



O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI AXBOROT  
TEKNOLOGIYALARI VA KOMMUNIKASIYALARINI  
RIVOJLANTIRISH VAZIRLIGI

MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI  
TOSHKENT AXBOROT TEKNOLOGIYALARI UNIVERSITETI

**D.A.DAVRONBEKOV, M.O.SULTONOVA**

# **YANGI AVLOD KUCHAYTIRGICHLARINING TEXNIKA VA TEKNOLOGIYALARI**

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi  
tomonidan o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiya etilgan.

5350100 - Telekommunikatsiya texnologiyalari  
(«Telekommunikatsiyalar», «Teleradioeshittirish», «Mobil tizimlar»)  
bakalavriat ta’lim yo‘nalishi talabalari uchun

TOSHKENT – 2020

UO'K: 621.375.1(075.8)  
KBK: 32.846

D.A.Davronbekov, M.O.Sultonova. Yangi avlod kuchaytirgichlarining texnika va texnologiyalari. (O'quv qo'llanma) – T.: «Aloqachi», 2020. – 160 b.

ISBN 978–9943–6394–8–5

Ushbu o'quv qo'llanmada «Yangi avlod kuchaytirgichlarining texnika va texnologiyalari» faniga tegishli bo'lgan, kuchaytirish qurilmalari, texnik ko'rsatkichlari, elementlar bazasi, bipolyar, maydoniy tranzistorlardagi ulanish sxemalari, ularning xususiyatlari, foydalanish sohasi, kuchaytirgichlarning ishlash rejimlari, impulsli kuchaytirgichlar, ularning xarakteristikalari, kuchaytirgichlardagi buzilishlar va ularni korreksiyalash, kuchaytirgichlardagi teskari aloqa, operatsion kuchaytirgichlar, tor va keng polosali kuchaytirgichlar, optik kuchaytirgichlar kabi mavzularni o'rganishga bag'ishlangan. O'quv qo'llanma 5350100 - Telekommunikatsiya texnologiyalari («Telekommunikatsiyalar», «Teleradioeshittirish», «Mobil tizimlar») bakalavriat ta'lim yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan.

UO'K: 621.375.1  
KBK: 32.846

#### Taqrizchilar:

A.Yarmuxammedov – I. Karimov nomidagi TDTU “Radiotexnika qurilmalari va tizimlari” kafedrasi mudiri, t.f.n.,

T.D.Radjabov – Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, «Mobil aloqa texnologiyalari» kafedrasi professori, f.-m.f.d., akademik

*O'zbekiston Respublikasi oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan (2019 yil 4 oktyabrdagi 892-sonli buyruq)*

ISBN 978–9943–6394–8–5



## KIRISH

O‘zbekiston Respublikasida dolzarb masalalarni kompleks o‘rganish, amaldagi qonunchilik, qonunchilikda qo‘llanadigan amalyot va ilg‘or xorij tajribasini tahlil qilish, shuningdek keng jamiyat muhokamasi yakunlari bo‘yicha “2017 — 2021 yillarda O‘zbekiston Respublikasini beshta ustuvor rivojlantirish yo‘nalishlari harakatlar strategiyasi” qabul qilingan. Strategiyada davlat va jamiyat qurilishini takomillashtirish, qonun ustunligini ta‘minlash va sud-huquq tizimini keyingi isloh qilish, iqtisodni rivojlantirish va librallashtirish, ijtimoiy sohani rivojlantirish, xavfsizlik, millatlararo totuvlik va diniy tolerantlikni ta‘minlash o‘ylangan, o‘zaro foydali va konstruktiv tashqi siyosatni amalga oshirish ko‘zda tutilgan.

Ijtimoiy sohani rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlaridan biri ta‘lim va fan sohasini rivojlantirish hisoblanadi, u ta‘lim muassasalarining moddiy-texnik bazasini ularni qurish, rekonstruksiya qilish va kapital ta‘mirlash bo‘yicha ishlarni o‘tkazish yo‘li bilan mustahamlash, zamonaviy o‘quv va laboratoriya qurilmalari, kompyuter texnikasi, o‘quv-uslubiy ko‘rsatmalar bilan jihozlash bo‘yicha maqsadga yo‘naltirilgan choralarni amalga oshirishni o‘z ichiga oladi [1].

Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalar sohasida boshqarish tizimlarini keyingi takomillashtirish, elektron davlat xizmatlari va telekommunikatsiyalar xizmatlarining spektrini kengaytirish telekommunikatsion infratuzilmani rivojlantirish maqsadlarida O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yilning 19 fevralidagi “Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalar sohasini keyingi rivojlantirish choralari to‘g‘risida” 5349-PQ Qarori qabul qilindi [2].

Bu Qarorda axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalarni rivojlantirish va qo‘llanishi sohasida yagona davlat siyosati va munosabatlarni rostdashni ishlab chiqish va amalga oshirish, elektron hukumatni joriy etish faoliyatini muvofiqlashtirish, axborot jamiyati va raqamli iqtisodni shakllantirish, “so‘nggi millar” prinsipi bo‘yicha Internetga keng polosali ulanish, multiservisli aloqa tarmoqlari texnologiyalari, mobil aloqa bozori, boshqa zamonaviy telekommunikatsion xizmatlarni kengaytirish yo‘li bilan telekommunikatsion infratuzilmani, shuningdek logistika va pochta aloqasi xizmatlarini rivojlantirish va modernizatsiyalash, ilmiy

tadqiqotlar va ishlanmalarni tashkil etish, etakchi horijiy kompaniyalar va ta'lim muassasalarining eng yaxshi amaliyoti asosida axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalari sohasida kadrlarni tayyorlash, qayta tayyorlash va malakasini oshirish masallariga katta etibor berilgan.

Ushbu o'quv qo'llanmasi «Yangi avlod kuchaytirgichlarining texnika va texnologiyalari» faniga tegishli bo'lgan zamonaviy axborot va kommunikatsiya texnologiyalari yangi avlod kuchaytirgichlarining texnika va texnologiyalari rivojlanishining istiqbollari kabi masalalarni qamrab oladi. Yangi avlod kuchaytirgichlarining texnika va texnologiyalari fani dasturi axborot va kommunikatsiya texnologiyalariga zarur bo'lgan analog va raqamli elektron qurilmalarni ishlab chiqarish, loyihalash, tadqiqot ishlarida kerak bo'ladigan asosiy negiz tushunchalarni istiqbolli yo'nalishlari bo'yicha boshlang'ich tushunchalar va ularning amaliy tadbirlari bo'yicha talabalarga yetkazilishi shart bo'lgan bilimlar va ko'nikmalarni to'la qamrab olgan.

Axborot va kommunikatsiya texnologiyalarining hozirgi paytdagi tutgan o'rni nuqtai nazaridan, «Yangi avlod kuchaytirgichlarining texnika va texnologiyalari» fani telekommunikatsiya texnologiyalari bakalavriat yo'nalishi talabalari uchun o'rgatilishi kerak bo'lgan asosiy fanlardan biriga aylandi.

Fanni o'qitishdan maqsad – talabalarda axborot va kommunikatsiya texnologiyalarida ishlatiladigan yangi avlod kuchaytirgichlarining texnika qurilmalar turlarini, xarakteristikalarini, ularning tuzilishi, ishlash mexanizmlari va ular yordamida yaratiladigan murakkab qurilmalarning texnik va texnologik xususiyatlarini o'rganish masalalarini hamda ularni amaliyotda tadbir etish ko'nikmasini hosil qilishdan iborat.

Fanning vazifasi – talabalarga talabalarni nazariy bilimlar, amaliy ko'nikmalar, axborot va kommunikatsiya texnologiyalarida ishlatiladigan yangi avlod kuchaytirgichlarining texnik qurilmalarga ilmiy yondashuv hamda ilmiy dunyoqarashini shakllantirish vazifalarini bajaradi.

Mazkur o'quv qo'llanma, kuchaytirish qurilmalari, texnik ko'rsatkichlari, elementlar bazasi, bipolyar, maydoniy tranzistorlardagi ulanish sxemalari, ularning xususiyatlari, foydalanish sohasi, kuchaytirgichlarning ishlash rejimlari, impulsli kuchaytirgichlar, ularning xarakteristikalari, kuchaytirgichlardagi

buzilishlar va ularni korreksiyalash, kuchaytirgichlardagi teskari aloqa, operatsion kuchaytirgichlar, tor va keng polosali kuchaytirgichlar, optik kuchaytirgichlar kabi mavzularni o'rganishga bag'ishlangan.

O'quv qo'llanma uch qismdan iborat. O'quv qo'llanmaning birinchi qismida kuchaytirish qurilmalari to'grisida nazariy ma'lumotlar keltirilgan. Ikkinchi qismida amaliy ishlarga doir topshiriqlar, uchinchi qismida esa, laboratoriya ishlarini bajarish uchun topshiriqlar keltirilgan.

Fanni chuqur o'rganish uchun har bir bob oxirida nazorat savollari keltirilgan.

# I-QISM.NAZARIY MA'LUMOTLAR

## 1-BOB. KUCHAYTIRISH QURILMALARI, TEXNIK KO'RSATKICHLARI, ELEMENTLAR BAZASI

### 1.1. Kuchaytirgichlar to'g'risida umumiy tavsiflar

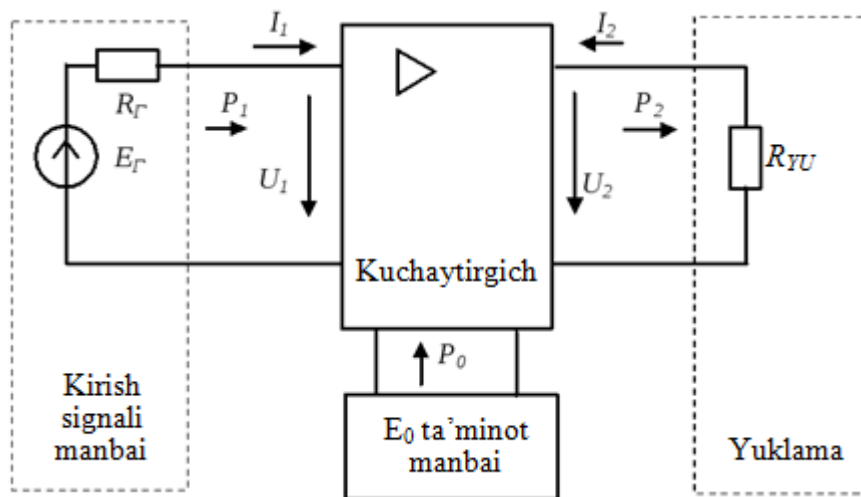
Elektron kuchaytirgich deb, kirishdagi past quvvatli elektr signalni chiqishda shaklning minimal buzilishlariga ega bo'lgan katta quvvatli signalga o'zgartiradigan qurilmaga aytiladi. Bu kuchaytirgichlar elektron kuchaytirgichlar deyiladi. Chunki ularda ishlatiladigan kuchaytirish elementlarining (tranzistorlar, elektron lampalar, integral mikrosxemalar, tiristorlar va boshqa asboblarning) ishlash prinsipi yarim o'tkazgich yoki vakuumda kechadigan elektron jarayonlarga asoslangan.

Signal quvvatini kuchaytirish ta'minot manbai deyiladigan qo'shimcha manbadan energiyani kuchaytirgich iste'mol qilishi hisobiga amalga oshiriladi. Demak, kuchaytirgich kirish signali ta'minot manbaining energiyasini chiqish signalining energiyasiga o'zgartirilishini boshqaradigan qurilma hisoblanadi.

Bu o'zgartirish kuchaytirgichning aktiv elementlari (kuchaytirish elementlari) yordamida amalga oshiriladi. Kuchaytirgichning chiqish elektr signali yuklama deyiladigan qurilmaga beriladi. Kuchaytirgichning kirish signali manbai, yuklama va ta'minot manbai bilan aloqasi 1.1- rasmda keltirilgan.

Kirish signali manbai sifatida turli datchiklar, mikrofon, fotoelement, termoparava boshqlar, shuningdek oldingi kuchaytirgichishlatilishi mumkin, chunki bitta kuchaytirish elementi beradigan kuchaytirish ko'pincha amaliy maqsadlar uchun yetarli bo'lmaydi.

Bu holda kuchaytirgichda bir necha kuchaytirish elementlari ishlatiladi, bunda kuchaytirish elementlari shunday ulanadiki, birinchi element kuchaytirgan signallar ikkinchi elementning kirishiga beriladi, ikkinchi element kuchaytirgan signallar uchinchi elementning kirishiga beriladi va h.k.. Bunda bitta kuchaytirish elementi va unga tegishli bo'lgan aloqa elementlari kaskad deyiladi. Ko'plab kuchaytirgichlar ko'p kaskadli kuchaytirgichlar hisoblanadi.



1.1- rasm. Kuchaytirgichning kirish signali manbai, yuklama va ta'minot manbai bilan aloqasi

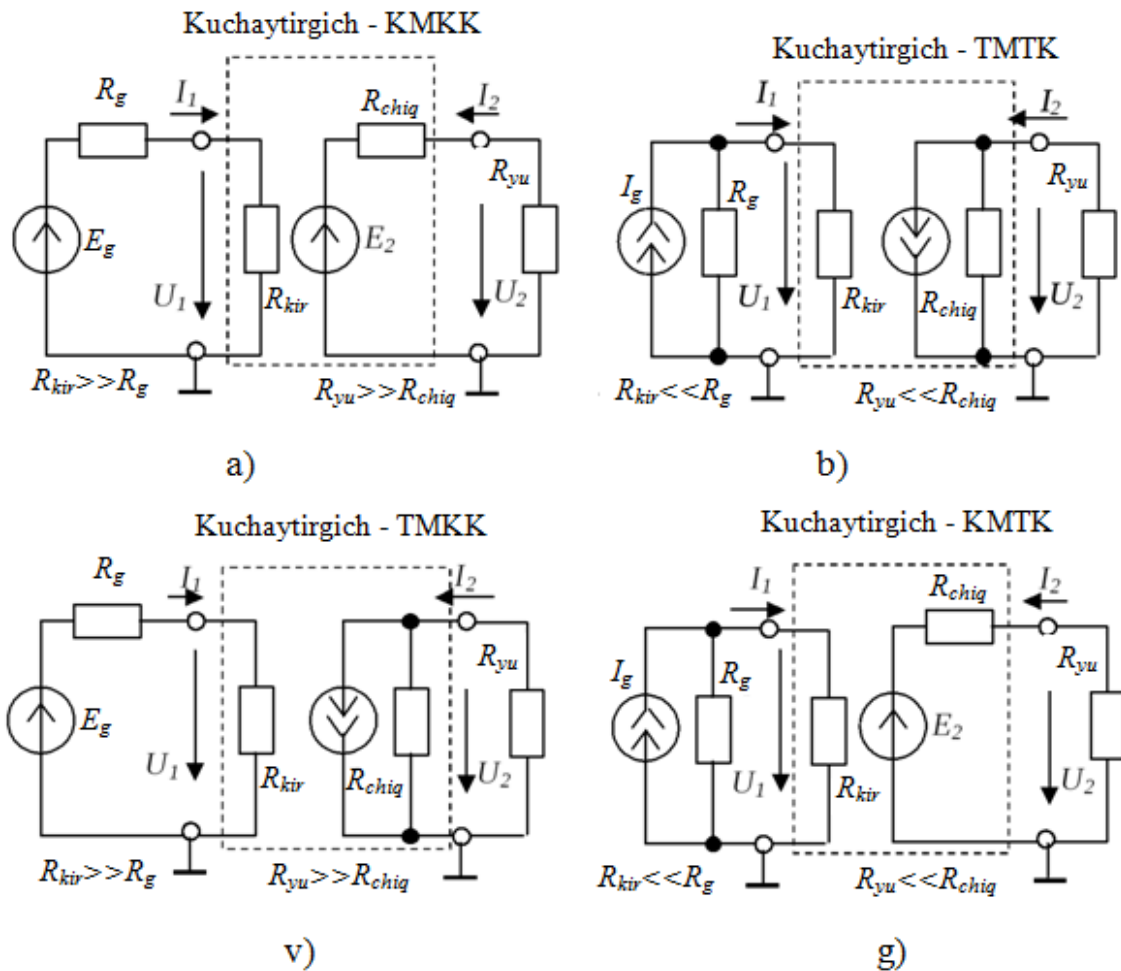
Yuklama sifatida telefon, dinamik, ossillografning turli tizimlari, rele, elektrdvigatel, aloqa kanali, shuningdek keyingi kaskad bo'lishi mumkin.

Binobarin, kirish signallari manbalari va yuklamalar parametrlari bo'yicha sezilarli farqlanadi, u holda kuchaytirgichlarni tahlil qilishda bir tomondan,  $R_g$  signal manbai qarshiligi va kuchaytirgichning  $R_{kir}$  kirish qarshiligi orasidagi, boshqa tomondan,  $R_{yu}$  yuklama qarshiligi va kuchaytirgichning  $R_{chiq}$  chiqish qarshiligi orasidagi nisbatlarni hisobga olish kerak bo'ladi.

Bu nisbatlarga bog'liq ravishda kuchaytirgichlar kuchlanish orqali ( $R_g \ll R_{kir}$  bo'lganda) yoki tok orqali ( $R_g \gg R_{kir}$ ) boshqarilishi va yuklama uchun tok manbai ( $R_{yu} \ll R_{chiq}$  bo'lganda) yoki kuchlanish manbai ( $R_{yu} \gg R_{chiq}$  bo'lganda) bo'lishi mumkin.

1.2- rasmda ko'rsatilgan qarshiliklarning turli nisbatlarida kuchaytirgichlarning ekvivalent sxemalarini turlari keltirilgan.





1.2- rasm. Qarshiliklarning turli nisbatlarida kuchaytirgichlarning ekvivalent sxemalari

Kuchaytirgichlarning  $R_{kir}$  va  $R_{chiq}$  qarshiliklari qiymatlariga talablar maksimal quvvatni yuklamaga uzatish shartlarini tahlil qilishdan kelib chiqish bilan ishlab chiqiladi. Masalan, KMKK (kuchlanish kuchaytirgichi) uchun yuklamadagi quvvat

$$P_{yu} = \frac{U_2^2}{R_{yu}} \quad (1.1)$$

Binobarin

$$U_2 = \frac{E_2 R_{yu}}{R_{chiq} + R_{yu}} \quad (1.2)$$

$$E_2 = K_u U_1 \quad (1.3)$$

$$P_h = \frac{K_u^2 U_1^2 \cdot R_h}{(R_{chiq} + R_h)^2} \quad (1.4)$$

bo‘ladi, bu yerda  $K_u$ - kuchaytirgichning kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti. Lekin, har qancha

$$U_1 = \frac{E_r R_{chiq}}{R_{chiq} + R_r}, \quad (1.5)$$

ekanligi sababli

$$P_h = \frac{K_u^2 \cdot (E_r \cdot R_{chiq})^2 \cdot R_h}{(R_r \cdot R_{chiq})^2 \cdot (R_{chiq} \cdot R_h)^2} \quad (1.6)$$

bo‘ladi.

Bu ifodani tahlil qilishdan kelib chiqadiki, yuklamadagi quvvat faqat, agar

$R_r \ll R_{kir}$  ( $R_{kir} \rightarrow \infty$  chegarada) va  $R_{yu} \ll R_{chiq}$  ( $R_{chiq} \rightarrow 0$  chegarada) bo‘lsa, maksimal qiymatga ega bo‘ladi.

U holda

$$P_{h \max} = \frac{K_u^2 \cdot E_g^2}{R_h} \quad (1.7)$$

bo‘ladi.

Shunday qilib, istalgan kuchaytirgich quyidagilarga ega bo‘lishi kerak:

- buzilishsiz va yo‘qotishsiz energiyaning signal manбайдan birinchi kuchaytirish kaskadining kirish zanjiriga uzatish uchun kirish qurilmasi. Agar signal manbaini birinchi kaskadning kirishiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ulanishi mumkin bo‘lsa, kirish qurilmasi bo‘lmasligi mumkin. Xususan, qaralayotgan KMKK uchun birinchi kaskad sifatida  $R_{kir}$  qarshiligi yuqori bo‘lgan bipolyar tranzistorlardagi umumiy kollektorli kaskaddan yoki maydoniy tranzistorlardagi umumiy stokli kaskaddan foydalanish mumkin bo‘lsa,  $R_g \ll R_{kir}$  shartni ta’minlash mumkin;

- kuchaytirgichning chiqish zanjiridan kuchaytirilgan signalni buzilishsiz va yo‘qotishsiz yuklamaga uzatish uchun chiqish qurilmasi. Agar yuklamani oxirgi kaskadning chiqishiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ulanishi mumkin bo‘lsa, chiqish qurilmasi bo‘lmasligi mumkin. Xususan, qaralayotgan KMKK uchun oxirgi kaskad sifatida bipolyar

tranzistorlardagi umumiy kollektorli kaskaddan yoki tarkibiy maydoniy tranzistorlardagi umumiy stokli kaskaddan foydalanish mumkin;

- kuchaytirgichning o'zi, u oddiy kuchaytirish kaskadlarini ketma-ket ulanishiga ega. Bu masalan, bipolyar tranzistorlardagi umumiy emitterli kaskadlar yoki operatsion kuchaytirgichlar integral mikrosxemaalarida yig'ilgan integral kuchaytirish kaskadlari bo'lishi mumkin. Fahmlash kerakki, fazani burishi kerak bo'lmagan kuchaytirgichni umumiy emitterli kaskadlarda qurish uchun bunday kaskadlarning juft sonidan foydalanish kerak;

- signal manbai, kuchaytirgich, yuklama orasidagi va kaskadlar orasidagi aloqa elementlari (zanjirlari). Bu to'g'ridan-to'g'ri aloqa,  $RC$ -aloqalar, transformatorlar, optronlar va boshqalar bo'lishi mumkin.

Elektron kuchaytirgichlarni quyidagi belgilar bo'yicha tasniflash mumkin.

Vaqt bo'yicha kuchaytiriladigan signalning o'zgarishi xarakteri bo'yicha elektron kuchaytirgichlar quyidagilarga bo'linadi:

- uzluksiz (masalan, garmonik) signallar kuchaytirgichlari. Kuchaytiriladigan signallar parametrlari kuchaytirgichda hisoblashlarda e'tiborga olmasa ham bo'ladigan o'tish jarayonlaridan sekinroq o'zgaradi;

- vaqt bo'yicha tez o'zgaradigan elektr signallarni kuchaytirishga mo'ljallangan diskret (impulsi) signallar kuchaytirgichlari. Bunday kuchaytirgichlarda o'tish jarayonlari kuchaytiriladigan signallar uchun aniqlovchi hisoblanadi.

Kuchaytiriladigan chastotalar polosasining kengligi bo'yicha elektron kuchaytirgichlar quyidagilarga bo'linadi:

- 0 dan  $f_{yu}$  gacha chastotalar diapazonidagi, ya'ni kirish signalining ham o'zgaruvchan tashkil etuvchisi, ham o'zgarmas tashkil etuvchisini kuchaytirishga imkon beradigan o'zgarmas tok kuchaytirgichlari;

- faqat ma'lum  $f_p$  dan  $f_{yu}$  gacha chastotalar diapazonidagi kirish signalining o'zgaruvchan tashkil etuvchisini kuchaytiradigan o'zgaruvchan tok kuchaytirgichlari.

- $f_p$  va  $f_{yu}$  chastotalarning absolyut qiymatlariga bog'liq ravishda o'zgaruvchan tok kuchaytirgichlari quyidagilarga bo'linadi:

- Gtsning ulushlarida o'lganadigan chastotali signallarni kuchaytira oladigan infrapast chastotalar kuchaytirgichlari;
- 20 Gtsdan 20 kGtsgacha chastotali signallarni kuchaytira oladigan ovoz chastotasi kuchaytirgichlari;
- yuzlab kGtsdan MGtsgacha chastotali signallarni kuchaytira oladigan yuqori chastota kuchaytirgichlari;
- o'nlab Gtsdan MGtsgacha chastotali signallarni kuchaytira oladigan keng polosali kuchaytirgichlar;
- tor chastotalar polosalarida qayd etilgan chastotalar signallarni kuchaytira oladigan tor polosali (tanlovchan) kuchaytirgichlar.

Aloqa zanjirlari bo'yicha elektron kuchaytirgichlar quyidagilarga bo'linadi:

- to'g'ridan-to'g'ri aloqali kuchaytirgichlar;
- RC-alloqali kuchaytirgichlar;
- transformatorli aloqa kuchaytirgichlar.

Kuchaytirish elementi bo'yicha elektron kuchaytirgichlar quyidagilarga bo'linadi:

- tranzistorlardagi kuchaytirgichlar;
- elektron lampalardagi kuchaytirgichlar;
- parametrik kuchaytirgichlar va boshqalar.

Vazifasi bo'yicha elektron kuchaytirgichlar quyidagilarga bo'linadi:

- televizion kuchaytirgichlar;
- mikrofon kuchaytirgichlari;
- translyatsion kuchaytirgichlar;
- o'lchash kuchaytirgichlari va boshqalar.

Konstruksiyasi bo'yicha elektron kuchaytirgichlar quyidagilarga bo'linadi:

- diskret elementlardagi kuchaytirgichlar;
- integral texnologiya bo'yicha yig'ilgan kuchaytirgichlar;

Elektron kuchaytirgichlar quyidagi boshqa belgilari bo'yicha ham tasniflanishi mumkin:

- shovqin sathi bo'yicha (o'rtacha shovqin sathli va kam shovqinli);
- kaskadlar soni bo'yicha (bitta kaskadli va ko'p kaskadli);
- kuchaytiriladigan parametr turi bo'yicha (tok, kuchlanish, quvvat).

## 1.2. Kuchaytirgichlarning asosiy texnik ko'rsatkichlari va xarakteristikalarini

Kuchaytirgichlar kuchaytirish, energetik, ekspluatatsion va boshqa xossalarni baholash mumkin bo'lgan qator ko'rsatkichlar orqali xarakterlanadi. Elektron kuchaytirgichlarning asosiy texnik ko'rsatkichlariga quyidagilar kiradi:

- kuchaytirish koeffitsientlari;
- chiziqli va nochiziqli buzilishlar;
- iste'mol quvvati va foydali ish koeffitsienti;
- kirish va chiqish parametrlari;
- ishchi chastotalar diapazoni;
- dinamik diapazon;
- sezgirlik;
- shovqin sathi;
- barqarorlik;
- ishonchlilik;
- stabillik;
- vazn, hajm va boshqa ekspluatatsion parametrlar.

Elektron kuchaytirgichlarning asosiy parametri  $K$  kuchaytirish koeffitsienti hisoblanadi. Quvvatni (tok, kuchlanishni) kuchaytirish koeffitsienti chiqish signali quvvatining (toki, kuchlanishning) o'zgarishini uning o'zgarishini keltirib chiqargan kirish signalining quvvatiga (toki, kuchlanishiga) nisbati orqali aniqlanadi va sxemaning kuchaytirish xoslarini xarakterlaydi:

$$K_U = \frac{\Delta U_{chiq}}{\Delta U_{kir}} ; K_I = \frac{\Delta I_{chiq}}{\Delta I_{kir}} ; K_P = \frac{\Delta P_{chiq}}{\Delta P_{kir}} . \quad (1.8)$$

Chiqish va kirish signallari o'sha bir miqdoriy birliklarda ifodalanishi kerak, shuning uchun kuchaytirish koeffitsienti o'lchamsiz kattalik hisoblanadi.

Sxemada reaktiv elementlar bo'lmaganda, shuningdek ularning ta'siri bo'lmaydigan ma'lum ishlash rejimlarida kuchaytirish koeffitsienti chastotaga bog'liq bo'lmaydigan haqiqiy qiymat hisoblanadi. Bu holda chiqish signali kirish signalning shaklini takrorlaydi va undan faqat amplitudasi bilan  $K$  martaga farqlanadi.

Amalda ko‘pincha kuchaytirish koefitsientining o‘lchamsiz absolyut qiymati (moduli) logarifmik birliklarda (detsibellarda) ifodalanadi, buning uchun quyidagi ifoda ishlatiladi:

$$K_{U|dB} = 20 \lg K_U ; K_{I|dB} = 20 \lg K_I ; K_{P|dB} = 10 \lg K_P . \quad (1.9)$$

Ko‘p kaskadli kuchaytirgichlar uchun kuchlanish (tok, quvvat) bo‘yicha umumiy kuchaytirish koefitsienti alohida kaskadlarning kuchaytirish koefitsientlarining yig‘indisiga teng. Agar kaskadlarning kuchaytirish koefitsientlari logarifmik birliklarda ifodalangan bo‘lsa, u holda butun kuchaytirgichning umumiy kuchaytirish koefitsienti ularning yig‘indisiga teng bo‘ladi.

Sxemada reaktiv elementlar (kondensatorlar, induktivliklar) bo‘lganda kuchaytirish koefitsientiga kompleks qiymat sifatida qarash kerak:

$$K(j\omega) = m + jn = K(\cos \varphi + j \sin \varphi) = K_e^{j\varphi} \quad (1.10)$$

bu yerda  $m$  va  $n$  kirish signalining chastotasiga bog‘liq bo‘lgan haqiqiy va mavhum tashkil etuvchilar, binobarin:

$$K = \sqrt{m^2 + n^2} \varphi = \arccos \frac{m}{\sqrt{m^2 + n^2}} = \arctg \frac{n}{m}$$

yoki

$$K_{(p)} = \frac{U_{chiq}(p)}{U_{kir}(p)}$$

kuchaytirish koefitsienti hisoblash mumkin.

Kuchaytirgichlar sxemasida reaktiv elementlarning bo‘lishi kirish signaliga nisbatan chiqish signalining vaqt bo‘yicha kechikishini keltirib chiqaradi:  $u_{chiq}(t) = Ku_{kir}(t - \Delta t)$ .

$K$  kuchaytirish koefitsienti kirish signalining amplitudasiga bog‘liq emas deb olamiz. Bunda kuchaytirgichning kirishiga sinusoidal signal berilganda chiqish signali ham sinusoidal shaklga ega bo‘ldi, lekin kirish signalidan amplituda bo‘yicha  $K$  martaga va faza bo‘yicha  $\varphi$  burchakka farqlanadi.

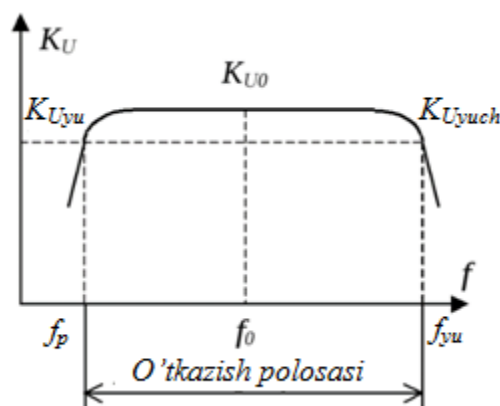
Kuchaytirgich parametrlarining chastotaga bog‘liqligiga bog‘liq bo‘lgan va kirish signalining amplitudasiga bog‘liq bo‘lmaydigan

kuchaytirgichdan o'tishda signalning buzilishi chiziqli buzilishlar deyiladi. Chiziqli buzilishlarni o'z navbatida chastotaviy va fazaviy buzilishlarga bo'lish mumkin.

Chastotaviy buzilishlar sxemdagi reaktiv elementlarning ta'siri hisobiga chastotalar polosasida  $K$  kuchaytirish koeffitsienti modulining o'zgarishini xarakterlaydi.

Fazaviy buzilishlar reaktiv elementlarning ta'siri hisobiga chiqish va kirish signallari orasidagi faza bo'yicha surilishlar qiymatini chastotaga bog'liqligini xarakterlaydi.

Signalning chastotaviy buzilishlarini kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti modulining chastotaga bog'liqligi ifodalaydigan amplitudaviy-chastotaviy xarakteristika (AChX) yordamida baholash mumkin. Kuchaytirgichning AChXi umumiy ko'rinishda 1.3- rasmda tasvirlangan.



1.3- rasm. Kuchaytirgich AChXning umumiy ko'rinishi

$$K_U(\omega) = \frac{K_{U0}}{\sqrt{(1 + \omega^2 \tau_{yu}^2) \cdot \left| 1 + \frac{1}{\omega^2 \tau_{yu}^2} \right|}}$$

yoki

$$K_U(p) = \frac{K_{U0}}{\sqrt{(1 + p\tau_{yu}) \cdot \left| 1 + \frac{1}{p\tau_{yu}} \right|}}, \quad (1.11)$$

ifoda orqali tavsiflanadi, bu yerda  $\tau_{yu} = \frac{1}{\omega_{yu}}$  va  $\tau_p = \frac{1}{\omega_p}$ .

Ichida kuchaytirish koeffitsientini ma'lum aniqlik darajasida o'zgarish hisoblash mumkin bo'lgan kuchaytirgichning chastotalar

diapazoni pastki  $f_p$  va yuqori  $f_{yu}$  chegaraviy chastotalar orasida yotadi va  $\Delta f = f_{yu} - f_p$  o'tkazish polosasi deyiladi. Chegaraviy chastotalar kuchaytirish koeffitsientini o'z maksimal  $K_{U0}$  qiymatidan o'rta  $f_0 = \sqrt{f_n f_0}$  chastotadagi berilgan qiymatga kamayishini aniqlaydi.

Bu  $f$  chastotada  $M = \frac{K_{U0}}{K_{Uf}}$  chastotaviy buzilishlar koeffitsientini kiritish bilan AChX yordamida kuchaytirgichning istalgan chastotalar diapazonidagi chastotaviy buzilishlarni aniqlash mumkin, bu yerda  $K_{Uf}$  - bu  $f$  chastotadagi kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti.

Binobarin, eng katta chastotaviy buzilishlar ishchi diapazonning chegaralarida o'z o'rniga ega bo'ladi, u holda kuchaytirgichlarni hisoblashda pastki va yuqori chegaraviy chastotalarda chastotaviy buzilishlar koeffitsientlari beriladi:

$$M_p = \frac{K_{U0}}{K_{Up}} = \sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2 \tau_p^2}}; M_{yu} = \frac{K_{U0}}{K_{Uyu}} = \sqrt{1 + \omega^2 \tau_{yu}^2}, \quad (1.12)$$

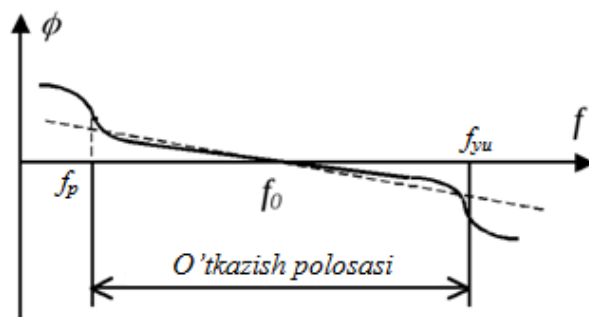
bu yerda  $K_{Up}$  va  $K_{Uyu}$  - mos ravishda pastki va yuqori chegaraviy chastotalardagi kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsientlari.

Odatda  $M_p = M_{yu} = \sqrt{2}$  qabul qilinadi, ya'ni chegaraviy chastotalarda kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti o'rta chastotadagi kuchaytirish koeffitsientining qiymati  $0,707$  sathigacha kamayadi.

Shunday qilib, AChX bo'yicha  $K_{U0}$ ,  $f_0$ ,  $\Delta f$ ,  $M_f$  ko'rsatkichlarni aniqlash mumkin. Bundan tashqari, keng polosali kuchaytirgichlar uchun  $d = 2\pi K_{U0}(f_{yu} - f_p)$  formula bilan aniqlanadigan asllik tushunchasi ishlatiladi va kuchaytirgichlar past asllikli va yuqori asllikli kuchaytirgichlarga bo'linadi.

Faza-chastotaviy xarakteristika (FChX) chastota o'zgarganda kirish va chiqish signallari orasidagi fazalarning surilishi burchagi qanday o'zgarishini ko'rsatadi va fazaviy buzilishlarni aniqlaydi (1.4-rasm).





1.4- rasm. Faza-chastotaviy xarakteristika (FChX)

Chastota bo'yicha FChXning birinchi hosilasi:

$$t_{GKV} = \frac{d\phi(\omega)}{d\omega}$$

guruhli kechikish vaqti deyiladi.

Kuchaytirgichning kirishiga murakkab signal ta'sir qilganda uning barcha spektral tashkil etuvchilari ideal (chiziqli) FChX bo'lganda o'sh bitta vaqtga kechikadi va chiqish signalining fazaviy buzilishlari bo'lmaydi.

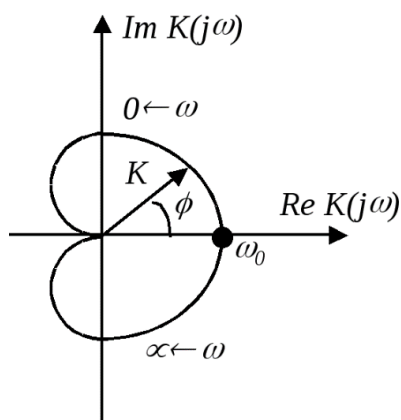
Real (nochiziqli) FChX bo'lganda kirish signalining barcha spektral tashkil etuvchilari bir xil bo'lmagan vaqtga kechikadi va kuchaytirgich chiqishida alohida spektral tashkil etuvchilarning qo'shilishi kirish signaliga nisbatan chiqish signalining shaklini buzilishiga olib keladi.

1.4- rasmdan ko'rinib turibdiki, o'tkazish polosasi chegaralarida fazaviy buzilishlar minimal, lekin chegaraviy chastotalar sohasida keskin ortadi. Fazaviy buzilishlarni baholashda fazaviy surilishning o'zi emas, balki uning chastotaga bog'liq o'zgarishi muhim.

Ba'zan, ayniqsa, kuchaytirgichning barqarorligi haqidagi masalani ko'rib chiqishda qutb koordinatlarida yoki  $K(j\omega) = K(\omega)e^{j\phi(\omega)}$  kompleks sonlar tekisligida kuchaytirish koeffitsientini chastotga bog'liqligini berish qulay. Bu amplitudaviy-fazaviy-chastotaviy xarakteristikalarni, butun chastotalar diapazonidagi kuchaytirgichning AChX va FChXini yagona bog'liqlikka birlashtirishga imkon beradi.

Kuchaytirgichning amplitudaviy – fazaviy - chastotaviy xarakteristikasi (AFChX) kuchaytirish koeffitsienti vektorining kompleks tekislikdagi godografi hisoblanadi (1.5- rasm).

Vektorning joriy uzunligi kuchaytirish ko'effitsientining moduliga teng, bu vektor va haqiqiy o'q yo'nalishi hosil qilgan burchak esa fazaning joriy qiymatiga teng bo'ladi.



1.5- rasm. Kuchaytirgichning amplitudaviy-fazaviy-chastotaviy xarakteristikasi

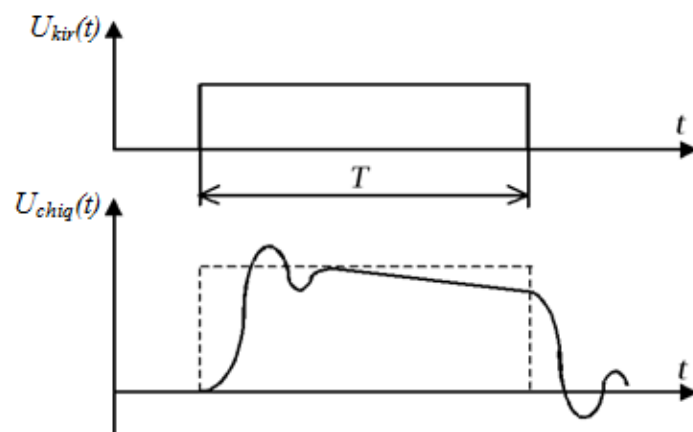
Impulsi signallar kuchaytirgichlarida kuchaytiriladigan impulslarning chiziqli buzilishlari reaktiv qarshiliklarga (sig'im va induktivliklarga) ega bo'lgan zanjirlarda toklar va kuchlanishlarning o'rnatilishi o'tish jarayonlariga bog'liq. O'tish buzilishlari deyiladigan chiziqli buzilishlarni baholash uchun o'tish xarakteristikasi ishlatiladi.

O'tish xarakteristikasi kuchaytirgichning kirish zanjirida kuchlanishning (tokning) oniy sakrashi ortishida  $u_{chiq}(t)$  chiqish kuchlanishining (tokining) oniy qiymatini vaqtga bog'liqligi hisoblanadi.

O'tish xarakteristikasining umumiy ko'rinishi 1.6-rasmda tasvirlangan, bu yerning o'zida kuchlanishning sakrashi ko'rinishida  $u_{chiq}(t)$  kirish signali ham keltirilgan.

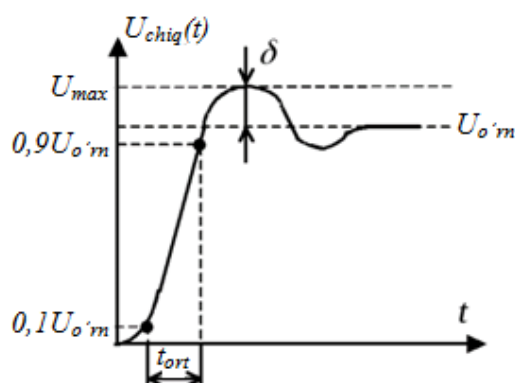
O'tish buzilishlari impuls frontlarining buzilishlari va impuls ustining buzilishlariga bo'linadi.

Frontning buzilishi  $t_{ort}$  ortish vaqti va impuls frontining  $\delta$  tushishi orqali xarakterlanadi. Ko'plab kuchaytirgichlarda frontning ortishi kuchaytiriladigan impulslar davomiyligiga ancha kichik vaqtda bo'lib o'tishi tufayli frontlarning buzilishini baholash uchun o'tish xarakteristikasida kichik vaqtlar sohasidan foydalaniladi (1.7- rasm).



1.6- rasm. O‘tish xarakteristikasining umumiy ko‘rinishi

$t_{ort}$  ortish vaqti deb davomida chiqish signali o‘z o‘rnatilgan qiymatidan 0,1 dan 0,9 gacha ortadigan (o‘tish xarakteristikasi) vaqt oralig‘i tushuniladi.



1.7- rasm. Frontlarning buzilishini baholash uchun o‘tish xarakteristikasida kichik vaqtlar sohasidan foydalanish

$t_{ort}$  ortish vaqti  $u_{kir}(t) = u_{kir} \cdot 1(t)$  ekanligi hisobga olinishi bilan chiqish kuchlanish  $U_{chiq}(p) = K(p) \cdot U_{kir}(p)$  tasviridan uning asliga o‘tish yordamida aniqlanadi. Laplas o‘zgartirishini amalga oshirish bilan  $U_{kir}(p) = \frac{U_{kir}}{p}$  ifodani topamiz. Agar

$$K(p) = \frac{K_0}{1+p \tau_{yu}} \text{ bo'lsa,}$$

$$\text{u holda } U_{kir}(p) = \frac{K_0}{1+p \tau_{yu}} \frac{U_{kir}}{p} \text{ bo'ladi,}$$

$$\text{bu aslga o'tishda } U_{chiq}(t) = K_0 U_{kir} \left| 1 - e^{-\frac{t}{\tau_p}} \right| \text{ ifodani beradi.}$$

Ko‘pincha o‘tish xarakteristikasi me‘yorlashtirilgan

$$y(t) = \frac{U_{kir}(t)}{K_0 U_{kir}} \left| 1 - e^{-\frac{t}{\tau_p}} \right|$$

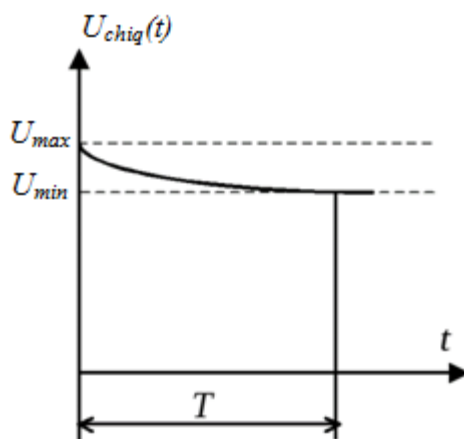
ko‘rinishda beriladi, u holda  $y(t) = 0,9$  va  $y(t) = 0,1$  qiymatlar uchun  $t_{0,9}$  va  $t_{0,1}$  qiymatlar aniqlanadi va  $t_{ort} = t_{0,9} - t_{0,1} \approx 2,2 \tau_{yu}$  ortish vaqti topiladi. Bu yerdan yuqori chegaraviy chastota  $f_{yu} = \frac{1}{2\pi \tau_{yu}} = \frac{0,35}{t_{ort}}$  bo‘ladi.

Xulosa: kichik davomiylikdagi ( $T \rightarrow 0$ ) signallarni kuchaytirish uchun keng polosali kuchaytirgichlardan ( $f_{yu} \rightarrow \infty$ ) foydalanish kerak bo‘ladi.

Frontning  $\delta$  tushishi nisbiy birliklarda yoki  $u_{max}$  va o‘tish xarakteristikasi ordinatalar fronti o‘rnatilgandan keyin olingan  $u_{o'rn}$  kuchlanishlar farqini  $u_{o'rn}$  kuchlanishga nisbati sifatida foizlarda baholanadi:

$$\delta = \frac{u_{max} - u_{o'rn}}{u_{o'rn}}. \quad (1.13)$$

Impulslarning tekis usti buzilishlarini baholash uchun katta vaqtlar sohasidagi o‘tish xarakteristikasi ishlatiladi (1.8-rasm).



1.8- rasm. Impulslarng tekis usti buzilishlarini baholash uchun katta vaqtlar sohasidagi o‘tish xarakteristikasining ishlatilishi

Impulslarning tekis usti buzilishlari kirish to'g'ri burchakli impulsining  $T$  davomiyligida o'tish xarakteristikasi ordinatalarining  $\Delta$  o'zgarishi nisbiy qiymati orqali baholanadi:

$$\Delta = \frac{u_{max} - u_{min}}{u_{max}} \approx \frac{T}{\tau_{yu}}, \quad (1.14)$$

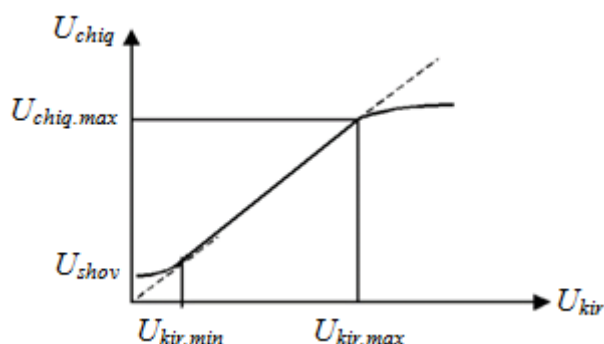
bu yerda

$$\tau_{yu} = \frac{1}{\omega_{yu}} = \frac{1}{2\pi\omega f_p}. \quad (1.15)$$

Elektron kuchaytirgichning yana bir muhim xarakteristikasi amplitudaviy xarakteristika hisoblanadi (1.9- rasm), u chiqish kuchlanishi amplitudaviy qiymatini  $f = f_0 = const$  bo'lganda olinadigan kirish garmonik kuchlanishi amplitudaviy qiymatiga bog'liqligi hisoblanadi.

