tahlili Electronics Workbenche Version 5.12 dasturi yordamida amalga oshiriladi. Ossiogrammada ko'rinadiki, G va D ilovalarda signalning amplitudasi chiqishdagi chegaraviy chastotasi xisoblashlardagidan farq qiladi. Buning sababi, bu chastotalarda uzatishning har xil koeffitsientlaridandir. (E ilovaga qarang). Chegaraviyga yaqin chastotalarda PCHK ishlaganda nohiziqli siljishlar hosil bo'ladi.

Pastki chegaraviy chastotada – siljishlar “zina” ko'rinishida, yuqorisida – signal sinusoidasining yuqori qismi kesilgan holda namoyon bo'ladi.

C1 kondensatorning sig'imi qidirilayotkanda uning optimal qiymati aniqlanadi. U 39 mkF. Bundan tashqari, R3 rezistorning qarshiligi oshirilganda pastki chegaraviy chastotning nohiziqli siljishi kamaymoqda. Shuning uchun uni sxemadan chiqarib tashlaymiz (R3=cheksiz).

Yuklamada signalning quvvati pastki chastotada 20 watt, yuqorida esa – 36 watt ni tashkil etadi.

Xulosa

Hisoblashlarda va ishni EWBda sxemasini modellashtirish shuni ko'rsatadiki, loyihalashtirilgan Past Chastotali Kuchaytirgich texnik masala shartlarini mutloq qoniqtiradi.

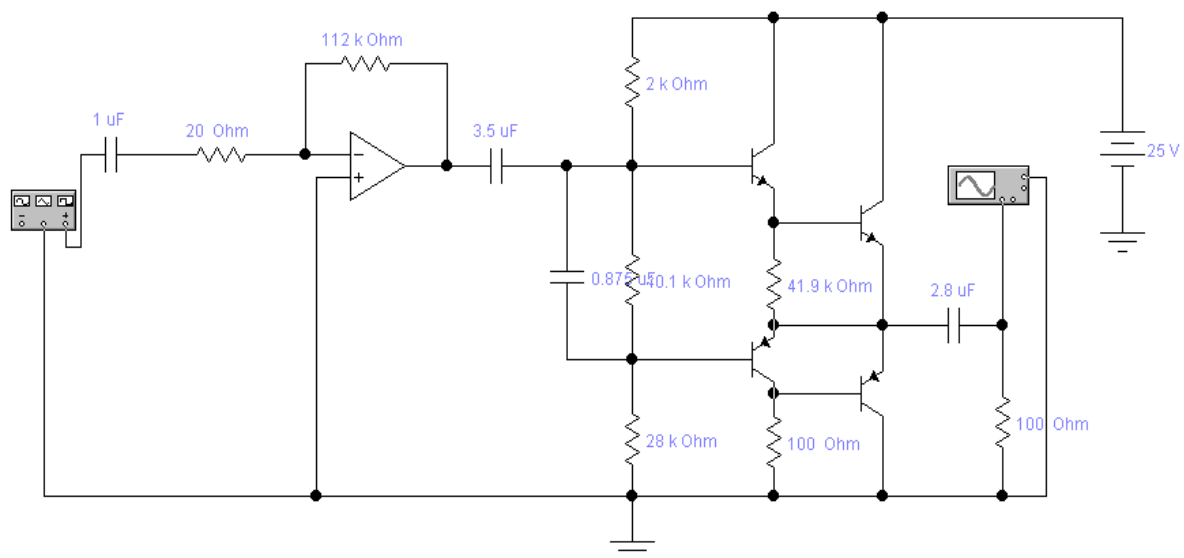
Kuchaytirgichning nochiziqli siljish koeffitsienti, Foydali ish koeffitsienti, Shovqin kuchlanishi va shu kabi boshqa parameter va xarakteristikalarini bu kurs loyihasida ishlanmadi. Buning boisi, texnik masalada bunday shartlar qo'yilmagan.