Elektron kuchaytirgichning amplitudaviy xarakteristikasi prinsip jihatdan noxiziqli, lekin egri chiziq katta aniqlik darajasida deyarli chiziqli xarakterli oraliqlarga ega bo'lishi mumkin.

1.9- rasmdan ko'rinib turibdiki, real kuchaytirgich uning krishiga beriladigan  $u_{kir.min}$  kuchlanishdan kichik bo'lmagan signallarni kuchaytirishi mumkin, chunki kuchsiz signallar kuchaytirgichning o'z  $u_{shov}$  shovqinlari kuchlanishi bilan so'ndiriladi va  $u_{kir.max}$  kuchlanishdan ortiq bo'lmagan signallarni kuchaytirishi mumkin, aks holda kuchaytirgich katta noxiziqli buzilishlarni kiritadi.



1.9- rasm. Elektron kuchaytirgichning amplitudaviy xarakteristikasi

$u_{kir.max}/u_{kir.min}$  nisbat bu kuchaytirgich o'ta xalaqitlarsiz va buzilishlarsiz kuchaytiradigan signal kuchlanishlarining diapazonini xarakterlaydi va kuchaytirgichning dinamik diapazoni deyiladi:

$$D_{orrn} = \frac{u_{kir.max}}{u_{kir.min}} ; D_{orrn|dB|} = 20lg \frac{u_{kir.max}}{u_{kir.min}} . \quad (1.16)$$

Ko'plab hollarda kuchaytirgichning kirishiga beriladigan signal o'zgarmas qiymat hisoblanmaydi, balki eng katta  $u_{sig.max}$  qiymatdan  $u_{sig.min}$  eng kichik qiymatgacha o'zgaradi. Ularning nisbati bu signal manbaining ishchi kuchlanishlar diapazonini xarakterlaydi va signalning dinamik diapazoni deyiladi:

$$D_c = \frac{u_{cmax}}{u_{cmin}} ; D_{c|dB|} = 20lg \frac{u_{c.max}}{u_{c.min}} . \quad (1.17)$$

Minimal va maksimal signallarni kuchaytirishda o'ta buzilishlarning vujudga kelmasligi uchun kuchaytirgichning dinamik diapazoni signalning dinamik diapazonidan kichik bo'lmashligi kerak.

Kuchaytirgichning o'tish dinamik xarakteristikasi deb chiqish kuchlanishining (tokining) kirish elektr yurituvchi kuchga (tokiga) bog'liqligiga aytiladi. O'tish dinamik xarakteristikasi kuchaytirgichning nohiziqli xossalarini baholashga imkon beradi, uning yordamida kuchaytirgichning nohiziqli buzilishlari baholanadi.

Ideal chiziqli kuchaytirgichda chiqish va kirish signallari orasida fazaviy surilish bo'lmaganda o'tish dinamik xarakteristikasi absissalar o'qiga ma'lum burchak ostida koordinatalar boshidan o'tadigan to'g'ri chiziq oralig'i hisoblanadi. Real kuchaytirgichning o'tish dinamik xarakteristikasi nohiziqli hisoblanadi, bu kuchaytirish elementi volt-amper xarakteristikasining nohiziqililigiga bog'liq.

## 1-bob bo'yicha nazorat savollar

1. Elektron kuchaytirgich deb qanday qurilmaga aytiladi?
2. Kuchaytirgichlarning vazifasini tushuntiring.
3. Kuchaytirgichning ishlash prinsipini tushuntiring.
4. Kuchaytirish qurilmalarining texnik ko'rsatkichlarini sanab o'ting.

5. Signali ta'minot manbaining energiyasini chiqish signalining energiyasiga o'zgartirilishini boshqaradigan qurilma nima deb ataladi?

6. Elektron kuchaytirgichlarni qanday belgilar bo'yicha tasniflash mumkin?

7. Vaqt bo'yicha kuchaytiriladigan signalning o'zgarish xarakteri bo'yicha elektron kuchaytirgichlar nimalarga bo'linadi?

8. Amplituda va faza chastotaviy xarakteristika deb qanday xarakteristikalariga aytiladi?

9. Konstruksiyasi bo'yicha elektron kuchaytirgichlar nimalarga bo'linadi?

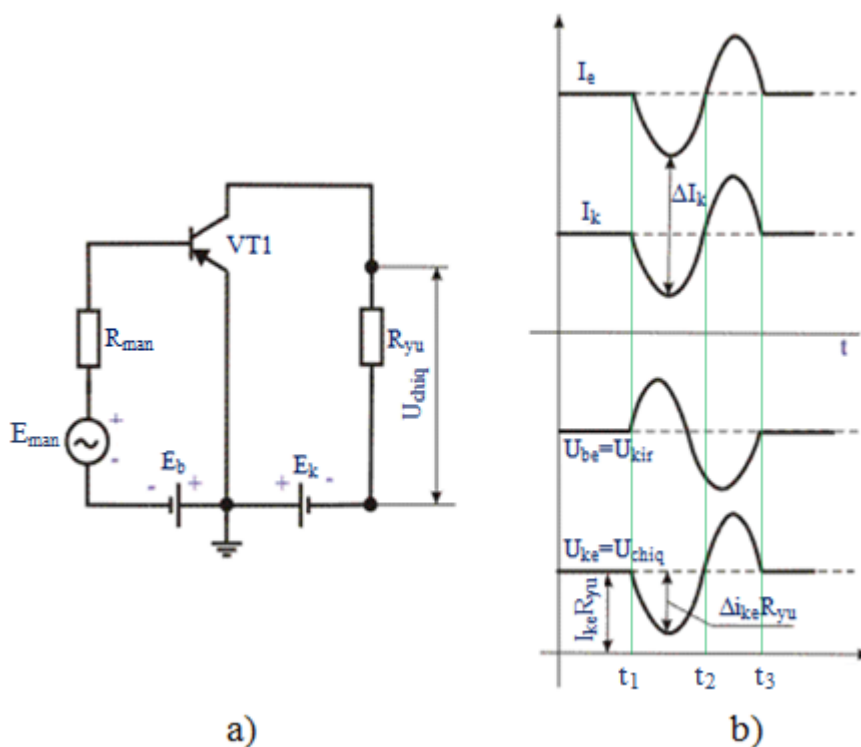
10. Minimal va maksimal signallarni kuchaytirishda o'ta buzilishlarning vujudga kelmasligi uchun kuchaytirgichning dinamik diapazoni qanday bo'lishi kerak?

## 2- BOB. TRANZISTORLARNING ULANISH SXEMALARI, XUSUSIYATLARI VA FOYDALANISH SOHASI

### 2.1. Umumiy emitter, umumiy kollektor va umumiy baza ulanish sxemalari

Zamonaviy elektron texnikada tranzistorli kuchaytirgichlar juda keng qoʻllanadi. Ular boshqa kuchaytirish asboblari qaraganda yarim oʻziga xos xususiyatlarga ega.

2.1,a- rasmda umumiy emitterli kuchaytirgichning sxemasi, 2.2,a- rasmda umumiy bazali kuchaytirgichning sxemasi, 2.3,a- rasmda umumiy kollektorli kuchaytirgichning sxemasi va ularning ishlashi vaqt diagrammalari keltirilgan.



2.1- rasm. Umumiy emitterli kuchaytirish kaskadi

Bu sxemalar quyidagi belgilashlar amalga oshirilgan:

$E_{man}$  – elektr signal manbai (mikrofon va h.k.);

$R_{yu}$  – yuklama qarshiligi;

$R_{man}$  –  $E_{man}$  signal manbaining ichki qarshiligi.

2.1,b- rasmda umumiy emitterli kuchaytirish sxemasi uchun toklar va kuchlanishlar grafiqi keltirilgan. Umumiy emitterli sxemada kirish signali tranzistor bazasi va emitteri orasiga beriladi, kirish

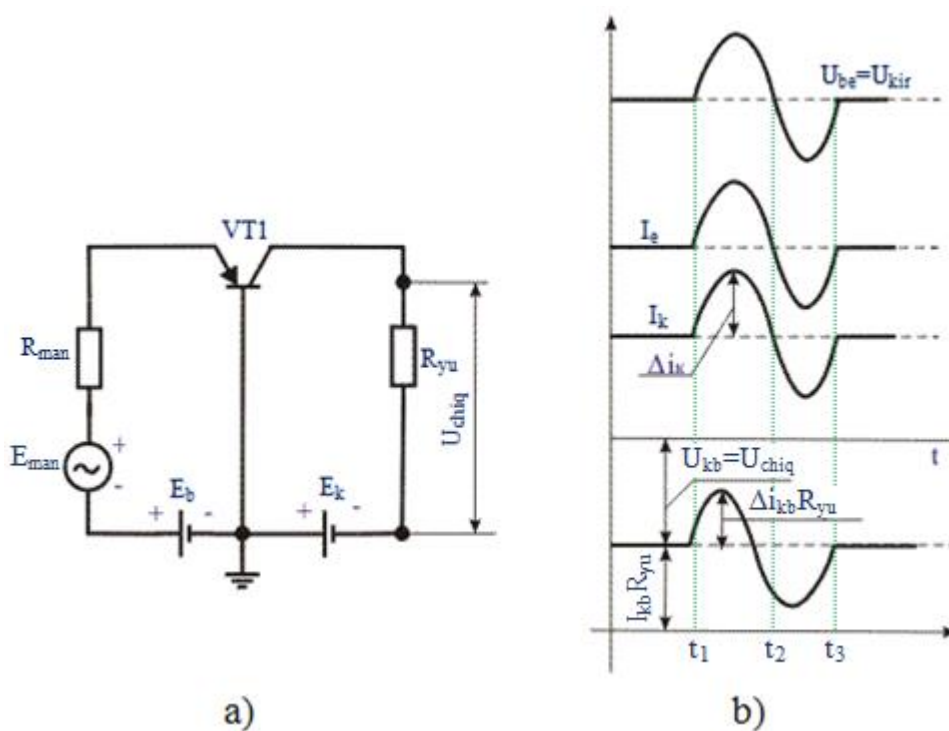


signali manbaiga ketma-ket surish batareyasi qo'yilgan, chiqish signali esa kollektor – emitter oralig'idan (emitter va  $R_{yu}$  yuklama qarshiligi orasiga  $E_k$  kollektor kuchlanishi manbai ulangan) olinadi.

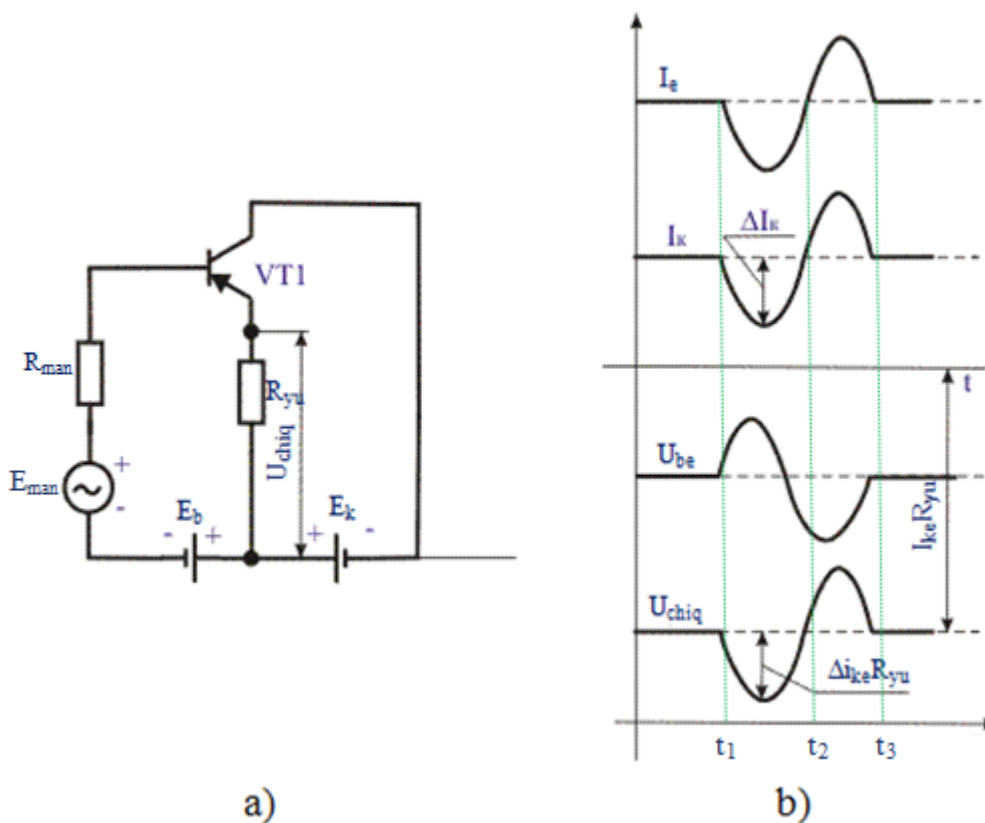
Musbat yarim davr vaqtida emitter va kollektor toklari kamayadi. Yuklamadagi kuchlanishning tushuvi ham  $\Delta i_k R_{yu}$  qiymatga kamayadi. Bir vaqtda kollektor – emitter oralig'idagi kuchlanish manfiyroq bo'lib qoladi va kollektorning potentsiali kamayadi. Shuning uchun umumiy emitterli sxemada chiqish kuchlanishining fazasi  $u_{kir}$  kuchlanishning fazasiga nisbatan  $\pi$  ( $180^\circ$ ) ga o'zgaradi.

Umumiy bazali kuchaytirish kaskadi (2.2,a- rasm) va umumiy kollektorli kuchaytirish kaskadi (2.3,a- rasm) o'xshash tarzda ishlaydi.

Umumiy emitterli sxema uchun fazaviy nisbatlar grafiklari 2.2,b- rasmda keltirilgan. Bu grafiklardan ko'rib turibdiki, kirish signalining musbat yarim davr vaqtida emitter va baza orasidagi to'g'ri o'tishdagi kuchlanish ortadi. Emitter va kollektor toklari ortadi. Bu yuklamadagi kuchlanishning tushuvini ortishiga olib keladi. Shu tufayli kollektorning potentsiali ortadi, chunki kollektor va baza orasidagi  $U_{kb}$  kuchlanish manfiyroq bo'ladi. Signal bo'lmaydigan osoyishtalik rejimida ( $t_1, t_2$  oraliq  $U_{kb}$  kuchlanish o'zgamas, signal bo'lganda esa ( $t_3$  nuqta)  $U_{kb}$  kuchlanish kamayadi.



2.2 - rasm. Umumiy bazali kuchaytirish kaskadi



2.3 - rasm. Umumiy kollektorli kuchaytirish kaskadi

Kirish va chiqish signallarining fazalari mos tushadi, lekin emitter tokining o'zgaruvchan tashkil etuvchisi kirish signali manbaining  $R_s$  ichki qarshiligida kirish signaliga qarama-qarshi fazada kuchlanishning tushuvini hosil qiladi (bu  $E_{man}$  manba va  $R_{man}$  ichki qarshilik atrofiga qo'yilgan «+» va «-» ishoralardan ko'rinib turibdi). Ikkita kuchlanishlar (signal va ichki qarshilikda kuchlanishning tushuvi) ketma-ket ulangan, u holda tranzistorning kirishiga ta'sir qiladigan umumiy kuchlanish ularning farqiga teng bo'ladi.

Umumiy bazali sxemada chiqish kollektor toki  $R_{man}$  ichki qarshilikda kuchlanishning tushuvini hosil qiladigan emitter tokining (kirish tokining) tarkibiy qismi hisoblanadi.

2.3,b- rasmda umumiy kollektorli kuchaytirish sxemasi (emitter qaytargich) uchun fazalar nisbatlari grafigi keltirilgan.

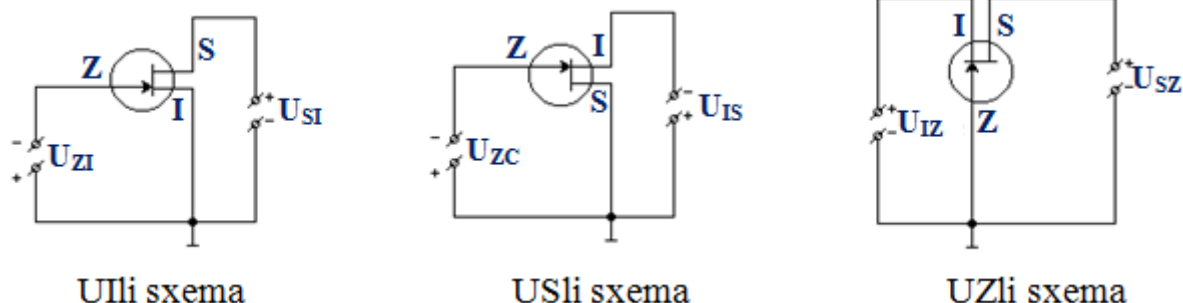
Baza - emitter oralig'iga kirish elektr signali beiladi, chiqish signali emitter va korpus orasiga qo'yilgan qarshilikdan olinadi. Umumiy kollektorli sxemada kirish va chiqish signallari fazalari mos tushadi.

## 2.2. Maydoniy tranzistorlarning ulanish sxemalari

Maydoniy (unipolyar) tranzistor – ishlash prinsipi tok o‘tkazadigan kanalning elektr qarshiligi zatvorga qo‘yilgan kuchlanish hosil qiladigan ko‘ndalang elektr maydon boshqarishiga asoslangan yarim o‘tkazgichli asbob hisoblanadi.

Zaryad tashuvchilar kanalga ketadigan soha istok, ular kanalga kiradigan soha stok, boshqarish kuchlanishi beriladigan elektrod esa zatvor deyiladi.

Maydoniy tranzistorni signalni kuchaytirish kaskadiga uchta asosiy sxemalar – umumiy istokli (Ulli), umumiy stokli (USli) va umumiy zatvorli (UZ) sxemalarda biri bo‘yicha ulash mumkin.



2.4- rasm. Maydoniy tranzistorning ulanishi sxemalari

Amalda kuchaytirish kaskadlarida ko‘pincha umumiy emitterli bipolyar tranzistoridagi sxema kabi umumiy istokli sxema qo‘llanadi. Umumiy istokli kaskad quvvat bo‘yicha katta kuchaytirishni beradi. Lekin, boshqa tomondan, bu kaskad Miller samarasining zararli ta‘siri va sezilarli kirish zatvor-istok sig‘imi ( $C_{zi}$ ) tufayli eng past chastotali hisoblanadi.

Umumiy zatvorli sxema umumiy bazali sxemaga o‘xshash. Bu sxemada stok toki istok tokiga teng, shuning uchun u tok bo‘yicha kuchaytirishni bermaydi va undagi quvvat bo‘yicha katta kuchaytirish Umumiy istokli sxemadagiga qaraganda ancha kichik. Umumiy zatvorli kaskad past kirish qarshiligiga ega, shu tufayli u kuchaytirish texnikasida o‘ziga xos amaliy qo‘llanishga ega. Bunday ulanishning afzalligi Miller samarasining to‘liq so‘ndirilishi hisoblanadi, bu maksimal kuchaytirish chastotasini oshirishga imkon beradi va bunday kaskadlar ko‘pincha o‘ta yuqori chastotali signallarning kuchaytirishda ishlatiladi.

Umumiy stokli kaskad bipolyar tranzistor uchun umumiy kollektorli sxema – emitter qaytargichga o‘xshash. Bunday kaskad ko‘pincha istokli qaytargich deyiladi. Bu sxemada kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti doimo birdan kichik, quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti esa umumiy zatvorli va umumiy istokli sxemalar orasidagi oraliq qiymatni egallaydi.

Bu kaskadning afzalligi juda kichik kirish parazit sig‘imi hisoblanadi va u ko‘pincha yuqori omli signal manbai, masalan, pezdatchik va keyingi kuchaytirish kaskadlari orasidagi bufer ajratish kaskadi sifatida ishlatiladi. Keng polosali xossalari bo‘yicha bu kaskad umumiy zatvorli va umumiy istokli sxemalar orasidagi oraliq holatni egallaydi.

## **2-bob bo‘yicha nazorat savollar**

1. Umumiy emitterli kuchaytirish kaskadiga ta’rif bering.
2. Umumiy emitterli kuchaytirish vazifasi nimadan iborat?
3. Umumiy bazali kuchaytirish kaskadi qanday vazifada qo‘llaniladi?
4. Umumiy bazali kuchaytirish sxemasini ta’riflab bering.
5. Umumiy kollektorli kuchaytirish kaskadi vazifasiga ta’rif bering.
6. Umumiy kollektorli kuchaytirish sxemasidagi VT1 tranzistor vazifa nimadan iborat?
7. Maydoniy tranzistor ishlash prinsipini tushintirib bering.
8. Maydoniy tranzistorli signalni kuchaytirish kaskadidagi umumiy istokli (UI) ulanishning vazifasi nimadan iborat?
9. Maydoniy tranzistorli signalni kuchaytirish kaskadidagi umumiy stokli (US) ulanishning vazifasi nimadan iborat?
10. Maydoniy tranzistorli signalni kuchaytirish kaskadidagi umumiy zatvorli (UZ) ulanishning vazifasi nimadan iborat?

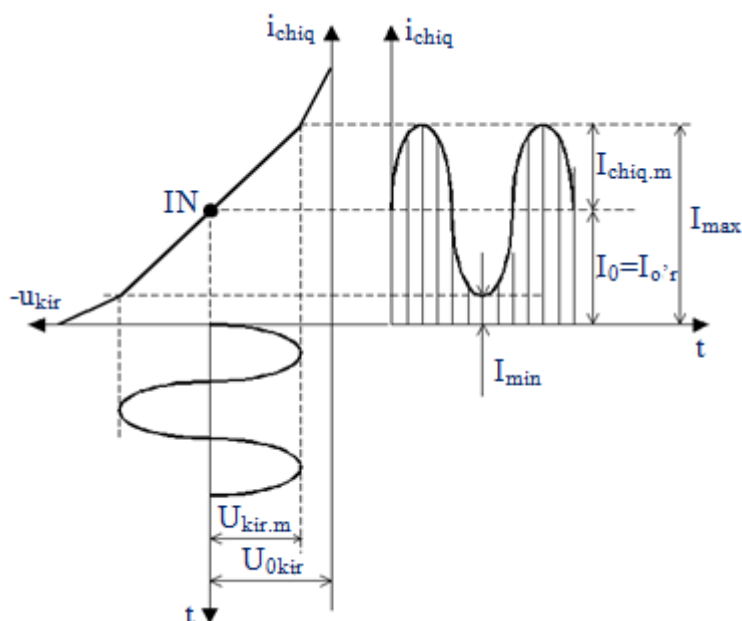
### 3-BOB. KUCHAYTIRGICHLARNING ISHLASH REJIMLARI

#### 3.1. Kuchaytirgichning A ishlash rejimi

Kuchaytirish elementlarining bir-birlaridan xossalari bilan farqlanadigan bir necha ishlash rejimlari (*A, B, AB, C, D* va boshqalar) mavjud, shuning uchun ularni turli qo'llanish sohalariga ega. Kuchaytirish elementning chiqish statik volt-amper xarakteristikasidan kelib chiqadiki, kuchaytirish elementining ishlash rejimini aniqlaydigan berilgan boshlang'ich ishchi nuqtani (osoyishtalik nuqtasini) olish uchun kuchaytirish elementini o'zgarmas tok bo'yicha ta'minoti ma'lum rejimini ta'minlash zarur.

Kuchaytirish qurilmalarida rejimlarning ishlatilishi bo'yicha alohida rejimlarning o'ziga xos xususiyatlarini ko'rib chiqamiz.

A sinfdagi rejim deb kuchaytirish elementining chiqish zanjirida tok signalning butun davri davomida bo'ladigan ishlash rejimiga aytiladi (3.1- rasm).



3.1- rasm. A sinfdagi ishlash rejimi

A rejimda kuchaytirish elementining IN ishchi nuqtasi taxminan chiqish tokining kirish kuchlanishiga bog'liqligi (o'tish xarakteristikasi) to'g'ri chiziqli oralig'ining o'rtasida joylashadi. Bunga kirish zanjiriga mos tok yoki kuchlanishni berish bilan erishiladi.

3.1- rasmdan ko‘rinib turibdiki,  $A$  rejimda chiqish toki o‘zgarmas tashkil etuvchisining  $I_{chiq.m}$  amplitudasi  $I_0$  ishchi nuqta tokidan katta bo‘lishi mumkin emas. Chiqish tokining  $I_{o,r}$  o‘rtacha qiymatida kirish signalining amplitudasiga deyarli bog‘liq emas va  $I_0$  ishchi nuqta tokidan kam farqlanadi.

$A$  rejimning asosiy afzalligi kuchaytirish elementini uning xarakteristikasining deyarli chiziqli oralig‘ida ishlashi tufayli kichik garmoniklar koeffitsienti hisoblanadi, buning natijasida chiqish tokining shakli kirish signalining shaklidan farqlanmaydi.

$A$  rejimning kuchaytirish elementi beradigan  $P_{\sim}$  quvvatni chiqish zanjiri ta‘minot manbaidan iste‘mol qiladigan  $P_0$  quvvatga nisbatiga teng foydali ish koeffitsienti ham signal bo‘lganda, ham signal bo‘lmaganda katta ishchi nuqta toki tufayli kichik bo‘ladi. Past foydali ish koeffitsienti bu rejimning asosiy kamchiligi hisoblanadi.

$A$  rejim asosan dastlabki kuchaytirish kaskadlarida, shuningdek uncha katta bo‘lmagan quvvatlarda kuchaytirish kaskadlarida qo‘llanadi. Bir necha vatlardan yuqori chiqish quvvatli kuchaytirish kaskadlarida  $A$  rejim past FIK tufayli qo‘llanmaydi.  $A$  rejim ham bir taktli, ham ikki taktli kaskadlarda ishlatilishi mumkin.

### 3.2. Kuchaytirgichning $B$ ishlash rejimi

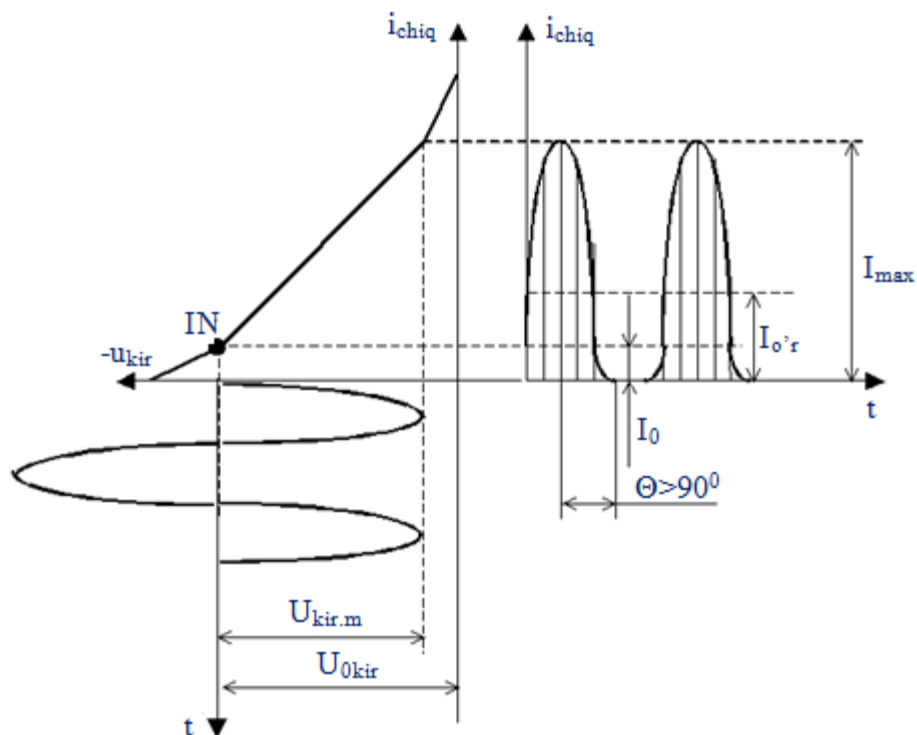
$B$  sinfdagi rejim deb kuchaytirish elementining chiqish zanjiridagi tok signalning taxminan yarim davrida bo‘ladigan ishlash rejimiga aytiladi (3.2- rasm).

$B$  rejimda kuchaytirish elementining ishchi nuqtasi ideallashtirilgan (to‘g‘rilangan) o‘tish xarakteristikasining o‘rta nuqtasida joylashadi, buning uchun kirish zanjiriga zarur qiymatdagi surilish kiritiladi. Bu yerda  $U_{0kir}$  surish kuchlanishi taxminan gorizontal o‘qni to‘g‘rilangan o‘tish xarakteristikasi davomi kesib o‘tadigan qiymatga teng.

Bu rejimni to‘liqroq tavsiflash uchun kesish burchagi haqidagi tushunchani kiritamiz. Kesish burchagi deb davrning signal toki kuchaytirish elementidan oqib o‘tadigan yarim qismiga aytiladi va u burchakli birliklarda ifodalanadi. Kesish burchagi  $\Theta$  orqali belgilanadi (3.2- rasm). Ideal  $B$  rejimda kesish burchagi  $\Theta=\pi/2=90^0$  ga teng, chiqish toki davrning yarmida oqib o‘tadi.

Lekin haqiqatda xarakteristikaning past egilishi tufayli  $B$  rejimda osoyishtalik toki nolga teng bo‘lmaydi, balki  $I_{max}$  maksimal chiqish

tokining 5% dan 15% gacha qiymatini tashkil etadi va  $\theta$  kesish burchagi  $90^\circ$  dan sal ortadi. So‘nggi holat tufayli bu rejim ba‘zan *AB* rejim deyiladi, chunki *A* rejim va *B* ideal rejim orasidagi oraliq rejim hisoblanadi.



3.2.- rasm. *B* sinfdagi ishlash rejimi

Kichik osoyishtalik toki va ta‘minot manбайдan iste‘mol qilinadigan kichik o‘rtacha tok qiymati tufayli chiqish toki birinchi garmonikasining teng qiymatida *B* rejimda ishlaydigan kaskadning FIKi *A* rejimdagidan sezilarli yuqori. *B* rejimda chiqish tokining o‘rtacha qiymati kirish signalining amplitudasiga deyarli proporsional va u bo‘lmaganda juda kichik qiymatgacha tushadi.

*B* rejimining asosiy afzalligi ta‘minot energiyasining kam iste‘moli hisoblanadi. Bu nafaqat *A* rejimga qaraganda yuqoriroq FIKga bog‘liq, balki shuningdek ta‘minot manбайдan iste‘mol qilinadigan tok kuchsiz signallarda kuchli kamayadi. Natijada nutq va musiqa signallarini kuchaytirishda *B* rejimda ishlaydigan quvvatli kuchaytirish kaskadi *A* rejimida ishlaydigan o‘sha quvvatli kaskadga qaraganda bir necha marta kam energiya iste‘mol qiladi.

*B* rejimning kamchiligi unda kuchaytiruvchi element deyarli yarim davrda yopiq bo‘ladi, demak, berilgan signalning faqat bitta yarim davrini kuchaytiradi. Shuning uchun ixtiyoriy shakldagi

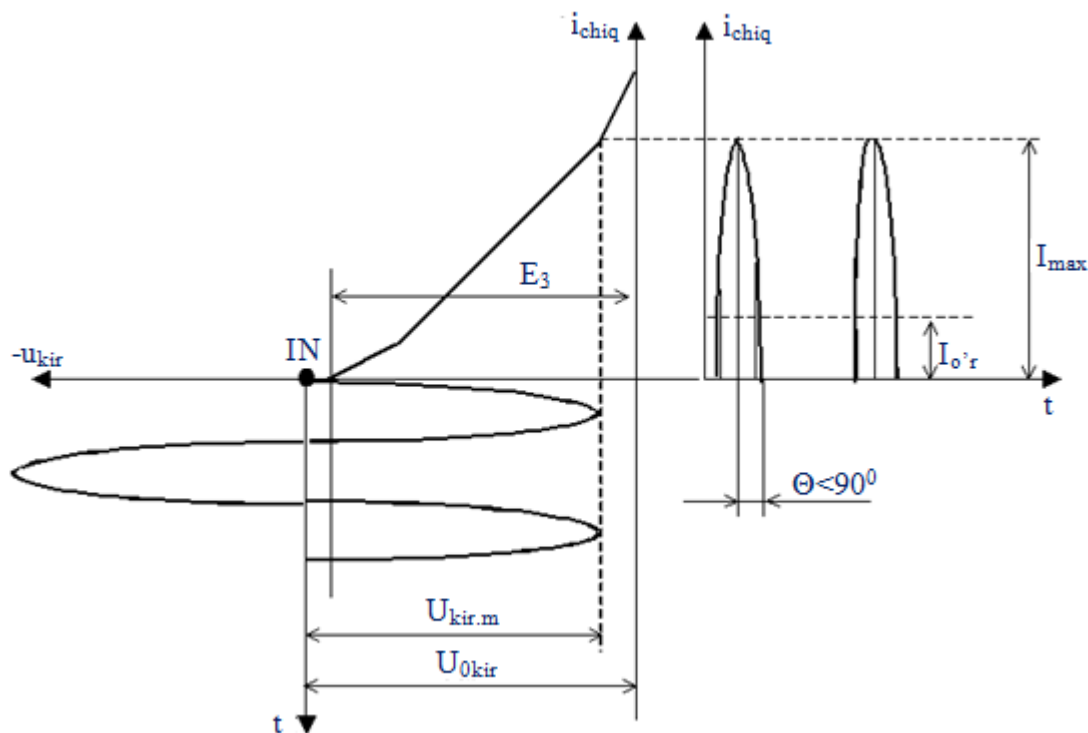
garmonik signallar kuchaytirgichlarida *B* rejimdan foydalanish faqat ikki taktli sxemalarda mumkin bo‘ladi, bunda bitta yelka musbat yarim davrda, ikkinchi yelka manfiy yarim davrda ishlaydi, buning natijasida signalning har ikkala yarim to‘lqinlari kuchaytiriladi.

Kuchaytirish elementi xarakteristikasining katta oralig‘idan, shu jumladan egri chiziqli oralig‘idan foydalanish tufayli *B* rejimda ikki taktli kaskadning garmonikalar koeffitsienti *A* rejimdagidan yuqori bo‘ladi.

Yuqori FIK tufayli *B* rejim quvvatli kuchaytirish kaskadlarida ikkita taktli sxemaning qo‘llanishi zaruratiga qaramasdan keng qo‘llanadi. O‘nlab vattlar va undan yuqori chiqish quvvatli quvvatli kuchaytirish kaskadlari deyarli doim *B* rejimda ishlaydi. Kimyoviy tok manbalaridan ta‘minlanadigan ko‘chma qurilmalarda *B* rejimning qo‘llanishi hatto vattning ulushi chiqish quvvatli kaskadlarda iqtisodiy foydali.

### 3.3. Kuchaytirgichning *C* ishlash rejimi

*C* rejim deb kuchaytirish elementining chiqish zanjirida tok signalning yarim davridan kichik vaqtda oqib o‘tadigan ishlash rejimiga aytiladi (3.3- rasm).



3.3- rasm. *C* sinfdagi ishlash rejimi



*C* rejimda ishchi nuqta gorizontal o‘qda, to‘g‘rilangan o‘tish xarakteristikasining gorizontal o‘q bilan kesish nuqtasidan chaproqda joylashadi va kuchaytirish elementi signal bo‘lmaganda to‘liq yopiq bo‘ladi, signal berilganda esa davrning yarmidan kichik vaqtda tok o‘tkazadi (kesish burchagi  $\Theta < 90^0$ ).

*C* rejimda FIK yanada yuqori bo‘ladi, chunki ta‘minot energiyasi iste‘moli osoyishtalik tokining yo‘qligi va yanada katta chiqish toki birinchi gramonikasi amplitudasini uning o‘rtacha qiymatiga nisbati tufayli *B* rejimdagidan kam bo‘ladi.

Lekin ikki taktli sxemadan foydalanish bu yerda chiqish zanjirida kirish zanjiriga berilgan o‘sha shakldagi signalni olish imkoniyatini bermaydi. Bundan tashqari, *C* rejimdan foydalanishda minimum bo‘yicha signalni cheklash bo‘lib o‘tadi, buning natijasida kichik tebranishlar kuchaytirgich orqali o‘tmaydi.

3.3- rasmda ko‘rinib turibdiki,  $U_{Okir} - E$  farqdan kichik kuchlanish amplitudasili barcha signallar kuchaytirish elementinin chiqish zanjirida tokni keltirib chiqarmaydi. Shuning uchun ixtiyoriy shakldagi garmonik signallar kuchaytirgichlarida *C* rejim ishlatilmaydi.

*C* rejim yuklama kirishga beriladigan sinusoidal signal chastotasiga yoki uning yuqori garmonikalaridan biriga sozlangan paralell rezonans kontur hisoblanadigan quvvatli rezonansli kuchaytirgichlarda (masalan, radiouzatish qurilmalarida) qo‘llanadi.

### **3.4. Kuchaytirgichning D ishlash rejimi**

*D* rejim yoki kalit rejim deb kuchaytirish elementi ishlash vaqtida faqat ikkita holatlarda – yopiq (undan oqib o‘tadigan tok nolga teng) yoki ochiq (chiqish elektrodleri orasidagi kuchlanishning tushishi nolga yaqin) bo‘ladigan rejimga aytiladi. Bunda kuchaytirish elementida energiyaning yo‘qotilishi juda kichik, FIK esa birga yaqin (*C* rejimdagidan yanada yuqori) bo‘ladi.

Kalit rejimi faqat ixtiyoriy uzunlikdagi va hajmdagi to‘g‘ri burchakli impulslarni kuchaytirish uchun ishlatiladi. Bunda chiqish zanjirida kuchaytirilgan impulslarning kuchlanishi deyarli ta‘minot manbining kuchlanishiga teng olinadi va kuchaytirgich kirishidagi impulslarning amplitudasiga bog‘liq bo‘lmaydi.

To‘g‘ri burchakli impulslarning maksimum bo‘yicha cheklash bilan ularni bunday kuchaytirish kalit rejimi eng foydali

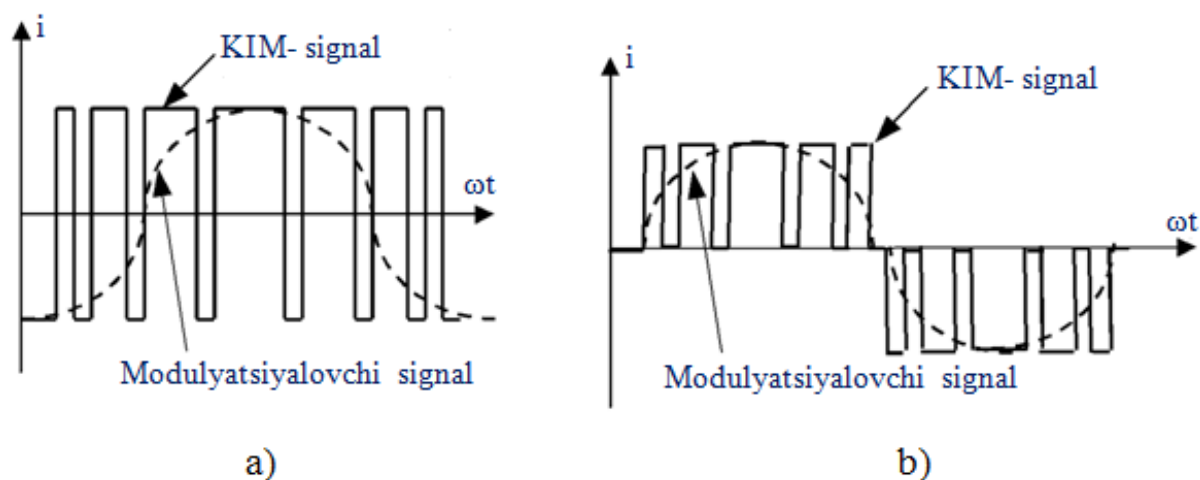
hisoblanadigan elektron-hisoblash mashinalarida, rostlovchi va nazorat qiluvchi qurilmalarda ishlatiladi.

Tushunarliki, kuchaytirish elementi kalit rejimida ishlaydigan kaskad garmonik signallarni kuchaytira olmaydi. Ularni o'zgarmas amplitudali, lekin garmonik signal kuchlanishining oniy qiymatiga proporsional uzunliklarli to'g'ri burchakli impulslarga o'zgartirish zarur.

Bunda impulslarning kelish chastotasi o'zgarmas bo'lishi va garmonik signalning maksimal chastotasidan katta bo'lishi kerak. Bunday o'zgartirish jarayoni keng-impulslu modulyatsiyalash deyiladi.

Shunday qilib, garmonik signallar,  $D$  sinfdagi kuchaytirish kaskadining kirishiga berilishidan oldin modulyatsiyalanadi. Kenglik bo'yicha modulyatsiyalangan impulslar kuchaytirilgandan keyin ularni dastlabki garmonik shakldagi signalga teskari o'zgartirish (demodulyatsiyalash) amalga oshiriladi.

$D$  sinfdagii kuchaytirgichlar ikkita rejimlar -  $AD$  (3.4.a- rasm) va  $BD$  (3.4.b- rasm) ishlash rejimlari ishlatiladi.



3.4- rasm  $D$  sinfdagii kuchaytirgichlar ishlash rejimlari (KIM-kenglik-impulslu modulyatsiya)

Agar  $AD$  rejimni amalga oshirish uchun  $A$  rejimi uchun bo'lganidek nisbatan oddiy elektr sxemalar ishlatilsa, u holda  $BD$  rejimi kuchaytirish elementi ikkilangan boshqariladigan murakkab ikki taktli sxemalar yordamida amalga oshiriladi.

$A$  rejim  $D$  rejim kabi kuchaytiriladigan signal keng chegaralarda o'zgarishida oxirgi quvvat kuchaytirgichi kaskadida yuqori FIKni (90% dan yuqori) olishga imkon beradi. Bunday yuqori FIK  $E$  rejimda faqat kuchaytirish elementlari tokning kesish burchagida ( $B$  rejim)

yoki biroz kattaroq ( $AB$  rejim) kesish burchagida ishlaydigan ikki taktli sxemalar yordamida ta'minlanishi mumkin. Shunday qilib, yuqori samarador rejimlar  $BE$  yoki  $ABE$  rejimlari bo'lishi mumkin.

$BE$  yoki  $ABE$  rejimlarini ma'nosi shundan iboratki, kuchaytirish elementining ishchi nuqtasi qayd etilmagan, balki kuchaytirish elementining VAXidagi o'z holatini aktiv rejim uchun kuchaytirish elementidagi kuchlanishning tushishi minimal olinadigan tarzda maxsus rostlanadigan ta'minot manbaining chiqishidagi kuchlanishning o'zgarishi tufayli kuchaytiriladigan signalning sathiga bog'liq ravishda o'zgartiradi.

Natijada kuchaytirish elementidagi kuchlanishni minimal yo'qotilishi o'z o'rniga ega bo'ladi, bu signalning sathiga bog'liq bo'lmagan deyarli bir xil kuchlanishdan foydalanish koeffitsientini va demak, yuqori FIKni olishga imkon beradi.

### 3-bob bo'yicha nazorat savollar

1.  $A$  rejimdagi kuchaytirgichning  $U_{silj}$  siljitish kuchlanishi bilan,  $U_{kirm}$  kirish kuchlanishi qanday munosabatda?

2.  $A$  rejimdagi kuchaytirgich kaskadining foydali ish koeffitsienti qanaqa?

3.  $B$  rejimdagi kuchaytirgichda FIK necha foizga teng?

4.  $B$  rejimdagi kuchaytirgichda kesish burchagi nechaga teng?

5.  $AB$  rejimdagi kuchaytirgichda kesish burchagi nechani tashkil qiladi?

6.  $C$  rejimdagi kuchaytirgichda ta'minot manбайдan iste'mol qilinadigan quvvat nima uchun kamayadi?

7. Kalit rejimida ishchi nuqta qayerda joylashadi?

8.  $D$  rejimdagi kuchaytirgichda butun audio diapazon uchun optimal chastotani ko'rsating.

9.  $D$  rejimdagi kuchaytirgich impluslar davomiyligi qanday o'zgaradi?

10. Kalit rejimining ishlash printsipini tushuntiring.

## 4-BOB. IMPULSLI KUCHAYTIRGICHLAR VA ULARNING XARAKTERISTIKALARI

### 4.1. Impulslı kuchaytirgichning vazifasi

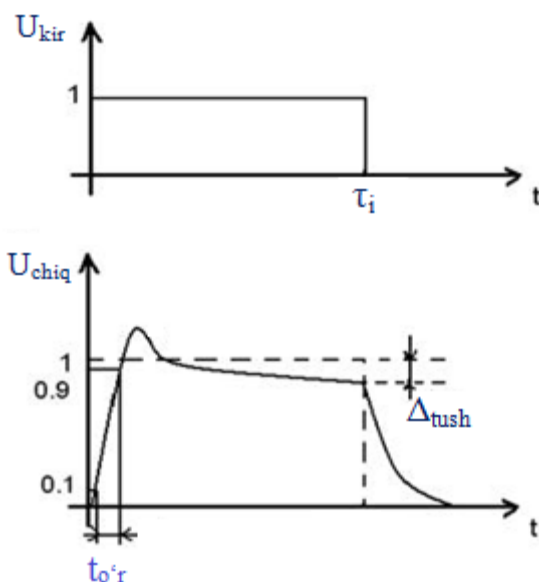
So'nggi yillarda  $D$  sinfdagi kuchaytirgichlar keng qo'llanilmoqda. Ular yana impulslı kuchaytirgichlar deyiladi. Bunday kuchaytirgichda ovoz signali keng impulslı modulyatsiyalash (KIM) natijasida turli kengliklardagi impulslar ketma-ketligiga o'zgartiriladi. Impulslarning takrorlanish chastotasi odatda 300-500 kGts chegaralarda olinadi, bu butun audio diapazon uchun optimal hisoblanadi. Agar kuchaytirgich sabvufer kuchaytirgichi va faqat 100-200 Gts gacha diapazonni kuchaytirishi kerak bo'lsa, u holda qayta ulanish chastotasini 50-100 kGts gacha kamaytirish mumkin.

Ilgari impulslı kuchaytirgichlar faqat o'zining yuqori foydali ish ko'effitsienti (odatda 90% dan yuqori) tufayli qiziqtirgan va faqat quvvatli elektr dvigatellarni boshqarish uchun qo'llangan. Bu yuqori chastotalarda ishlay oladigan yuqori chastotali quvvatli qayta ulash elementlarining yo'qligiga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq bo'lgan, buning natijasida yuqori noxiziqli buzilishlarni oldini olib bo'lmagan. Lekin hozirda ko'plab elektron komponentlar ishlab chiqaruvchi kompaniyalarda 1 MGts va undan yuqori chastotalarda ishlay oladigan  $D$  sinfdagi kuchaytirgichlarni qurish uchun maxsuslashtirilgan elementlar chiqarilmoqda.

Impulslı kuchaytirgichlar impulslı signallarni kuchaytirish uchun mo'ljallangan. Impulslı signallar radiolokatsion stansiyalarda ishlatiladigan radioimpulslar va videoapparaturada qo'llanadigan videoimpulslarga bo'linadi. Impulslı kuchaytirgichlarning asosiy xarakteristikasi 4.1- rasmda keltirilgan o'tish xarakteristikasi hisoblanadi.