Bu kurs loyihasini tayyorlash davrida analogli elektronika bo'yicha bilimlarni chuqurroq o'rgandim. Yana ham aniqroq aytadigan bo'lsam, Past Chastotali Kuchaytirgich haqida ko'p kerakli ma'lumotlarga ega bo'ldim. EWB dasturi yordamida elektr zanjirlarini modellashtirish va uni ishlatish kabi bilimlarni va ko'nikmalarni o'zimga qabul qildim.

Foydalanilgan adabiyotlar.

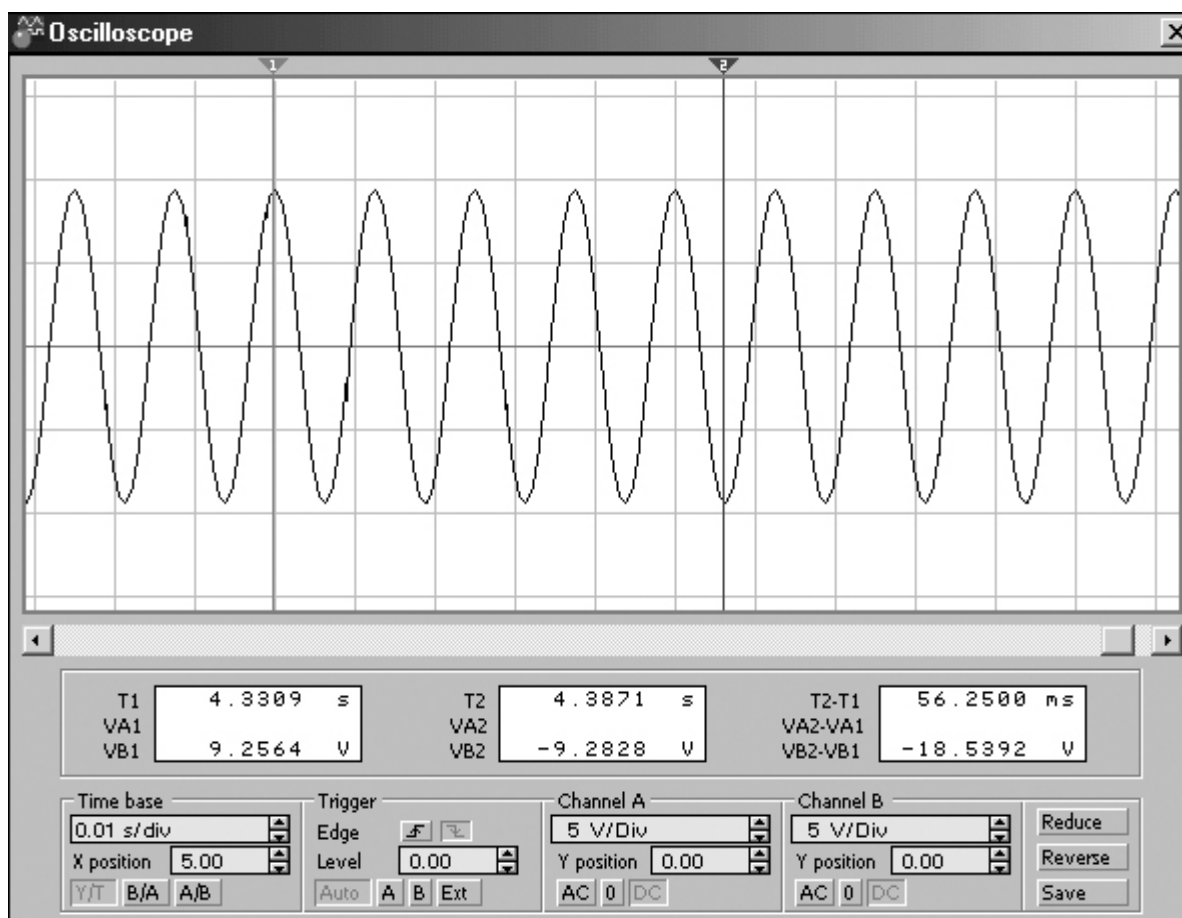
1. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника. – М.: «Высшая школа», 1991. – 617с.
2. Кофлин Р., Дрискол Ф. Операционные усилители. – М.: «Мир», 1979. – 356с.
3. Электронные схемы на операционных усилителях: Справочник / Щербаков В.И., Грездов Г.И. – Киев.: «Техніка», 1983. – 206с.
4. Нестеренко Б.К. Интегральные операционные усилители: Справочное пособие по применению. – М.: Энергоиздат, 1982. – 124с.
5. Гершунский Б.С. Справочник по расчету электронных схем – Киев.: «Вища школа», 1983 – 237с.
6. Справочник радиолюбителя-конструктора . – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1984. – 560 с