O'tish xarakteristika bu kirishiga birlik impuls ta'sir qilganda impulslı kuchaytirgichning reaksiyasi hisoblanadi.

Impulslı kuchaytirgichlarga kuchaytiriladigan signalning buzilishi bo'yicha qat'iy talablar qo'yiladi. Impulslı kuchaytirgichlarda kuchaytiriladigan signalning buzilishi o'tish xarakteristikasining miqdoriy ko'rsatkichlari, aynan  $t_{o'r}$  o'rnatilishi vaqti va  $\Delta_{tush}$  tekis balandlikning tushishi orqali aniqlanadi.



4.1- rasm. Impulsi kuchaytirgichlarning o'tish xarakteristikasi

Yuqori  $f_{yu}$  chegaraviy chastota qanchalik katta bo'lsa,  $t_{o'r}$  old frontning buzilishi shunchalik kam bo'ladi. Pastki  $f_p$  chegaraviy chastota qanchalik kichik bo'lsa, impulsning  $\Delta_{tush}$  tekis balandligi sohasida kuchaytirilgan signalning buzilishi shunchalik kam bo'ladi. Demak, signallarni buzilishlarsiz kuchaytirish uchun impulsi kuchaytirgichlar bir Gtsdan o'nlab MGtslargacha keng o'tkazish polosasiga ega bo'lishi kerak.

Keng polosali kuchaytirgichlarda katta kuchaytirish maydonili maxsus yuqori chastotali tranzistorlarda qurilgan qo'shimcha korreksiyalash zanjirlariga ega bo'lgan rezistorli kaskadlar qo'llanadi. Kuchaytirish maydoni deb o'rtacha chastotalardagi kuchaytirish ko'effitsientini yuqori  $f_{yu}$  chegaraviy chastotaga ko'paytmasiga aytiladi:

$$\Pi = K_0 f_{yu} = SR \frac{1}{2\pi C_0 R} = \frac{S}{2\pi C_0}, \quad (4.1)$$

bu yerda  $S$  – VAX tikligi,  $C_0$  – yig'indi sig'im.

Kuchaytirish maydoni ma'lumotnomalarda beriladigan  $S$  va  $C_0$  qiymatlar orqali aniqlanadi.

Bipolyar tranzistorlardagi kaskadlarda  $P$  kuchaytirish maydoni ichki teskari aloqa tufayli o'zgarmas qoladi, shuning uchun bipolyar tranzistorni tanlashda  $f_{h21b}$  yoki  $f_{h21E}$  qiymatlardan foydalanish kerak.

Ma'lumki, kuchaytirgichlarning rezistiv sxemalari bir tekis chastotaviy xarakteristikali keng o'tkazish polosasini ta'minlashi

mumkin. Nazarda tutish kerakki, yuqori chegaraviy chastota  $R_{yu}$  yuklama qarshiligini tanlashga bog‘liq. Yuqori chegaraviy chastotani oshirish maqsadlarida impulsli kuchaytirgichlarda yuklama qarshiligi uncha katta bo‘lmagan tanlanadi:

$$f_{yu} = \frac{1}{2\pi C'_0 R_G}. \quad (4.2)$$

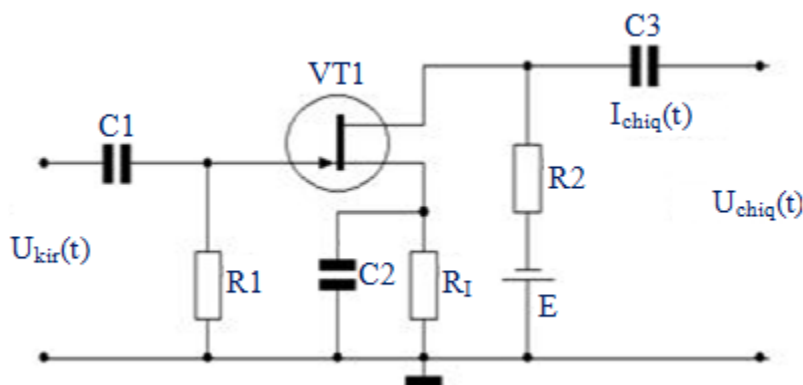
Tabiiyki, bunda impulsli kuchaytirgichlarning kuchaytirish koeffitsienti ham uncha katta bo‘lmagan olinadi. Shuning uchun impulsli kuchaytirgichlar bir necha kaskadlardan tashkil topadi.

4.2- rasmda keltirilgan korreksiyalash elementlariga ega bo‘lmagan impulsli kuchaytirgich bitta kaskadning prinsipial sxemasi tashqi ko‘rinishi bo‘yicha past chastotali rezistiv kuchaytirgich sxemasidan hech qanday farq qilmaydi.

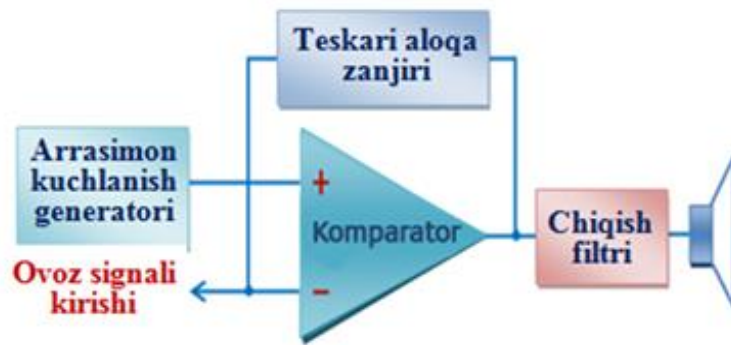
Impulsli kuchaytirgichlar uchta turga bo‘linadi:

- 1) Tashqi arrasimon kuchlanish generatorili kuchaytirgich (4.3- rasm);
- 2) Avtogeneratsiyali kuchaytirgich (4.4- rasm).
- 3) Teskari aloqa signali chiqish filtridan keyin olinadigan kuchaytirgich (4.5- rasm).

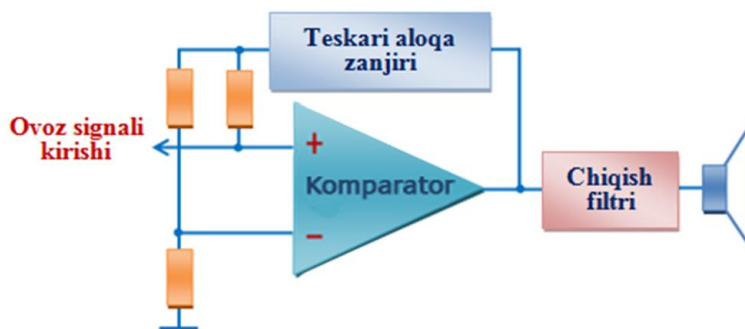
Tashqi arrasimon kuchlanish generatorili kuchaytirgichlar avtogeneratsiyali turdagi kuchaytirgichlarga qaraganda tayyorlashda va yig‘ishda eng oddiy bosma plata topologiyasi va komponentlarga kam talablarga ega. Aynan bu kuchaytirgichlar hozirgi vaqtda ham avtomobillar akustik tizimlari tarkibiga kiradigan sabvufer kuchaytirgichlari ham keng polosali professional estrada kuchaytirgichlarining turkum modellari orasida eng keng tarqalgani hisoblanadi.



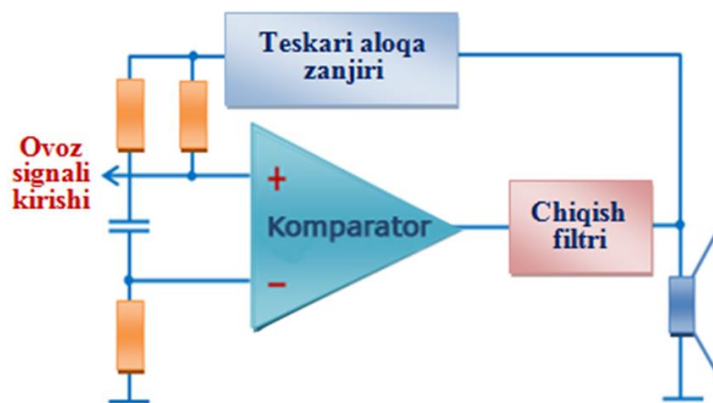
4.2- rasm. Impulsli kuchaytirgich



4.3- rasm. Tashqi arrasimon kuchlanish generatorili kuchaytirgich



4.4- rasm. Avtogeneratsiyali kuchaytirgich



4.5- rasm. Teskari aloqa signali chiqish filtridan keyin olinadigan kuchaytirgich

Avtogeneratsiyali turdagi kuchaytirgichlar avtogeneratorlar kabi ishlaydi, ularda tebranish jarayoni musbat teskari aloqadan foydalanish hisobiga bo‘lib o‘tadi va saqlanadi. Bu turdagi kuchaytirgichlar bosma plata topologiyasiga yuqoriroq talablar bilan ajralib turadi, lekin bu masalaga sinchiklab yondashishda bu turdagi

kuchaytirgichlar ovozni qayta eshittirish sifati boshqalarda sezilarli yaxshi bo‘ladi.

O‘z navbatida avtogeneratsiyali turdagi kuchaytirgichlar ikkita nimguruhlarga bo‘linadi, ularda teskari aloqa chiqish filtrigacha va undan keyin tashkil etiladi. Teskari aloqa chiqish filtrigacha amalga oshiriladigan sxemalarda u faqat quvvatli komparatorning nochiziqliligini tuzatadi, chiqish filtri esa nazoratdan tashqarida bo‘ladi. Bunday kuchaytirgichlar tekis AChXga ega bo‘lmaydi va ularda chiqish impedansi chastotaning ortishi bilan kuchli ortadi.

Teskari aloqa faqat chiqish filtridan olinadigan kuchaytirgichlar bu barcha kamchiliklardan holi, ularda manfiy teskari aloqa filtrdan keyin amalga oshiriladi va barcha nochiziqliliklarni tuzatish mumkin, tebranish jarayoni esa ma‘lum chastotada fazaning surilishi 180 graduslarni tashkil etishi hisobiga boshlanadi, ya‘ni bu chastotada teskari aloqa musbat bo‘lib qoladi va kuchaytirgich generator sifatida ishlaydi.

Faza komparatorining o‘zida, chiqish filtrida va maxsus fazani suruvchi *RC*-zanjirda bo‘lib o‘tadigan signalning kechikishi tufayli suriladi.

#### **4-bob bo‘yicha nazorat savollar**

1. Impulslı kuchaytirgich va uning vazifasini tushuntiring.
2. Impulslı kuchaytirgichlarning o‘tish xarakteristikasi qanday xarakteristika?
3. Impulslı kuchaytirgichlarining qanday turlari mavjud?
4. Tashqi arrasimon kuchlanish generatorli kuchaytirgichini tushuntiring.
5. Avtogeneratsiyali kuchaytirgichini tushuntiring.
6. Teskari aloqa signali chiqish filtridan keyin olinadigan kuchaytirgichini tushuntiring.
7. Kuchaytirgichning rezistiv sxemasi qanday sxema?
8. Impulslı kuchaytirgichlar qayerlarda foydalaniladi?
9. Avtogeneratsiyali turdagi kuchaytirgichlar qanday guruhlarga bo‘linadi?
10. Yuqori chastotali impulslı kuchaytirgichlarini tushuntiring.



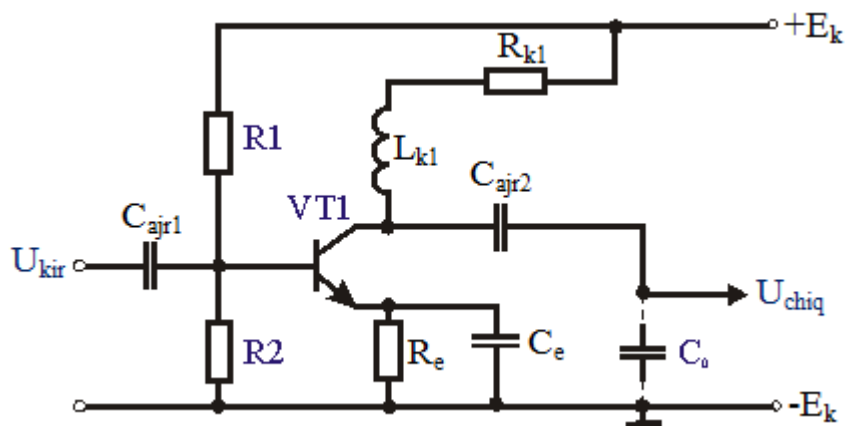
## 5-BOB. KUCHAYTIRGICHLARDAGI BUZILISHLAR VA ULARNI KORREKSIYALASH. SHOVQINLAR

### 5.1. Chastotaviy korreksiyalashli kuchaytirgich

Impulsi kuchaytirichlar keng o'tkazish polosasiga ega bo'lishi kerak (bir va o'nlab gerslardan bir va o'nlab megagerslargacha), chunki Fure qatoriga yoyilgan kuchlanish impulslari garmonik tebranishlarning juda keng spektrini beradi. Shuning uchun kuchaytirgichning o'tkazish polisasi qanchalik keng bo'lsa, kuchaytirgichning kirishiga ta'sir qiladigan impulslarni shunchalik aniqroq qayta tiklanadi.

Oddiy impulsi kuchaytirgich keng chastotalar diapazonida eng tekis chastotaviy xarakteristikaga ega bo'lgan rezistiv kuchaytirish kaskadi asosida quriladi. Tranzistorlar umumiy emitter sxemasida (bipolyar tranzistorlarda) yoki umumiy istokli (maydoniy tranzistorlarda) ulanadi. Ko'pincha kuchaytirgichning o'tkazish polosasini kengaytirish uchun (bu kuchaytiriladigan impulslar shaklining buzilishni kamaytirish uchun qilinadi) sxemaga maxsus chastotaviy korreksiyalash zanjirlari kiritiladi.

Yuqori chastotalar sohasida chastotaviy korreksiyalashli eng keng tarqalgan impulsi kuchaytirgichlar sxemalaridan biri kollektor yuklamasi qarshiligiga ketma-ket  $L_{k1}$  korreksiyalash g'altagi qo'yiladigan sxema hisoblanadi (5.1- rasm).



5.1- rasm. Chastotaviy korreksiyalashli impulsi kuchaytirgich sxemasi

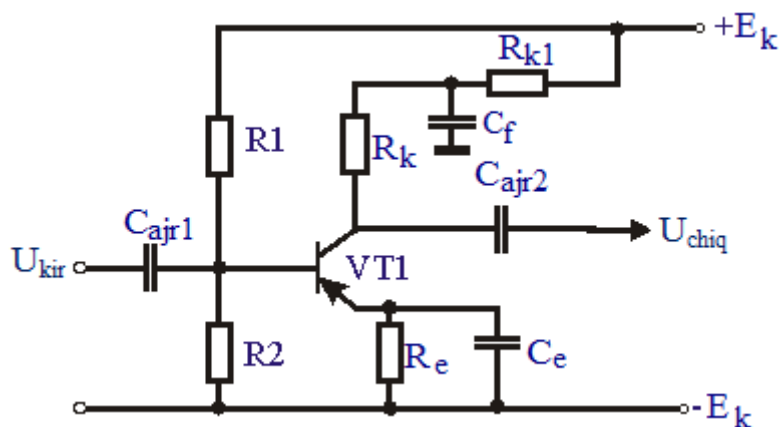
Bu sxemaning ishlash prinsipini ko‘rib chiqamiz. Spektrning past chastotalarida g‘altakning induktiv qarshiligi juda kam va u kaskadning ishlashiga hech qanday ta‘sir qilmaydi. Yuqori chastotalar sohasida g‘altakning induktiv qarshiligi ortadi, bu kuchaytirish asbobining yuklamasi qarshiligini kamayishiga va demak, kaskadning kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsientni kamayishiga olib keladi.

Yuqori chastotalarda kuchaytirish koeffitsientining ortishi sxemaning  $C_0$  sig‘imi shuntlovchi ta‘siri keltirib chiqaradigan chastotalar xarakteristikasining tushishini kompensatsiyalaydi

$$C_0 = C_{chiq} + C_{kir} + C_{mon},$$

bu yerda  $C_{chiq}$ ,  $C_{kir}$  – tranzistorlarning chiqish va kirish sig‘imlari;  
 $C_{mon}$  – sxemaning montaj sig‘imi.

Past chastotali korreksiyalashli kuchaytirgichning prinsipial sxemasi 5.2- rasmda keltirilgan.



5.2- rasm. Past chastotali korreksiyalashli kuchaytirgichning prinsipial sxemasi

Past chastotalarda chastotaviy xarakteristikani ko‘tarish va chastotaviy va fazaviy buzilishlarni kompensatsiyalash uchun tranzistorning kollektor zanjiriga  $C_f R_f$  korreksiyalash filtri qo‘yiladi.

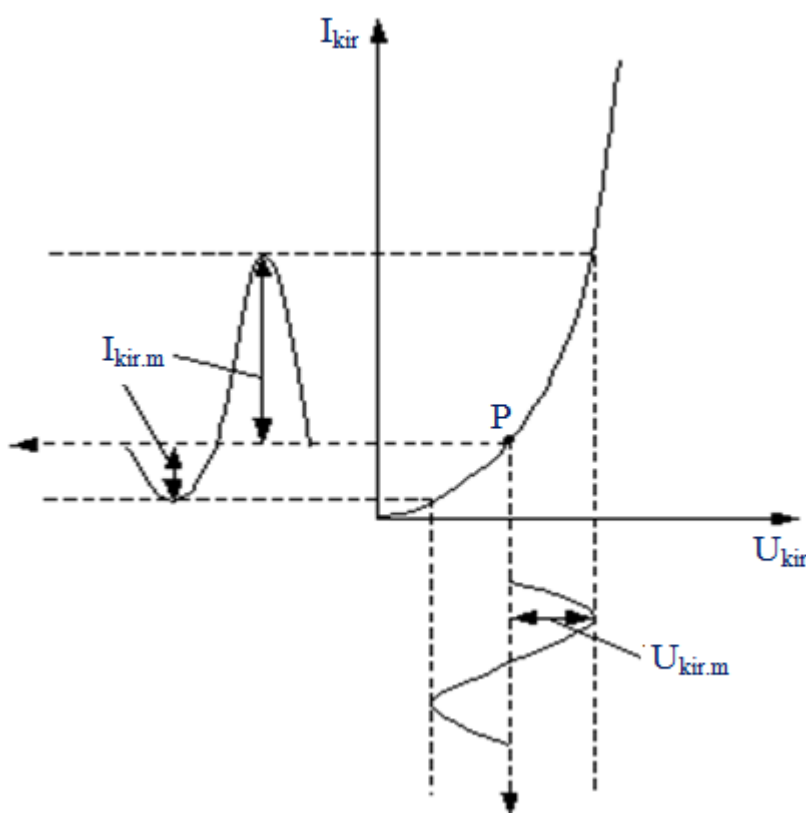
O‘rta chastotalarda  $C_f$  kondensatorning reaktiv qarshiligi juda kichik va kollektor yuklamasi qarshiligi taxminan  $R_k$  qarshilikka teng bo‘ladi.

Past chastotalar diapazonida  $C_f$  kondensatorning reaktiv qarshiligi ortadi, yuklama qarshiligi oshadi, buning natijasida kaskadning kuchaytirish ortadi.  $R_f$  va  $C_f$  elementlar to‘g‘ri tanlanganda past chastotalar sohasida bir tekis kuchaytirishni ta‘minlash mumkin.

So‘nggi vaqtlarda bipolyar tranzistorlardagi impulsli kuchaytirgichlarda manfiy teskati aloqa (MTA) yordamida yuqori chastotalar sohasida chastotaviy korreksiyalash keng qo‘llanmoqda. Misol sifatida MTA  $R_e$  rezistor yordamida hosil qilinadigan  $C_e$  kondensator orqali bloklanmagan emitterli stabillashli oddiy kuchaytirgich sxemasini keltirish mumkin.

## 5.2. Buzilishlarning vujudga kelishi sabablari

Elektr signallarni kuchaytirishda kuchaytiriladigan signalning shaklini buzilishiga bog‘liq nochiziqli buzilishlar va kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsientini chastotaga bog‘liqligiga bog‘liq bo‘lgan chiziqli (chastotaviy va fazaviy) buzilishlar vujudga kelishi mumkin (5.3- rasm).



5.3- rasm. Nochiziqli buzilishlarning vujudga kelishi

1. Nochiziqli buzilishlarning paydo bo‘lishi sababi kuchaytirish elementlari xarakteristikalarining nochiziqli ko‘rinishi hisoblanadi.

Nochiziqli buzilishlar natijasida kuchaytirgichning chiqishida kirishda bo‘lmagan yuqori garmonikalar paydo bo‘lmoqda.

Buzilishlarning nochiziqziligi darajasi *buzilishlar nochiziqziligi koeffitsienti* (garmoniklar koeffitsienti -  $k_g$ ) orqali baholanadi:

$$k_g = \sqrt{\frac{P_2 + P_3 + \dots + P_n}{P_1}}, \quad (5.1)$$

bu uerda  $P_1, P_2, \dots, P_n$  - garmonikalar elektr quvvati.

Yuklamaning aktiv xarakterida

$$P = I^2 \times R = \frac{U^2}{R}, \quad (5.2)$$

ekanligi hisobga olinganda nochiziqli buzilishlar koeffitsient quyidagicha bo‘lishi mumkin:

$$k_g = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}}{I_1} = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{U_1}, \quad (5.3)$$

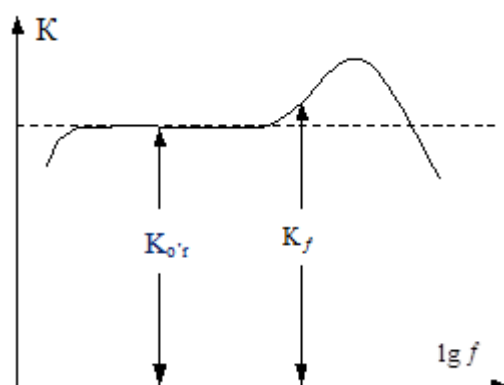
Buzilishlar nochiziqziligi koeffitsienti foizlarda ifodalanadi.

2. Chastotaviy buzilishlarning paydo bo‘lishi sababi kuchaytirgich sxemasida nochiziqli elementlarning borligi hisoblanadi. Kuchaytirgich kiritadigan chastotaviy buzilishlar uning *amplituda-chastotaviy xarakteristikasi* bo‘yicha baholanadi. Bu xarakteristika kuchaytirish koeffitsienti modulini kuchaytiriladigan signal chastotasiga bog‘liqligi hisoblanadi.

Alohida chastotalarda buzilish darajasi  $K_{O'R}$  o‘rta chastotadagi kuchaytirish koeffitsientini bu chastotadagi  $K_f$  kuchaytirish koeffitsientiga nisbatiga teng bo‘lgan M chastotaviy buzilishlar koeffitsienti orqali aniqlanadi (5.4- rasm):

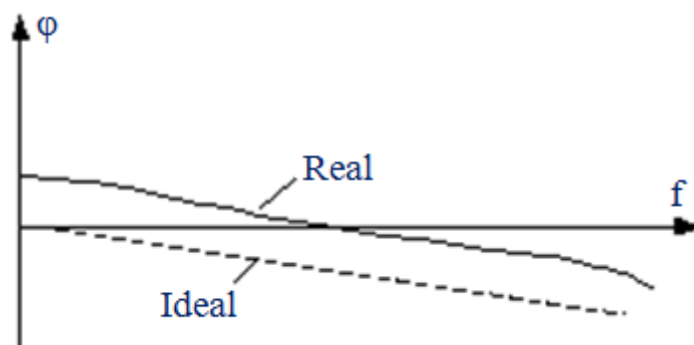
$$M = \frac{K_{O'R}}{K_f}. \quad (5.4)$$

Odatda eng katta chastotaviy buzilishlar  $f_p$  va  $f_{yu}$  chastotalar chegaralarida vujudga keladi. Kuchaytirgichlarda chastotaviy buzilishlar doimo kirish va chiqish signallari orasidagi fazalarning surilishining paydo bo‘lishi bilan bo‘ladi.



5.4- rasm. Kuchaytirish koeffitsienti modulini kuchaytiriladigan signal chastotasiga bog‘liqligi

3. Kuchaytirgich kiritadigan fazaviy buzilishlar kirish va chiqish signallari fazalarining surilishi  $\varphi$  burchagini kirish signalining chastotasiga bog‘liqligi hisoblanadigan uning fazaviy-chastotaviy xarakteristikasi bo‘yicha baholanadi (5.5- rasm).



5.5- rasm. Kuchaytirgichning fazaviy-chastotaviy xarakteristikasi

Ideal fazaviy xarakteristika gorizontol o‘qqa istalgan burchak ostida o‘tadigan to‘g‘ri chiziq hisoblanadi.

Aperiodik kuchaytirgichlar turli qurilmalarda, shu jumladan keng polosali signallarni kuchaytirish uchun keng qo‘llanadi. Bunday kuchaytirgichlarning ishchi diapazoni uncha katta emas (1..10 Gtsdan 100 MGts gacha). Qator hollarda oddiy rezistiv kaskadlar bunchalik keng polosali polosada bir tekis kuchaytirishni ta‘minlay olmaydi.

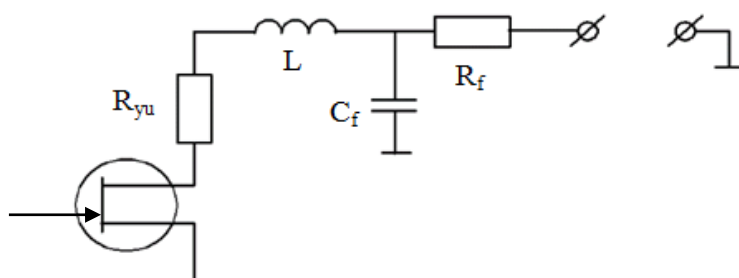
Shuning uchun polosani kengaytirish uchun quyidagi maxsus yo‘llar qo‘llanadi:

- katta kuchaytirish maydoni ( $S$ ) va kichik kirish va chiqish sig‘imlariga ( $C_{kir}$ ,  $C_{chiq}$ ) ega bo‘lgan aktiv elementlar tanlanadi;
- chastota o‘zgaranda kuchaytirishning o‘zgarishini kamaytirish uchun maxsus korreksiyalash zanjirlarini kiritish bilan yuklama murakkablashtiriladi.

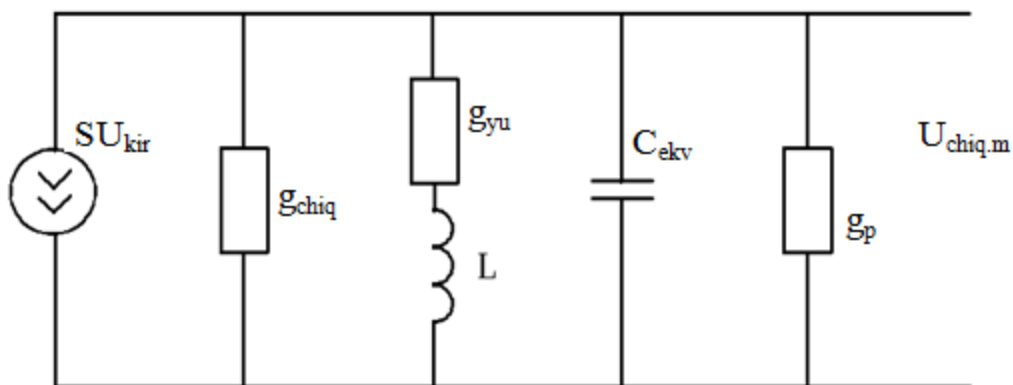
Yuqori chastotalar sohasida AChXni korreksiyalashning ikkita asosiy usullari mavjud.

1) Stok yoki kollektor zanjirida yuklamaga ketma-ket induktivlik qo‘yish. Bunday korreksiyalash ikki qutbli korreksiyalash deyiladi (5.6- rasm). Uning ekvivalent sxemasi 5.7- rasmda keltirilgan.

Korreksiyalovchi induktivlik yuqori chastotalarda induktiv qarshilikni oshiradi, bu  $C_{ekv}$  sig‘imning shuntlash ta’siri hisobiga kuchaytirishning kamayishini kompensatsiyalaydi.  $L$  induktivlik,  $R_{yu}$  qarshilik,  $C_{ekv}$  sig‘im kichik asllikli LC konturni hosil qiladi, uning yo‘qotishlar qarshiligi taxminan  $R_{yu}$  qarshilikka teng bo‘ladi.



5.6- rasm. Ikki qutbli korreksiyalash



5.7- rasm. Ikki qutbli korreksiyalash ekvivalent sxemasi

Bu konturning parametrlarini tanlash bilan quyidagini olish mumkin:

$$|\dot{K}_B(\omega)| > |K_0|. \quad (5.5)$$

$L$  induktivlik uning ta'siri faqat yuqori chastotalarda ta'sir etadigan tarzda tanalanadi. Agar quyidagi shart bajarilishi uchun  $L_{opt}$  induktivlik qiymati tanlansa:

$$Q^2 = L_{opt} / (C_{ekv} \cdot R_{yu}) = 0.414, \quad (5.6)$$

u holda AChXning monotonligi saqlanganda  $\omega_{yu}$  yuqori chastota 1,7 martaga ortadi.

2) Ko'pincha zamonaviy qurilmalarda chastotaga-bog'liq manfiy teskari aloqa (MTA) kiritilishi hisobiga yuqori chastotalar sohasida AChXni korreksiyalash usuli ishlatiladi. Bunda MTA past chastotada va o'rta chastotada namoyon bo'ladi va kuchaytirish kamayadi. Chastotaning ortishi bilan teskari aloqa kamayadi, kuchaytirish esa ortadi. Agar teskari aloqa zanjirida vaqt doimiysi  $\tau_{yu}$  qiymatga teng tanlansa, u holda kuchaytirishning ortishi odatda kuchaytirgichda ekvivalent sig'im hisobiga kuchaytirish kamayadigan chastotalarda bo'lib o'tadi.

### 5.3. Kuchaytirgichlardagi shovqinlar

Kuchaytirgichlarda shovqin asosan uning tarkibiga kiradigan tranzistorlarning shovqini orqali aniqlanadi. Tranzistorlar shovqining asosiy tashkil etuvchilarini ko'rib chiqamiz. Misol sifatida  $p-n$  o'tishli maydoniy tranzistor uchun chastota bo'yicha shovqinning taqsimlanishini ko'rib chiqamiz.

Turli kuchaytirish koeffitsientlariga ega bo'lgan kuchaytirgichlarning taqqoslash mumkin bo'lishi uchun shovqin doimo sxemaning kirishiga beriladi. Bunda kuchlanish va tok 5.1-rasmda tasvirlanganidek, turli manbalardan beriladi.

Kirish berilgan shovqin  $e_p$  kuchlanishi va  $i_n$  toki xarakteristiklari tovush chastotalar diapazonida tranzistor uchun odatda chastotaga bog'liq emas. Ularning asosiy chastotaviy xarakteristiklari 5.8-rasmda keltirilgan.

Signal manbaining nolga teng qarshiligida va  $1/f$  flikker-shovqinlar diapazonidan keyingi kirish shovqin kuchlanishini quyidagicha aniqlash mumkin:

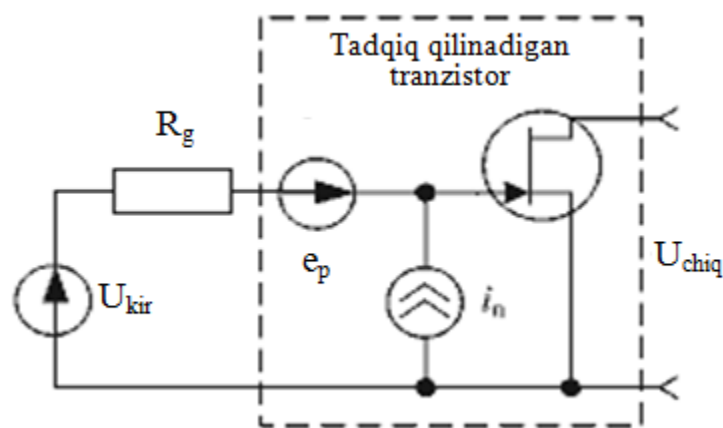
$$\bar{e} = \sqrt{4kTR_n\Delta f} , \quad (5.7)$$

bu yerda  $k = 1,38 \times 10^{-23}$  - Bolsman domiysi;

$T$  – harorat,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\Delta f$  – chastotalar polosasi, Gts;

$R_N \approx \frac{0,67}{gf_s}$  - ekvivalent shovqin qarshiligi.



5.8- rasm. Shovqinning ekvivalent manbalari

Tranzistorning shovqin qarshiligi issiqlik shovqini (Jonson shovqini) formulasi bilan yetarlicha aniq approssimatsiyalanadi. U maydoniy tranzistor kanalining omik qarshiligida vujudga keladi. Bu bog‘liqdan og‘ish 100 Gtsdan past chastotalarda kuzatiladi. Bu flikker-shovqinlarning namoyon bo‘lishiga bog‘liq.

Flikker-shovqin yarim o‘tkazgichning kristall panjarasi va sirt samaralarining bir jinsli emasligi tufayli vujudga keladi. U o‘tkazuvchanlikning tasodifiy fluktuatsiyasida namoyon bo‘ladi. Flikker-shovqinlar sohasida shovqin kuchlanishini aniqlash formulasi quyidagicha o‘zgaradi:

$$\bar{e} = \sqrt{4kTR_N\Delta f \left(1 + \frac{f_1}{f^n}\right)}, \quad (5.8)$$



bu yerda  $n$  aniq bir tranzistor nusxasiga bog'liq ravishda 1 dan 2 gacha o'zgaradi.

Shovqin toki manbai  $i_n$  tokni generatsiyalaydi, u quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$\bar{i}_n = \sqrt{2qI_z\Delta f}, \quad (5.9)$$

bu yerda  $q = 1,602 \times 10^{-19}$  - elektron zaryadi;

$I_z$  – zatvor toki, o'zgamas tokda o'lchangan, A;

$\Delta f$  – chastotalar polosasi, Gts.

Agar tranzistor zatvorining toki faqat yarim o'tkazgichning hajmli o'tkazuvchiligiga bog'liq bo'lsa, ifoda aniq shovqinni tavsiflaydi. O'tkazuvchanlik kristalni korpusning chiqishlariga ulashdagi ifloslanishlar tufayli ortishi mumkin.

Yuqori chastotalarda zaryadlarni generatsiyalash va rekombinatsiyalash shovqinlari sohasida (5.9- rasm) tok rezistorda generatsiyalanadigan  $i_n$  shovqin issiqlik tokiga taxminan teng bo'ladi:

$$\bar{i}_n = \sqrt{\frac{4kT\Delta f}{R_N}}, \quad (5.10)$$

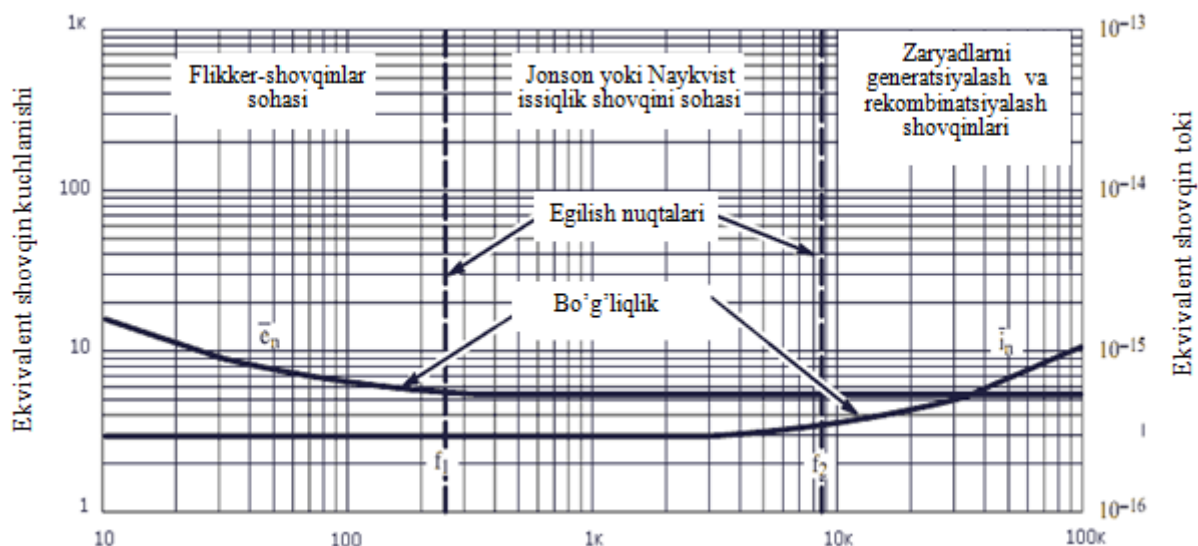
bu yerda  $R_N$  - kirish impedansining real qismi.

5.9- rasmdagi chastotaviy xarakteristikaning  $f_2$  egilish nuqtasi 5 kGtsdan 50 kGts gacha o'zgaradi.

$F$  shovqin koeffitsienti signal manbaining ichki qarshiligida generatsiyalanadigan shovqinga qaraganda tranzistorning kirishiga keltirilgan shovqinning ortishini aniqlaydi.  $F$  shovqin koeffitsienti uchun formula quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$F = \frac{R_{G\ shovqin} + Tranzistor_{shovqin}}{R_{G\ shovqin}} = 1 + \frac{Tranzistor_{shovqin}}{R_{G\ shovqin}}. \quad (5.11)$$

Bu formulada tranzistorning kirishiga keltirilgan shovqinlarning quvvati qiymati ishlatiladi.



5.9- rasm. p-n o'tishli maydoniy tranzistorning shovqin egriligi

(5.8) va (5.10) ifodalar hisobga olinganda tranzistorning shovqin koeffitsientini aniqlash uchun ifoda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$F = 1 + \frac{\overline{e_n^2} + i_n^2 R_G^2}{4kTR_G \Delta f}. \quad (5.12)$$

Shovqin koeffitsienti tranzistor chiqishidagi shovqin qanchalik ortganini ko'rsatadi. U odatda berilgan signal manbai  $R_G$  qarshiligida detsibellarda ( $dB$ ) ifodalanadi:

$$NF(dB) = 20 \lg(F). \quad (5.13)$$

Agar ovoz chastotalari diapazonida maydoniy va bipolyar tranzistorning parametrlari shovqin koeffitsienti bo'yicha taqqoslangan bo'lsa, u holda maydoniy tranzistor signal manbai  $R_G$  qarshiligining ta'siri tufayli yutqazadi. Shuning uchun p-n o'tishli maydoniy tranzistorning shovqin xarakteristikalarini aniqlashda  $e_n$  va  $i_n$  parametrlardan foydalanish yaxshi bo'ladi. Kuchaytirgichning eng muhim parametri uning shovqini hisoblanganda, shovqinni minimallashtirish nuqtai nazaridan signal manbaining qarshiligini tanlash amalga oshiriladi.

Bipolyar tranzistorda  $e_n$  va  $i_n$  parametrlar qiymatlari kollektor tokiga kuchli bog'liq bo'ladi. Maydoniy tranzistorda shovqinni tok tokiga bog'liqligi sezilarsiz namoyon bo'ladi.

Maydoniy tranzistor  $e_n$  shovqinlari kuchlanishining minimal qiymatiga zatvor-istok kuchlanishining nolga teng qiymatida erishiladi, chunki bunday kuchlanishda tranzistor o'tish

xarakteristikasi tikligining maksimal qiymatiga erishiladi. Bu mulohaza faqat tranzistordagi sochiladigan quvvat chegaraviy qiymatga nisbatan sezilarsiz bo‘ladigan shartda o‘rinli bo‘ladi.

### **5-bob bo‘yicha nazorat savollar**

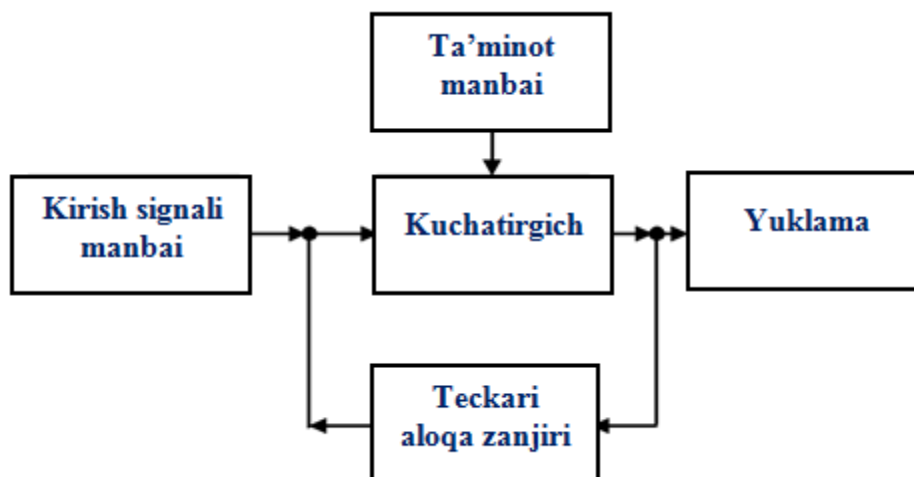
1. Kuchaytirgichlardagi nochiziqli buzilishlarning hosil bo‘lish sabablari nimada?
2. Kuchaytirgichdagi shovqinlar qanday yo‘l bilan aniqlanadi?
3. Aperiodik kuchaytirgichlarning ishchi diapazoni qanchani tashkil etadi?
4. Kuchaytirgichdagi chastotaviy buzilishlarning hosil bo‘lish sababi nima?
5. Kuchaytirgichdagi chastotaviy buzilishlaruning qaysi xarakteristikasi bo‘yicha baholanadi?
6. Aperiodik kuchaytirgichlar qanday qurilmalarda keng qo‘llaniladi?
7. Yuqori chastotalar sohasida AChXni korrelyatsiyalashning nechta asosiy turi mavjud?
8. Kuchaytirgichlarning kuchaytirish koeffitsiyentini aniqlash uchun shovqin uning qaysi qismiga beriladi?
9. Flicker shovqin qanday hosil bo‘ladi?
10. Maydoniy transistor shovqinlari kuchlanishining minimal qiymatiga qanday erishiladi?

## 6-BOB. KUCHAYTIRGICHLARDAGI TESKARI ALOQA

### 6.1. Kuchaytirgichlardagi teskari aloqa

Kuchaytirgichning chiqish zanjiridan kuchaytirilgan tebranishlarni kirish zanjiriga uzatish teskari aloqa deyiladi.

6.1- rasmda teskari aloqali kuchaytirgichning soddalashtirilgan tuzilish sxemasi keltirilgan bo'lib, unda millar bilan energiyani uzatish yo'nalishi ko'rsatilgan.



6.1- rasm. Teskari aloqali kuchaytirgichning soddalashtirilgan tuzilish sxemasi

Chiqishdan kirishga energiyani uzatish amalga oshiriladigan zanjir teskari aloqa zanjiri deyiladi. U odatda quyidagi ko'rinishda bajariladi:

a) kuchaytirgichga talab qilinadigan xossalarni berish uchun xizmat qiladigan  $\beta$  uzatish koeffitsienti orqali xarakterlanadigan chiziqli passiv to'rt qutbli;

b) aktiv to'rt qutbli, buning natijasida yangi sxemalar sinflar yaratiladi (kompensatsion turdagi stabilizatorlari, multivibratori).

Teskari aloqa kuchaytirgichda quyidagi uchta sabablarga ko'ra paydo bo'lishi mumkin:

1) kuchaytirish elementlarining fizik xossalari va tuzilishi tufayli (ichki teskari aloqa);

2) signalni teskari uzatish uchun yo'llarni hosil qiladigan parazit sig'im, induktiv va boshqa aloqalar tufayli (parazit teskari aloqa);

3) maxsus zanjirlarni sxemaga kiritish tufayli (tashqi teskari aloqa).

Barcha teskari aloqa turlari kuchaytirgichning xossalarini kuchli o'zgartirishi mumkin. Ham ichki, ham parazit aloqalarni boshqarish mumkin emas, ular ko'pincha kuchaytirgichning xossalari salbiy yo'nalishda o'zgartiradi. Tashqi teskari aloqa boshqariluvchan va u kuchaytirgichning quyidagi xossalarini yaxshilash uchun kiritiladi:

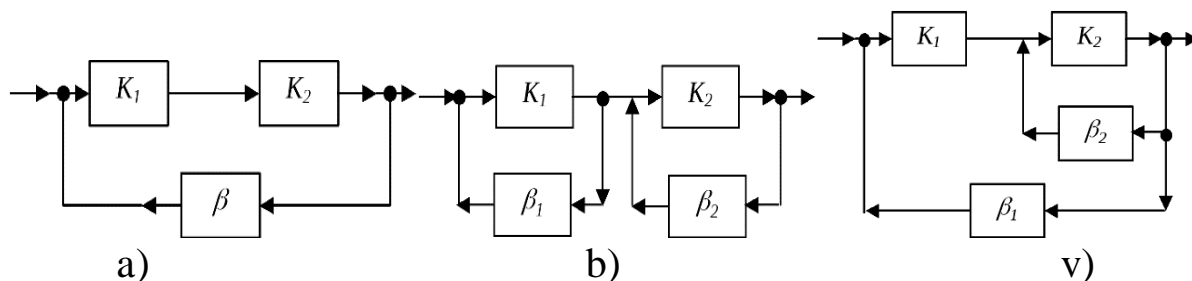
- kuchaytirish koeffitsientining stabilligini oshirish;
- barcha turlardagi buzilishlarni kamaytirish;
- o'z shovqinlarini kamaytirish va boshqalar.

## 6.2. Teskari aloqa zanjirlarining turlari

Teskari aloqa zanjiri va kuchaytirgich sxemasining bu zanjir ulangan qismi hosil qiladigan yopiq kontur teskari aloqa halqasi deyiladi. Agar kuchaytirgichda faqat bitta teskari aloqa halqasi bo'lsa. Aloqa bitta halqali (6.2,a- rasm), agar halqalar bir nechta bo'lsa, teskari aloqa ko'p halqali aloqa (6.2,b,v- rasmlar) deyiladi. Kuchaytirgichning bitta kaskadini qamrab oladigan  $\beta_2$  mahaliy teskari aloqa deyiladi (6.2,v- rasm).

Agar kirish signali manбайдan tebranishlar, tebranishlarni amplitudasi oshadigan teskari aloqa signali bilan qo'shilsa, u holda bunday teskari aloqa musbat aloqa deyiladi.

Agar kirish signali manbai va teskari aloqa signali kuchaytirgichning kirishiga kuchaytirgich kirishi va chiqishidagi tebranishlar amplitudasini kamayishiga olib keladigan qarama-qarshi fazada kelsa, u holda bunday teskari aloqa manfiy teskari aloqa deyiladi. Manfiy teskari aloqa kuchaytirgichning barcha parametrlarini o'zgartiradi va unga zarur xossalarini berish uchun xizmat qiladi.



6.2- rasm. Teskari aloqa zanjirlarining turlari

Agar teskari aloqa zanjiri chiqishidagi kuchlanishni uning kirishidagi kuchlanishga nisbati chastotaga bog'liq bo'lmasa (teskari

aloqa zanjiri induktivliklar va sig'implarga ega bo'lmasa), teskari aloqa chastotaga bog'liq bo'lmagan teskari aloqa deyiladi. Agar ko'rsatilgan kuchlanishlar nisbati chastotaga bog'liq bo'lsa, u holda teskari aloqa chastotaga bog'liq teskari aloqa deyiladi.