Ilova A



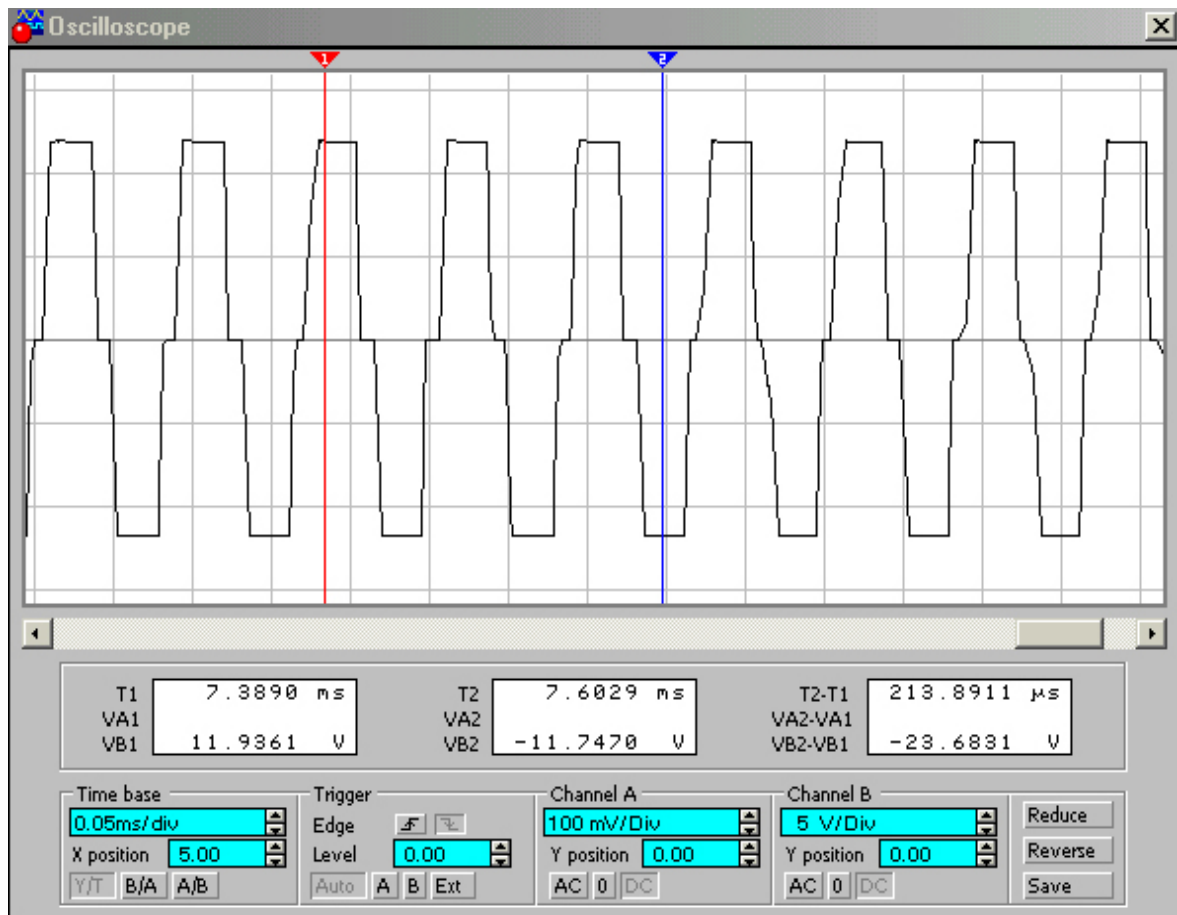
2-rasm. Loyihalashtirilayotgan kuchaytirgichning modeli.