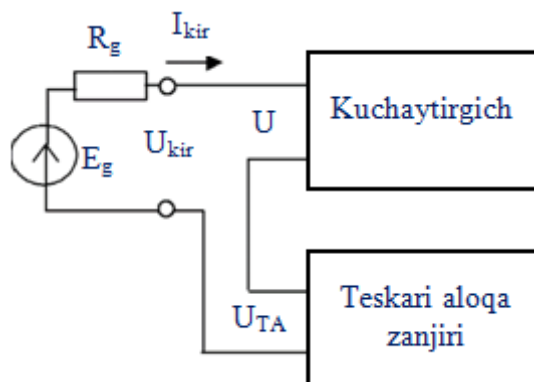
Kuchaytirgichning kirishiga teskari aloqa signalini berish usuliga bog'liq ravishda ketma-ketma va parallel teskari aloqaga ajratiladi.

Agar kirish signalining manbai kuchaytirgichning kirishi va teskari aloqa zanjirining chiqishi bilan ketma-ket ulasa, u holda bunday teskari aloqa ketma-ket teskari aloqa deyiladi. Bu holda  $U_{TA}$  teskari aloqa signali kuchaytirgichning kirishiga  $U_{chiq}$  kirish signali bilan ketma-ket beriladi (6.3- rasm).

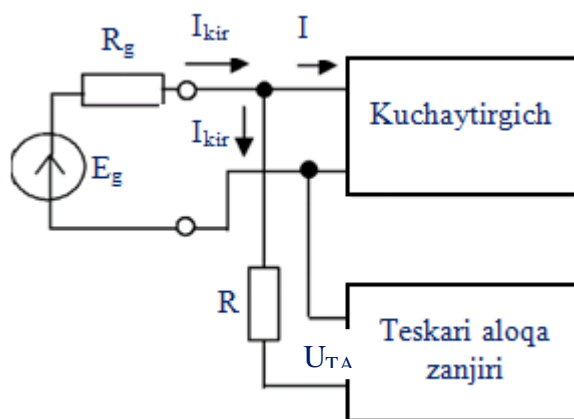
Agar teskari aloqa zanjiri kirish signali manbaiga parallel ulansa, u holda bunday teskari aloqa parallel teskari aloqa deyiladi (6.4-rasm). Parallel teskari aloqada kuchaytirgichning kirishida ketma-ket teskari aloqadagi kuchlanishlarning emas, balki toklarning algebraik qo'shilishi bo'lib o'tadi. Buning uchun  $R_G \neq 0$ ,  $R \neq 0$  bo'lishi zarur.

Teskari aloqa zanjirining kuchaytirgichning chiqishiga ulanishi usuli bo'yicha: kuchlanish bo'yicha va tok bo'yicha teskari aloqaga bo'ladi.

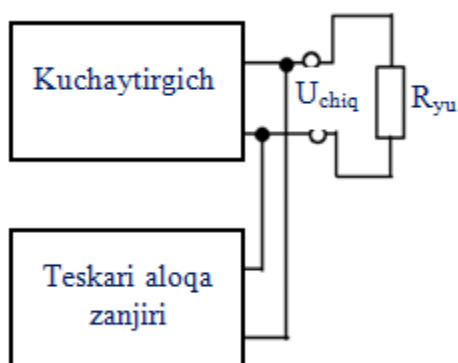
Kuchlanish bo'yicha teskari aloqada kuchaytirgichning chiqishi, yuklama va teskari aloqa zanjiri bir-birlariga parallel ulangan (6.5-rasm). Bu holda teskari aloqa signali kuchaytirgichning kirish kuchlanishiga proporsional bo'ladi.



6.3- rasm. Ketma-ket teskari aloqa

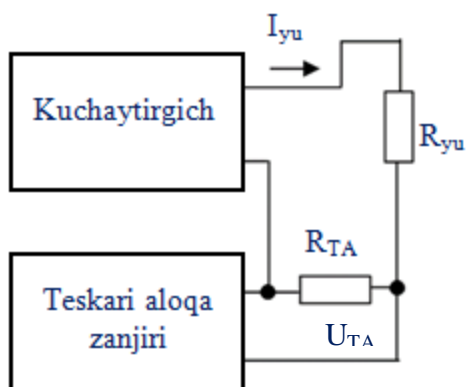


6.4- rasm. Parallel teskari aloqa



6.5- rasm. Kuchlanish bo'yicha teskari aloqa

Agar kuchaytirgichning chiqishi, yuklama va teskari aloqa zanjiri ketma-ket ulangan bo'lsa (6.6- rasm), bu tok bo'yicha teskari aloqa bo'ladi, bunda teskari aloqa signali yuklama orqali oqib o'tadigan tokka proporsional bo'ladi.



6.6- rasm. Tok bo'yicha teskari aloqa

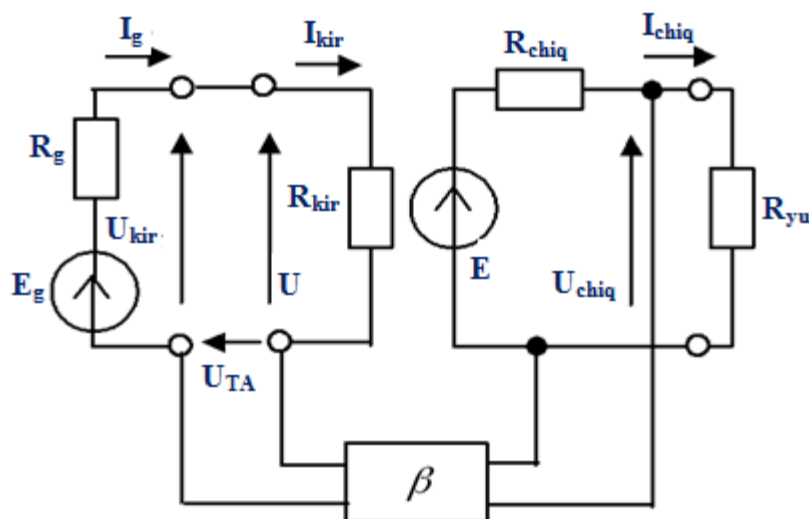
6.5- va 6.6-rasmlardan ko‘rinib turibdiki, yuklamaning qisqa tutashuvi rejimida kuchlanish bo‘yicha teskari aloqa yo‘qoladi, tok bo‘yicha teskari aloqa saqlanadi. Salt ishlash rejimida ( $R_{yu} \rightarrow \infty$ ) kuchlanish bo‘yicha teskari aloqa saqlanadi, tok bo‘yicha teskari aloqa yo‘qoladi.

Shunday qilib, kuchaytirgichlar sxemalarida to‘rtta turlardagi manfiy yoki musbat teskari aloqa bo‘lishi mumkin:

- kuchlanish bo‘yicha ketma-ket;
- tok bo‘yicha ketma-ket;
- kuchlanish bo‘yicha parallel;
- tok bo‘yicha parallel.

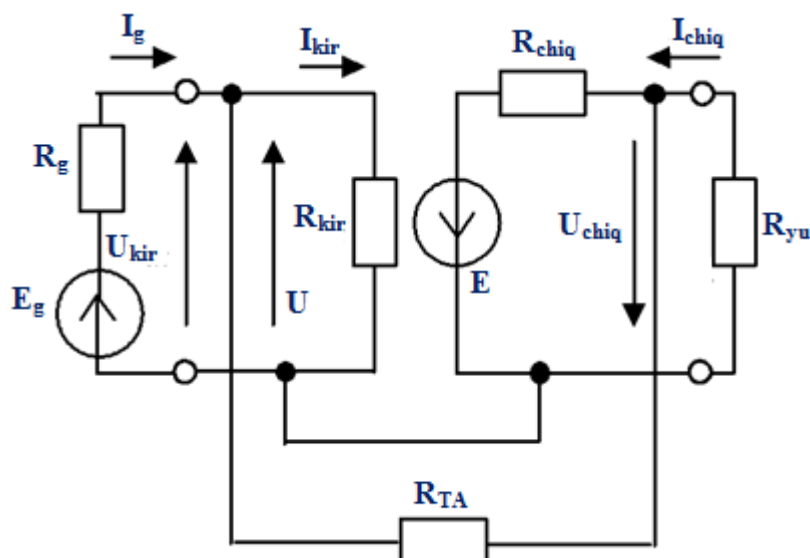
Kuchaytirish koeffitsientiga teskari aloqaning ta‘sirini kuchlanish bo‘yicha ketma-ket (6.7-rasm) va parallel (6.8-rasm) teskari aloqa sxemalarida ko‘rib chiqamiz, ularda xulosalarni soddalashtirish uchun barcha qiymatlarni haqiqiy va musbat olamiz.

$E_G$  signal manbai EYuKni yuqoriga yo‘nalgan deb ixtiyoriy olish bilan 6.7-rasmida millar bilan ko‘rsatilgan toklar va kuchlanishlar yo‘nalishlarini olamiz. Binobarin,  $U_{TA}$  va  $U_{kir}$  kuchlanishlar bir xil yo‘nalishga egaligi sababli teskari aloqa musbat hisoblanadi.



6.7- rasm. Kuchlanish bo‘yicha ketma-ket teskari aloqa





6.8- rasm. Kuchlanish bo'yicha parallel teskari aloqa

Kirish konturidagi EYuKlar va kuchlanishlarning tushishi yig'indisini nolga tenglash bilan

$$E_G - I_G R - U + U_{TA} = 0$$

ifodani olamiz, bu yerdan quyidagi kelib chiqadi:

$$E_G = I_G R_G + U - U_{TA}. \quad (6.1)$$

Kuchaytirgichning  $K$  kuchaytirish koeffitsienti teskari aloqa bo'lmaganda

$$K = \frac{U_{chiq}}{U},$$

teskari aloqa zanjiri bo'yicha kuchlanishni uzatish koeffitsienti  $\beta = \frac{U_{TA}}{U_{chiq}}$  va kirish  $I_{kir} = I_G = \frac{U}{R_{kir}}$  bo'lsa, u holda (6.1) fomulani quyidagicha yozish mumkin:

$$E_G = \frac{U}{R_{kir}} R_G + U - \beta K U = U \left( \frac{R_G + R_{kir}}{R_{kir}} - \beta K \right). \quad (6.2)$$

Bu yerdan kuchlanish bo'yicha musbat ketma-ket teskari aloqali qurilmaning kuchlanishni kuchaytirish koeffitsienti quyidagiga teng bo'ladi:

$$K_{MTA}^* = \frac{U_{chiq}}{E_G} = \frac{UK}{U\left(\frac{R_G + R_{kir}}{R_{kir}} - \beta K\right)}, \quad (6.3)$$

yoki

$$K_{MTA}^* = \frac{\alpha K}{1 - \alpha \beta K} = \frac{K^*}{1 - \beta K^*}, \quad (6.4)$$

bu  $\alpha = \frac{R_{kir}}{R_G + R_{kir}}$  kirish zanjirining kuchlanishni kuchaytirish koeffitsienti hisoblanadi,  $K^* = \alpha K$  esa bu qurilmaning o'tish teskari aloqasiz kuchlanishni kuchaytirish koeffitsienti. Butun teskari aloqa halqasining kuchaytirish koeffitsienti bo'lgan  $\beta K^*$  ko'paytma halqali kuchaytirish yoki qaytarish nisbati deyiladi.

Manfiy teskari aloqada  $\beta K^*$  halqali kuchaytirish manfiy, bu (6.3) formuladagi minus ishorasini plyusga o'zgartiradi va  $K_{MTA}^*$  doimo  $K^*$  dan kichik bo'ladi:

$$K_{MTA}^* = \frac{K^*}{1 + \beta K^*}. \quad (6.5)$$

Demak, manfiy teskari aloqa u kiritiladigan kuchaytirgichning kuchaytirishini  $1 + \beta K^*$  martaga kamaytiradi.  $1 + \beta K^*$  yig'indi teskari aloqa chuqurligi deyiladi.

Teskari aloqali qurilmaning kuchaytirish koeffitsientini kamaytiradi, uning AChX, FChX va o'tish xarakteristikasini o'zgartiradi. Teskari aloqali kuchaytirgichning AChX va FChX (6.3) yoki (6.4) formulalar yordamida hisoblanadi, ular bo'yicha turli chastotalar uchun  $K_{TA}^*$  qiymatni kompleks shaklda aniqlanadi.  $\beta$  va  $K^*$  qiymatlar bu formulalarga kompleks shaklda qo'yiladi.

Teskari aloqali qurilmalarning xarakteristikalarini hisoblashda shuni nazarda tutish kerakki, teskari aloqa kuchaytirish koeffitsientini, shuningdek AChX va FChXning faqat teskari aloqa halqasi bilan qamrab olingan qismini o'zgartiradi. Agar mavjud bo'lsa, qolgan

kaskadlarning kuchaytirish koeffitsienti va xarakteristikalari o'zgarimasdan qoladi.

$\beta K^* \gg 1$  bo'lganda (chuqur manfiy teskari aloqa) (6.4) ifodadan  $K_{MTA}^* \approx \frac{1}{\beta}$  kelib chiqadi.

Shunday qilib, chuqur manfiy teskari aloqada kuchaytirgichning xossalari to'liq teskari aloqa to'rt qutblisi turi orqali aniqlanadi. Agar bu to'rt qutbli faqat rezistiv bo'lsa, u holda barcha chastotalarda  $\beta = \text{const}$  bo'ladi, demak  $K_{MTA}^* = \text{const}$  qiymat  $K^*$  qiymatdan sezilarli kichik bo'ladi.

Chastotaga bog'liq bo'lmagan manfiy teskari aloqa u qamrab oladigan qurilmaning AChX, FChX va o'tish xarakteristikalarini yaxshilaydi, qurilma kuchaytiradigan chastotalar polosasini kengaytiradi. Bu shu bilan tushuntiriladiki, kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti teskari aloqasi kamayadigan chastotalarda teskari aloqaning chuqurligi kamayadi, bu kuchaytirishni ko'taradi.

Natijada bu chastotalarda kuchaytirish teskari aloqasiz kuchaytirgichdagiga qaraganda ko'p marta oz kamayadi. Manfiy teskari aloqa kiritilganda AChXning ko'tarilishlari, aksincha, kuchli kamayadi, chunki bu chastotalarda teskari aloqa chuqurligi ortadi.

Agar teskari aloqa to'rt qutblisi reaktiv elementlarga ega bo'lsa, u holda  $\beta(j\omega)$  qiymat chastotaga bog'liq bo'ladi, demak  $K_{MTA}^*(j\omega)$  qiymat ham chastotaga bog'liq bo'ladi va teskari aloqa to'rt qutblisining AChXga teskari bo'lgan AChXga ega bo'ladi.

Past, o'rta va yuqori chastotalar sohalarida AChX va FChXni korreksiyalash yoki tanlovchan kuchaytirgichlar va boshqalarni yaratish uchun qo'llanadigan chastotaga bog'liq zanjirlarning katta xilma-xilligi mavjud.

Shunday qilib, chuqur manfiy teskari aloqa quyidagilar uchun ishlatilishi mumkin:

- a) kuchaytirishni cheklash uchun;
- b) berilgan turdagi AChXni olish uchun.

Bu chastotaga bog'liq manfiy teskari aloqaning xossalari bilan uning turli kuchaytirish qurilmalarini konstruksiyalanishida qo'llanishi tushuntiriladi.

Kuchlanish bo'yicha ketma-ket teskari aloqa uchun kuchaytirishga teskari aloqaning ta'siri haqida shakllantirilgan qoidalar kirish zanjiriga kiritiladigan barcha kiritiladigan aloqa usullari uchun va uning chiqish zanjiridan olish usullari uchun o'rinli

bo‘ladi. Kuchlanish bo‘yicha parallel teskari aloqaning eng oddiy sxemasi 6.7-rasmda keltirilgan.

Kuchaytiriladigan signallarning qutbini teskari qutbga o‘zgartiradigan kuchaytirgichda (kuchaytirgichning kuchaytirish koefitsienti  $K$  ga teng) teskari aloqa manfiy bo‘lib qoladi.  $R_{TA}$  rezitor bilan teskari aloqani kiritilishidan kuchaytirishning kamayishi bu sxema uchun quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$K_{MTA}^* = \frac{K^*}{1 + \frac{R_G}{R_{TA}} \left( K^* + \frac{R_{kir}}{R_G + R_{kir}} \right)} \quad (6.6)$$

Bu formula tuzilmasi bo‘yicha o‘sha yo‘l bilan olingan (6.4) fomulaga o‘xshash.

6.7-rasmdan ko‘rish qiyin emaski, ketma-ket teskari aloqa signal manbaining qarshiligi kuchaytirgichning kirish qarshiligidan ko‘p martaga kichik  $R_G \ll R_{kir}$  bo‘lganda kuchaytirishga va kuchaytirgichning boshqa xossalriga eng kuchli ta’sir qiladi, chunki bu holda deyarli butun teskari aloqa kuchlanishi kuchaytirgichning kirishiga beriladi.

Signal manbaining katta  $R_G$  qarshiligida ketma-ket teskari aloqa kuchsiz ta’sir qiladi, chunki deyarli butun teskari aloqa kuchlanishi  $R_G$  qarshilikda yo‘qoladi. Parallel teskari aloqa, aksincha, katta  $R_G$  qarshilikda kuchliroq ta’sir qiladi, chunki uning past qarshiligida kirish zanjiri signal manbai orqali shuntlanadi va kuchaytirgichning chiqishidagi teskari aloqa kuchlanishi kamayadi.

Shuningdek, 6.7- va 6.8- rasmlardan ko‘rish mumkinki, ketma-ket teskari aloqa qurilmaning tok bo‘yicha kuchaytirish koefitsientini o‘zgartirmaydi, chunki bu holda qurilmaning kirish  $I_G$  toki kuchaytirgichning  $I_{kir}$  kirish tokidan farq qilmaydi.

Parallel teskari aloqa kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koefitsientini o‘zgartirmaydi, chunki bu yerda qurilmaning kirishidagi  $U_{kir}$  kuchlanish kuchaytirgichning kirish kuchlanishi hisoblanadi.

Qurilmaning kuchaytirish koefitsientiga ta’sir etish bilan teskari aloqa bir vaqtda kuchaytirgichning ishlatilishida doimo o‘z o‘rniga ega bo‘ladigan kuchaytirish koefitsientini o‘zgarishiga ham ta’sir qiladi. Kuchaytirish koefitsientining o‘zgarishi barqarorlikdan chiqaruvchi omillar deyiladigan quyidagi turli omillarga bog‘liq:

- ta'minot manbalari kuchlanishlarining o'zgarishlari;
- kuchaytirish elementlari va detallarining eskirishi va almashtirilishi;
- atrof-muhit haroratining o'zgarishi va boshqalar.

### **6-bob bo'yicha nazorat savollar**

1. Teskari aloqa va teskari aloqali kuchaytirgichning soddalashtirilgan tuzilish sxemasini tushuntiring
2. Teskari aloqa kuchaytirgichda qanday sabablarga ko'ra paydo bo'lishini ko'rsating?
3. Teskari aloqa zanjirlarining turlarini tushuntiring
4. Ketma-ket teskari aloqa zanjiri va sxemasini tushuntiring
5. Parallel teskari aloqa zanjiri va sxemasini tushuntiring
6. Kuchlanish bo'yicha teskari aloqa va sxemasini tushuntiring
7. Tok bo'yicha teskari aloqa sxemasini chizing va tushuntiring
8. Teskari aloqa kuchaytirish xarakteristikalarini tushuntiring
9. Kuchlanish bo'yicha ketma-ket teskari aloqaning parallel teskari aloqadan farqi nimada?
10. Chuqur manfiy teskari aloqa nima uchun qo'llaniladi?

## 7-BOB. OPERATSION KUCHAYTIRGICHLAR

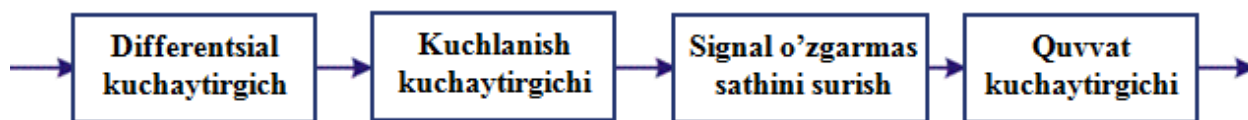
### 7.1. Operatsion kuchaytirgichlar haqida umumiy ma'lumotlar

Operatsion kuchaytirgich (OK) nomi dastlab qo'shish, ayirish, ko'paytirish va bo'lish matematik operatsiyalarini bajarish uchun ishlab chiqilgan katta kuchaytirish koeffitsientli kuchaytirgichlarga berilgan. Bunday kuchaytirgichlar yuqori  $\pm 300$  V kuchlanishlarda ishlagan, lekin ular ixtiro qilinguncha o'tkazish maqsadga muvofiq bo'lmagan hisoblashlarni bajara olgan.

Operatsion kuchaytirgich deb analog signallar bilan turli operatsiyalar – ularni kuchaytirish yoki kuchsizlantirish, qo'shish va ayirish, integrallash yoki differensiallash, ularning shakllarini o'zgartirish va boshqa operatsiyalarni bajarishga mo'ljallangan kuchlanish kuchaytirgichiga aytiladi. Bu barcha operatsiyalarni OK tarkibiga turli elektron komponentlar kiradigan turli teskari aloqa zanjirining yordamida bajaradi.

Umumiy holda operatsion kuchaytirgich quyidagi tugunlarga ega (7.1- rasm):

- kirish differensial kuchaytirgichi;
- kuchlanishni kuchaytirgich;
- doimiy sathini surish tuguni;
- quvvat kuchaytirgichi.



7.1- rasm. OKning funksional sxemasi

Kirish differensial kuchaytirgichi (KDK) ikkita kirish signallarining farqiga proporsional signalni kuchaytirish uchun OKda ishlatiladi. Kuchlanishni kuchaytirgich kuchaytirgichning kirishi-chiqishini ajratish va differensial kuchaytirgichning signalini kuchaytirish uchun xizmat qiladi.

Surish tuguni kuchlanish kuchaytirgichining chiqish kuchlanishini quvvat kuchaytirgichning kirish parametrlari bilan moslashtiradi. Quvvat kuchaytirgichi OK kuchaytirish kaskadlarining chiqish qarshiligini past omli yuklama bilan moslashtiradi.

Real OK iloji boricha cheksiz katta kuchaytirish koeffitsientili kuchlanish bilan boshqariladigan ideal kuchlanish manbaiga mos kelishi kerak. Kirish differensial qarshilik cheksizlikka teng bo'lishi kerak. Chiqish qarshiligi esa nolga teng bo'lishi, demak yuklama chiqish kuchlanishiga ta'sir qilmasligi kerak. Kuchaytiriladigan signallarning chastotalar diapazoni o'zgarmasdan kuchlanish chastotalaridan juda yuqori chastotalargacha (o'nlab MGts) bo'lishi kerak.

OKning ayrim parametrlarini atroflicha ko'rib chiqamiz.

OK kirishlaridagi signal bo'lmaganda uning kirishida kirish bipolyar tranzistorlardagi baza tokleri yoki kirishda maydoniy tranzistorlardagi OK uchun zatvorlar isrofiy toklariga bog'liq bo'lgan toklar oqib o'tadi. Kirish signali manbaining ichki qarshiligi orqali o'tish bilan kirish tokleri OK kirishida kuchlanishning tushishini hosil qiladi, bu OK kirishida signal bo'lmaganda chiqishda kuchlanishning paydo bo'lishini keltirib chiqarishi mumkin. Bu kuchlanishning tushuvini kompensatsiyalash real OKlar kirishlarining tokleri bir-birlaridan 10...20 %ga farqlanishi bilan qiyin bo'ladi.

OKning kirish toklarini inverslaydigan va inverslamaydigan kirishlarning o'rtacha arifmetik tokleri sifatida hisoblanadigan o'rtacha kirish toki bo'yicha baholash mumkin:

$$F_0 \leq \frac{F_{0m}}{\left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1}{M_m}\right)^2}\right)} \approx \frac{f_{01r2}}{2f_{01r1} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1}{M_m^2}\right)}\right)}, \quad (7.1)$$

bu yerda  $I_1$  va  $I_2$  – mos ravishda inverslaydigan va inverslamaydigan kirishlar tokleri, mA.

Bipolyar tranzistorlardagi kirish kaskadlarili OKning o'rtacha kirish toki 0,01 – 1 mA diapazonda yotadi, kuchaytirgichning kirish kaskadlarida maydoniy tranzistorlar ishlatilganda  $I_{kir}$  1 nA gachani tashkil etadi.

Kirish toklarining  $\Delta I_{kir}$  farqi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\Delta I_{kir} = I_1 - I_2. \quad (7.2)$$

O'zgarmas tokdagi kuchlanishni  $K_u$  kuchaytirish koeffitsienti OK o'z asosiy funksiyasi bo'lgan kirish signallarini kuchaytirishni qanchalik yaxshi bajarishini aniqlaydigan OK ko'rsatkichi hisoblanadi. Real OKlarda  $1 \cdot 10^6$  gachani tashkil etadi.

$U_{sil}$  siljitish kuchlanishi chiqishdagi kuchlanish nolga teng bo'lishi uchun OK kirishiga berilishi zarur bo'lgan kuchlanish qiymati hisoblanadi.

$U_{sil}$  siljitish kuchlanishini kirishda kuchlanish bo'lmagada va  $K_u$  kuchaytirish koeffitsientida  $\Delta U_{chiq}$  chiqish kuchlanishini bilish bilan hisoblash mumkin:

$$U_{sil} = \frac{\Delta U_{chiq}}{K_u}. \quad (7.3)$$

Kirish kaskadlari bipolyar tranzistorlarda yig'ilgan kuchaytirgichlar uchun modul bo'yicha maksimal  $U_{sil}$  qiymat 3 – 10 mVni tashkil etadi.  $R_{kir}$  kirish qarshiligining ikkita differensial kirish qarshiligi va sinfaz signal bo'yicha kirish qarshiligi tashkil etuvchilari mavjud. Sinfaz signal bo'yicha kirish qarshiligi  $\Delta U_{kir.o'r}$  kirish sinfaz kuchlanishining o'zgarishini u keltirib chiqargan  $\Delta I_{kir.o'r}$  o'rtacha kirish tokining o'zgarishiga nisbati sifatida aniqlanadi:

$$R_{Kir} = \frac{\Delta U_{Kir.o'r}}{\Delta I_{Kir.o'r}}, \quad (7.4)$$

bu yerda  $\Delta U_{kir.o'r}$  - OK kirishlari orasidagi kirish sinfaz kuchlanishining o'zgarishi, V;

$\Delta I_{kir.o'r}$  - o'rtacha kirish tokining o'zgarishi, mA.

Differensial kirish qarshiligi OK kirishlari orasida kuzatiladi va quyidagi formula bo'yicha aniqlanishi mumkin:

$$R_{Kir.Dif} = \frac{\Delta U_{Kir}}{\Delta I_{Kir}}, \quad (7.5)$$

bu yerda  $U_{kir}$  - OK kirishlari orasidagi kuchlanishning, V;

$\Delta I_{kir}$  – kirish tokining o'zgarishi, mA.

OK uchun kirish differensial qarshiligi 10 kOm...10 MOm chegaralarda bo'ladi. Sinfaz signal bo'yicha kirish qarshiligining



qiymati odatda kirish differensial qarshiligidan 1-2 va undan yuqori tartibga katta bo'ladi.

OKdagi  $R_{chiq}$  chiqish qarshiligi Omning ulushlaridan bir necha o'nlab Omlargachani tashkil etadi. Chiqish qarshiligi, ayniqsa, u bilan tenglashadigan yuklama qarshiligida kuchaytirgich ishlaganida chiqish signalining amplitudasini kamaytiradi.

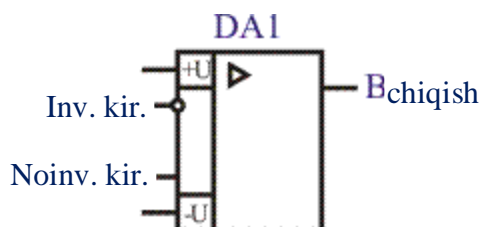
$U_{chiq}$  chiqish kuchlanishining ortishi tezligi uning kirishiga kuchlanishning sakrashi berilganda OK chiqish kuchlanishining o'zgarishini uning ortishi vaqtiga nisbatiga teng:

$$V_{U\ chiq} = \frac{\Delta U_{chiq}}{t_{ort}}, \quad (7.6)$$

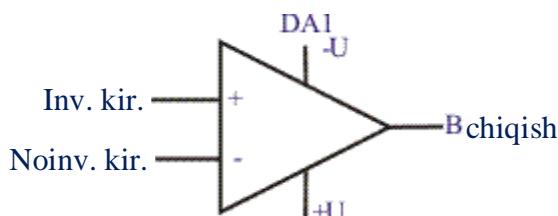
bu yerda  $U_{chiq}$  – OKning chiqish kuchlanishi, V;  
 $t_{ort}$  – kuchlanishning ortishi tezligi, s.

Ortish vaqti davomida OKning chiqish kuchlanishi o'zining o'rnatilgan qiymatlaridan 10% dan 90%gacha ortadigan vaqt intervali orqali aniqlanadi.

Operatsion kuchaytirgichning shartli-grafik belgilanishi 7.2-rasmda keltirilgan. OKning soddalashtirilgan ko'rinishi 7.3- rasmda keltirilgan.



7.2- rasm. Operatsion kuchaytirgichning shartli-grafik belgilanishi



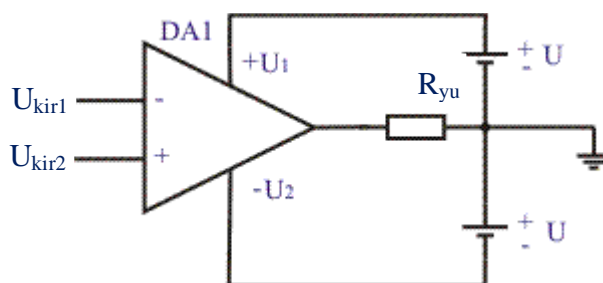
7.3- rasm. Operatsion kuchaytirgichning soddalashtirilgan ko'rinishi

Operatsion kuchaytirgichlarda beshta asosiy chiqishlar mavjud:

- ta'minotni ulash uchun ikkita chiqishlar;
- kirish signallarini ulash uchun uchun ikkita chiqishlar;
- chiqish signalini olish uchun bitta chiqish.

Sxemalarda  $+U$  va  $-U$  belgilari turgan chiqishlar 7.4- rasmda tasvirlanganidek, ta'minot manbaiga ulanadi.

E'tibor bering, ta'minot manbai uchta chiqishga ega (musbat, manfiy va umumiy yerga ulash). Bunday manba turi ikki qutbli ta'minot manbai deyiladi. Manbaning asosiy kuchlanishlar  $\pm 15$ ,  $\pm 12$  va  $\pm 6$  V qiymatlarni tashkil etadi. Maxsus maqsadlardagi OK uchun nosimmetrik ta'minot,  $+12$  V va  $-6$  V yoki hatto bir qutbli ta'minot  $+30$  V va yer talab qilinishi mumkin.



7.4- rasm. Ta'minot manbai va yuklamani OKga ulanishi

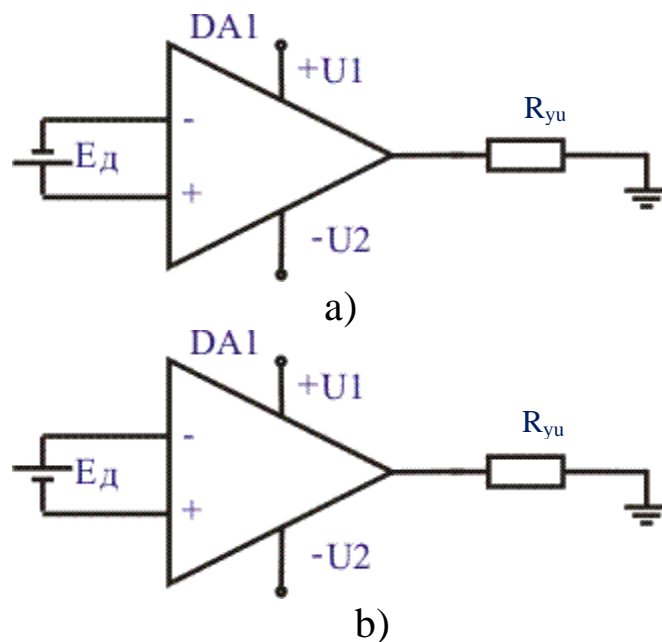
E'tibor bering, 7.4- rasmdagi sxemada yer OKga ulanmagan. OKdan ta'minot manbaiga qaytadigan toklar sxemaning tashqi elementlari bo'ylab, bu holda  $R$  yuklama qarshiligi orqali oqib o'tadi.

7.4- rasmda OKning chiqishi  $R_{yu}$  yuklama rezistorining chiqishlaridan biriga ulangan.  $R_{yu}$  yuklama rezistorining ikkinchi chiqishi yerga ulangan.  $U_{chiq}$  chiqish kuchlanishi yerga nisbatan o'lchanadi. Binobarin, OK faqat bitta chiqishga ega, bunda u nosimmetrik chiqishga egaligi haqda aytiladi. OK chiqishidan olish mumkin bo'ladigan tok qandaydir qiymat bilan, odatda 5-10 mA bilan cheklangan.  $U_{chiq}$  yuqori chegara musbat to'yinish kuchlanishi ( $+U_{to'y}$ ), pastki chegara manfiy to'yinish kuchlanishi ( $-U_{to'y}$ ) deyiladi.

7.5- rasmda (+) va (-) ishoralari bilan belgilangan ikkita kirishlar ko'rsatilgan.

Ular differensial (farq) kirishlar deyiladi, chunki  $U_{chiq}$  chiqish kuchlanishi ulardagi  $E_d$  kuchlanishlar farqi va kuchaytirgichning  $K_u$  kuchaytirish koeffitsientiga bog'liq bo'ladi. 7.5,a- rasmdan ko'rinib

turibdiki, kirishdagi (+) kuchlanish kirishdagi (-) kuchlanishga nisbatan musbat bo'lganda chiqish kuchlanishi yerga nisbatan musbat bo'ladi. 7.5,b- rasmda kirishdagi (+) kuchlanish kirishdagi (-) kuchlanishga nisbatan manfiy bo'lganda  $E_d$  qutbi almashganda yerga nisbatan  $U_{chiq}$  chiqish kuchlanishi manfiy bo'lib qoladi.



7.5- rasm.  $U_{chiq}$  chiqish kuchlanishining qutbini  $E_d$  kirish differensial kuchlanishining qutbiga bog'liqligi

7.5- rasmni ko'rib chiqishdan xulosa qilish mumkinki, chiqish kuchlanishining qutbi (+) kirishdagi kuchlanishning qutbi bilan mos tushadi [(-) kirishdagi kuchlanishga nisbatan] va (-) kirishdagi kuchlanishning qutbiga qarama-qarshi yoki invers [(+) kirishdagi kuchlanishga nisbatan]. Shuning uchun (-) kirish invers kirish sifatida, (+) kirish esa noinvers kirish sifatida belgilanadi.

Shuni ta'kidlash muhimki,  $U_{chiq}$  chiqish kuchlanishining qutbi faqat invers va noinvers kirishlardagi kuchlanishlarning farqiga bog'liq bo'ladi. bu farq kuchlanishini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$E_d = (+) \text{ kirishdagi kuchlanish} - (-) \text{ kirishdagi kuchlanish.}$$

$E_d$  belgi, birinchidan (-) kirishdagi kuchlanishga nisbatan (+) kirishdagi kuchlanishning qutbi haqida va ikkinchidan, yerga nisbatan chiqish kuchlanishini qutbi haqida bildiradi. Bu ifoda ham yerga ulangan invers yoki noinvers kirishda, ham har ikkala kirishlar

potensiallari yer potensialidan yuqori yoki past bo'lganda o'rinli bo'ladi.

Kirish zanjirining yana bir muhim o'ziga xos xususiyati kirishlar orasidagi, shuningdek kirishlardan har biri va yer orasidagi to'liq qarshilikning yuqori qiymati hisoblanadi.

Ideal operatsion kuchaytirgich uchun quyidagilar o'rinli bo'ladi:

- cheksiz katta kuchaytirish koeffitsienti;
- cheksiz katta kirish qarshiligi ;
- nolga teng chiqish qarshiligi;
- cheksiz o'tkazish polosasi kengligi;
- nolga teng kirish kuchlanishida nolga teng chiqish

kuchlanishi.

Keltirilgan fikrlardan OKning ikkita asosiy xossalari kelib chiqadi:

- kirish toklari juda kam;
- differensial kirish qarshiligi nolga teng.

Ideal OKning bu xossalardan foydalanish bilan birinchi yaqinlashishda OK aniq bir ulanish sxemalaridan ko'pchiligini tahlil qilishni o'tkazish mumkin. Ideallashtirish  $K_u$  kuchaytirish koeffitsienti uchun asosiy tenglamalarni oson chiqarishga, asosiy parametrlarni real operatsion kuchaytirgichga ta'sirini hisobga olishga imkon beradi, shuningdek turli sxemalarning ishlash prinsipini tavsiflashga yordam beradi.

Ideal OK tasvirlangan 7.6- rasmda keltirilgan, bunda uning (-) kirishiga  $U_{kir1}$  signal, (+) kirishiga esa  $U_{kir2}$  signal beriladi:  $U_{kir}$  – kirishlar orasidagi differensial kuchlanish.

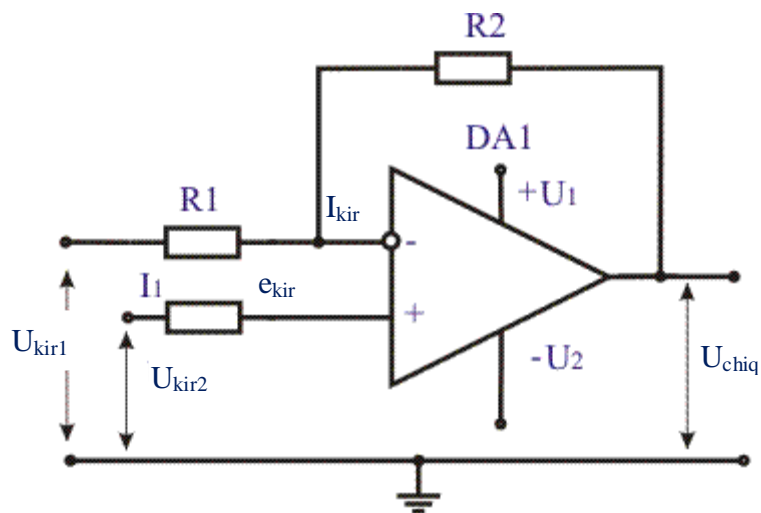
Kirxgof qonuni bo'yicha quyidagi tenglamalar tizimiga ega bo'lamiz:

$$\begin{cases} U_{Kir1} - I_1 R_1 + U_{Kir} - U_{Kir2} = 0; \\ U_{Kir1} - I_1 R_1 - I_2 R_2 - U_{Chiq} = 0, \end{cases}$$

$i_{kir}=0$  va  $U_{kir}=0$  ekanligini hisobga olish bilan quyidagini topamiz:

$$U_{Chiq} = \frac{-R_2 U_{Kir1}}{R_1} + \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right) U_{Kir2}. \quad (7.1)$$

(7.1) ifoda ideal OKning asosiy tenglamasi deyiladi.



7.6- rasm. Ideal operatsion kuchaytirgich

Asosiy parametrlarni hisobga olish bilan OKning uzatish koeffitsientini chiqarish juda sermashaqqat masala. Adabiyotlarda turli usullarda bajarilgan bu chiqarishlar mavjud. Quyida bu chiqarishlarning ayrim natijalari ishlatiladi.

Kirish signallarini ikkita kirishlardan istalganiga berish mumkin, ulardan biri chiqish kuchlanishining qutbini o'zgartiradi va shuning uchun inverslaydigan (-) deyiladi, ikkinchisi esa chiqish kuchlanishining qutbini o'zgartirmaydi va inverslamaydigan (+) deyiladi. Inverslaydigan kirish doira bilan belgilanadi.

OK kirishlaridagi kuchlanishlar farqi OKning differensial (farq) kirish signali deyiladi, bu kuchlanishlarning yarim yig'indisi esa sinfaz kirish signali deyiladi.

## 7.2. Kuchaytirgichning barqarorligi va OKdagi korreksiyalash zanjirlari

Barqarorlikni baholashga va mos ravishda uning mezonlarini rasmanlashtirishga bir necha yondashishlar mavjud. Bu yondashishlar va mezonlarni ikkita guruhlarga bo'lish mumkin. Ulardan birinchisi OKdagi sxemalarning bo'lishi mumkin nobarqarorligi kuchaytirish traktining o'z-o'zidan qo'zg'alishi holatiga, ya'ni qandaydir chastotada TA halqasida fazalar balansini va amplitudalar balansini bir vaqtda bajarilganligi yaqinligi darajasi bo'yicha baholanadigan yondashishlarni birlashtiradi.

Bunday turdagi yondashishlarga birinchi navbatda halqali uzatish godografidan, faza bo'yicha zahira va kuchaytirish bo'yicha

zahira tushunchalaridan foydalanishga asoslangan barqarorlikni tahlil qilish usullarini kiritish kerak bo'ladi. Bunday yondashishlar ko'pincha avtomatik rostlash qurilmalari va aktiv filtrlash zanjirlarining xossalarini ko'rib chiqishda qo'llanadi.

Barqarorlikni baholash ikkinchi baholash guruhiga TALI sxemalarnig barqaror ishlashi mezoni sifatida uning amplituda-chastotaviy xarakteristikasida (AChX) ko'tarilishi bo'lmaydigan yondashishlar kiradi. Bu turdagi mezonlar odatda keng polosali kuchaytirish traktlarining, shu jumladan keng polosali kuchaytirgichlarning barqarorligini baholashda ishlatiladi.

Chuqur TALI sxemalarda OKning barqaror ishlashi uchun sxemalarning tarkibiga yoki OKning o'ziga chastota-fazaviy korreksiyalash (ChFK) zanjirlari kiritiladi. Bu zanjirlar OKdagi keng polosali kuchaytirish sxemasida (TA chastotaga-bog'liq emas sxemada) nafaqat o'z-o'zidan qo'zg'alish bo'lmasligi, balki uning AChXsining ko'tarilishi berilgan  $\varepsilon_m$  qiymatdan oshmaydigan tarzda bajarilishi kerak.

Ta'kidlash kerakki, bu shartning bajarilishi keng polosali kuchaytirgichdan kichik kuchaytirish koefitsienti qiymatlarini olish zarur bo'ladigan hollarda qiyin bo'ladi, chunki bu koefitsientning kichik qiymatiga katta chuqurlikdagi TA mos keladi. Shunday qilib, barqarorlikni ta'minlashga va mos ravishda OKdagi kuchaytirgichlarda ChFK zanjirlariga eng katta e'tiborni bu kuchaytirichlar birga yaqin bo'lgan kuchaytirish koefitsientiga ega bo'ladigan hollarga qaratish kerak bo'ladi.

Odatda OKni sxemaviy-konstruktiv qurish shundayki, ularda  $f_{o'r1} \ll f_{o'r2} (\tau_1 \gg \tau_2)$  shart bajarilishi kerak, ya'ni  $b = \tau_2 / \tau_1$  parametr birdan sezilar kichik bo'lgan qiymatga ega. Ko'rsatilgan  $f_{O'R1}$  va  $f_{O'R2}$  chastotalar orasidagi nisbat OK sxemalarda nisbatan kichik kuchaytirish koefitsientlari qiymatlarini olish va mos ravishda o'z  $f_{0,7m}$  chegarasiga yaqinlashadigan o'tkazish polosasi yuqori chegaralisi sxemalarni qurish imkoniyatini ta'minlaydi, bu yerda  $f_{0,7m}$  – me'yorlashtirilgan AChX  $\varepsilon$  ko'tarilishi chegaraviy ruxsat etiladigan  $\varepsilon_m$  qiymatga teng bo'ladigan shartlarda -3 dB daraja bo'yicha o'tkazish polosasi yuqori chegarasi.

Shunday qilib, me'yorlashtirilgan AChX chastotalar sohasidagi  $M(\omega)$  qiymat  $M_m$  qiymatdan oshmasligi uchun quyidagi nisbatni qoniqtiradigan  $F_0$  TA chuqurligi qiymatiga ega bo'lish zarur, bu yerda  $M_m$  – eng katta  $M(\omega)$  qiymat:

$$F_0 \leq \frac{F_{0m}}{\left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1}{M_m}\right)^2}\right)} \approx \frac{f_{0r2}}{2f_{0r1} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1}{M_m^2}\right)}\right)}, \quad (7.7)$$

bu yerda  $F_{0m} - F_0$  nominal chuqurlik qiymati.

Yuqorida ko'rib chiqilganlardan kelib chiqadiki, keng polosali kuchaytirishni tashkil etishda ham katta keng polosalilikni, ham nominal  $K_0$  kuchaytirish koeffitsienti kichik qiymatlarini olishda ma'lum qiyinchiliklar vujudga kelishi mumkin. Chastotaviy-fazaviy korreksiyalash (ChFK) zanjirlari yordamida bu qiyinchiliklarni qisman yengib o'tish mumkin.

AChXni korreksiyalash OK mikrosxemasining mumkin nuqtalar deyiladigan maxsus chiqishlariga ulanadigan RC-zanjirlar yordamida amalga oshiriladi. Qator hollarda KPK sxemalarida o'rnatilgan ChFK zanjirlarili OKlar ishlatiladi. Bunday kuchaytirgichlar o'zining chuqur TAli sxemalarda ishlatilishida, hatto birga yaqinlashadigan  $K_0$  qiymatlarida qo'shimcha tashqi korreksiyalash elementlarining ulanishini talab qilmaydi, lekin ular kichik P kuchaytirish maydoniga ega bo'ladi.

ChFK bo'yicha asosiy tadbirlar KPK nominal  $K_0$  kuchaytirish koeffitsientining istalgan qiymatlarida (shu jumladan,  $K_0=1$  bo'lganda) bir tekis AChXni, ya'ni ko'tarilishsiz ( $\varepsilon_m = 0$ ) AChXni olish imkoniyatini ta'minlashga yo'naltirilgan. KPK xossalarini keyingi ko'rib chiqishni AChXning bir tekisligi bo'yicha ko'rsatilgan talab bajariladigan hollar uchun amalga oshiramiz.

Chastotaviy-fazaviy korreksiyalash  $f_{o'r1}$  va  $f_{o'r2}$  kesish chastotalarining nisbiy farqini oshirishga yo'naltirilgan, unga ham  $f_{o'r1}$  chastotani sun'iy o'zgartirish (kamaytirish) yo'li bilan, ham  $f_{o'r2}$  chastotani aniqlaydigan bo'g'inning inersion xossalarini to'liq yoki qisman kompensatsiyalash hisobiga erishiladi.

Oxirgi korreksiyalash usulining qo'llanishi eng kerakli hisoblanadi, chunki uning ishlatilishida ham OKning, ham butun sxemaning chastotaviy xossalari yaxshilanadi. Lekin bu usuldan amaliy foydalanish faqat cheklangan hollarda mumkin.

Bu turdagi korreksiyalash chetlab o'tish  $C_0$  kondensatori yordamida amalga oshirilishi mumkin. Bu kondensator MTA halqasida signalning o'tishi yo'lga ketma-ket ulangan  $R_0$  rezistorga parallel ulanadi. Birinchi navbatda, u OKning o'ziga tegishli bo'lgan

halqaning oraliqlarida, masalan sathni surish sxemasida  $R_0$  rezistorga parallel kiritiladi.

Bunday ChFK usuli  $R_0$  rezistor va undan keyin keladigan zanjirning  $R_{kirN+1}$  kirish qarshiligi hosil qiladigan kuchlanish bo'lgichidagi uzatish koeffitsientining chastotaga-bog'liq bo'lmagan xarakterini ta'minlashi mumkin. Bu uzatish koeffitsientining chastotaga-bog'liq bo'lmagan xarakteri  $R_0$  rezistorga parallel ravishda  $C_0$  kondensatorni ulanishi ta'minlaydi, bunda kondensator sig'iminining qiymati

$$C_0 R_0 = R_{kirN+1} C_{kirN+1}$$

shartni qoniqtirishi kerak, bu yerda  $C_{kirN+1}$  -  $R_0$  rezistordan keyin keladigan zanjir oraliq'ining kirish sig'imi.

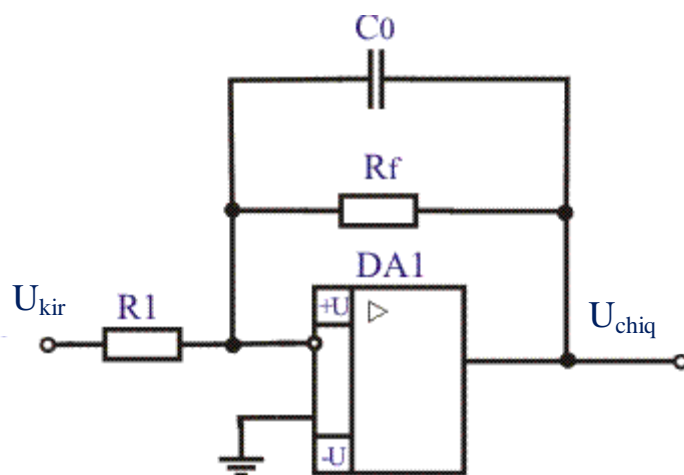
Chetlab o'tish kondensatori yordamida korreksiyalash bilan odatda  $f_0 \cdot r_2$  kesish chastotasini aniqlaydigan ikkinchi inersion bo'g'inining ta'sirini kamaytirishga va hatto to'liq yo'qotishga erishiladi. Lekin bu korreksiyalash usulining amaliy ishlatilishi OK mikrosxemasida  $R_0$  rezistor ulanadigan tashqi chiqishlarning bo'lishini, shuningdek qaralayotgan  $R_0 = R_{kirN+1}$  ketma-ket zanjir past Omli signallar manbaidan ta'minlanadigan shart bajarilishini talab qiladi.

Chetlab o'tish kondensatori yordamida korreksiyalash OKning o'ziga nisbatan tashqi halqaning oraliqlarida eng oddiy ishlatiladi (7.7- rasm). Ta'kidlash kerakki, bu turdagi korreksiyalashning qo'llanishi uning chegaraviy erishiladigan  $P_m$  qiymatiga qaraganda  $P$  kuchaytirish maydonini qandaydir kamayishiga olib keladi, lekin istalgan ishlatiladigan TA  $F_0$  chuqurligi qiymatida, shu jumladan,  $F_0 = K_{D0}$  bo'lganda AChXni ko'tarilishining bo'lmashligini ta'minlaydi. Odatda  $C_0$  korreksiyalash kondensatori sig'iminining qiymati

$$C_0 \leq 1/2\pi f_0 \cdot r_2 R_f$$

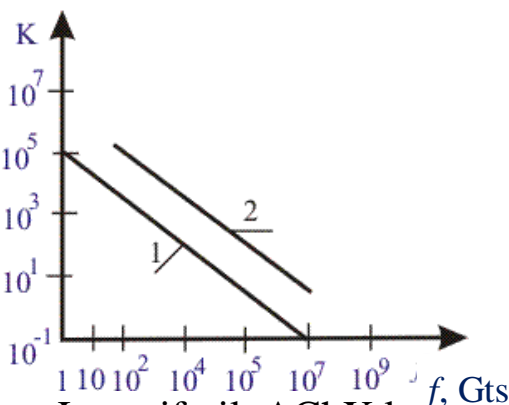
shartdan tanlanadi, bu yerda  $R_f$  -  $C_0$  kondensatorni shuntlaydigan zanjirning umumiy qarshiligi.





7.7- rasm. OKdagi korreksiyalash zanjiri

Chegaraviy barqaror OKda  $K(f) > 0,5$  kuchaytirish koeffitsienti qiymatlari sohasidagi logarifmik AChXning og‘ishi 20 dB/dekadaga teng. Bunday kuchaytirgichning logarifmik AChXi grafigi 7.8-rasmda (1-egri chiziq) keltirilgan. Grafikni qurish 7.8- rasmdagi 2-egri chiziqqa mos keladigan logarifmik AChX korreksiyalanadigan hol uchun bajarilgan. Bunda korreksiyalashga  $f_{o'rl}$  kesish chastotasini kamaytirish yo‘li bilan erishilishi ko‘zda tutiladi.



7.8- rasm. Logarifmik AChX koeffitsiyentining grafigi

### 7-bob bo‘yicha nazorat savollari

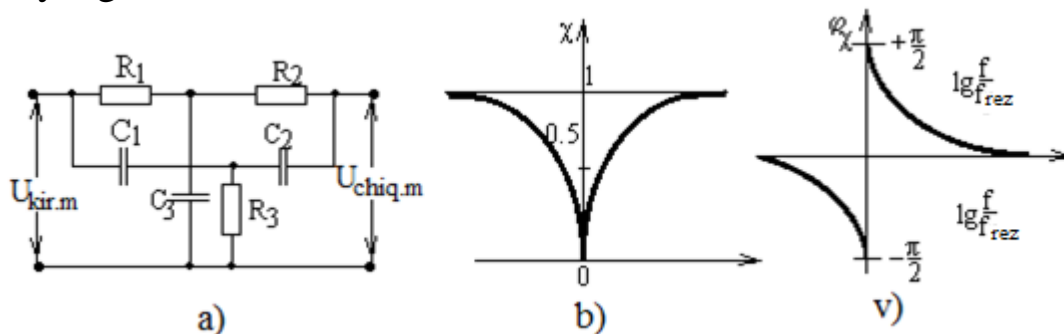
1. Operatsion kuchaytirgich deb qanday kuchaytirgichga aytiladi?
2. Operatsion kuchaytirgich tugunlar nimaga xizmat qiladi?
3. Operatsion kuchaytirgichning kirish toklarini inverslaydigan va inverslamaydigan kirishlarning o‘rtacha arifmetik toklari sifatida hisoblanadigan o‘rtacha kirish toki bo‘yicha baholashini tushuntiring
4. Operatsion kuchaytirgich chiqishlarini tushuntiring
5. Operatsion kuchaytirgichning barqarorligi qanday?

6. Ideal operatsion kuchaytirgichning xossalari tushuntiring
7. Operatsion kuchaytirgichdagi korreksiyalash zanjirlarini tushuntiring
8. Chetlab o'tish kondensatorining vazifalari qanday?
9. Logarifmik AChX korreksiyasi nima?
10. Operatsion kuchaytirgichga ta'minot manbai va yuklamani ulanishini tushuntiring.

## 8-BOB. TOR VA KENG POLOSALI KUCHAYTIRGICHLAR

### 8.1. Tor polosali kuchaytirgichlar

Tor polosali kuchaytirgichlar  $RC$  zanjirlardan tashkil topgan chastotaga-bogʻliq teskari aloqa bilan qamrab olingan oddiy kuchaytirgichlar hisoblanadi.



8.1- rasm.  $RC$  zanjir

$RC$  zanjir sifatida koʻpincha ikkita parallel ulangan  $T$ -simon toʻrt qutblilardan tashkil topgan qoʻsh  $T$ -simon koʻprik ishlatiladi (8.1,a-rasm). Ulardan birinchisi ketma-ket ulangan  $C_1$ ,  $C_2$  kondensatorlar va parallel ulangan  $R_3$  rezistordan, ikkinchisi esa ketma-ket ulangan  $R_1$ ,  $R_2$  rezistorlar va parallel ulangan  $C_3$  kondensatordan tashkil topgan.

Qoʻsh  $T$ -simon koʻprik uzatish koeffitsientini, shuningdek u kiritadigan  $\varphi_c$  fazaviy surilishni chastotaga bogʻliqlari 8.1,b- va 8.1,v-rasmlarda keltirilgan.

Uzatish koeffitsienti nolga teng boʻladigan chastota ( $\omega_r$  kvazi rezonans chastota deyiladigan) koʻprikning parametrlari bilan quyidagi nisbat orqali bogʻlangan:

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (8.1)$$

$$\text{Agar } R_1 = R_2 = R_3 \text{ va } C_1 = C_2 = 0,5 C_3 \quad (8.1')$$

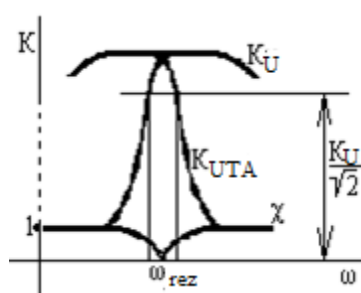
boʻlsa, u holda quyidagiga ega boʻlamiz:

$$\omega_r = \frac{1}{R_1 C_1} = \frac{1}{R_2 C_2} = \frac{1}{R_3 C_3} \quad (8.2)$$

Qo'sh  $T$ -simon ko'prikn tanlovchan kuchaytirishni olish uchun manfiy teskari aloqa zanjiriga kiritish zarur. Bu holda  $\omega_r$  chastotaga yaqin bo'lmagan barcha chastotalar  $\beta=1$  qiymatli teskari aloqa zanjiri orqali so'ndiriladi va kuchaytirish koeffitsienti quyidagi teng bo'ladi:

$$K_{UTA} = \frac{K_U}{1+\chi K_U} = \frac{K_U}{1+K_U} \approx 1. \quad (8.3)$$

Kvazi rezonans chastotada manfiy teskari aloqa mavjud emas ( $\beta=1$ ) va kuchaytirish koeffitsienti  $K_{UTA} \gg K_U$  maksimal bo'ladi (8.2-rasm).

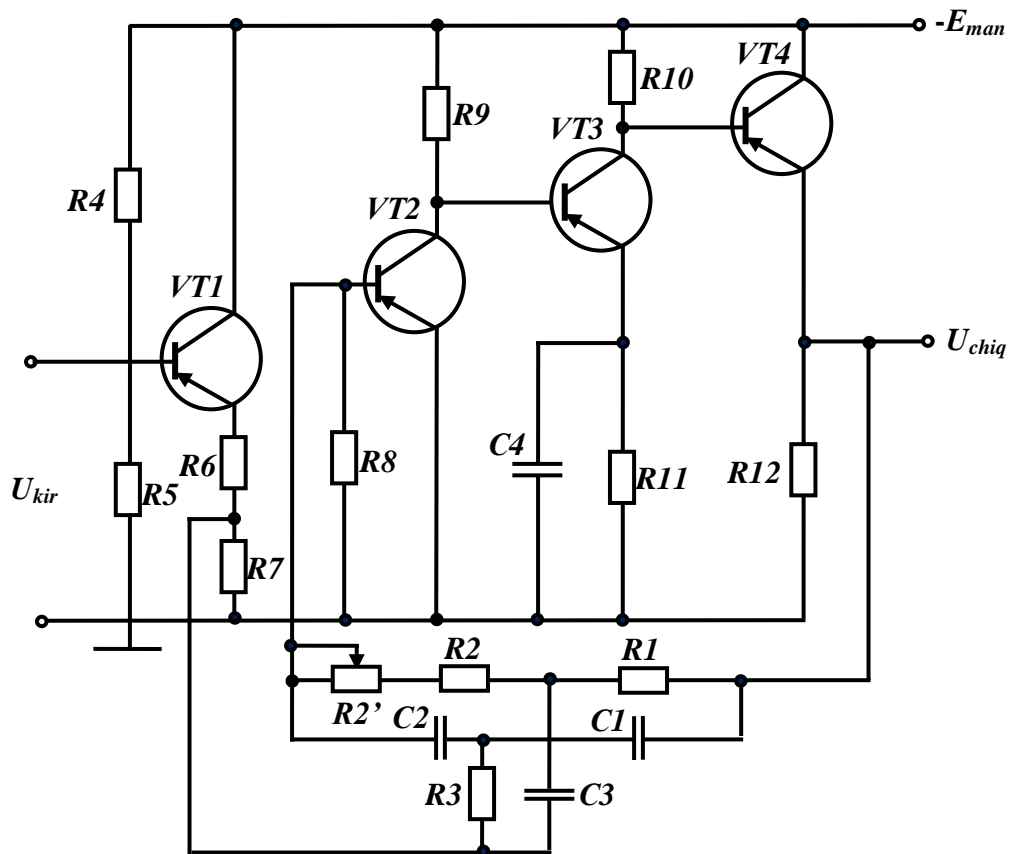


8.2- rasm. Kvazi rezonans chastotada maksimal kuchaytirish koeffitsientini olish

Qo'sh  $T$ -simon ko'priqli tor polosali kuchaytirgichda manfiy teskari aloqaning mavjudligi kuchaytirgichning ko'rsatkichlarini stabillaydi va uning xossalarini yaxshilaydi, shu tufayli bu zanjir keng qo'llanadi.

Manfiy teskari aloqani ta'minlash uchun kuchaytirgich va teskari aloqa zanjiri kiritadigan  $\omega_r$  chastotadagi fazaviy surilish  $180^\circ$ ga teng bo'lishi kerak. Qo'sh  $T$ -simon ko'priksda  $\omega_r \varphi_c = 0$  bo'ladi, u holda demak kuchaytirgich toq buradigan kaskadlar fazalariga ega bo'lishi kerak.

Qo'sh  $T$ -simon ko'priknining keltirilgan xarakteristikalarini va (8.1') ifoda, agar ko'priks salt ishlashga yaqin rejimda ishlasa va kichik ichki qarshilikli manbadan ta'minlansa, o'rinli bo'ladi. Shuning uchun qo'sh  $T$ -simon ko'priksda emitter qaytargichning chiqishidan kuchlanishni berilishiga, ko'priknining yuklamasi sifatida esa emitter qaytargichning kirishidan foydalanishga uriniladi. Bu prinsiplar 8.3-rasmida keltirilgan tor polosali kuchaytirgich sxemasini qurish asosiga qo'yilgan.



8.3- rasm. Tor polosali kuchaytirgich sxemasi

Bu sxemada asosiy kuchaytirish fazani  $180^0$ ga buradigan Ueli ulangan  $VT3$  tranzistordagi kaskad orqali ta'minlanadi.  $VT2$  va  $VT4$  tranzistorlardagi emitter qaytargichlar qo'sh T-simon ko'priknining normal ishlash sharoitlarini ta'minlash uchun xizmat qiladi ( $R_{yu.ko'prik} = R_{kir.VT2}$  yuqori,  $R_{chiq.VT4}$  kichik).

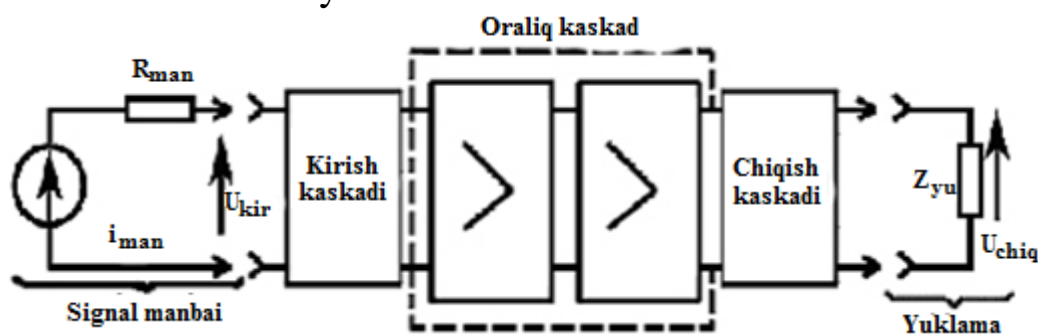
$VT2$ ,  $VT3$  va  $VT4$  tranzistorlardagi kaskadlar orasidagi aloqa to'g'ridan-to'g'ri, bu sxemani soddalashtiradi va kuchaytirgich kiritadigan qo'shimcha fazaviy surilishlarni kamaytiradi.  $VT2$  va  $VT3$  tranzistorlardagi kaskadlarning potensial sathlarini moslashtirishni yengillashtirish uchun ularda har xil o'tkazuvchanlikdagi turlari tanlangan.

Qo'sh T-simon ko'prik kuchaytirgichga ajratish sig'implarisiz ulangan, buning natijasida uning  $R1$  va  $R2$  qarshiligi orqali sxemaning ishchi rejimini stabillaydigan o'zgarmas tok bo'yicha manfiy teskari aloqa hosil qilinadi, tanlovchan teskari aloqa zanjiri bilan qamrab olingan kuchaytirgichga kirish signali  $VT1$  tranzistordagi emitter qaytargichning chiqishidan ( $R$  rezistordan) beriladi, binobarin,  $U_{kir}$  kuchlanish qo'sh T-simon ko'priknining "oyoqchasiga" qo'yilgan.  $U_{kir}$

kuchlanishning bunday berilishi kuchaytirgichning kuchaytirishini kamaytiradi, lekin uning tanlovchanligini oshiradi.

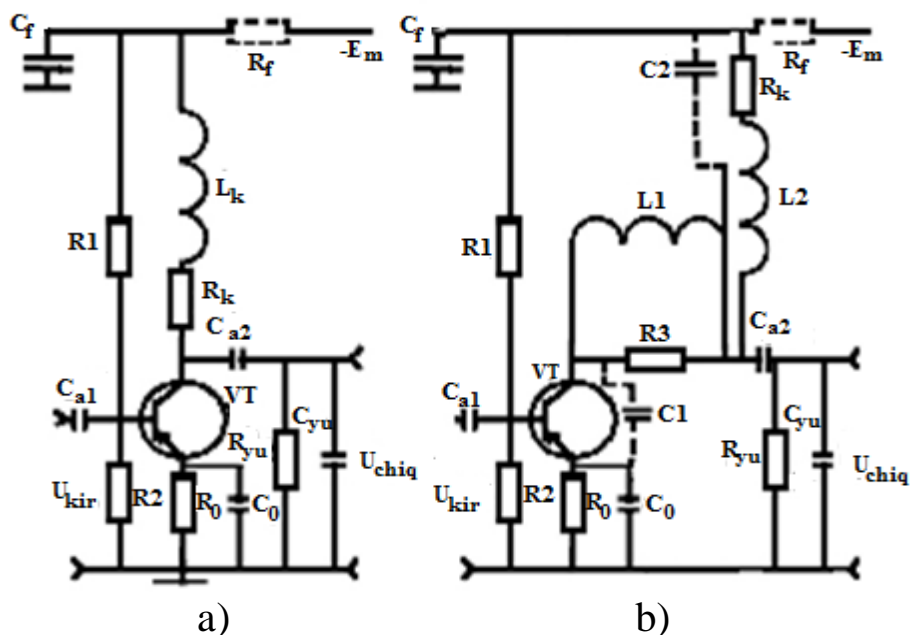
## 8.2. Keng polosali kuchaytirgich

Keng polosali kuchaytirgich (KPK) kaskadlari tuzilish sxemasida joylashishiga qarab uchta turga bo‘linadi: kirish kaskadi, oraliq kaskadlar va chiqish (oxirgi) kaskad (8.4- rasm). Kirish va polosa kaskadlarini vazifalariga qarab ko‘pincha dastlabki kuchaytirish kaskadlari deyiladi.



8.4- rasm. Ko‘p kaskadli KPKning tuzilish

Chiqish kaskadining prinsipial sxemasi chiqish signalining parametrlariga va yuklamaga bog‘liq bo‘ladi. Nosimmetrik yuklamada chiqish kaskadi (masalan, kineskop modulyatori) nosimmetrik chiqishga ega bo‘lishi zarur. Kichik yuklama sig‘imi bilan shuntlangan yuqori qarshilikli yuklamada ( $R_{yu} \gg 100 \text{ kOm}$ ), chiqish kaskadi osoyishtalik tokini emitterli stabillashga ega bo‘lgan UE sxema bo‘yicha bajariladi. Agar kuchaytirgich o‘tkazish oraliq‘iga oshirilgan talablar qo‘yilmasa ( $f_{yu} \ll 6 \text{ MGts}$ ), kaskadda yuqori chastotali (YuCh) tuzatish elementlarini qo‘llamasdan keng polosali tranzistor qo‘llash va kollektordagi ta‘minot zanjirining yuklama qarshiligini kamaytirilishi natijasida talab etilgan o‘tkazish oraliq‘i ta‘minlanadi.  $f_{yu} > 6 \text{ MGts}$ da oddiy yoki murakkab induktiv YuCh tuzatishlarni qo‘llash maqsadga muvofiq bo‘ladi. Murakkab YuCh tuzatishni qo‘llash, oddiy YuCh tuzatish qo‘llanishidan ko‘ra yuqoriroq FIKni ta‘minlaydi (8.5,a-rasm).



8.5- rasm.UE rezistorli kaskadining prinsipial sxemasi:  
 a) - oddiy parallelli; b)- murakkab YuCh tuzatish

Yuklama qarshiligi kichik bo'lganda (masalan, kabel) oxirgi kaskad emitter qaytargich sxemasi bo'yicha bajariladi. Kabel tranzistorning emitteriga ajratuvchi kondensator orqali ulanadi. Yuqoriroq FIKiga ketma-ket boshqaruvchilik ikki taktli emitter qaytargich sxemasiga ega.

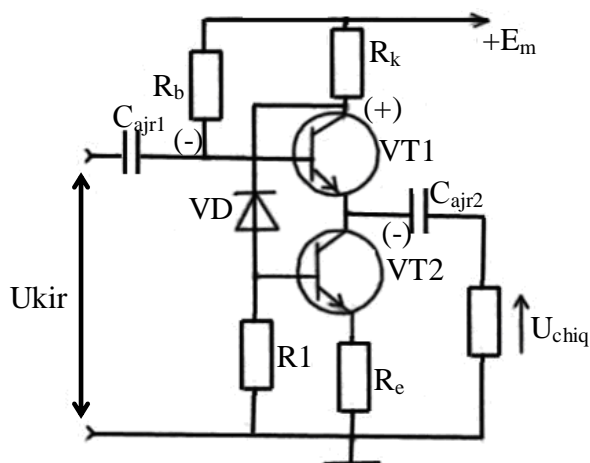
Nosimmetrik chiqishli va kichik yuklamaga ega bo'lgan chiqish kaskadlarining FIKini sezilarli oshirish *B* rejimda ishlaydigan tarkibiy tranzistorlardagi transformatsiz ikki taktli kaskadli sxemani qo'llash orqali ( $\geq 50\%$ ) mumkin bo'ladi. Bunday murakkab emitter qaytargichning o'tkazish oralig'i keng polosali tranzistorlarni va ularning ulanish sxemasi orqali ta'minlanadi.

Agar simmetrik yuklama (masalan, elektron-nurli trubkaning og'iruvchi plastinkalari) bo'lsa, chiqish kaskadini rezistorli ikki taktli sxema yoki invers sxema bo'yicha qurish mumkin. Parallel qo'zg'atishli rezistorli ikki taktli sxemani tanlash dastlabki kaskad sifatida fazani inverslovchi sxemani qo'llashni talab qiladi. Chiqish kaskadi sifatida rezistorli fazali inverslovchi sxemani qo'llash mumkin. Bu holda, keng o'tkazish oralig'iga ega bo'lgan, ruhsat etilgan darajada asimmetriyali va kuchlanishni kuchayishini ta'minlaydigan emitterli aloqaga ega bo'lgan fazali inverslovchi kaskadni qo'llash samaraliroq bo'ladi.

Oraliq kaskad sifatida odatda, osoyishtalik tokini emitterli stabilashli va emitterli YuCh tuzatishga ega bo'lgan umumiy emitterli rezistorli kaskadlar qo'llaniladi. Zarurat tug'ilganda polosa kaskad sxemasiga past chastotali (PCh) tuzatish zanjirini kiritish mumkin.

Murakkab YuCh tuzatishli kaskadning prinsipial sxemasi 8.5, b-rasmda ko'rsatilgan.  $L_1$ ,  $L_2$  induktivliklar parallel ketma-ket yoki murakkab YuCh tuzatishning elementlaridir. Bunday tuzatishni qo'llash  $R_k$  qarshiligini oshirish imkonini beradi va bu bilan o'rta chastotalarda kaskaddagi kuchaytirishni va kaskadning FIKini oshiradi.  $L_1$  induktivligi kaskadni yuklaydigan  $C_0$  sig'imini ikkita  $C_1$  va  $C_2$  tashkil etuvchilari bo'ladi. Bu sig'imlar  $L_1$  va  $L_2$  induktivliklar shuningdek, mos aktiv qarshiliklar bilan birga rezonans tizimni hosil qiladi. Bunda YuCh sohada kaskadning AChXsini ko'tarilishi ta'minlanadi.

Ketma-ket boshqaradigan ikki taktli emitter qaytargichining prinsipial sxemasi 8.6-rasmda ko'rsatilgan.



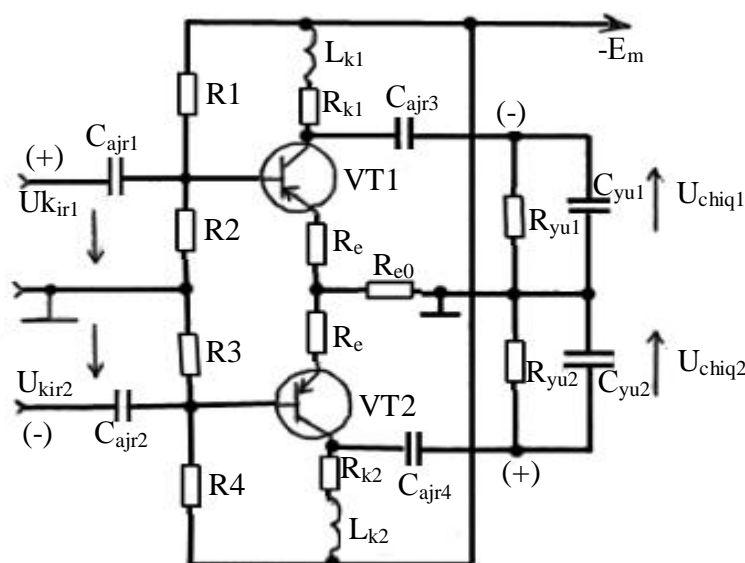
8.6- rasm. Ketma ket boshqaradigan ikki taktli emitter qaytargichining prinsipial sxemasi

Kaskad ishlashining xos xususiyati tranzistorlarni ketma-ket boshqarish (qo'zg'atishi) hisoblanadi. Bunda kirish kuchlanishi UKli sxemada ulangan VT1 boshqarish tranzistoriga beriladi. VT1 kollektoridagi inverslangan kuchlanish VD1 stabilitron orqali Ueli sxema bo'yicha ulangan VT2 tranzistorining bazasiga beriladi, natijada tranzistorlar qarama-qarshi fazalarda ishlaydi. VT1 va VT2 tranzistorlar bir xil turda bo'lib, ikkalasi ham A rejimda ishlaydi. Bu sxemaning oddiy emitter qaytargich sxemasidan afzalligi uning FIKining yuqoriligidadir, chunki VT1 va VT2 tranzistorlarining



chiqish toklari  $R_{yu}$  yuklama qarshiligi orqali bir tomonlama oqib o'tib yig'iladi, bu yuklamada hosil bo'layotgan signal quvvati va kaskadning FIKini oshishiga olib keladi.

Keng polosali kuchaytirgichda simmetrik chiqishli chiqish kaskadi sifatida ikki taktli UELi rezistorli kaskad yoki keng o'tkazish polasasiga ega bo'lgan transformersiz faza invers kaskadlarini (FK) qo'llash ko'rsatma etiladi. Bunday kaskadlarga emitter aloqali FK, yuklamali bo'lingan FK va boshqalar kiradi. Emitter aloqali FK kuchlanish bo'yicha kuchaytirishga bo'lingan yuklamali FKga nisbatan va yelkalarining kam asimmetriyaligiga ega (8.7- rasm).



8.7- rasm. Simmetrik chiqishli rezistorli ikki taktli kaskadning prinsipial sxemasi

Dastlabki kuchaytirish kaskadi (DKK) berilgan kuchaytiriladigan chastotalar diapazonida talab qilinadigan kuchaytirishni ta'minlashi zarur. DKK odatda kichik signal rejimida ishlaydi. Signal kuchaytirilishi bilan bir vaqtda quyidagi tengsizliklar bajariladigan rejim kichik signal rejimi hisoblanadi:

$$\psi = \frac{\Delta I_{chiq}}{I_{chiq}} \ll 1 \quad \text{va} \quad \xi = \frac{\Delta U_{chiq}}{U_{chiq}} \ll 1, \quad (8.4)$$

bu yerda  $\Delta I_{chiq}$ ,  $\Delta U_{chiq}$  – chiqish toki va chiqish kuchlanishini, kuchaytirish jarayoni vaqtidagi boshlang'ich nuqtasidagi  $I_{chiq}$  va  $U_{chiq}$  qiymatlaridan maksimal og'ishi;

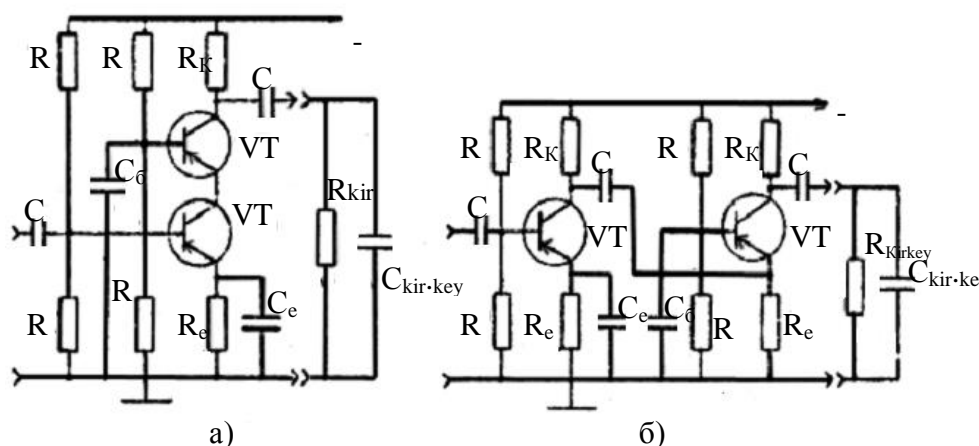
$\Psi$  va  $\xi$  – kuchaytiruvchi elementning (KE) tok va kuchlanish bo‘yicha foydalanish koeffitsientlari.

Kaskodli sxema ikkita kuchaytiruvchi elementdan tashkil topadi: kuchaytiruvchi element bipolyar tranzistor bo‘lsa, u holda ulardan birinchisi UELi ulangan, ikkinchisi esa UBli ulangan bo‘ladi (8.8-rasm).

Bu holday sxemalarning asosiy afzalligi uning kirish qarshiligini yuklama qarshiligiga umuman bog‘liq emasligidir.

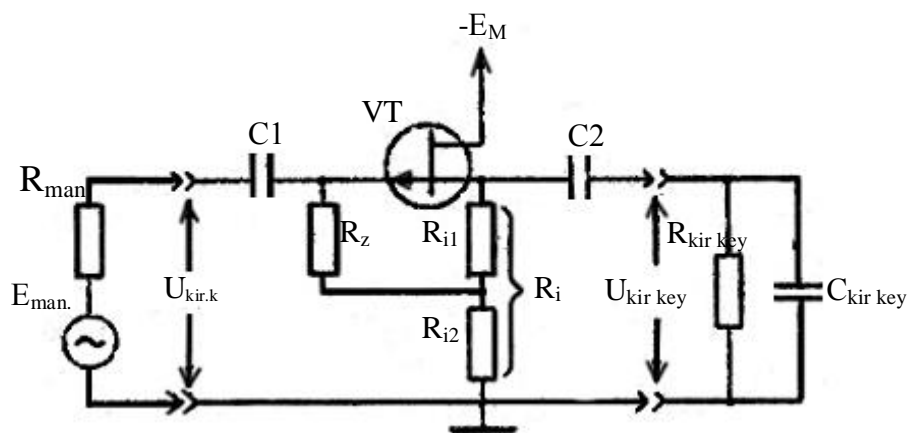
Kaskodli sxemaning keng polosalilik xossasi, uning 1-tranzistori (UELi) kaskadning yuqori chastotaviy chegarasini aniqlaydi va ikkinchi tranzistorning (UBli) juda kichik qarshilikli kirish zanjiri unga yuklama hisoblanishidir. Bu 1-tranzistorning ekvivalent kirish sig‘imini kamaytiradi, sxemaning kuchaytirish oralig‘ini oshiradi.

Ta‘minot manbaiga nisbatan, sxemadagi tranzistorlar ketma-ket yoki parallel ulanishlari mumkin. Ketma-ket ulanish varianti sodda, lekin ta‘minot manbai kuchlanishini ikki barobar ko‘p talab qiladi.



8.8- rasm.Kaskodli rezistorli sxemalar: a)-o‘zgarmas tok bo‘yicha tranzistorlar ketma ket ulangan sxema; b)-o‘zgarmas tok bo‘yicha tranzistorlar parallel ulangan sxema

Istokli qaytargich– kuchlanish bo‘yicha chuqur (yuz foizli) ketma ket MTAli kaskaddir (8.9-rasm). Buning natijasida kaskad yuqori kirish qarshiligiga, kichik kirish sig‘imi va kichik chiqish qarshiligiga ega bo‘ladi. Shuning uchun, istokli qaytargichni kuchlanish bo‘yicha kuchaytirmasligiga ( $K < 1$ ) qaramay, uni kirish kaskadi sifatida ishlatadi.



8.9- rasm. Istokli qaytargichning prinsipial sxemasi

MTAning mavjudligi qaytargichning AChXni (va o'tish xarakteristikaini) shunchalik yaxshilaydiki, buning natijasida istokli qaytargich YuCh tuzatishga zarurat sezmaydi.

Istokli qaytargich uchun maydoniy tranzistorning turini tanlash, bipolyar tranzistorning turini tanlash usuli bo'yicha quyidagicha amalga oshiriladi:

- chastota bo'yicha ( $f_{cheg} \geq 10f_{yu}$ );
- kuchlanish bo'yicha ( $U_{s.maks} \geq 10U_{kir.key}$ );
- tok bo'yicha ( $I_{s.maks} \geq 2I_{co}$ ).

Bu yerda  $U_{s.maks}$ ,  $I_{s.maks}$  – tanlangan tranzistor turi uchun maksimal ruhsat etilgan mos ravishdagi stok kuchlanishi va stok toki;  $I_{co}$  – osoyishtalik nuqtasidagi (ish nuqtasidagi) stok toki.

## 8-bob bo'yicha nazariy savollar

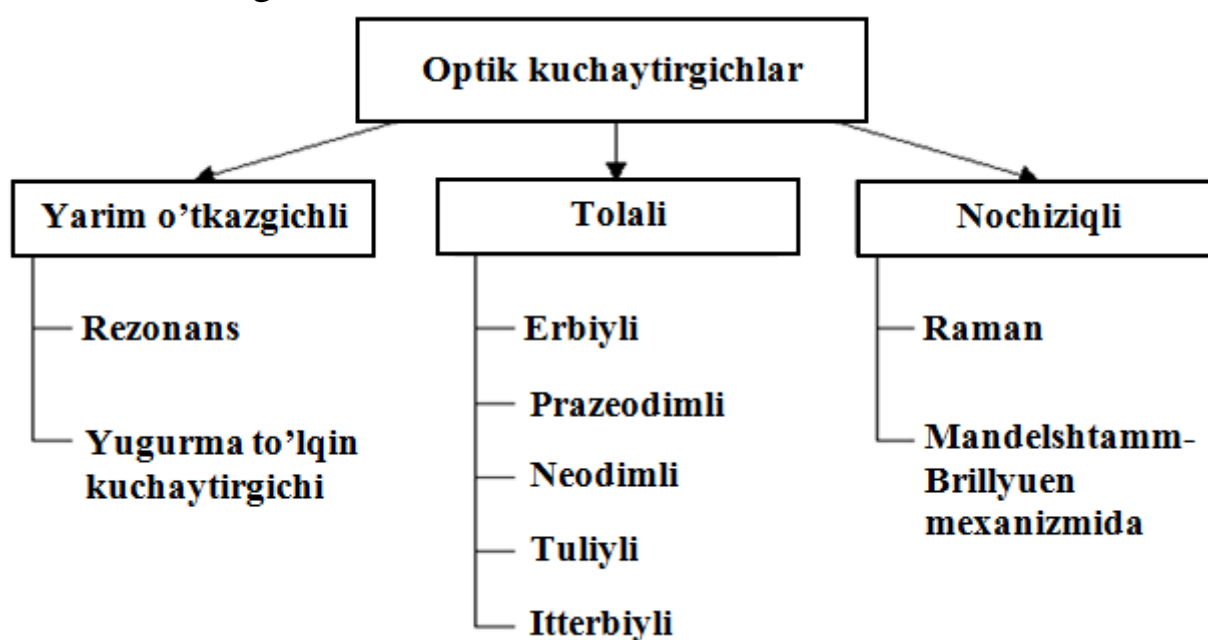
- 1.Tor polosali kuchaytirgichlarni tushuntiring.
- 2.Kvazi rezonans chastotada maksimal kuchaytirish koeffitsienti qanday bo'ladi?
- 3.RC-zanjirlarining vazifalari qanday?
- 4.Keng polosali kuchaytirgich qayday maqsadda ishlatiladi?
- 5.Ko'p kaskadli keng polosali kuchaytirgichni tushuntiring.
- 6.Ketma-ket boshqaradigan ikki taktli emitter qaytarigichni tushuntiring.
- 7.Istokli qaytargichni tushuntiring.
- 8.Kaskodli rezistorli sxemalarni tushuntiring.
- 9.Dastlabki kuchaytirish kaskadini tushuntiring.
- 10.Simmetrik chiqishli rezistorli ikki taktli kaskadni tushuntiring.

## 9-BOB.OPTIK KUCHAYTIRGICHLAR

### 9.1. Optik kuchaytirish prinsipi. Kuchaytirgichlarning tasniflanishi va vazifalari

Optik tizimlarda yorug'likni kuchaytirish tashqi manba energiyasi hisobiga amalga oshiriladi. Kuchaytirgichning asosi aktiv fizik muhit hisoblanadi, unda energetik kuchaytirish tufayli nurlanish quvvati oshadi. Aktiv muhit sifatida yarim o'tkazgichlar va turli aralashmali, masalan, yerda kam uchraydigan erbiyli (*Er*), neodimli (*Nd*), prazeodimli (*Pr*), tuliyli (*Tm*) shisha tolalar qo'llanadi. Bu muhitlarda kuchaytirish uzluksiz yoki impulsli amalga oshiriladi. Kuchaytirishda kirish signalining o'zgartirish bo'lib o'tishi mumkin, ya'ni chiqish signali chastota bo'yicha surilishi mumkin.

Optik kuchaytirgichlar har xil turlarining tasniflanishi 9.1-rasmda keltirilgan.



9.1- rasm. Optik kuchaytirgichlarning tasniflanishi

Optik uzatish tizimlarida ishlatiladigan kuchaytirgichlarga quyidagi qator talablar qo'yiladi:

- berilgan optik chastotalar diapazonida yuqori kuchaytirish koeffitsienti;
- past o'z shovqinlari;
- polarizatsiyaga sezgir emaslik;

- optik tolali liniyalar bilan yaxshi moslashish;
- optik signallarning minimal nohiziqli va chiziqli buzilishlari;
- kirish signallarining katta dinamik diapazoni;
- ko‘p chastotali (ko‘p to‘lqinli) optik signalarni talab qilinadigan kuchaytirish;
- uzoq xizmat muddati;
- minimal nar va boshqalar.

Bu talablarga eng katta darajada yarim o‘tkazgichli va shisha tolaning shaffoflik oynasiga (0,85 mkm; 1,31 mkm; 1,55 mkm) sozlangan kuchaytirgichlar javob beradi.

Nohiziqli kuchaytirgichlar hozircha OTUTda kam qo‘llanadi. Lekin ayrim istiqbolli uzatish usullari, masalan, soliton va ko‘p to‘lqinli uzatish uchun ulardan foydalanish asosiy bo‘lishi mumkin.

Yarim o‘tkazgichli va optik tolali kuchaytirgichlar optik uzatkichlar bilan birga quriladigan quvvat kuchaytirgichlari sifatida, fotoqabul qilgichlardan oldin datlabki kuchaytirgichlar sifatida va optik uzatish tizimlari chiziqli traktlarida oraliq stansiyalari sifatida qo‘llanadi.

Yarim o‘tkazgichli kuchaytirgichlar asosan quyidagi ikkita sxemalar bo‘yicha quriladi:

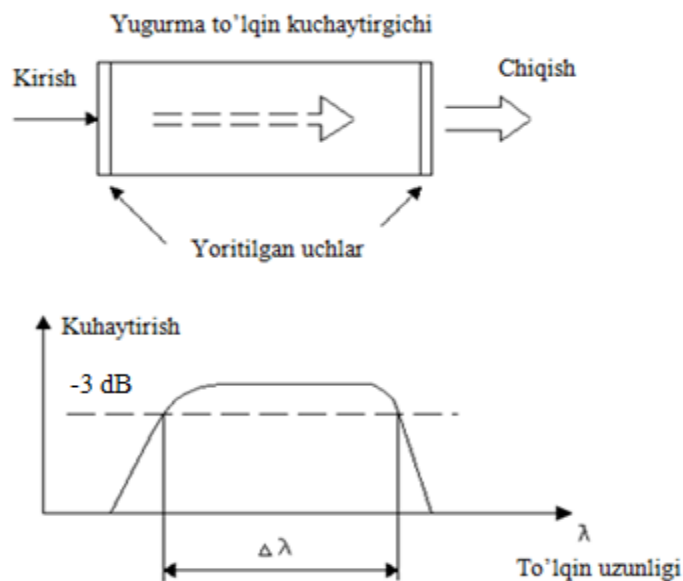
- yugurma to‘lqin kuchaytirgichlari, ularda optik kuchaytirish samarasi kirish nurlanishini aktiv qatlamning yoritilmagan, ya’ni qaytarmaydigan uchlari invers muhitida tarqalishida kuzatiladi (9.2- rasm);

- rezonans kuchaytirgichlar, ularda kuchaytirish va lazerli generatsiyalashning bo‘lmasligi samarasi kuchaytirish tokining sathi ishchi rejimda bo‘lag‘aviy qiymatga yaqin, lekin undan past tanlanishi hisobiga ta’minlanadi (9.3- rasm).

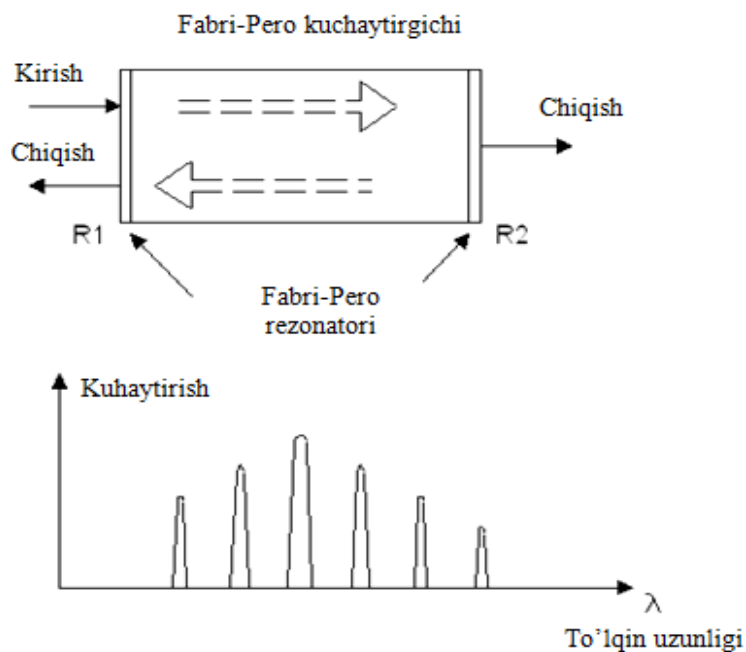
Yugurma to‘lqin kuchaytirgichlari (YuTK) yetarlicha katta kuchaytirish koeffitsientli ( $\sqrt{R_1 \times R_2} < 1,7 \times 10^{-4}$  bo‘lganda 30 dB atrofida) va keng polosali (5-10 TGts) bajarilishi mumkin. Buning uchun uchlardan fotonlarning bo‘lishi mumkin qaytishlarini (qaytish 0,1%dan kam) so‘ndirish zarur. Bunga 9.4- rasmda tasvirlangan konstruksiyalarda erishish mumkin.

Fabri-Pero rezonans kuchaytirgichi -3 dB sathda maksimal kuchaytirish polosasidan (10 GGtsga yaqin) juda tor kuchaytirish polosasiga ega va optik uzatish tizimlari uchun kam to‘g‘ri keladi.

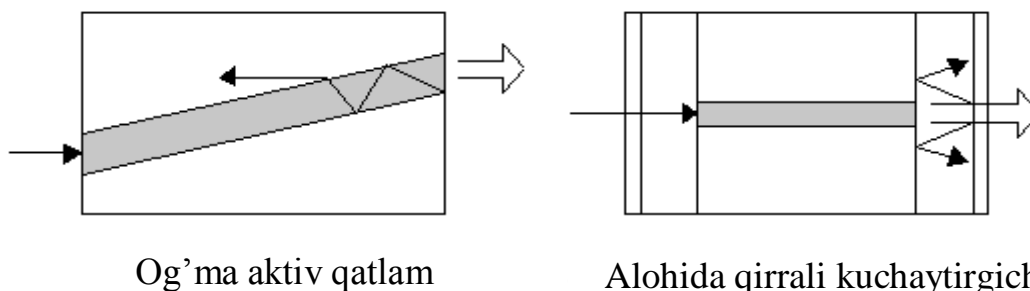
YuTK va Fabri-Pero rezonans kuchaytirgichi uchun kuchaytirish chastotalar polosalari nisbatlari 9.5- rasmda keltirilgan.