Ilova B



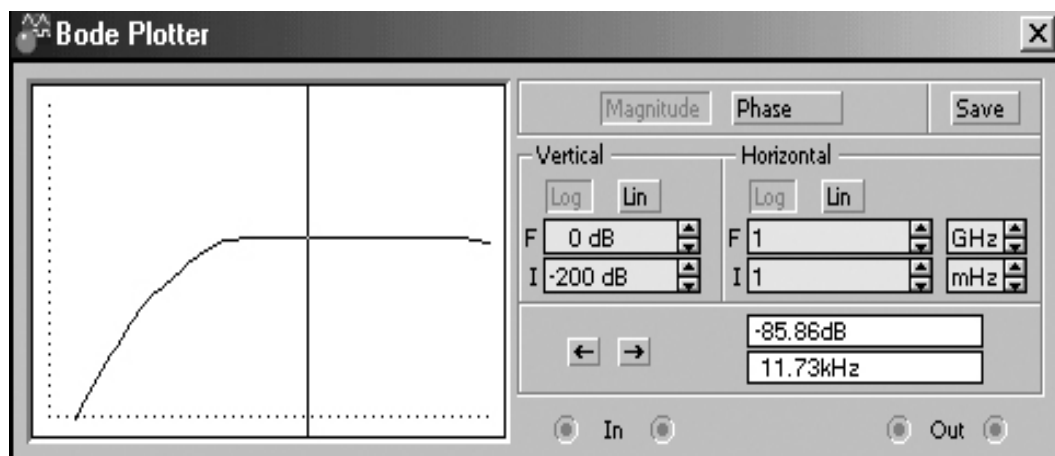
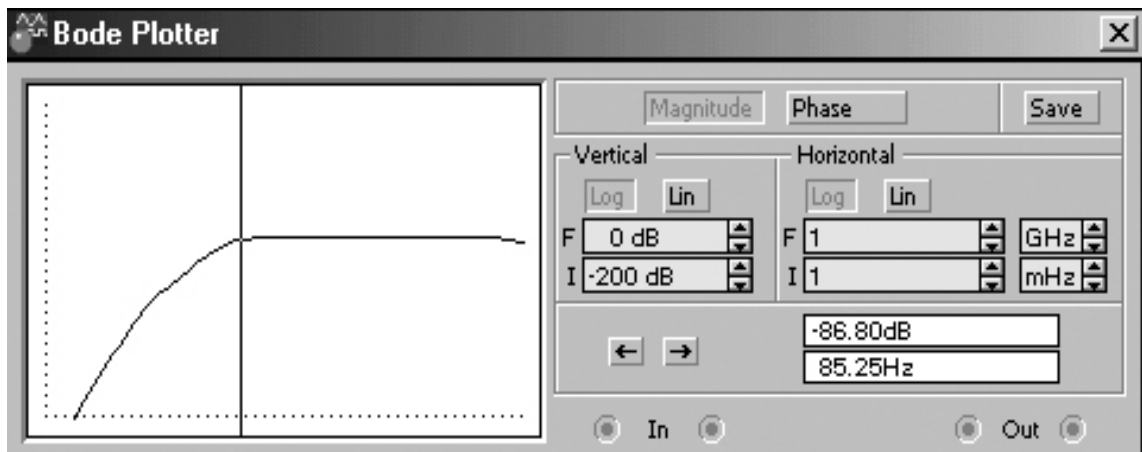
3-rasm. Pastki chegaraviy chastotada chiqish signali ossilogrammasi.

Ilova V



4-rasm. Yuqori chegaviy chastotada chiqish signali ossilogrammasi.

Ilova G va D



5-rasm. Loyihalashtirilayotgan kuchaytirgichning amplitude-chastota xarakteristikasi.