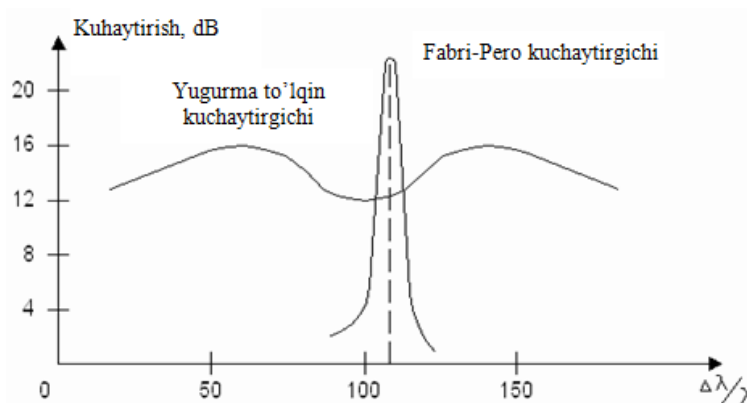
9.2- rasm. Yugurma to'lqin kuchaytirgichi va uning chastotaviy xarakteristikasi



9.3- rasm. Rezonansli kuchaytirgich va uning chastotaviy xarakteristikasi

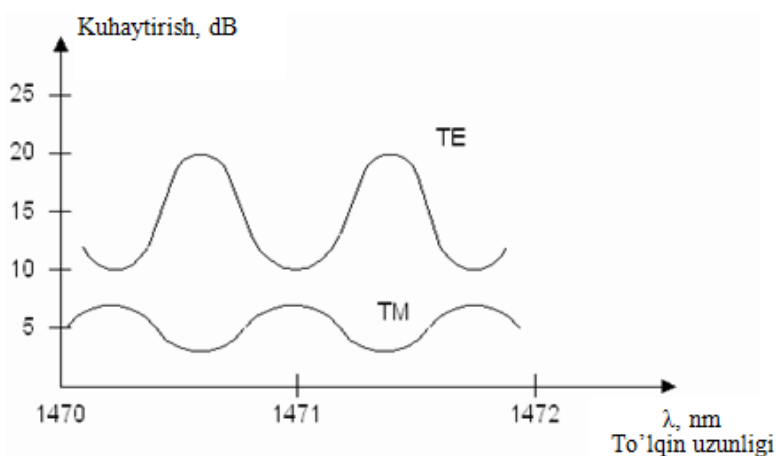


9.4-rasm. Aktiv qalamli va qayta nurlar soʻndiriladigan yugurma toʻlqin kuchaytirgichi konstruksiyasi



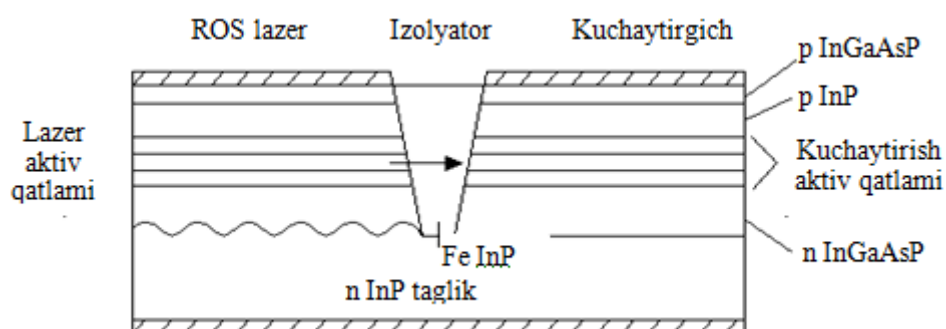
9.5- rasm. Kuchaytirishning spektral xarakteristiklari

Optik uzatish tizimlari uchun ishlatiladigan yugurma toʻlqin kuchaytirgichlar boʻylama va koʻndalang modalar (TE va TM modalar) uchun turli kuchaytirish koefitsientlariga ega (9.6- rasm). Shuning uchun kuchaytirgichlar aktiv kuchaytirish qatlamlari ortogonal joylashtirilishi bilan ikkita kristallarda bajariladi.



9.6- rasm. YuTKda boʻylama va koʻndalang modalar uchun kuchaytirish

Lazer uzatkichi bilan birgalikda yig'ilgan yarim o'tkazgichli kuchaytirgichi konstruksiyasiga misol 9.7- rasmda keltirilgan.



9.7- rasm. Birlashtirilgan ROS – lazer va optik kuchaytirgichli tuzilma sxemasi

Konstruksiya bitta taglikda bajarilgan. Lazer kuchaytirgichdan optik nurlanish uchun shaffof bo'lgan ajratuvchi FeInP qatlam bilan ajratilgan.

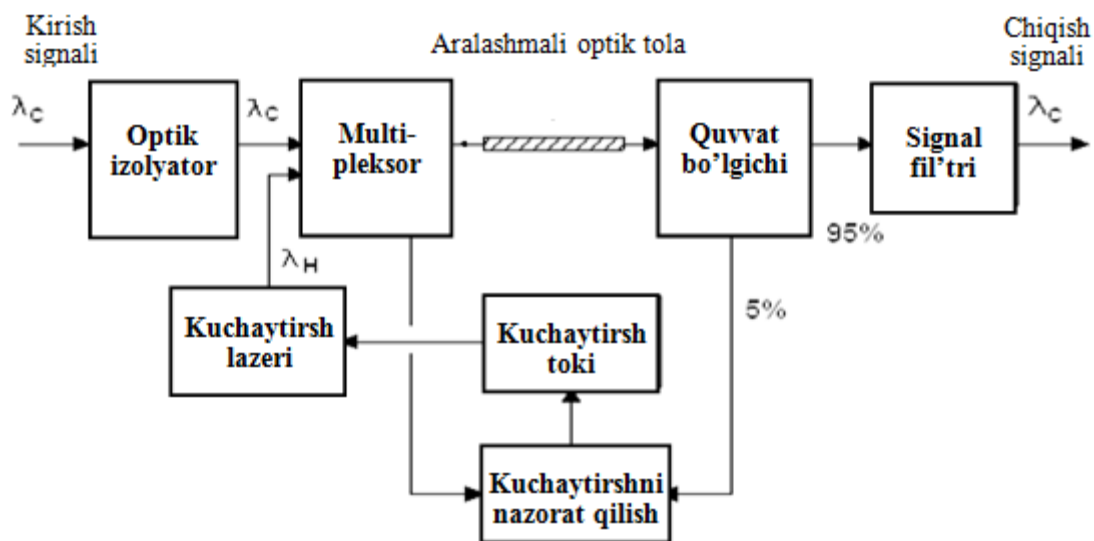
## 9.2. Noyob elementlar asosidagi optik kuchaytirgichlar. Konstruksiyasi, ishlash prinsipi, asosiy xarakteristikalar

Optik toli kuchaytirgichlari (OTK) optik tolali uzatish rejimlarida eng keng qo'llanadi. Bu ularning quyidagi qator afzalliklariga bog'liq:

- konstruksiyaning oddiyliqi;
- yuqori ishonchlilik;
- katta kuchaytirish koeffitsientlari;
- kam shovqinlar;
- keng kuchaytirish polosasi;
- kuchaytiriladigan yorug'likning polyarizatsiyaga bog'liq emasligi va boshqalar.

OTKning funksional sxemasi 9.8- rasmda keltirilgan.





9.8- rasm. OTKning funksional sxemasi

OTK konstruksiyasining asosini yerda kam uchraydigan element arashmasili optik tola tashkil etadi. Masalan, 1,53; 1,55 mkm kuchaytirish to'liqin uzunliklari uchun  $Er$  bu erbiy.

Tola kuchaytiruvchi muhit bo'lishi uchun u alohida lazyerdan  $l_N$  nurlanish bilan kuchaytiriladi. Bunda ikkita lazerlardan ikki tomonlama kuchaytirish ham bo'lishi mumkin. Kuchaytirishni boshqarish tizimi quvvat bo'lgichi orqali o'rnatiladigan teskari aloqa tufayli oazerning kuchaytirish tokini boshqaradi.

$l_S$  kuchaytiriladigan signal va  $l_N$  kuchaytirish to'liqlari multipleksorda birlashtiriladi va aralashmali optik tolaga kiritiladi, bu yerda signalning quvvati kuchaytiriladi.

Kuchaytiriladigan signal quvvatining katta qismi (95%) filtrlar orqali chiqishga o'tadi.

Optik izolyator kuchaytirgichda qaytagan signallarni kirish optik liniyasiga o'tishini oldini oladi.

OTKning ishlash prinsipi oddiy bir modali shisha tola o'zagiga joylashtirilgan yerda kam uchraydigan element atomlarini tashqi kuchaytirish orqali qo'zg'atish samarasiga asoslangan. Yerda kam uchraydigan elementlar tashqi energiyani yutilishi zonalari bo'ladigan va invers joylashish yaratiladigan, bu esa yakuniy natijada o'z-o'zidan va majburiy lyuminessensiyaga olib keladigan tarzda tanlanadi. Bunda majburiy yoritish kirish signaliga bog'liq bo'ladi va to'liqin uzunligi bo'yicha u bilan mos tushadi. Yerda kam uchraydigan prazeodim  $Pr$ ,

neodim *Nd*, erbiy *Er*, tuliy *Tm* OTK uchun eng toʻgʻri keladign hisoblanadi, erbiy bilan bogʻlanishda *Y* ittriy qoʻllanadi.

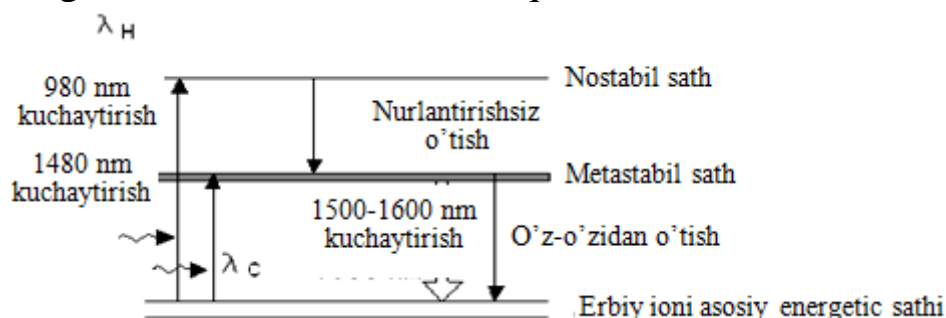
OTK katta masofali liniyalarda qoʻllanadi, bunda uzatish 1,55 mkm toʻlqin uzunligida amalga oshiriladi. Uzatish oraligʻining uzunligini oshirish uchun erbiyli OTKlar qoʻllanadi. Ularning ishlashi va xarakteristikalarini koʻrib chiqamiz.

Shisha tolaning oʻzagida erbiy ionlari ( $Er^{3+}$ ) joylashtirilgan. Ionlarni kuchaytirish uchun 1480 nm, 980 nm, 800 nm, 670 nm va 521 nm toʻlqin uzunliklari qoʻllanishi mumkin. Real 1480 nm va 980 nm toʻlqin uzunliklari ishlatiladi. Bu qator quyidagilar kabi sabablarga bogʻliq:

- katta quvvatli yarim oʻtkazgichli lazerlarning samaradorligi;
- optik toladagi kam soʻnish;
- kuchaytirish toʻlqin uzunligini aniqligi past talablar.

980 nm toʻlqin uzunligida eng past kuchaytirish shovqinlari kuzatiladi, 1480nm toʻlqin uzunligida esa sozlash aniqligiga qatʻiy talablar yoʻq. 1480nm toʻlqin uzunligidagi kuchaytirishli optik kuchaytirgich ikki sathli, 980nm toʻlqin uzunligidagi kuchaytirishli optik kuchaytirgich esa uch sathli kuchaytirgich deyiladi (9.9- rasm).

Erbiy ionlari kuchaytirish generatoridagi toʻlqin energiyasini ( $l_N$ ) yutilishi hisobiga qoʻzgʻaladi. Ular asosiy stahdan yuqoriroq sathlarga oʻtadi, keyin esa nurlantirmasdan metastabil sathgacha tushadi (relakatsiyalanadi). Bir vaqtda qoʻzgʻalgan atomlarga  $l_S$  signal nurlanishi taʻsir qiladi, u aktiv tolaning butun uzunligida kuchaytirilgan nurlanishni keltirib chiqaradi.

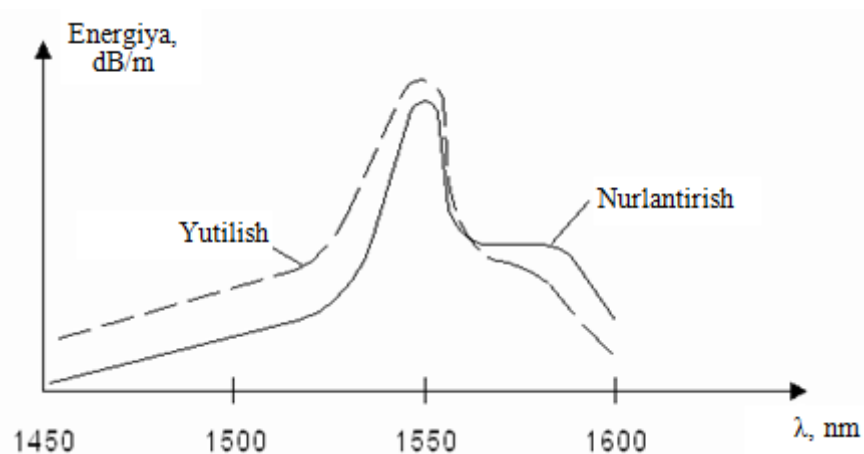


9.9- rasm. Uch valentli erbiy ioni oʻtishlari sath diagrammasi

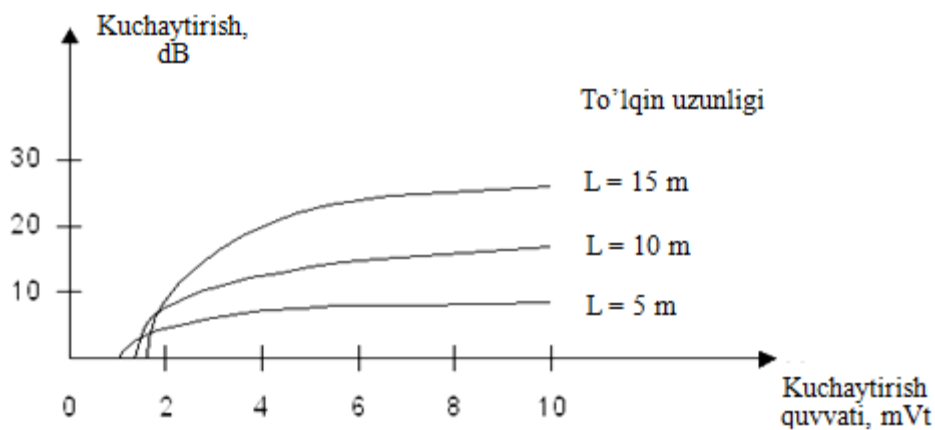
Lekin barcha atomlar ham signal nurlanish bilan oʻzaro taʻsirlashmaydi va taxminan 10 ms vatda asosiy sathga oʻz-oʻzidan oʻtadi. Fotonlarning oʻz-oʻzidan emissiyalanishi nurlanish shovqinini

keltirib chiqaradi, u ham kuchaytirilishi mumkin.  $l_s$  to'liqin uzunligi yetarlicha intensiv kirish signalida erbiyli kuchaytirgichdagi o'z-o'zidan nurlanish so'ndirilishi mumkin. Erbiy atomlari orqali yutish va nurlantirish xarakteristikalarini 9.10- rasmda tasvirlangan.

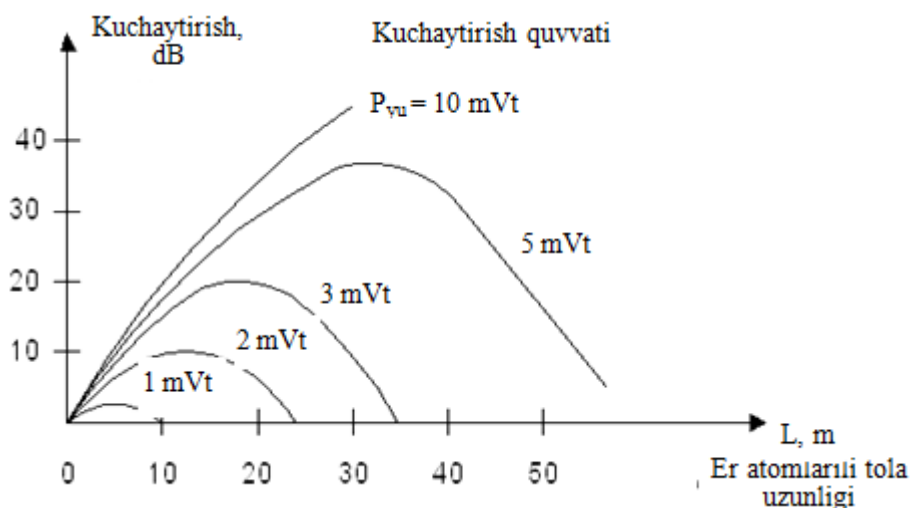
Yaqqollik uchun ayrim xarakteristikalar 9.11-, 9.12-, 9.13- rasmlarda tasvirlangan. Bu kuchaytirishning aktiv tolaning uzunligiga, kuchaytirish quvvatiga va kirish signaliga bog'liqlari hisoblanadi.



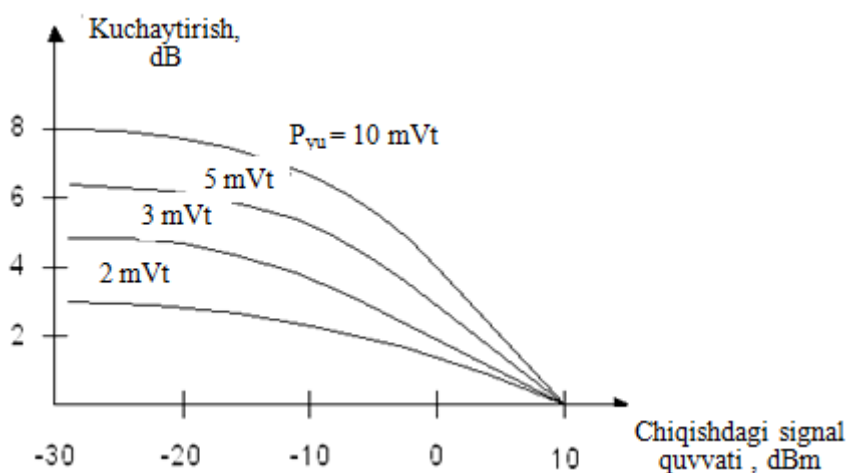
9.10- rasm. Shisha tolaning o'zagiga joylashtirilgan erbiy  $Er^{3+}$  atomlarining yutish va nurlantirish xarakteristikalarini



9.11- rasm. Tolaning uzunligi va kuchaytirish quvvatiga bog'liq ravishda erbiyli kuchaytirgichning kuchaytirishi

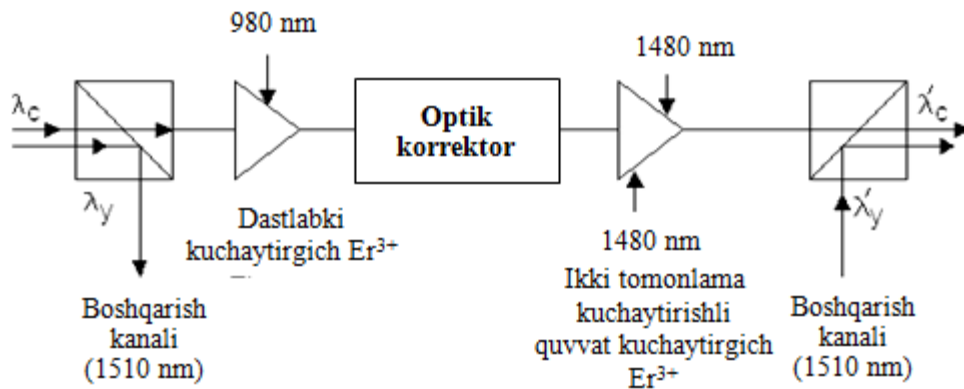


9.12- rasm. Tolaning uzunligi va kuchaytirish quvvatiga bogʻliq ravishda erbiyli kuchaytirgichning kuchaytirishi



9.13- rasm. Kirish signaliga bogʻliq ravishda erbiyli kuchaytirgichning kuchaytirishi

Optik retranslyatorning tuzilish sxemasida alohida  $I_U$  tashuvchi toʻlqinda tashkil etiladigan boshqarish kanali mavjud. Dastlabki kuchaytirgich maksimal signal/shovqin nisbatini taʼminlaydi. Quvvat kuchaytirgichi 1480 nm toʻlqin uzunligida ikki tomonlama kuchaytirishga ega, bu kuchaytirish xarakteristikasining maksimal chiziqchilikni yaratadi.



9.14- rasm. Erbiyli kuchaytirgichli optik retranslyatorning tuzilish sxemasi

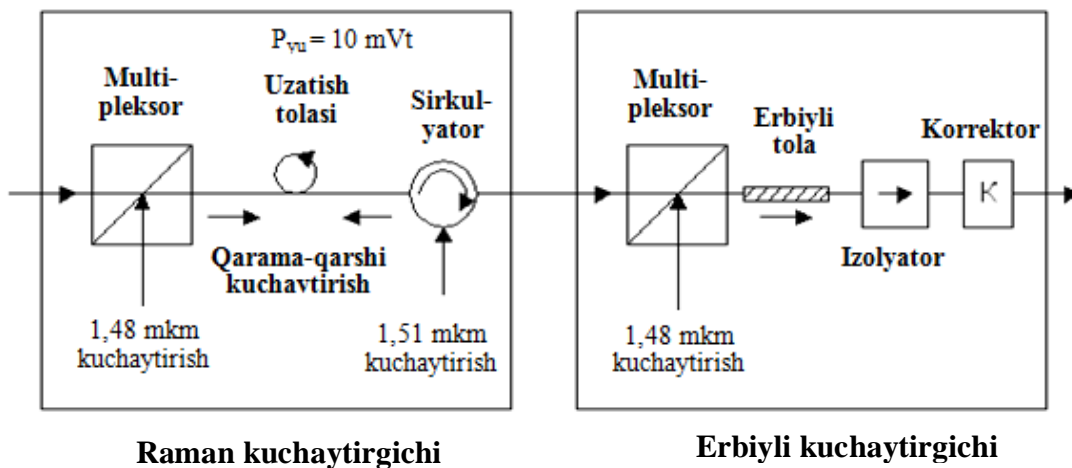
Optik korrektor bir modali shisha toladagi xromatik disperiya tufayli vujudga keladigan optik impulslarning buzilishini kompensatsiyalaydi. Lekin korrektor polyarizatsion modali dispersiyaning (PMD) ta'sirini yo'qotmaydi, uni kompensatsiyalash uchun dinamik boshqariladigan kompensatorning qo'llanishi zarur bo'ladi.

OTK amplituda-chastota xarakteristikasining katta notekisligiga ega bo'lishi mumkin, bu ko'p to'lqinli uzatish tizimlari (WDMli tizimlar) uchun qoniqarli emas. Erbiyli kuchaytirgichlar AChXni silliqlash va ularning kuchaytirish chastotalar polosalarini kengaytirish bo'yicha qator yechimlar ma'lum, masalan, har bir uztish to'lqini bo'yicha avtomatik qayta sozlanadigan attenuatorlar qo'llanishi mumkin.

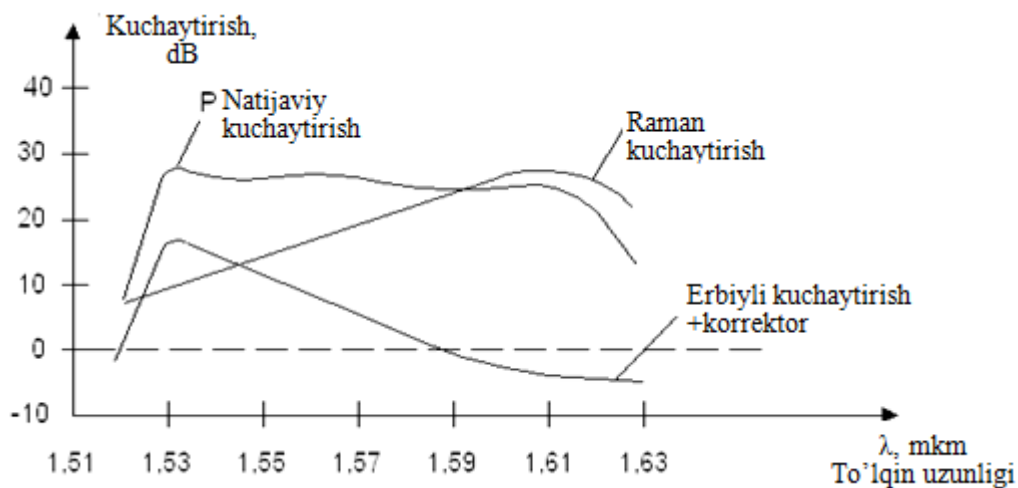
AChX silliqlanadigan va kuchaytiriladigan chastotalar polosalari kengaytiriladigan kuchaytirgichlarni qurishga misollar 9.15- va 9.16- rasmlarda keltirilgan.

9.17- rasmda OTUT qurilmalari moduli tarkibida montaj qilish uchun optik quvvat kuchaytirichining konstruksiyasi keltirilgan.

Optik tebranishlarni kuchaytirish yorug'lik o'tkazishning asosi bo'lib xizmat qiladigan moddaning atomlarida kuchaytirish nurlanishining sochilishi natijasida bo'lib o'tadigan optik kuchaytirgichlarning ikkita turlari mavjud. kuchaytirgichlari katta kuchaytirish quvvatida shisha to'lqin o'tkazgichlarida o'z o'rniga ega bo'lgan Raman va Mandelshtamm – Brilliyuen samaralari asosida ishlaydi.



9.15- rasm. Kuchaytiriladigan chastotalar polosalari kengaytiriladigan gibril optik kuchaytirgichning tuzilish sxemasi



9.16- rasm. Gibril kuchaytirgichning (korrektorli raman va erbiyli kuchaytirgichlar) kuchaytirish xarakteristikasi



9.17- rasm. OTK konstruksiyasi

Majburiy kombinatsion sochilish (MKS) yoki raman sochilishi tolali yorug'lik o'tkazgichini optik kuchaytirishli optik kuchaytirgichga aylantirishi mumkin. MKS tufayli kuchaytirish intensivlik ( $A$  moda halqasiga bo'lingan  $P_{yu}$  kuchaytirish quvvatiga teng bo'lgan), kuchaytirish to'liqini va signallar to'liqinining o'zaro ta'sirilashish  $L$  uzunligi va MKSni  $g$  kuchaytirish koefitsientiga bog'liq:

$$G \approx \exp\left(\frac{g \cdot P_{yu} \cdot L}{A}\right). \quad (9.1)$$

Kam yo'qotishli yorug'lik o'tkazgichda o'zaro ta'sirilashish uzunligi 1 kmdan ortiqni tashkil etishi mumkin, bu kuchaytirish quvvati va kuchaytirish koefitsienti bo'yicha talablarni kamaytiradi.

$g$  koefitsientning qiymati bor, germaniy, fosfor kabi shisha tolaga o'tkazmalarga bog'liq.  $SiO_2$  kremniy oksidi asosidagi tola uchun  $g$  koefitsientning qiymati 1,55 mkm kuchaytirishda 9.18-rasmda keltirilgan. Grafikdan ko'rinib turibdiki, kuchaytirishning ikki martaga kamayishi sathi bo'yicha kuchaytirish chastotalari polosasi notekis kuchaytirish xarakteristikasida 5 TGts atrofida bo'lishi mumkin.

Kuchaytirish ham to'liqin uzunligiga ham tolaning materialida quvvatning yutilishi qiymatiga bog'liq:

$$L_e \approx \frac{1 - e^{-\alpha \cdot l}}{\alpha}, \quad (9.2)$$

bu yerda  $l$  – haqiqiy uzunlik;

$\alpha$  – toladagi so'nish (dB/km),

$L_e$  – kuchaytirish to'liqini va signalning o'zaro ta'sirlashishi samarali uzunligi.

Uzun liniyalarda (o'nlab kmlarda) quyidagicha hisoblash mumkin:

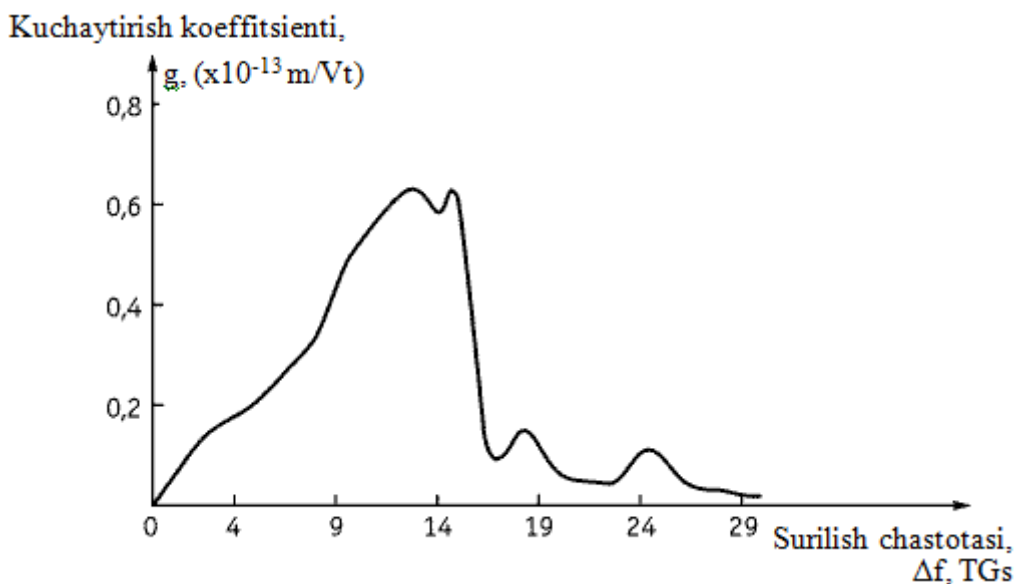
$$L_e \approx \frac{1}{\alpha}.$$

$R_n$  quvvat qiymatiga impulsi signalni uzatish vaqt intervalida o'rtachalashtirilgan qiymati sifatida qaraladi. Kuchaytirish qiymati kuchaytiriladigan signal polyarizatsiyasiga bog'liq emas.

Raman kuchaytirgichlarining real kuchaytirish ko'effitsientlarining qiymatlari shisha tolaning amalashmali tarkibi va kuchaytirish quvvatiga bog'liq raishda 3...5 dB dan 20...35 dBgacha bo'lishi mumkin. Raman turdagi kuchaytirgich sxemasiga misol 9.18-rasmda keltirilgan. Sxemaning o'ziga xos xususiyati signalga nisbatan qarama-qarshi quvvatli lazer diodidan kuchaytirish (1 Vtgacha) hisoblanadi.

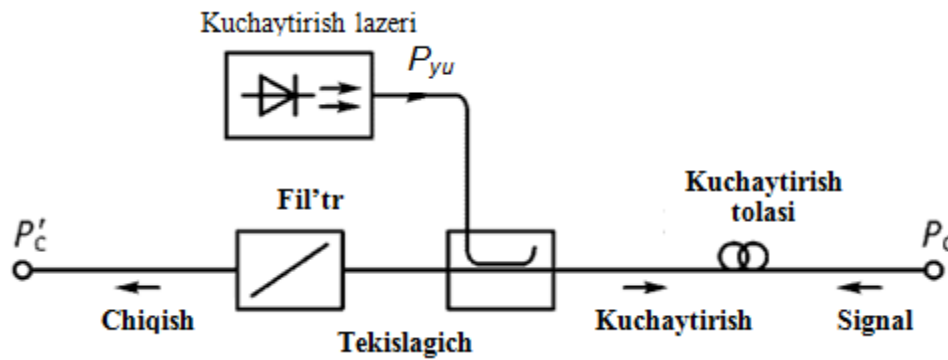
Ta'kilash kerakki, amalda 100 nmgacha polosada kuchaytirish xarakteristikasini qo'shimcha filtr-tekislagichli erbiyli va raman kuchaytirgichlarning kaskadli ulanishi ishlatilishi mumkin (9.18- va 9.19- rasmlar).

Bunday ulanish o'z-o'zidan emissiya (ASE) orqali kuchaytirilgan shovqin qiymatini sezilarli kamaytiradi.



9.18- rasm.  $\text{SiO}_2$  tolada  $\lambda_{\text{vu}}=1,55$  mkm bo'lganda kuchaytirish ko'effitsientini surilish chastotasiga bog'liqligi





9.19- rasm. Qarama-qarshi kuchaytirishli raman kuchaytirgichi sxemasi

Raman nohiziqli optik kuchaytirgichining xarakterli o'ziga xos xususiyati spektral komponentlarning hosil bo'lishi hisoblanadi. Signal va kuchaytirish chastotalari orasidagi farq chastotasi stoks komponenti deyiladi.

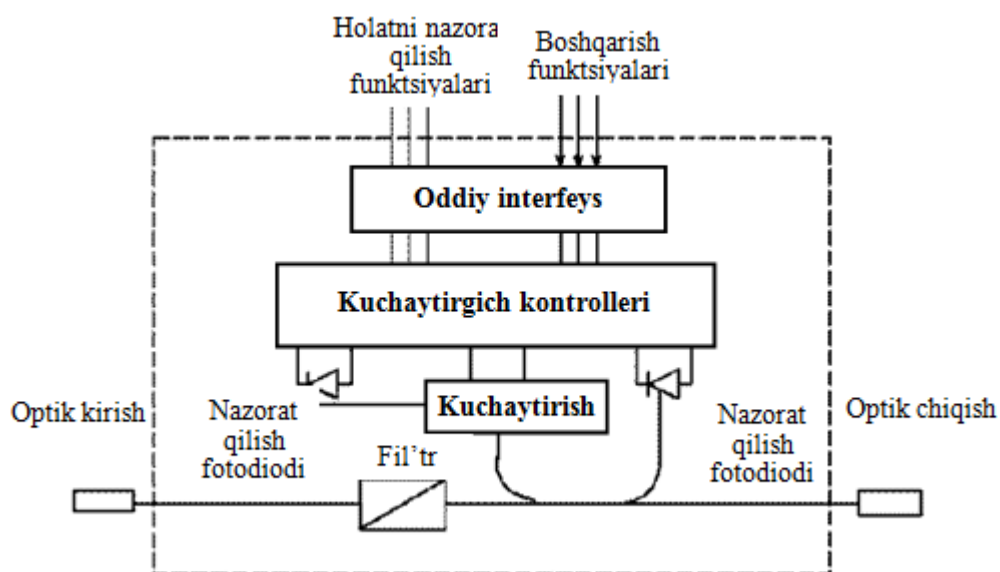
Raman kuchaytirgichi mavjud liniyalarning uzatish tezligini 2.5 Gbit/sdan 40 Gbit/sgacha oshirish uchun ishlatilishi mumkin. Kuchaytirgichning keng polosaliligi 5 TGtsdan oshadi va kuchaytirish polosasi optik kuchaytirish chastotasini tanlashga bog'liq ravishda surilishi mumkin. Raman kuchaytirgichi kuchaytirish modulining konstruktiv bajarilishiga misol 9.20- rasmda keltirilgan. Raman kuchaytirgichi moduli optik va elektr zanjirlarining sxemasi 9.21- rasmda keltirilgan.



9.20- rasm. Raman OTK kuchaytirgich modulining konstruktsiyasi

Brillyuen tolali kuchaytirgichi (BTK) asosan optik kuchaytirish Brillyuen sochilishi kuchaytirilishi bilan ta'minlanishidan tashqari Raman kuchaytirgichi ishlash prinsipiga o'xshash.

BTK optik kuchaytiriladi va kuchaytiriladigan quvvatni qismi signalga sochilish orqali uzatiladi. Fizik jihatdan har bir  $h\nu_H$  energiyali kuchaytirish fotoni  $h\nu_S$  energiyali signal fotonini hosil qilish uchun uning qismini ishlatadi, shu bilan bir vaqtda energiya fotoni akustik fotonni qo'zg'atadi. Boshqacha aytganda, kuchaytirish to'liqlari muhit orqali yorug'lik tezligida haraktlanadigan akustik to'siqda sochiladi.



9.21- rasm. Raman kuchaytirgichi kuchaytirish sxemasining tuzimasi

Raman kuchaytirgichidan farqlari quyidagilardan iborat:

- kuchaytirish faqat signal kuchaytirish nuriga qarama-qarshi yo'nalishda tarqalganda o'z o'rniga ega bo'ladi;
- kuchaytirish chastotasiga nisbatan signal chastotasining surilishi 10 GGsdan past, ya'ni raman kuchaytirgichidagidan uch tartibga kam va kuchaytirish chastotasiga bog'liq ;
- kuchaytirish spektri tor (kuchaytirish polosasi 100 MGsdan kichik).
- juda tor kuchaytiriladigan spektr bu kuchaytirgichni keng polosali uzatish tizimlarida qo'llashga imkon bermaydi. Real kuchaytirish 1 mVt damlash qiymatida 20-30 dB qiymatlarga yetishi mumkin.

## 9-bob bo'yicha nazorat savollari

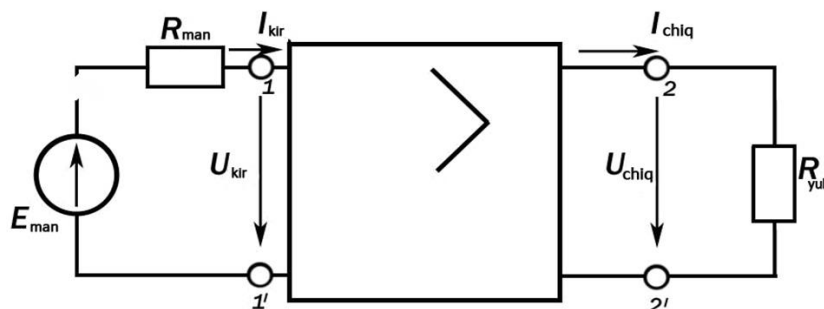
1. Optik kuchaytirgich prinsipini tushuntiring.
2. Optik kuchaytirgichlar nima maqsadda ishlatiladi?
3. Optik kuchaytirgichlarga qanday talablar qo'yiladi?
4. Yarimo'tkazgichli optik kuchaytirgichlarni tushuntiring.
5. Yarimo'tkazgichli optik kuchaytirgichlar ishlash prinsipi asosiy xarakteristikalarini tushuntiring.
6. Noyob elementlar asosidagi optik kuchaytirgichlar deb qanday kuchaytirgichlarga aytiladi?
7. Erbiyli kuchaytirgichli optik retranslyatorning tuzilish sxemasini tushuntiring.
8. Sochilish samarasi asosidagi optik kuchaytirgichlarni tushuntiring.
9. BTK va Roman kuchaytirgichini tushuntiring.
10. Gibril optik kuchaytirgichni tushuntiring.

## II-QISM. AMALIY MASHG‘ULOTLARNI BAJARISHGA DOIR TOPSHIRIQLAR

### 1-amaliy mashg‘ulot. Kuchaytirgichlarning kuchaytirish koeffitsientlari

Ushbu topshiriqni bajarish uchun birinchi bobning 1.1, 1.2-bo‘limlaridan foydalanish mumkin.

Kuchaytirish qurilmasi bu ta‘minot manbai energiyasini kuchaytiriladigan tebranishlar energiyasiga o‘zgartiradigan aktiv 4-qutblidir.



1–rasm. Kuchaytirish qurilmasining tuzilish sxemasi

1-1<sup>I</sup> parametrlar kuchaytirgichning kirish, 2-2<sup>I</sup> parametrlar esa chiqish parametrlari hisoblanadi.

$I_{kir}$  – kirish toki;

$U_{kir}$  – kirish kuchlanishi;

$R_{kir}$  – kirish qarshiligi;

$P_{kir}$  – kirish quvvati;

$I_{chiq}$  – chiqish toki;

$U_{chiq}$  – chiqish kuchlanishi;

$R_{chiq}$  – chiqish qarshiligi;

$R_{yuk}$  – yuklama qarshiligi;

$P_{chiq}$  – chiqish quvvati.

Umumiy holda kuchaytirgich yuklamasining qarshiligi kompleks, lekin odatda chiqish toki, kuchlanishi va quvvati  $P_{yuk}$  ga teng bo‘lgan aktiv yuklamada aniqlanadi.

1-jadvalda berilgan parametrlardan foydalanib, kuchaytirgich parametrlarining matematik ifodalarini yozing.

| 1-variant |   |                                  |
|-----------|---|----------------------------------|
| No        | Berilgan  | Topish kerak                     |
| 1         | $U_{chiq}, R_{yuk}, K_P \text{ dB}$             | $P_{kir}$                        |
| 2         | $I_{kir}, U_{chiq}, E_{man}, R_{man}$           | $K_U \text{ dB}, K_C \text{ dB}$ |
| 3         | $I_{kir}, R_{kir}, I_{chiq}, P_{yuk}$           | $K_P \text{ dB}, K_U \text{ dB}$ |
| 4         | $I_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}, R_{man}$  | $K_P \text{ dB}$                 |
| 5         | $U_{chiq}, R_{yuk}, K_I$                        | $I_{kir}$                        |
| 2-variant |   |                                  |
| No        | Berilgan  | Topish kerak                     |
| 1         | $I_{kir}, R_{kir}, I_{chiq}, P_{yuk}$           | $K_U \text{ dB}, K_P \text{ dB}$ |
| 2         | $I_{kir}, U_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}$           | $K_U \text{ dB}, K_P \text{ dB}$ |
| 3         | $I_{kir}, U_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}$           | $K_U \text{ dB}, K_P \text{ dB}$ |
| 4         | $U_{kir}, U_{chiq}, K_I$                        | $K_U \text{ dB}, K_P \text{ dB}$ |
| 5         | $U_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}, E_{man}, R_{man}$ | $K_I \text{ dB}$                 |
| 3-variant |   |                                  |
| No        | Berilgan  | Topish kerak                     |
| 1         | $I_{kir}, U_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}$          | $K_P \text{ dB}$                 |
| 2         | $I_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}, K_P$               | $U_{kir}$                        |
| 3         | $I_{chiq}, R_{yuk}, K_P$                        | $P_{kir}$                        |
| 4         | $I_{chiq}, U_{chiq}, K_P$                       | $P_{kir}$                        |
| 5         | $I_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}, K_U, R_{man}$      | $E_{man}$                        |
| 4-variant |   |                                  |
| No        | Berilgan  | Topish kerak                     |
| 1         | $I_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}, K_P$              | $U_{kir}$                        |
| 2         | $U_{chiq}, R_{yuk}, K_I$                        | $I_{kir}$                        |
| 3         | $U_{chiq}, K_U, E_{man}, R_{man}$               | $I_{kir}$                        |
| 4         | $U_{chiq}, R_{yuk}, K_{umumiy}$                 | $E_{man}$                        |
| 5         | $I_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}$                    | $K_{umumiy} \text{ dB}$          |
| 5-variant |   |                                  |
| No        | Berilgan  | Topish kerak                     |
| 1         | $U_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}, R_{man}$  | $K_I \text{ dB}$                 |
| 2         | $P_{kir}, U_{chiq}, P_{yuk}$                    | $K_P \text{ dB}$                 |
| 3         | $I_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}, R_{man}$  | $K_P \text{ dB}$                 |
| 4         | $I_{kir}, P_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}$           | $K_U \text{ dB}$                 |
| 5         | $U_{kir}, P_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}$           | $K_I \text{ dB}$                 |
| 6-variant |   |                                  |
| No        | Berilgan  | Topish kerak                     |

|            |  |                         |
|------------|--|-------------------------|
| 1          | $U_{kir}, R_{yuk}, K_U$                        | $I_{chiq}$              |
| 2          | $P_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}$                  | $K_P dB$                |
| 3          | $I_{kir}, I_{chiq}, K_U$                       | $K_P dB$                |
| 4          | $U_{kir}, U_{chiq}, K_I$                       | $K_P dB$                |
| 5          | $I_{kir}, I_{chiq}, K_P$                       | $K_U dB$                |
| 7-variant  |  |                         |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak            |
| 1          | $I_{kir}, U_{kir}, P_{chiq}$                   | $K_P dB$                |
| 2          | $I_{kir}, R_{yuk}, P_{chiq}$                   | $K_I dB$                |
| 3          | $U_{kir}, R_{yuk}, K_P dB$                     | $P_{kir}$               |
| 4          | $I_{kir}, U_{chiq}, E_{man}, R_{man}$          | $K_U db, K_C dB$        |
| 5          | $I_{kir}, P_{kir}, I_{chiq}, P_{yuk}$          | $K_P db, K_U dB$        |
| 8-variant  |  |                         |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak            |
| 1          | $U_{kir}, I_{chiq}, E_{man}, R_{man}$          | $K_I dB$                |
| 2          | $I_{kir}, U_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}$         | $K_P dB$                |
| 3          | $I_{kir}, P_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_U dB$                |
| 4          | $U_{kir}, P_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_I dB$                |
| 5          | $U_{chiq}, R_{yuk}, K_U$                       | $I_{chiq}$              |
| 9-variant  |  |                         |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak            |
| 1          | $U_{chiq}, K_U, E_{man}, R_{man}$              | $I_{kir}$               |
| 2          | $U_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}, R_{man}$ | $K_I dB$                |
| 3          | $I_{chiq}, R_{yuk}, K_{umumiy}$                | $E_{man}$               |
| 4          | $U_{chiq}, R_{yuk}, K_U$                       | $I_{chiq}$              |
| 5          | $P_{kir}, U_{chiq}, P_{yuk}$                   | $K_P dB$                |
| 10-variant |  |                         |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak            |
| 1          | $I_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}, K_P$              | $U_{kir}$               |
| 2          | $I_{chiq}, R_{yuk}, K_P$                       | $R_{kir}$               |
| 3          | $U_{chiq}, R_{yuk}, K_P db$                    | $R_{kir}$               |
| 4          | $I_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}, R_{man}$ | $K_P dB$                |
| 5          | $I_{kir}, P_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_U dB$                |
| 11-variant |  |                         |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak            |
| 1          | $I_{kir}, U_{chiq}, E_{man}, R_{man}$          | $K_U dB, K_{umumiy} dB$ |
| 2          | $I_{kir}, P_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_U dB$                |
| 3          | $U_{kir}, P_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_I dB$                |

|            |  |                  |
|------------|--|------------------|
| 4          | $U_{chiq}, R_{yuk}, K_U$                       | $I_{chiq}$       |
| 5          | $U_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}, R_{man}$ | $K_I dB$         |
| 12-variant |  |                  |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak     |
| 1          | $I_{kir}, P_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_U db, K_P dB$ |
| 2          | $U_{chiq}, R_{yuk}, K_I$                       | $I_{kir}$        |
| 3          | $U_{chiq}, K_U, E_{man}, R_{man}$              | $I_{kir}$        |
| 4          | $P_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}$                  | $K_P dB$         |
| 5          | $U_{kir}, U_{chiq}, K_I$                       | $K_P dB$         |
| 13-variant |  |                  |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak     |
| 1          | $I_{kir}, U_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_U db, K_P dB$ |
| 2          | $U_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}, R_{man}$ | $K_I dB$         |
| 3          | $P_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}$                   | $K_P dB$         |
| 4          | $I_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}, R_{man}$ | $K_P dB$         |
| 5          | $I_{kir}, P_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_U dB$         |
| 14-variant |  |                  |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak     |
| 1          | $U_{kir}, I_{chiq}, E_{man}, R_{man}$          | $K_I dB$         |
| 2          | $I_{kir}, U_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}$         | $K_P dB$         |
| 3          | $U_{kir}, R_{yuk}, K_U$                        | $I_{chiq}$       |
| 4          | $I_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}, R_{man}$ | $K_P dB$         |
| 5          | $I_{kir}, U_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_U db, K_P dB$ |
| 15-variant |  |                  |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak     |
| 1          | $I_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}, K_P$              | $U_{kir}$        |
| 2          | $I_{chiq}, R_{yuk}, K_P$                       | $R_{kir}$        |
| 3          | $U_{kir}, U_{chiq}, K_I$                       | $K_U db, K_P dB$ |
| 4          | $U_{kir}, I_{chiq}, E_{man}, R_{man}$          | $K_I dB$         |
| 5          | $I_{kir}, P_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_U dB$         |
| 16-variant |  |                  |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak     |
| 1          | $U_{chiq}, K_U, E_{man}, R_{man}$              | $I_{kir}$        |
| 2          | $I_{chiq}, R_{yuk}, K_{umumiy}$                | $E_C$            |
| 3          | $U_{kir}, P_{kir}, I_{chiq}, E_{man}$          | $K_I dB$         |
| 4          | $I_{kir}, U_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_P db, K_U dB$ |
| 5          | $P_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}$                  | $K_P dB$         |

| 17-variant |  |                          |
|------------|--|--------------------------|
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak             |
| 1          | $U_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}, R_{man}$ | $K_I dB$                 |
| 2          | $R_{kir}, U_{chiq}, P_{yuk}$                   | $K_P dB$                 |
| 3          | $I_{kir}, U_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}$         | $K_P dB$                 |
| 4          | $U_{chiq}, K_U, E_{man}, R_{man}$              | $I_{kir}$                |
| 18-variant |  |                          |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak             |
| 1          | $I_{kir}, R_{kir}, I_{chiq}, P_{yuk}$          | $K_U dB$                 |
| 2          | $U_{kir}, R_{kir}, U_{chiq}, P_{yuk}$          | $K_I dB$                 |
| 3          | $U_{kir}, R_{yuk}, K_U$                        | $I_{chiq}$               |
| 4          | $I_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}, K_P$              | $U_{kir}$                |
| 5          | $I_{kir}, U_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}$         | $K_P dB, K_I dB, K_U dB$ |
| 19-variant |  |                          |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak             |
| 1          | $U_{chiq}, K_U dB, E_{man}, R_{man}$           | $I_{kir}$                |
| 2          | $I_{chiq}, R_{yuk}, K_{umumiy} db$             | $E_{man}$                |
| 3          | $I_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}$                   | $K_{umumiy} dB$          |
| 4          | $U_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}, R_{man}$ | $K_I dB$                 |
| 5          | $U_{chiq}, R_{yuk}, P_{kir}$                   | $K_P dB$                 |
| 20-variant |  |                          |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak             |
| 1          | $I_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}, K_P$              | $U_{kir}$                |
| 2          | $I_{chiq}, R_{yuk}, K_P$                       | $P_{kir}$                |
| 3          | $I_{chiq}, R_{yuk}, K_{umumiy} dB$             | $E_{man}$                |
| 4          | $U_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}, R_{man}$ | $K_I dB$                 |
| 5          | $U_{chiq}, R_{yuk}, R_{kir}$                   | $K_P dB$                 |
| 21-variant |  |                          |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak             |
| 1          | $I_{kir}, I_{chiq}, E_{man}, R_{man}$          | $K_I dB$                 |
| 2          | $I_{kir}, U_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}$         | $K_P dB$                 |
| 3          | $I_{kir}, U_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}$         | $K_U db, K_I dB$         |
| 4          | $I_{chiq}, R_{yuk}, K_{umumiy}$                | $E_{man}$                |
| 5          | $I_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}, K_P dB$           | $U_{kir}$                |
| 22-variant |  |                          |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak             |
| 1          | $U_{kir}, P_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_I dB$                 |
| 2          | $U_{kir}, R_{yuk}, K_U$                        | $I_{chiq}$               |



|            |  |                                  |
|------------|--|----------------------------------|
| 3          | $P_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}$                  | $K_P \text{ dB}$                 |
| 4          | $U_{kir}, U_{chiq}, K_I$                       | $K_P \text{ dB}$                 |
| 5          | $I_{kir}, I_{chiq}, K_U$                       | $K_P \text{ dB}$                 |
| 23-variant |  |                                  |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak                     |
| 1          | $U_{chiq}, K_U, E_{man}, R_{man}$              | $I_{kir}$                        |
| 2          | $I_{chiq}, R_{yuk}, K_{umumiy}$                | $E_C$                            |
| 3          | $U_{kir}, R_{yuk}, K_U$                        | $I_{chiq}$                       |
| 4          | $I_{kir}, U_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_P \text{ dB}, K_U \text{ dB}$ |
| 5          | $P_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}$                  | $K_P \text{ dB}$                 |
| 24-variant |  |                                  |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak                     |
| 1          | $U_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}, E_{man}, R_{man}$ | $K_I \text{ dB}$                 |
| 2          | $P_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}$                   | $K_P \text{ dB}$                 |
| 3          | $U_{kir}, I_{chiq}, E_{man}, R_{man}$          | $K_I \text{ dB}$                 |
| 4          | $I_{kir}, U_{kir}, I_{chiq}, U_{chiq}$         | $K_P \text{ dB}$                 |
| 5          | $I_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}, K_P$              | $U_{kir}$                        |
| 25-variant |  |                                  |
| №          | Berilgan                                       | Topish kerak                     |
| 1          | $I_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}, K_P$              | $U_{kir}$                        |
| 2          | $I_{chiq}, R_{yuk}, K_P$                       | $R_{kir}$                        |
| 3          | $I_{kir}, U_{chiq}, E_{man}, R_{man}$          | $K_U \text{ dB}, K_C \text{ dB}$ |
| 4          | $I_{kir}, P_{kir}, I_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_P \text{ dB}, K_U \text{ dB}$ |
| 5          | $I_{kir}, U_{kir}, U_{chiq}, R_{yuk}$          | $K_P \text{ dB}, K_U \text{ dB}$ |

## 2-amaliy mashg‘ulot. Kuchaytirish qurilmalarida ish rejimlari va ularni baholash

Ushbu topshiriqni bajarish uchun uchinchi bobning 3.1-bo‘limidan foydalanish mumkin.

Topshiriq. “A” rejimi bo‘yicha 1–jadvalda berilganlardan foydalanib,  $P_0$ ,  $P_{\sim}$ ,  $\eta$  toping.

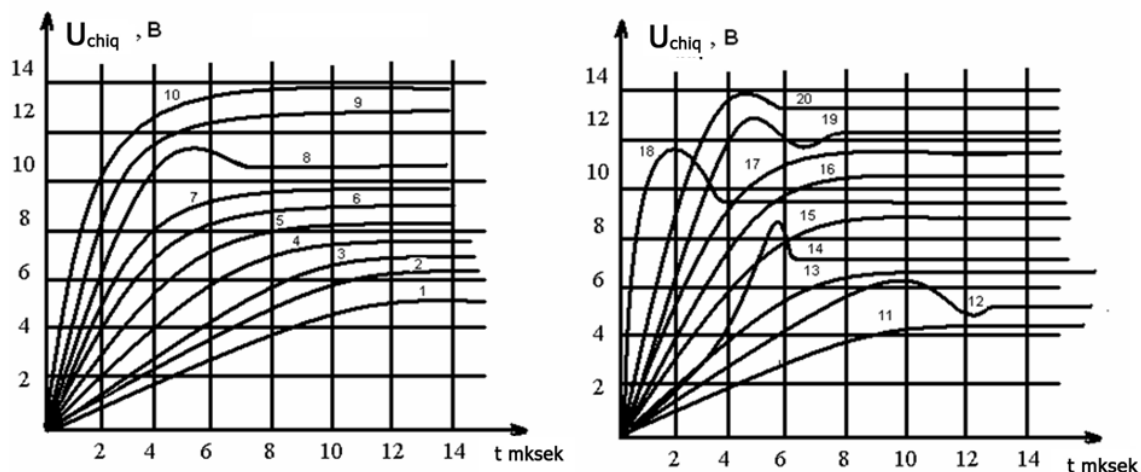
1–jadval

| T/r | Tranzistor turi | Osoyish-talik toki $I_{ko}$ , mA | Osoyish-talik kuchlanishi $U_{ko}$ , V | Doimiy kollektremiter kuchlanishining maksimal qiymati $U_{kemax}$ , V | Talab qilina-yotgan quvvat $P_0$ m, Vt | Foydali quvvat $P_{\sim}$ m, Vt | FIK $\eta\%$ |
|-----|-----------------|----------------------------------|--|--|--|---------------------------------|--------------|
| 1   | KT339B          | 12                               | 13                                     | 20   |  |                                 |              |
| 2   | KT342B          | 15                               | 2                                      | 4  |  |                                 |              |
| 3   | KT315V          | 13                               | 8                                      | 20   |  |                                 |              |
| 4   | KT361D          | 15                               | 10                                     | 20   |  |                                 |              |
| 5   | KT315A          | 15                               | 8                                      | 16   |  |                                 |              |
| 6   | KT312B          | 11                               | 13                                     | 20   |  |                                 |              |
| 7   | KT312A          | 15                               | 10                                     | 16   |  |                                 |              |
| 8   | GT308B          | 15                               | 6                                      | 8  |  |                                 |              |
| 9   | GT308A          | 15                               | 5                                      | 8  |  |                                 |              |
| 10  | KT501V          | 11                               | 11                                     | 18   |  |                                 |              |
| 11  | KT209B          | 12                               | 9                                      | 16   |  |                                 |              |
| 12  | KT203B          | 13                               | 12                                     | 20   |  |                                 |              |
| 13  | KT339B          | 10                               | 12                                     | 18   |  |                                 |              |
| 14  | KT342B          | 15                               | 4                                      | 6  |  |                                 |              |
| 15  | KT315V          | 11                               | 6                                      | 18   |  |                                 |              |
| 16  | KT361D          | 11                               | 8                                      | 18   |  |                                 |              |
| 17  | KT315A          | 13                               | 6                                      | 14   |  |                                 |              |
| 18  | KT312B          | 9                                | 11                                     | 18   |  |                                 |              |
| 19  | KT312A          | 13                               | 8                                      | 14   |  |                                 |              |
| 20  | GT308B          | 13                               | 4                                      | 6  |  |                                 |              |
| 21  | GT308A          | 13                               | 3                                      | 6  |  |                                 |              |
| 22  | KT501V          | 9                                | 9                                      | 16   |  |                                 |              |
| 23  | KT209B          | 10                               | 7                                      | 14   |  |                                 |              |
| 24  | KT203B          | 11                               | 10                                     | 18   |  |                                 |              |
| 25  | KT315A          | 15                               | 10                                     | 18   |  |                                 |              |

### 3-amaliy mashg'ulot. Impulsi signallar kuchaytirgichlaridagi chiziqli buzilishlarni baholash

Ushbu topshiriqni bajarish uchun to'rtinchi bobning 4.1-bo'limidan foydalanish mumkin.

1-rasmda tasvirlangan o'tish xarakteristikasidan va 1-jadvaldagi ma'lumotlardan foydalanib  $t_y$  o'rnatish vaqtini va  $b$  impuls frontining oldingi qismidagi keskin o'zgarishni aniqlang.

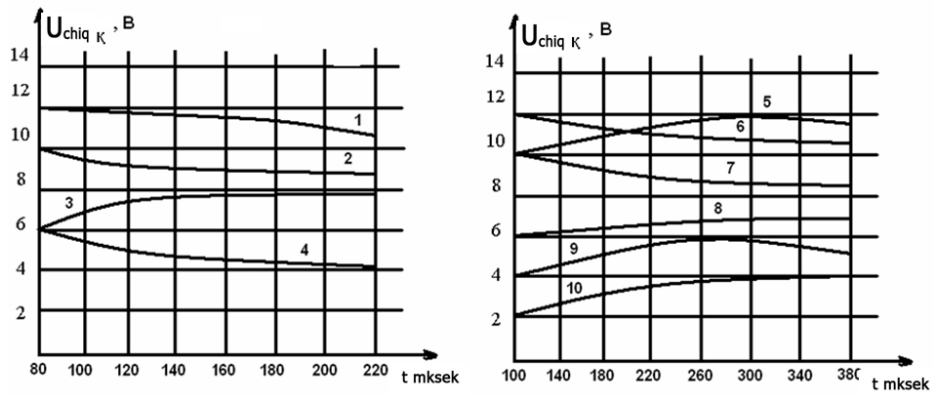


1-rasm. Kichik vaqtlar sohasidagi o'tish xarakteristikalari

1-jadval

| N <sub>o</sub> variantlar | N <sub>o</sub> grafiklar | N <sub>o</sub> variantlar | N <sub>o</sub> grafiklar |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1.                        | 1                        | 11.                       | 11                       |
| 2.                        | 2                        | 12.                       | 12                       |
| 3.                        | 3                        | 13.                       | 13                       |
| 4.                        | 4                        | 14.                       | 14                       |
| 5.                        | 5                        | 15.                       | 15                       |
| 6.                        | 6                        | 16.                       | 16                       |
| 7.                        | 7                        | 17.                       | 17                       |
| 8.                        | 8                        | 18.                       | 18                       |
| 9.                        | 9                        | 19.                       | 19                       |
| 10.                       | 10                       | 20.                       | 20                       |

2-rasmda tasvirlangan katta vaqtlar sohasidagi o'tish xarakteristikalari va 2-jadvalda berilgan  $T_i$  impuls uzunligi qiymatidan foydalanib, impuls balandligining  $\Delta^-$  kamayishini yoki  $\Delta^+$  ortishini aniqlang.



2–rasm. Katta vaqtlar sohasidagi o‘tish xarakteristikalari

2–jadval

| Variantlar<br>r | grafiklar | $T_i$ , mk.<br>sek | Variantlar | Grafiklar | $T_i$ , mk.<br>sek |
|-----------------|-----------|--------------------|------------|-----------|--------------------|
| 1.              | 1         | 220                | 14.        | 7         | 340                |
| 2.              | 1         | 180                | 15.        | 8         | 300                |
| 3.              | 2         | 220                | 16.        | 3         | 120                |
| 4.              | 2         | 160                | 17.        | 4         | 220                |
| 5.              | 3         | 220                | 18.        | 5         | 280                |
| 6.              | 3         | 160                | 19.        | 6         | 180                |
| 7.              | 4         | 180                | 20.        | 7         | 220                |
| 8.              | 4         | 140                | 21.        | 8         | 180                |
| 9.              | 5         | 260                | 22.        | 9         | 340                |
| 10.             | 5         | 340                | 23.        | 9         | 220                |
| 11.             | 6         | 260                | 24.        | 10        | 340                |
| 12.             | 6         | 340                | 25.        | 10        | 220                |
| 13.             | 7         | 260                | 26.        | 1         | 120                |

#### 4-amaliy mashg'ulot. Kuchaytirish qurilmalarida chiziqli buzilishlarni baholash

Ushbu topshiriqni bajarish uchun beshinchi bobning 5.2-bo'limidan foydalanish mumkin. 1-jadvaldagi ma'lumotlardan foydalanib,  $K=F(f)$  AChXsini hisoblang va chizing.

Qurilgan xarakteristikada kuchaytirgichning pastki  $f_{p\sqrt{2}}$ , yuqori  $f_{yu\sqrt{2}}$  kesish chastotalarini va  $\Delta F$  o'tkazish oralig'ini aniqlang.

| Variantlar/Chastota<br>$f$ , Gts |                | $U_{kir}=0.1V$ |       |       |        |                |        | 1-jadval       |  |
|----------------------------------|----------------|----------------|-------|-------|--------|----------------|--------|----------------|--|
|                                  |                | $f_1$          | $f_2$ | $f_3$ | $f_0$  | $f_4$          | $f_4$  |                |  |
|                                  |                | 20             | 100   | 500   | $10^3$ | $5 \cdot 10^3$ | $10^4$ | $5 \cdot 10^4$ |  |
| 1                                | $U_{chiq}$ , V | 0,7            | 0,75  | 0,9   | 1      | 0,98           | 0,7    | 0,5            |  |
| 2                                | $U_{chiq}$ , V | 0,5            | 1,4   | 1,8   | 2      | 2              | 1,8    | 1,4            |  |
| 3                                | $U_{chiq}$ , V | 2,1            | 2,7   | 2,9   | 3      | 2,95           | 2,1    | 1,5            |  |
| 4                                | $U_{chiq}$ , V | 1,5            | 2,8   | 3,5   | 4      | 3,98           | 3      | 2,8            |  |
| 5                                | $U_{chiq}$ , V | 3,5            | 4,5   | 5     | 5      | 5              | 3,5    | 3              |  |
| 6                                | $U_{chiq}$ , V | 3              | 4,2   | 5,5   | 6      | 5,9            | 5      | 4,2            |  |
| 7                                | $U_{chiq}$ , V | 4,9            | 5,5   | 6,8   | 7      | 7              | 4,9    | 4              |  |
| 8                                | $U_{chiq}$ , V | 4              | 5,6   | 7,9   | 8      | 8              | 6,5    | 5,6            |  |
| 9                                | $U_{chiq}$ , V | 6,3            | 7,5   | 8,9   | 9      | 8,9            | 6,3    | 5              |  |
| 10                               | $U_{chiq}$ , V | 3              | 7     | 10    | 10     | 10             | 8      | 7              |  |
| 11                               | $U_{chiq}$ , V | 7,7            | 9,5   | 11    | 11     | 10,5           | 7,7    | 3              |  |
| 12                               | $U_{chiq}$ , V | 5              | 8,4   | 11,8  | 12     | 12             | 10     | 8,4            |  |
| 13                               | $U_{chiq}$ , V | 9,1            | 11    | 13    | 12,5   | 9,1            | 7      | 7              |  |
| 14                               | $U_{chiq}$ , V | 4              | 9,8   | 14    | 14     | 14             | 13     | 9,8            |  |
| 15                               | $U_{chiq}$ , V | 10,5           | 13    | 14,9  | 15     | 15             | 10,5   | 7              |  |
|                                  |                | 40             | 200   | 700   | $10^3$ | $3 \cdot 10^3$ | $10^4$ | $5 \cdot 10^4$ |  |
| 16                               | $U_{chiq}$ , V | 7              | 8     | 10    | 10     | 9,5            | 7      | 2              |  |
| 17                               | $U_{chiq}$ , V | 3              | 6,3   | 9     | 9      | 8,8            | 7,5    | 6,3            |  |
| 18                               | $U_{chiq}$ , V | 5,6            | 6,5   | 7,9   | 8      | 8              | 5,6    | 3              |  |
| 19                               | $U_{chiq}$ , V | 2              | 4,9   | 6,9   | 7      | 7              | 6,5    | 4,9            |  |
| 20                               | $U_{chiq}$ , V | 4,2            | 5     | 5,8   | 6      | 6              | 4,2    | 2              |  |
| 21                               | $U_{chiq}$ , V | 2              | 3,5   | 4,9   | 5      | 5              | 4,8    | 3,5            |  |
| 22                               | $U_{chiq}$ , V | 2,8            | 3     | 3,9   | 4      | 4              | 2,8    | 1              |  |
| 23                               | $U_{chiq}$ , V | 1              | 2,1   | 3     | 3      | 2,8            | 2,5    | 2,1            |  |
| 24                               | $U_{chiq}$ , V | 1,4            | 1,6   | 1,85  | 2      | 2              | 1,4    | 0,5            |  |
| 25                               | $U_{chiq}$ , V | 0,3            | 0,7   | 0,95  | 1      | 1              | 0,99   | 0,7            |  |

## 5-amaliy mashg'ulot. Keng polosali kuchaytirgichni hisoblash

Ushbu topshiriqni bajarish uchun sakkizinchi bobning 8.2-bo'limidan foydalanish mumkin. Quyida keltirilgan variantlar orqali yechiladi.

1-jadval

| №  | $U_{\text{chiq}}$ | $K_u$ | $R_{yu},$<br>kOm | $C_{yu},$<br>pF | $R_{\text{man}}$ | $F_{\text{pastki}}$ | $F_{\text{yuqori}}$ | $M_{yu}$ |
|----|-------------------|-------|------------------|-----------------|------------------|---------------------|---------------------|----------|
| 1  | 4.7               | 60    | 130              | 15              | 400              | 60                  | 7.1                 | 2.4      |
| 2  | 4.1               | 61    | 160              | 16              | 200              | 61                  | 7.2                 | 2.3      |
| 3  | 4.8               | 69    | 140              | 17              | 100              | 62                  | 7.3                 | 2.2      |
| 4  | 4.7               | 68    | 150              | 18              | 200              | 63                  | 7.4                 | 2.1      |
| 5  | 4.7               | 67    | 170              | 19              | 300              | 64                  | 7.5                 | 2.3      |
| 6  | 4.6               | 66    | 160              | 20              | 300              | 65                  | 7                   | 2.2      |
| 7  | 4.5               | 65    | 180              | 21              | 400              | 66                  | 7.6                 | 2.4      |
| 8  | 4.4               | 64    | 190              | 22              | 500              | 67                  | 7.7                 | 2.1      |
| 9  | 4.3               | 63    | 200              | 23              | 400              | 68                  | 7.8                 | 2.3      |
| 10 | 4.1               | 62    | 210              | 24              | 300              | 69                  | 7.9                 | 2.2      |
| 11 | 4.2               | 69    | 220              | 25              | 200              | 70                  | 8                   | 2.4      |
| 12 | 4.1               | 61    | 220              | 26              | 200              | 71                  | 7                   | 2.1      |
| 13 | 4.9               | 60    | 230              | 27              | 400              | 72                  | 7.1                 | 2.4      |
| 14 | 4.1               | 62    | 240              | 28              | 300              | 73                  | 7.2                 | 2.2      |
| 15 | 4.2               | 63    | 260              | 29              | 200              | 74                  | 7.3                 | 2.3      |
| 16 | 4.3               | 64    | 270              | 30              | 100              | 75                  | 7.4                 | 2.4      |
| 17 | 4.4               | 65    | 280              | 12              | 500              | 76                  | 7.5                 | 2.5      |
| 18 | 4.5               | 66    | 290              | 13              | 100              | 77                  | 7.5                 | 2.6      |
| 19 | 4.6               | 67    | 300              | 14              | 400              | 78                  | 7.6                 | 2.7      |
| 20 | 4.5               | 61    | 290              | 15              | 300              | 79                  | 7.7                 | 2.8      |
| 21 | 4.4               | 68    | 280              | 19              | 100              | 60                  | 7.8                 | 2.9      |
| 22 | 4.3               | 69    | 270              | 16              | 200              | 65                  | 7.9                 | 2.1      |
| 23 | 4.2               | 60    | 260              | 17              | 400              | 61                  | 8                   | 2.2      |
| 24 | 4.7               | 61    | 250              | 18              | 500              | 62                  | 7                   | 2.3      |
| 25 | 4.3               | 62    | 240              | 19              | 300              | 63                  | 7.6                 | 2.4      |
| 26 | 4.4               | 70    | 230              | 20              | 200              | 65                  | 7.9                 | 2.5      |
| 27 | 4.8               | 71    | 220              | 21              | 100              | 64                  | 7.8                 | 2.6      |
| 28 | 4.9               | 72    | 210              | 22              | 200              | 63                  | 7                   | 2.7      |
| 29 | 4.6               | 70    | 200              | 23              | 400              | 61                  | 7.2                 | 2.8      |
| 30 | 4.5               | 61    | 160              | 24              | 300              | 65                  | 7.7                 | 2.9      |

Keng polosali kuchaytirgichning chiqish kaskadi tashqi yuklamada buzilish ruhsat etilgan darajada bo'lganda, talab etilayotgan signal sathini  $U_{chiq}$  olishni ta'minlashi kerak.

Chiqish kaskadini hisoblash quyidagi bosqichlarni o'z ichiga olishi kerak:

- tranzistor turini va ishlash rejimini tanlash;
- tranzistor kollektori ta'minot zanjiridagi yuklama qarshiligini hisoblash;
- YuCh tuzatish zanjirini hisoblash;
- kaskadning asosiy energetik ko'rsatkichlarini hisoblash:  $K, R_{\sim}, R_0, \eta$ ;
- kaskadning kirish qarshiligini hisoblash  $R_{kirk}$ ;
- ta'minot manbai va stabillash zanjirlarini hisoblash;
- ta'minot manbaining zarur kuchlanishini hisoblash (agar  $E_m$  ning qiymati berilmagan bo'lsa).

Quyida keng polosali kaskadlarning ba'zi turlarini hisoblash usullari keltirilgan.

Oxirigi kaskadning tranzistorini tanlashga ko'rsatmalar

Keng polosali kuchaytirgichlarning kaskadlaridagi tranzistorlar quyidagi shartlar bo'yicha ma'lumotnomadan tanlanadi.

1. Ueli sxema uchun chegaraviy chastota  $f_{cheg} \geq 10f_{yu}$  sharti bajarilishi kerak, bu yerda  $f_{cheg}$  – tranzistorlar bo'yicha ma'lumotnomalarda keltirilgan UE sxemasi uchun tranzistorning chegaraviy chastotasi.

Agarda ma'lumotnomalarda UB sxemasi uchun chegaraviy chastotasining qiymati ko'rsatilgan bo'lsa  $f_{h21b}$ , u holda  $f_{cheg} = fh_{21b}/m$  bo'ladi, bu yerda dreyfli tranzistorlar uchun  $m = 1,6$  yoki dreyfsizi uchun  $m = 1,2$ .

Agar YuCh  $f_{yu}$  da, tok bo'yicha uzatish koeffitsientining modul qiymati  $|h_{21e}|$  ko'rsatilsa, u holda  $f_{cheg} = |h_{21e}|f_{yu}$  bo'ladi.

2. Tranzistorning kollektor-emitteridagi maksimal ruhsat etilgan kuchlanishi

$$U_{k.maks} \geq 2,5 U_{chiqm}$$

shartga mos kelishi kerak,

bu yerda  $U_{chiqm}$  – chiqish kuchlanishining amplitudasi;

$$U_{chiqm} = 1,41U_{chiq}$$

### 3. Tranzistor kollektorining maksimal ruhsat etilgan toki

$$I_{k.maks} \geq 2 I_{k0} \quad (1)$$

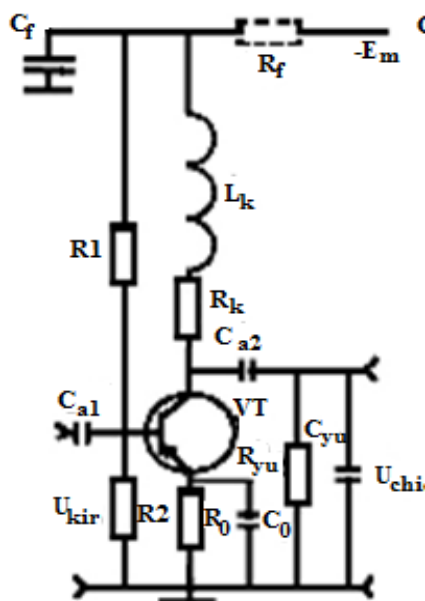
shartni qanoatlantirishi kerak,

bu yerda  $I_{k0}$  osoyishtalik nuqtasidagi kollektor toki.

$f_{cheg}$ ,  $U_{k.e.maks}$ ,  $I_{k.maks}$  ning qiymatlari tranzistorning pasport ma'lumotlarida keltirilgan.

Tanlangan tranzistor uchun ma'lumotnomadan keyingi hisoblashlar uchun zarur bo'ladigan parametrlar yozib olinadi:

- tok bo'yicha uzatish koeffitsientining maksimal va minimal qiymatlari  $h_{21e.maks}$ ,  $h_{21e.min}$ ;
- bazadagi hajmiy qarshilik  $r_b$ ;
- kollektor o'tish sig'imi  $C_k$ ;
- tokni kuchaytirishning chegaraviy chastotasi  $f_{cheg}$ .



1- rasm. UE rezistorli kaskadning prinsipial sxemasi

Kaskadni quyidagi ketma ketlikda hisoblash mumkin.

1. Kollektorning ta'minot zanjiridagi yuklama qarshiligining taxminiy qiymati aniqlanadi.

$$R_k = X_{yu} / (2\pi f_{yu} C_0), \quad (2)$$



bu yerda  $C_O$  – kaskadning chiqish sig‘imi va u quyidagiga teng

$$C_O = C_k + C_m + C_{yu} \approx C_m + C_{yu},$$

$C_k$  – tranzistorning kollektor o‘tishidagi sig‘imi,

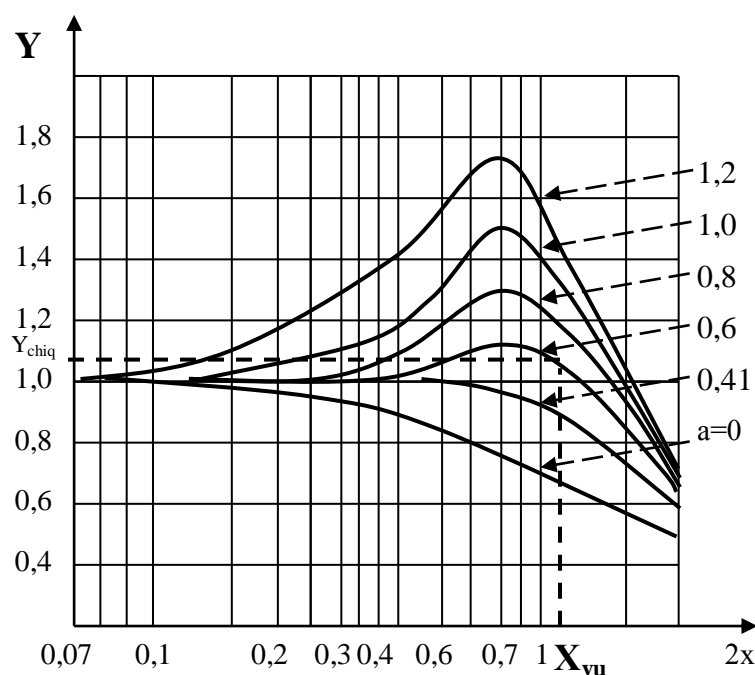
$C_m$  – montaj sig‘imi,  $S_M = 5 \dots 7$  pF,

$X_{yu}$  – me‘yorlashtirilgan chastota

$Y_{yu} = 1/M_{VK}$  2- rasmdagi grafik orqali topilgan uchun qiymat/

$X_{yu}$  kattalik 2-rasmda ko‘rsatilganidek, xarakteristika orqali aniqlanadi. Bunda YuCh sohadagi chastotaviy xarakteristikaning kerakli shaklda bo‘lganda, YuCh tuzatish koeffitsientining qiymatiga « $a=0.41$ » mos tushadi.  $R_k$  ning qarshiligini oshirish maqsadida ushbu nuqtani xarakteristikaning eng baland nuqtasiga nisbatan o‘ng tomondan tanlash zarur.

$R_k$  ning qiymati davlat standarti bo‘yicha tanlanadi.



2- rasm. Parallel YuCh tuzatishli kaskadning me‘yorlashtirilgan chastotaviy xarakteristikalari

2. Tranzistorning ish rejimi hisoblanadi. Uning uchun quyidagi kattaliklarni aniqlash zarur:

- chiqish tokining amplitudaviy qiymati quyidagicha hisoblanadi

$$I_{km} = U_{chiqm}/R_{yu\sim}, \quad (3)$$

$R_{yu\sim}$  – yuklamaning o‘zgaruvchan tok bo‘yicha ekvivalent qarshiligi,

$$R_{yu\sim} = R_k R_{yu} / (R_k + R_{yu}) \approx R_k \quad (R_{yu} \gg R_k \text{ uchun});$$

- osoyishtalik nuqtasidagi kollektor toki quyidagicha hisoblanadi

$$I_{k0} = (1,2 \dots 1,3) I_{km}, \quad (4)$$

- osoyishtalik nuqtasidagi kuchlanish quyidagicha hisoblanadi

$$U_{k0} = 1,2 U_{chiqm}. \quad (5)$$

4.  $C_0 = C_k + C_m + C_{yu}$  ning qiymati uchun (2) formula bo‘yicha  $R_k$  qarshiligi aniqlab olinadi.  $R_k$  ning qiymati davlat standarti bo‘yicha tanlanadi.

5. Tuzatuvchi  $L_k$  induktivlik quyidagicha aniqlanadi

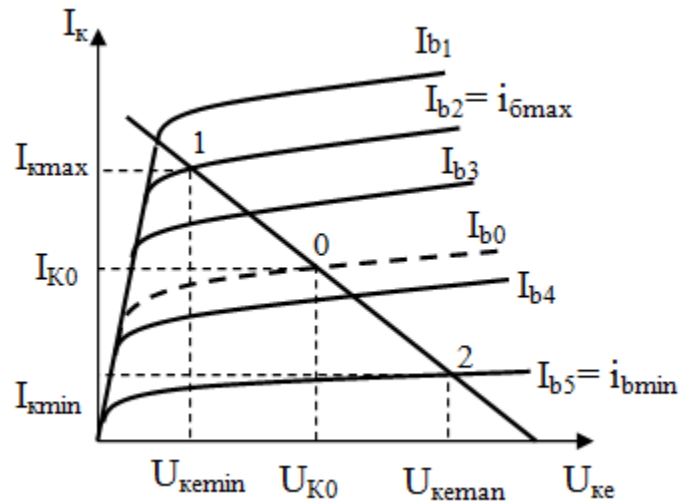
$$L_k = a \cdot C_0 \cdot R_k^2, \quad (6)$$

bu yerda  $a$  – YuCh tuzatish koeffitsienti, 2-rasmdagi grafik orqali aniqlanadi.

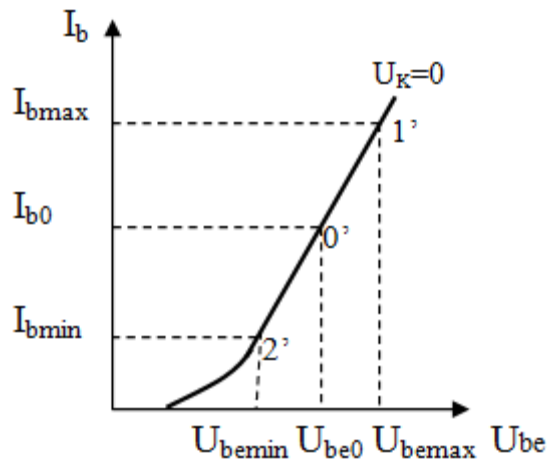
Ba’zi holatlarda ( $f \leq 6$  MGts bo‘lganda) induktiv YuCh tuzatishni ishlatmaslik mumkin. Bunda  $R_k$  qarshilik  $f_{yu}$  chastotada kaskadning chiqish zanjiri tomonidan kiritilayotgan ruhsat etilgan chastotaviy buzilishlarini ta’minlash sharti orqali quyidagicha hisoblanadi:

$$R_k = \frac{\sqrt{M 2 y u - 1}}{2 \pi f_{yu} C_0} \quad (7)$$

6. Kaskadning energetik ko‘rsatkichlarni hisoblashda kirish va chiqishning dinamik xarakteristikalarini chiziladi. O‘zgaruvchan tok uchun (3-rasm).



a)



b)

3- rasm. Chiqish kaskadining chiqish (a) va kirish (b) dinamik xarakteristikalari

3- rasm grafigidagi yuklama chizig‘i osoyishtalik nuqtasi «0» va absissa o‘qida yotuvchi kuchlanishi

$$U_k = U_{k0} + I_{k0} \cdot R_{yu\sim} \approx U_{k0} + I_{k0} \cdot R_k$$

bo‘lgan nuqta orqali o‘tadi.

$U_k \neq 0$  uchun kirish dinamik xarakteristikasi kirishning statik xarakteristikasi bilan mos tushadi.

Yuklama chizig‘ida ish oralig‘i sohasining chegaralari bo‘lgan «1» va «2» nuqtalar aniqlanadi. Bu nuqtalarda kuchlanish quyidagi qiymatlarga teng bo‘ladi:

$$U_{k.min} = U_{k0} - U_{chiqm} \quad (\llcorner 1 \gg \text{ nuqta});$$

$$U_{k.maks} = U_{k0} + U_{chiqm} \quad (\llcorner 2 \gg \text{ nuqta}).$$

Bu nuqtalarda 3,a va 3,b rasmdagi grafiklarda ko'rsatilganidek  $I_{b.maks}$ ,  $I_{b.min}$ ,  $U_{be.maks}$ ,  $U_{be.min}$  kattaliklar aniqlanadi. Osoyishtalik nuqtasida  $I_{b0}$  siljish toki va  $U_{be0}$  siljish kuchlanishi aniqlanadi.

7. Kaskadning asosiy parametrlari va ko'rsatkichlarini hisoblanadi:

- kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti quyidagicha hisoblanadi

$$K = U_{chiqm} / U_{bm}, \quad (8)$$

bu yerda  $U_{bm}$  – kirish kuchlanishining amplitudasi quyidagicha hisoblanadi

$$U_{bm} = (U_{be.MAKS} - U_{be.MIN}) / 2, \quad (9)$$

- tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti quyidagicha hisoblanadi

$$K_t = I_{km} / I_{bm}, \quad (10)$$

- bu yerda  $I_{km}$  – chiqish amplitudasi quyidagicha hisoblanadi

$$I_{km} = (I_{k.maks} - I_{k.min}) / 2, \quad (11)$$

- kirish amplitudasi quyidagicha hisoblanadi

$$I_{bm} = (I_{b.maks} - I_{b.min}) / 2, \quad (12)$$

- quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti quyidagicha hisoblanadi

$$K_q = K \cdot K_t, \quad (13)$$

- tranzistorning kirish qarshiligi quyidagicha hisoblanadi

$$R_{kir.e} = U_{bm} / I_{bm}, \quad (14)$$

- tranzistor chiqish zanjirining FIKi quyidagicha hisoblanadi

$$\eta = 0,5 \cdot \psi \xi, \quad (15)$$

bu yerda  $\psi$  – kollektor tokidan foydalanish koeffitsienti quyidagicha hisoblanadi

$$\psi = I_{km} / I_{k0},$$

$\xi$  – kollektor kuchlanishidan foydalanish koeffitsienti quyidagicha hisoblanadi

$$\xi = U_{km} / U_{k0},$$

8. Emitterli stabillash zanjiridagi qarshilik quyidagicha hisoblanadi.

$$R_e = \Delta U_e / I_{e0} \approx \Delta U_e / I_{k0}, \quad (16)$$

bu yerda  $\Delta U_e - R_e$  dagi ruhsat etilgan kuchlanishning pasayishi quyidagicha hisoblanadi

$$\Delta U_e = (0,1 \dots 0,2) \cdot U_{k0},$$

9. Ta'minot ta'minotining kerakli kuchlanishi aniqlanadi.

$$E_m = U_{k0} + I_{k0}(R_k + R_e). \quad (17)$$

$E_M$  ning qiymati butun songacha yaxlitlanadi.

10. Kuchlanish bo'lgichining  $R_1, R_2$  qarshiliklari quyidagicha hisoblanadi.

$$R_2 = (U_{be.0} + \Delta U_e) / I_{bo'l}, \quad (18)$$

bu yerda  $I_{bo'l}$  – bo'lgich toki,  $I_{bo'l} = 10I_{b0}$ .

$R_2$  ning qiymati davlat standarti bo'yicha tanlanadi.

$$R_1 = (E_m / I_{bo'l}) - R_2. \quad (19)$$

$R_1$  ning qiymati davlat standarti bo'yicha tanlanadi.

11. Zarur bo'lganda so'ndiruvchi  $C_f R_f$  filtr quyidagicha hisoblanadi.

$$R_f = \Delta U_f / I_f = (E_m - E'_m) / I_f, \quad (20)$$

bu yerda  $E'_m$  – 17- formula bo'yicha topilgan  $E_m$  ning qiymati,  
 $I_f - R_f$  qarshiligi orqali oqib o'tadigan o'zgarmas toklar yig'indisiga teng bo'lgan filtr toki.

Filtrning sig'imi quyidagicha hisoblanadi

$$C_f \geq 10 / (2f_0 \cdot R_f). \quad (21)$$

$R_f, C_f$  qiymatlari standart bo'yicha tanlanadi.

12. PCh sohasiga chastotaviy buzilishlar kiritayotgan sxemaning reaktiv elementlari quyidagicha hisoblanadi:

$$C_{A2} = \frac{1}{2\pi f_p (R_K + R_{yu}) \sqrt{M_{pA}^2 - 1}}, \quad (22)$$

$$C_e = [0,159 / (f_p \cdot R_e)] \sqrt{\frac{(1 + Sec \cdot R_e)^2 - M_{pe}^2}{M_{pe} - 1}},$$

bu yerda  $M_{pA}, M_{pE} - f_p$  past chastotadagi  $C_{A2}$  va  $C_E$  sig'implari tomonidan kiritilayotgan chastotaviy buzilishlarning ruhsat etilgan qiymati.

$S_{ES}$  – emitter zanjiridagi tokning egriligi quyidagicha hisoblanadi:

$$S_{ES} = (1 + h_{21e}) / (R_{KIR,E} + R_{MAN}), \quad (23)$$

$R_{MAN}$  – chiqish kaskadi uchun ta'minot signalining qarshiligi.  
 $C_A, C_E$  larning qiymatlari standart bo'yicha tanlanadi.

2–jadval

| Belgilanishi    | Nomlanishi | Qiymati           | Soni |
|-----------------|------------|-------------------|------|
| R <sub>1</sub>  | rezistor   | MLT-0,125-10k±5%  | 1    |
| R <sub>2</sub>  | rezistor   | MLT-0,125-910±5%  | 1    |
| R <sub>3</sub>  | rezistor   | MLT-0,125-2,2k±5% | 1    |
| R <sub>4</sub>  | rezistor   | MLT-0,125-300±5%  | 1    |
| R <sub>5</sub>  | rezistor   | MLT-0,125-910±5%  | 1    |
| R <sub>6</sub>  | rezistor   | MLT-0,125-4,2k±5% | 1    |
| R <sub>7</sub>  | rezistor   | MLT-0,125-820±5%  | 1    |
| R <sub>8</sub>  | rezistor   | MLT-0,125-68±5%   | 1    |
| R <sub>9</sub>  | rezistor   | MLT-0,125-270±5%  | 1    |
| R <sub>10</sub> | rezistor   | SP-12k            | 1    |

|                |                 |                 |   |
|----------------|-----------------|-----------------|---|
| C <sub>1</sub> | kondensator     | K50-6-100V-1m   | 1 |
| C <sub>2</sub> | kondensator     | K50-6-100V-200m | 1 |
| C <sub>3</sub> | kondensator     | K50-6-100V-20m  | 1 |
| C <sub>4</sub> | kondensator     | K50-6-100V-30m  | 1 |
| C <sub>5</sub> | kondensator     | K50-6-100V-50m  | 1 |
| C <sub>6</sub> | kondensator     | K50-6-100V-1m   | 1 |
| L              | iduktiv g'altak | 100 mkGn        | 1 |
| YT1            | tranzistor      | KT602A          | 1 |
| YT2            | tranzistor      | KT602A          | 1 |

## 6-amaliy mashg'ulot. Integral mikrosxemadagi operatsion kuchaytirgichni o'rganish

Ushbu topshiriqni bajarish uchun yetinchi bobning 7.2-bo'limidan foydalanish mumkin.

1. Integral mikrosxemani (IMS) ishlatish bilan kuchaytirgichning tuzilish sxemasini hamda IMS asosida kaskadning prinsipial sxemasini chizish. (01...10- variantlarda 6.2-rasmdagi sxema 11...20- variantlarda 6.3-rasmdagi sxema).

2. IMS asosida kaskadning teskari aloqa zanjirini hamda teskari aloqali IMSning asosiy ko'rsatkichlarini hisoblash ( $M_{pf}$ ,  $K_A$  of,  $R_{chiqf}$ ,  $R_{kirf}$ ).

6-topshiriq variantlari 1-jadvalda, mikrosxema parametrlari esa 2-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

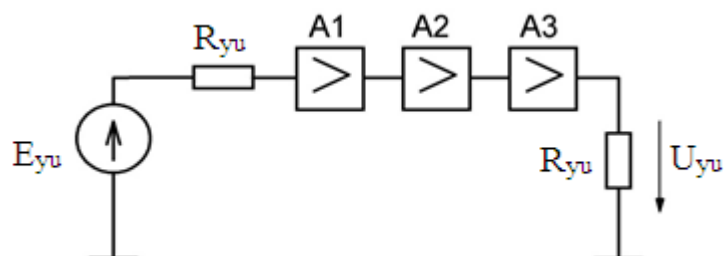
| Variantlar | $U_{yu}$ , V | $R_{chiq1}$ , Om | $K_3$ | $f_{yu}$ , MGts | $M_p$ , dB | $R_{kir3}$ , kOm | IMS turi |
|------------|--------------|------------------|-------|-----------------|------------|------------------|----------|
| 01         | 3            | 250              | 1,2   | 1,5             | -3         | 20               | K153UD16 |
| 02         | 1,9          | 45               | 1,5   | 1,3             | -3,5       | 30               | K544UD2  |
| 03         | 2,2          | 40               | 1,7   | 1,8             | -2,9       | 4                | K544UD2  |
| 04         | 2            | 50               | 1,6   | 1,7             | -3,2       | 5                | K544UD2  |
| 05         | 2,4          | 65               | 1,4   | 1,4             | -2,8       | 10               | K153UD1A |
| 06         | 2,3          | 60               | 1,5   | 1,2             | -3,3       | 20               | K153UD1A |
| 07         | 2,6          | 70               | 1,3   | 1,9             | -3,5       | 30               | K153UD1A |
| 08         | 2,5          | 75               | 1,4   | 1,1             | -3         | 4                | K544UD2  |
| 09         | 2,8          | 80               | 1,2   | 2               | -2,7       | 5                | K544UD2  |
| 10         | 2,95         | 90               | 2,6   | 2,1             | -2,5       | 10               | K140UD1A |
| 11         | 2,4          | 135              | 2,4   | 1,6             | -2,9       | 20               | K140UD1A |
| 12         | 3,15         | 200              | 2,2   | 1,7             | -3,1       | 30               | K140UD1A |
| 13         | 3,2          | 220              | 1,1   | 1,9             | -2,6       | 4                | K153UD16 |
| 14         | 2,85         | 160              | 1,4   | 1,5             | -2,8       | 5                | K153UD16 |
| 15         | 2,75         | 140              | 1,25  | 1,6             | -3         | 10               | K140UD1B |
| 16         | 3            | 120              | 1,45  | 1,8             | -2,5       | 20               | K140UD1B |
| 17         | 3,1          | 170              | 1,3   | 1,4             | -2,3       | 30               | K140UD1B |
| 18         | 2,7          | 210              | 1,6   | 1,2             | -2,5       | 4                | K153UD1A |
| 19         | 2,9          | 100              | 1,4   | 1,5             | -2,8       | 5                | K153UD1A |
| 20         | 2,1          | 110              | 1,2   | 1,6             | -3,1       | 10               | K140UD1A |



| IMS turi     | $K_{Ao}$ ,<br>dB | $F_{1sr}$ ,<br>MG<br>s | $U_{Amaks}$ ,<br>MGs | $R_{Akir}$ ,<br>Om | $C_{Akir}$ ,<br>pf | $R_{Achiq}$ ,<br>Om | $E_0$ ,<br>V | $I_{A0}$ ,<br>m<br>A | $U_{Ash}$ ,<br>mk<br>V | $R_{An}$<br>min,<br>kO<br>m |
|--------------|------------------|------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------|----------------------|------------------------|-----------------------------|
| K140UD1<br>A | 63               | 20                     | 2,8                  | $2 \cdot 10^4$     | -                  | 400                 | 6,3          | 4,2                  | 1,3                    | 5,1                         |
| K140UD1<br>B | 72               | 20                     | 5,7                  | $2 \cdot 10^4$     | -                  | 400                 | 12,<br>6     | 8                    | 1,3                    | 5,1                         |
| K153UD1<br>A | 90               | 10                     | 10                   | $2 \cdot 10^5$     | 6                  | 150                 | 15           | 6                    | 1,3                    | 0,5                         |
| K544UD2      | 100              | 20                     | 10                   | $5 \cdot 10^6$     | 3                  | 100                 | 15           | 11                   | 1,3                    | 2                           |
| K153UD16     | 100              | 20                     | 10                   | $2 \cdot 10^5$     | 3                  | 100                 | 15           | 6                    | 1,3                    | 1                           |

### Asosiy nazariy ma'lumotlar.

Ayrim hollarda bitta integral mikrosxema kuchaytirgichga qo'yiladigan barcha talablarni bajara olmaydi. (masalan, chiqishda yuqori kuchlanish yoki quvvatni, kirish va chiqish bo'yicha muvofiqlashuvini ta'minlab bera olmaydi). Bunday holatda IMS ishlatilgan kuchaytirgich tuzilish sxemasi 1-rasmdagi ko'rinishga ega bo'lishi mumkin.



1-rasm. IMS ishlatilgan kuchaytirgichning tuzilish sxemasi

1-rasmda:

A1 – dastlabki kuchaytirishning kirish kaskadi;

A2 – hisoblashga taaluqli IMS asosidagi dastlabki kuchaytirishning oraliq kaskadi;

A3 – oxirgi kaskad;

$E_{yu}$ ,  $R_{yu}$  – signal manbaining ichki qarshiligi va EYuK;

$R_{yu}$ ,  $U_{yu}$  – yuklama qarshiligi va undagi kuchlanish.

Bunday holatda IMS turi hisoblanayotgan kuchaytirgichning barcha talablariga mos bo'lishi kerak. A2 dastlabki kuchaytirish

sifatida operatsion kuchaytirgichlarning K140, K153 va K544 seriyali oddiy mikrosxemalarini ishlatish tavsiya etiladi.

IMS turini tanlashda quyidagi uchta shart bajarilishi kerak.

$$1. f_p < f_{1 o'r},$$

bu erda  $f_{1 o'r}$  – IMS uzatish koeffitsienti birga teng bo'lgandagi IMSning birlamchi kuchayish chastotasi;

$f_{yu}$  – berilgan chastotalar diapozonining chegaraviy yuqori chastotasi.

$$2. U_{Amaks} > U_{A2maks},$$

bu yerda  $U_{Amaks}$  - IMS o'zgaruvchan chiqish kuchlanish amplitudasining ruhsat etilgan maksimal qiymati (2-jadval):

$$U_{A2maks} = U_{yu} / K_3,$$

bu yerda  $U_{yu} - R_{yu}$  yuklamadagi kuchlanish;

$K_3$  – A3 oxirgi kaskadning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti.

3. IMS ma'lum bir turi uchun (2-jadval)  $R_{Anmin}$  yuklanayotgan qarshilikning ruhsat etilgan minimal qiymatining A2 kaskad chiqishidagi  $R_{chiq.2}$  qarshilik katta bo'lishi kerak, ya'ni

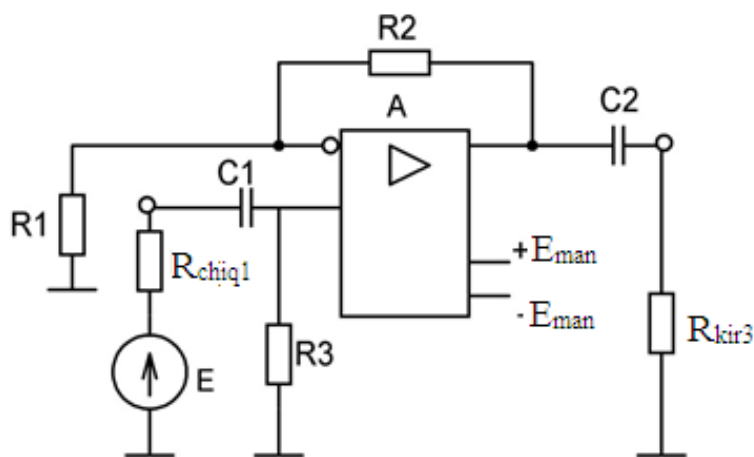
$$R_{chiq.2} \gg R_{Anmin}. \quad (1)$$

A3 oxirgi kaskad mavjud bo'lganda, A2 kaskadning yuklamasi bo'lib, A3 kaskadning kirish qarshiligi hisoblanadi, ya'ni bunday holatda

$$R_{chiq.2} = R_{kir.3}. \quad (2)$$

Masalani yechishda IMSning berilgan turi, ko'rsatilgan shartlarga mos kelishiga rioya qilish kerak.

A2 dastlabki kuchaytirgichlar sifatida noinvertlovchi (1-rasm) yoki invertlovchi (2-rasm) kuchaytirgichlar ishlatiladi. U va bu holatda ham kuchaytirgich kaskadining sifat ko'rsatkichlarini yaxshilovchi manfiy teskari aloqani ( $R_1$  va  $R_2$  rezistorlar) qamrab oladi.



2-rasm . Kuchlanish bo‘yicha ketma-ket MTAli IMS asosidagi oraliq noinvertlovchi kaskad

Teskari aloqa zanjirlarini inobatga olgan holda IMS asosidagi kaskadni hisoblashning quyidagi ketma-ketligi tavsiya etiladi.

1.  $R_2$  teskari aloqa qarshiligi  $R_2 > (30 \dots 100) R_{An \min}$  bog‘liqligi tanlanadi.

2. Signal manbai bilan moslashishini ta‘minlovchi va kaskadning chiqish qarshiligiga siljishning kirish toklariga kamayuvchi nobarqarorlik ta‘sirli  $R_1$  qarshilikni

$$(0,2 \dots 0,5) R_{Akir} > R_1 \gg R_{chiq1}, \quad (3)$$

bu erda  $R_{Akir}$  - IMS tanlangan turidagi kirish qarshiligi (2-jadval);

$R_{chiq1}$  - AI birinchi kaskaning chiqish qarshiligi.

3. IMSning ikkala kirishidagi kirish qarshiliklari simmetriyasini ta‘minlash  $R_3$  rezistor nominalini

$$R_3 = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

munosabatdan tanlanganda bajariladi.

4. Manfiy teskari aloqa chuqurligi  $F$  quyidagicha aniqlanadi:

$$F = 1 + T = 1 + (R_1 / (R_1 + R_2)) \cdot K_{Ao} = K_{Ao} \cdot R_1 / (R_1 + R_2), \quad (4)$$

bu yerda  $T = (R_1 / (R_1 + R_2)) \cdot K_{Ao}$  ga teng bo‘lgan kaskadning aylana kuchayishi

$K_{Ao}$  - IMS kuchlanish bo‘yicha o‘rta chastotalar kuchaytirish koefitsienti, u dB ifodalangan (2-jadval).

5. Teskari aloqali IMS asosidagi kaskadning kuchaytirish koefitsienti 6-rasmdagi sxemaga barobar.

$$K_F = K_{Ao} / F = 1 + R_2 / R_1, \quad (5)$$

$$K_F = - R_2 / R_1 .$$

6. 2-rasmdagi sxemada teskari aloqali IMS asosidagi kaskadning chiqish qarshiligi

$$R_{chiqF} = R_{A\ chiq} / F \quad (6)$$

3-rasmdagi sxema

$$R_{chiqF} = R_{A\ chiq} (R_2 / R_1) , \quad (7)$$

bu yerda  $R_{A\ chiq}$  – IMSning chiqish qarshiligi.

7. 2-rasmdagi sxemada teskari aloqali IMS asosidagi kaskadning kirish qarshiligi

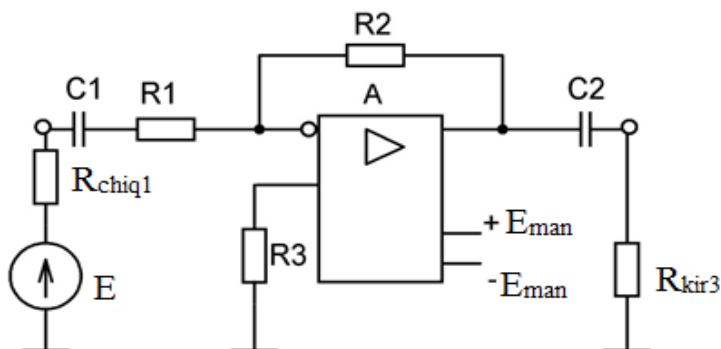
$$R_{kirF} = R_{kir.K} \cdot F , \quad (8)$$

bu yerda  $R_{kir.K}$  - teng bo'lgan kaskad kirish qarshiligi

$$R_{kir.K} = R_3 \cdot R_{A\ kir} / R_3 + R_{A\ kir} , \quad (9)$$

$R_{A\ kir}$  - IMSning kirish qarshiligi.

3-rasmdagi sxema kirish qarshiligi  $R_{kirF} = R_1$ .



3-rasm. Kuchlanish bo'yicha parallel MTAli IMS asosidagi oraliq noinvertlovchi kaskad

8. Nominallari berilgan  $M_p$  chastota buzilishlari koeffitsienti kattaligi bilan aniqlanuvchi  $C_1$  va  $C_2$  ajratuvchi kondensatorlar past chastota hududidagi amplituda – chastota xarakteristikasida buzilishlar hosil bo'ladi. Manfiy teskari aloqa kiritilganda  $M_p$  koeffitsient kamayadi va quyidagiga teng bo'ladi.

$$M_{pF} = 1 + (M_p - 1 / F). \quad (10)$$

## 7-amaliy mashg'ulot. Optik uzatish modullarining parametrlarini o'rganish

Ushbu topshiriqni bajarish uchun to'qqizinchi bobning 9.2-bo'limidan foydalanish mumkin.

1. Berilgan variant bo'yicha berilgan optik uzatish modul turi uchun asosiy xarakteristikalar jadvalini to'ldirish (jurnal № ro'yxati bo'yicha) (1- jadvalga qarang).

2. Optik uzatish modulini (OUM) tanlash ketma-ketligi algoritmini chizish

1- jadval

| variant  | 1         | 2       | 3       | 4            | 5          | 6          | 7          |
|----------|-----------|---------|---------|--------------|------------|------------|------------|
| OUM turi | MPD-1-3-A | MPD-3-1 | MPD-4-1 | KEM-8-4 PD-A | KEM-34 4PD | N1321R     | U23800     |
| variant  | 8         | 9       | 10      | 11           | 12         | 13         | 14         |
| OUM turi | POM-21    | POM-22  | POM-23  | ILN-360-1    | ILN-360-2  | ILN-360-1T | ILN-360-2T |

2- jadval

| Parametr                         | MPD-1-1A (B)<br>MPD-1-2A (B)<br>MPD-1-3A (B) | MPD-3-1  | MPD-4-1 | KEM-8-4 PD-A (B) | KEM-34-4PD-A (B) | N1321R  | U23800             |
|----------------------------------|--|----------|---------|------------------|------------------|---------|--------------------|
| O'rtacha nurlanish quvvati, Vt   | 1(2)   | -        | 0,5     | 1                | 1                | 1,2     | 0,008              |
| Nurlanish to'lqin uzunligi, mkm  | 0.78...0,88                                  | 8,5      | 1,3     | 0,82..0,88       | 0,82..0,88       | 1,3     | 1,285....<br>1,355 |
| Nurlanish spektri kengligi, nm   | 1(2)   | -        | -       | 4                | 4                | 1       | 160                |
| Maksimal uzatish tezligi, Mbit/s | 17   | 0,8.0,95 |         | 17               | 50               | 1000    | 200                |
| Rad etmasdan ishlash vaqti, soat | $1,5 \times 10^4$                            | -        | $10^4$  | $10^3$           | $10^3$           | 10      | “                  |
| Ishchi haroratlar dipazoni, °C   | -60..+55                                     | -60..+85 | -60.+55 | -10.+40          | -10.+40          | -40.+60 | -25..+85           |
| Iste'mol toki, mA                | 300  | 500      | 200     | 300              | 600              | 200     | 130                |

3- jadval

| Parametr                    | ILN-360-1 | ILN-360-2 | ILN-360-1T | ILN-360-2T |
|-----------------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| To‘qin uzunligi, mkm        | 1,3       | 1,3       | 1,3        | 1,3        |
| OTdagi chiqish quvvati, mVt | >0,025    | >0,025    | >0,025     | >0,025     |
| Ishchi tok, mA              | <50       | <50       | <70        | <70        |
| OT turi                     | KT        | KT        | BT         | BT         |

4- jadval

| Parametr                       | UOM-21 | UOM-22 | UOM-23 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|
| To‘qin uzunligi, mkm           | 1,06   | 1,3    | 1,55   |
| Nurlanish spektri kengligi, nm | 0,01   | 0,01   | 0,01   |
| OTdagi chiqish quvvati, mVt    | <10    | <10    | <10    |
| Bo‘lag‘aviy tok, mA            | 30     | 30     | 30     |
| Ishchi tok, mA                 | 80     | 80     | 80     |
| Boshqarish fototoki, mA        | 40     | 40     | 40     |

### 3. Nazariy ma’lumotlar

Optik uzatish modullarining asosiy xarakteristikalarini 1...4-jadvallarda keltirilgan.

Optik uzatkichlar optik uzatish moduli (OUM) deyiladigan, ularning ishlash rejimlarini stabil qilish sxemalari va optik nurlanishni optik tizimga (OT) kiritish qurilmalarini o‘z ichiga oladigan optoelektronika yagona konstruktiv qurilmalari ko‘rinishida bajariladi.

OUMni tanlash uchun loyihalash bosqichlarida nurlanish manbaining asosiy parametrlariga quyidagi talablar berilishi yoki aniqlanishi kerak:

1. Optik nurlanishning ishchi to‘lqin uzunligi OTning uzatish parametrlariga va avvalo, minimal yo‘qotishlar va kam dispersiyalarga mos kelishi kerak.

2. AX nurlanish spektri kengligi yoki vaqt bo‘yicha kogerentlik OTning chastotaviy xarakteristikalarini, maksimal o‘tkazish polosasi kengligi yoki optik tola uzatuvchi tizim (OTUT) uzatish tezligi bilan maksimal moslashtirilishi kerak. Nurlanish spektrining kengligi LD uchun 1... 2 nmdan va YoND uchun 20... 25 nmdan ortiq emas.

3. Optik nurlanish o‘rtacha quvvatining absolyut sathi OTUT

uzatish sathiga mos kelishi kerak, ya'ni,  $R_{uz} > -10$  dBm bo'lishi kerak. NRZ turdagi chiziqli kodni tanlashda nurlanish quvvat 3 dBga kamayishi mumkin, RZ kodda esa 6 dBga kamayishi mumkin. Bu uzluksiz rejimga qaraganda kodlangan signal o'rtacha nurlanish quvvatining kamayishiga bog'liq. Boshqa turdagi kodlar uchun NRZ kodga qaraganda o'rtacha quvvatning kamayishi NRZ kod bilan ishlashga nisbatan signal polosasi kengligini ortishiga proporsional.

4. Fon nurlanishi quvvati, ya'ni optik nurlanishning o'rtacha quvvati OUM kirishida modulyatsiyalovchi signal bo'lmaganda minimal bo'lishi kerak.

5. Yorug'lik oqimining fokuslanganligi (fazoviy kogerentlik) maksimal bo'lishi va nurlanish OTga kiritishda minimum yo'qotishlarni ta'minlashi kerak.

6. Quvvat bo'yicha foydali ish koeffitsienti, ya'ni optik nurlanishi quvvatini OUM ta'minot manbaidan iste'mol qiladigan quvvatga nisbati odatda 10%dan kam bo'lmasligi kerak. Modulyatsiyalash turi, uzatish tezligi zarur chastotalar polosasini ta'minlash va optik nurlanish quvvatini (intensivligini) to'g'ridan-to'g'ri modulyatsiyalashning qo'llanishi imkoniyati.

7. To'lqin uzunligi va chiqish nurlanish quvvati harorat o'zgarganda ruxsat etiladigan qiymatlardan oshmasligi kerak.

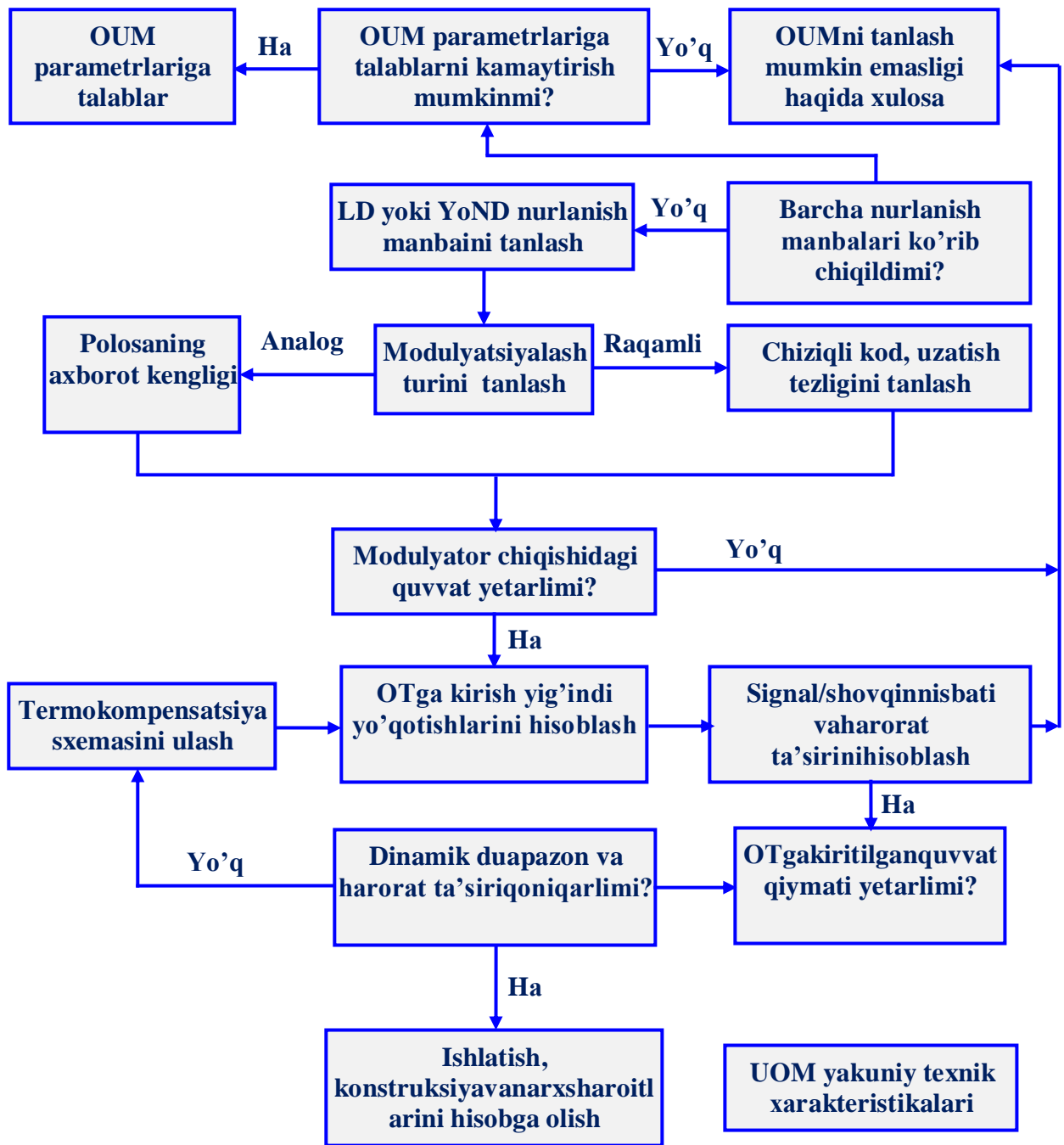
8. Ishonlilik, ya'ni xizmat ko'rsatish muddati  $10^5 \dots 10^6$  soatdan kam bo'lmasligi kerak.

Nurlanish manbaining impuls xarakteristikasi va tezkorligiga talablar uzatish usuli (analog, rqamli), modulyatsiyalash turi, keng polosalilik yoki OTUT uzatish tezligiga bog'liq.

9- rasmda OUMni hisoblash va tanlash ketma-ketligi algoritmi keltirilgan.

Optik nurlanish manbaini tanlashda ba'zan bir necha guruhli signallarni multiplekslash va ularni ikki tomonlama aloqani tashkil etish usuliga bog'liq bo'lgan bir yoki bir necha optik tashuvchilarda keyingi uzatish uchun bitta OTdan foydalanish imkoniyatini ko'rib chiqish talab qilinadi.

OUM turi, uning prametrlari, konstruksiyasining parametrlarini yakuniy tanlash optik qabul qilgichning parametrlarni optimallashtirish, "uzatkich-OT-qabul qilgich" tizimining optik parametrlariga erishish, nurlanish manbai va fotodetektorlar, shuningdek OTning optimal to'plami orqali aniqlanadi.



1- rasm. Optik uzatish modulini tanlash ketma-ketligi algoritmi



### III –QISM. LABORATORIYALAR ISHLARINING BAJARISH USHLARI VA ULARGA OID TOPSHIRIQLAR

#### 1-laboratoriya ishi. Garmonik signallar kuchaytirgichining asosiy ko‘rsatkichlarini va xarakteristikalarini tadqiq qilish

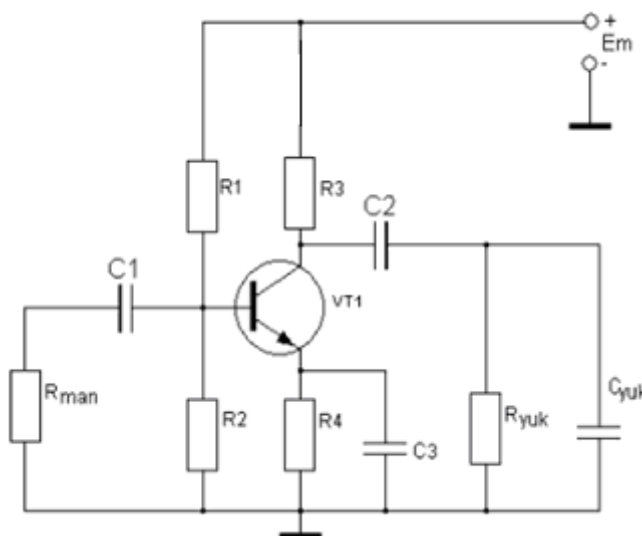
##### 1.Ishdan maqsad.

1.Garmonik signallar kuchaytirgichining ishlash prinsipi bilan tanishish.

2. Sxema elementlarining turli qiymatlarida kaskadning amplituda-chastotaviy xarakteristikalarini tadqiq qilish.

##### 2.Laboratoriya ishini bajarish tartibi.

1.Sichqonchani chap tugmasini “Issled-garmon-usil.exe” fayliga ikki marta bosish orqali dasturni ishga tushirish kerak bo‘ladi. Tadqiqotlarni bajarish uchun sxemaning ko‘rinishi 1- rasmda keltirilgan.



1.rasm. Tadqiqot bajariladigan kaskadning sxemasi

Bajariladigan modul uchta qismga bo‘lingan bo‘lib, uning birinchi qismida tadqiq qilinadigan kuchaytirgichning prinsipial sxemasi keltiriladi.

Ikkinchi qismda tadqiq qilinadigan kuchaytirgichning quyidagi o‘zgarmas parametrlari keltiriladi.

- $R_{man}$  –ta‘minot manbai qarshiligi;
- $R_1, R_2$  –baza zanjiridagi qarshiliklar qiymatlari;

- $R_4$  – emitter zanjiridagi qarshilik qiymati;
- $R_{tr}$  - tranzistorning kirish qarshiligi;

Dasturning uchinchi qismida talaba orqali kiritiladigan kuchaytirgichning quyidagi o‘zgaradigan parametrlari keltiriladi:

- $C_1, C_2$ - ajratuvchi kondensatorlar;
- $R_{yuk}$  -yuklama qarshiligi;
- $C_3$ - emitter zanjiridagi sig‘im;
- $R_3$  – kollektor zanjiridagi qarshilik;

Garmonik signallar kuchaytirgichining tadqiq qilinadigan amplituda- chastotaviy xarakteristikasi ikki past ( $f_{min1}, f_{max1}$ ) va yuqori ( $f_{min2}, f_{max2}$ ) kichik diapazonlarga bo‘lingan bo‘lib, ularning chegaralari Gerlarda kiritiladi.

2. O‘zgaradigan parametrlar qiymatlari o‘lchov birliklariga muvofiq bo‘sh maydonlarga kiritiladi. Qiymatlar butun, eksponensial va kasr shakllarda kiritilishi mumkin. O‘zgaradigan parametrlarning kasr ko‘rinishidagi qiymatlarini kiritishda ajratuvchi sifatida vergul «,» belgisidan foydalaniladi. Ajratuvchi sifatida nuqta «.» belgisidan foydalanish mumkin emas.

Qiymatlarni to‘g‘ri kiritishga quyidagicha misollar keltiriladi:

0,05; 5e3 (yani  $5 \cdot 10^3=5000$ );

5e-6 (yani  $5 \cdot 10^{-6}=0,000005$ );

3,6e-12 (ya’ni  $3,6 \cdot 10^{-12}$ ).

1-jadval

| Ele-<br>men-<br>tlar | Variantlar |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                      | 1          | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   |
| $R_1,$<br>kOm        | 47         | 39  | 30   | 27   | 24   | 22   | 6.2  | 4.2  | 8.0  | 11   | 10   | 3.3  | 9.1  | 3    |
| $R_2,$<br>kOm        | 24         | 3.3 | 1.8  | 1.3  | 1.6  | 1.5  | 1.0  | 2.0  | 1.5  | 7.5  | 2.2  | 0.75 | 1.1  | 2.7  |
| $R_3,$<br>kOm        | 3.9        | 2.0 | 1.6  | 1.8  | 1.2  | 1.0  | 1.3  | 1.1  | 2.2  | 2.4  | 1.5  | 2.7  | 1.7  | 1.1  |
| $R_4,$<br>kOm        | 2          | 0.3 | 0.33 | 0.43 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.18 | 0.51 | 0.36 | 0.39 | 0.43 | 0.39 | 0.16 |
| $R_{man},$<br>kOm    | 10         | 0.9 | 0.8  | 0.7  | 0.6  | 0.5  | 0.4  | 0.3  | 0.2  | 0.1  | 0.09 | 1.1  | 1.2  | 1.4  |
| $R_{yuk},$<br>kOm    | 2          | 120 | 110  | 130  | 120  | 140  | 100  | 150  | 140  | 110  | 160  | 120  | 100  | 120  |
| $C_1,$<br>mkF        | 10         | 51  | 68   | 75   | 150  | 30   | 62   | 82   | 56   | 39   | 27   | 120  | 36   | 10   |

|                |    |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |     |
|----------------|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|
| $C_2$ , mkF    | 50 | 100 | 75  | 47 | 51 | 33 | 10 | 11 | 24 | 36 | 39 | 82  | 43 | 4.7 |
| $C_{yuk}$ , pF | 10 | 8.0 | 9.0 | 7  | 6  | 5  | 12 | 4  | 11 | 16 | 20 | 15  | 13 | 14  |
| $C_3$          | 5  | 10  | 56  | 11 | 43 | 51 | 30 | 33 | 27 | 47 | 20 | 160 | 68 | 82  |

1.  $R_1$ , kOm ↑, ↓
2.  $R_2$ , kOm ↑, ↓
3.  $R_3$ , kOm ↑, ↓
4.  $R_4$ , kOm ↑, ↓
5.  $R_{man}$ , kOm ↑, ↓
6.  $R_{yuk}$ , kOm ↑, ↓
7.  $C_1$ , mkF ↑, ↓
8.  $C_2$ , mkF ↑, ↓
9.  $C_{yuk}$ , mkF ↑, ↓

**Garmonik signallar kuchaytirgichini tadqiq qilish**

1
2
3

Tadqiq qilinayotgan  
kichaytirgichning parametrlari

Rman= 30 kOm

R1= 27 kOm

R2= 4,7 kOm

R4= 150 Om

Rtr.kir= 10 kOm; Se=0,01 A/V

C1=  F

C2=  F

C3=  F

R3=  Om

Cyuk=  F

Ryuk=  Om

Past chastotalar diapazoni fmin1=  Gts fmax1=  Gts

Yuqori chastotalar diapazoni fmin2=  Gts fmax2=  Gts

**AChX hisoblash**

2-rasm. Modulni ishlatish turi

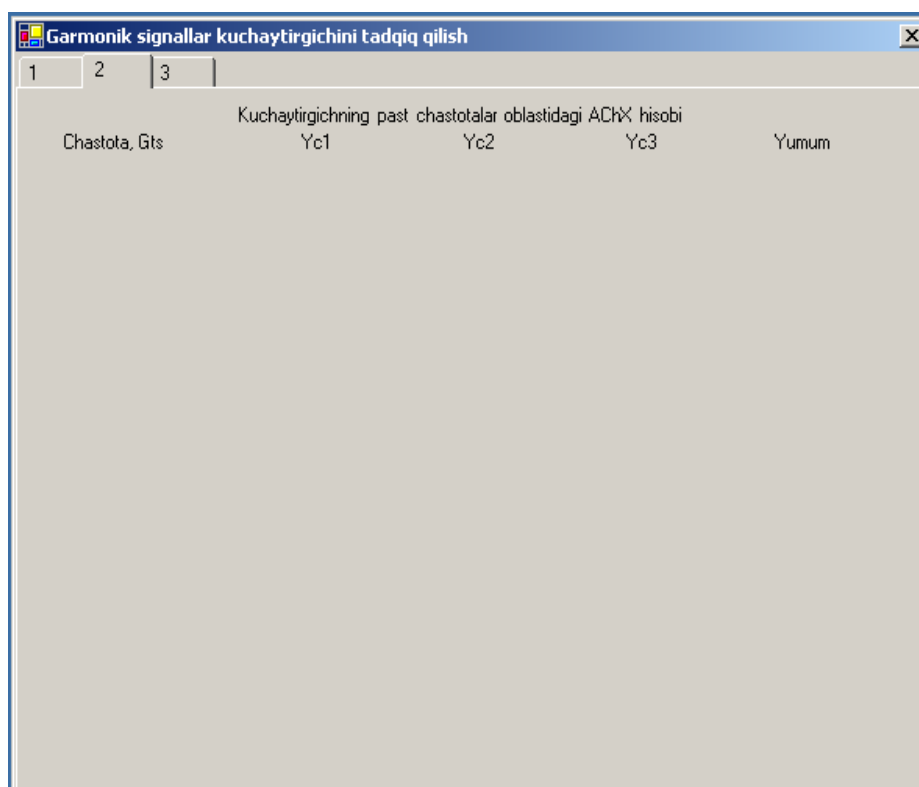
3. O'zgaradigan parametrlar kiritilganidan keyin «AChXni hisoblash» tugmasini bosish kerak bo'ladi.

Bu holda kiritiladigan qiymatlar uchun keng polosali kuchaytirgichning AChXsini hisoblash amalga oshiriladi.

4. Hisoblangan AChXni past chastotalar sohasidagi qiymatlarini ko'rish uchun dastur blokidagi «2» bloki tugmasini bosish kerak bo'ladi (3-rasm).

Dastur kuchaytirgich AChXsini berilgan past chastotali diapazonning o'nta qiymatlarida hisoblaydi. Birinchi kolonkada hisoblanayotgan chastota qiymati chiqariladi. Ikkinchi kolonkada esa,  $C_1$  kondensator orqali kiritiladigan chastotaviy buzilishlar qiymatlari ( $Y_{C1}$ -nisbiy birliklarda) chiqariladi. Uchinchi kolonkada ajratuvchi  $C_2$  kondensator orqali kiritiladigan chastotaviy buzilishlar qiymatlari ( $Y_{C2}$ -nisbiy birliklarda) chiqariladi. To'rtinchi kolonkada emitter zanjiridagi  $C_3$  kondensator orqali kiritiladigan chastotaviy buzilishlar qiymatlari ( $Y_{C3}$ -nisbiy birliklarda) chiqariladi. Beshinchi kolonkada kuchaytirgichning barcha kondensatorlari orqali kiritiladigan umumiy chastotaviy buzilishlar qiymatlari chiqariladi.

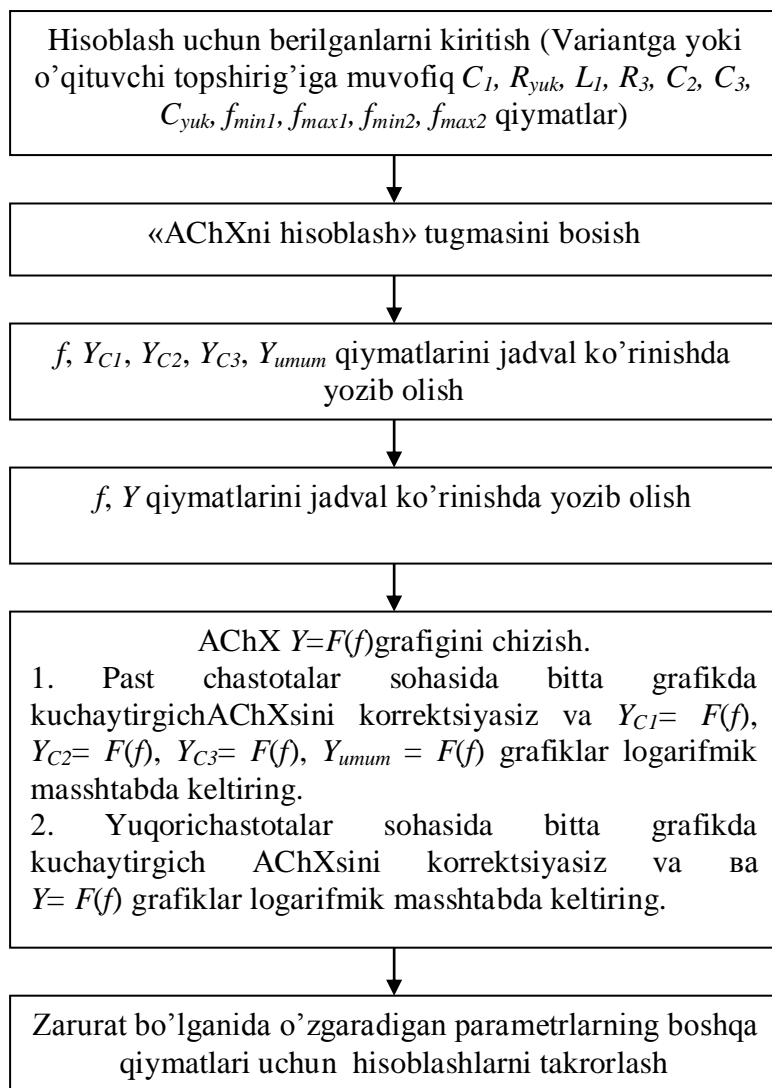
5. Dastur blokidagi «3» tugmani bosish orqali yuqori chastota sohasidagi AChXning hisoblangan qiymatlari chiqariladi (4-rasm).



| Kuchaytirgichning past chastotalar oblastidagi AChX hisobi |     |     |     |       |
|--|-----|-----|-----|-------|
| Chastota, Gts  | Yc1 | Yc2 | Yc3 | Yumum |
|  |     |     |     |       |

3-rasm. Past chastotalar sohasidagi AChX hisobi





5-rasm.Ishni bajarish algoritmi

2-jadval

AChXning past chastotalar oralig'idagi hisobi

| Chastota, Gts | $Y_{C1}$ | $Y_{C2}$ | $Y_{C3}$ | $Y_{umum}$ |
|---------------|----------|----------|----------|------------|
|               |          |          |          |            |
|               |          |          |          |            |
|               |          |          |          |            |

AChXning yuqori chastotalar oralig'idagi hisobi

| Chastota, Gts | $Y_{CI}$ |
|---------------|----------|
|               |          |
|               |          |
|               |          |

### 5.Nazorat savollari

1. Qanday to'rt qutblilikka kuchaytirgich deyiladi?
2. Kuchaytirgichning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koefitsienti qanday o'lchanadi?
3. Umumiy kuchaytirish koefitsienti deb nimaga aytiladi? Laboratoriya ishida u qanday aniqlanadi?
4. Qanday buzilishlar chiziqli buzilishlar deyiladi?
5. Laboratoriya ishida chiziqli buzilishlarning qaysi turi tadqiq qilindi?
6. Amplituda-chastota xarakteristika deb nimaga aytiladi?
7. Amplituda-chastota xarakteristika qanday o'lchanadi?

## 2-laboratoriya ishi. Impuls kuchaytirgichini tadqiq qilish

### 1.Ishdan maqsad.

- 1.Impuls signal kuchaytirgichini o'rganish.
2. Kaskad elementlarining kuchaytirgich o'tish xarakteristikasiga ta'sirini tadqiq qilish.

### 2. Qisqacha nazariy ma'lumotlar.

1-rasmda bipolyar tranzistordagi impuls kuchaytirgichning prinsipial sxemasi keltirilgan.

Kaskad prinsipial sxemasidagi elementlarning vazifalari:

$R_1, R_2$  – kuchlanish bo'lgichi bo'lib, VT1 tranzistor bazasiga siljitish kuchlanishi berilishini amalga oshiradi;

$R_e$  – o'zgarmas tok bo'yicha manfiy teskari aloqani (MTA) vujudga keltiradigan tranzistor osoyishtalik tokini emitterli stabillash qarshiligi;

$R_k$  – transistor kollektor ta'minoti zanjiridagi yuklama rezistori. Tranzistor kollektor zanjirini tashqi yuklama bilan aloqa elementi hisoblanadi;

$C_{aj1}, C_{aj2}$  – kaskadning kirish va chiqish zanjirlaridagi ajratuvchi kondensatorlari;

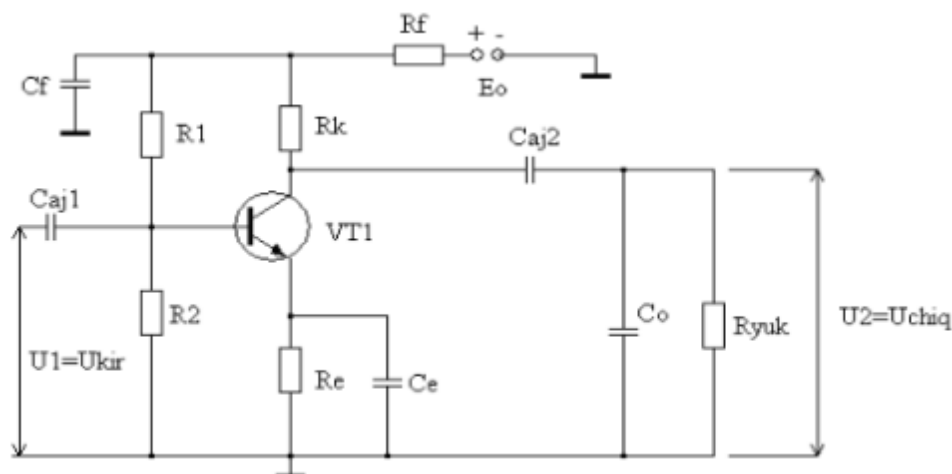
$C_e$  – yuqori sig'imli kondensator, o'zgaruvchan tok bo'yicha manfiy teskari aloqani tuzatadi. Agar  $C_e$  sifatida kichik sig'imli kondensatordan foydalanilsa, u holda kaskadda emitterli yuqori chastotali (YuCh) tuzatish vujudga keladi;

$C_0$  – mazkur kaskadni yuklaydigan keyingi kaskadning ekvivalent kirish sig'imi hisoblanadi;

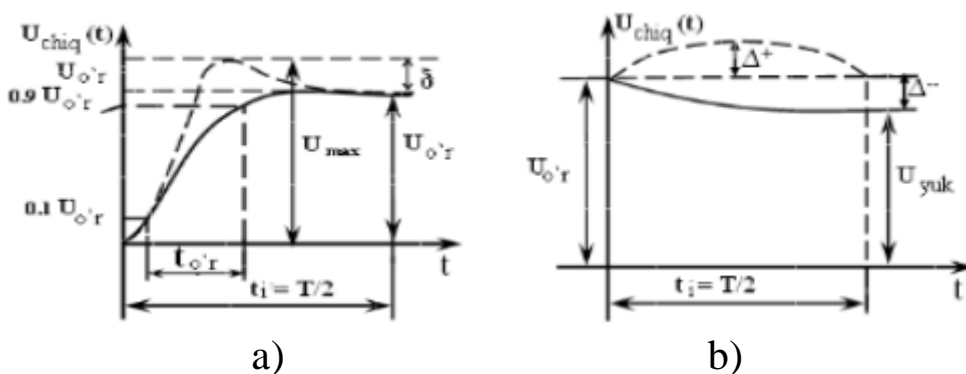
$R_f, C_f$  – ta'minot manbaini pulsatsiyasini silliqlash uchun filtr;

Impuls kuchaytirgichlarda o'tish buzilishlari deyiladigan chiziqli buzilishlarni baholash uchun o'tish xarakteristikasidan foydalaniladi. O'tish xarakteristikasi (O'X) kirish kuchlanishi yoki tok ko'chkisimon o'zgarganida chiqish signali kuchlanish yoki tokning oniy qiymatini  $t$  vaqt bog'liqligidan iborat (2-rasm).





1-rasm. Bipolyar tranzistordagi impuls kuchaytirgichning prinsipial sxemasi



2- rasm. O'tish xarakteristikasi: a)- kichik vaqtlar sohasi (KiVS) uchun (impuls frontlarining buzilishlari); b)- katta vaqtlar sohasi (KaVS) uchun (impuls balandligining buzilishlari)

2- rasmda:  $t_i$  – to'g'ri burchakli impulsning uzunligi;

$T$  – impulslarning takrorlanish davri;

$t_u$  – o'sish vaqti;

$\delta$  - impuls old frontining kamayishi;

$\Delta^-$ -impuls orqa frontning pasayishi;

$\Delta^+$ - impuls tekis qismining ko'tarilishi.

Impuls frontining buzilishi quyidagicha xarakterlanadi:

a) impuls frontining o'sish vaqti  $t_u$  bilan; bu vaqtda chiqish signali o'zining o'rnatilgan  $U_{o'r}$  qiymatidan 0,1 dan 0,9 gacha o'zgaradi, ya'ni  $t_u = t_{0,9} - t_{0,1}$ .

b) impuls frontining kamayishi  $\delta$  bilan,  $\Delta U(t)$  kamayish kuchlanishini (tokini)  $U_{o'r}$  o'rnatilgan rejimdagi kuchlanishga (tokka) nisbati orqali xarakterlanadi.

$$\delta\% = (U_{\max}(t) - U_{o'r}(t) / U_{o'r}(t)) \cdot 100.$$

Impuls balandligi buzilishining pasayish  $\Delta^- \%$  yoki ko'tarilish  $\Delta^+ \%$  orqali xarakterlanadi. Pasayish (ko'tarilish) son jihatdan chiqish kuchlanishi (toki) o'rnatilgan qiymati va chiqish kuchlanishi qiymati (kirishda  $t_i$  uzunlikdagi impulsning ta'siri chiqish kuchlanishiga (tokiga) tugatilish momentida) orasidagi farqlar nisbatiga teng.

$$|\Delta|\% = (U_{o'r}(t) - U_i(t) / U_{o'r}(t)) \cdot 100.$$

### 3. Dasturning tartibi

Dastur beshta oynadan iborat (1, 2, 3, 4, 5). Tadqiq qilinadigan kuchaytirgichning ko'rinishi 3-rasmda keltirilgan (1-oyna).

Ikkinchi oynada tadqiq qilinadigan kaskad prinsipial sxema elementlarining berilishi keltirilgan (4-rasm).

Uchinchi oynada impuls kuchaytirgich o'tish xarakteristikasining ko'rinishi: impulsning o'sish vaqti va impuls frontining buzilishi aniqligi keltirilgan (5-rasm).

$R_k$ , Om - kollektor zanjiridagi rezistor qarshiligi;

$R_{yu}$ , Om - yuklama qarshiligi;

$S_e$ , A/V - tranzistorning emitter zanjiridagi tokning tikligi;

$C_e$ , F - emitter zanjiridagi kondensator sig'imi;

$C_{aj1}$ , F - ajratuvchi kondensator sig'imi;

$C_{aj2}$ , F - ajratuvchi kondensator sig'imi;

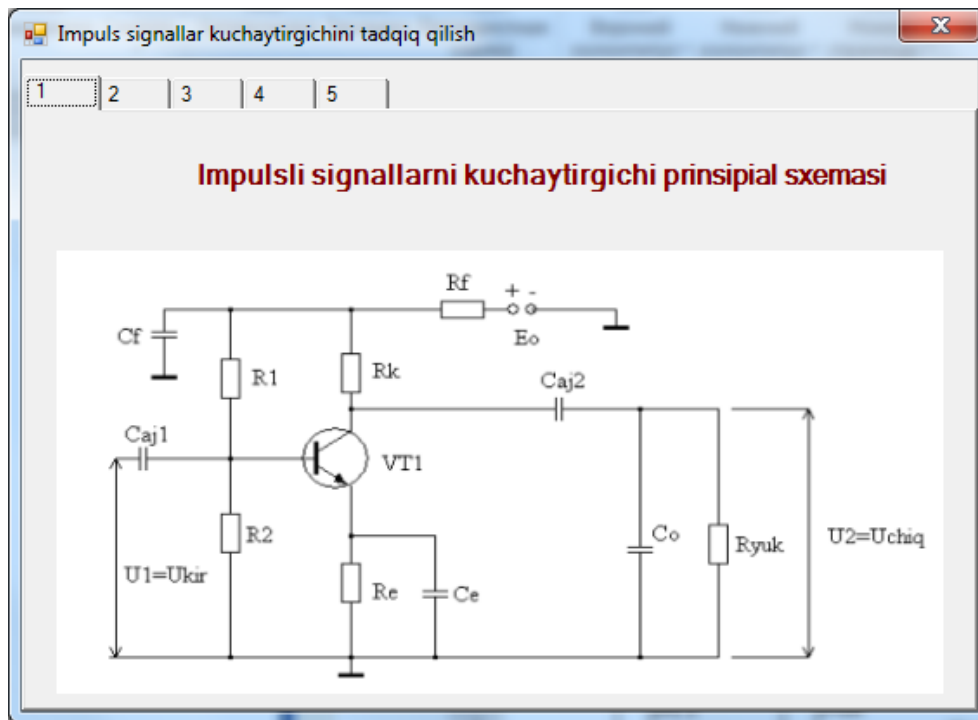
$t_i$ , sek - impuls davomiyligi.

$\Delta_\Sigma\%$  - impuls balandligining buzilishining yig'indisi.

$R_k$ , - Om kollektor zanjiridagi rezistor qarshiligi;

$R_{yuk}$ , - Om yuklama qarshiligi;

$C_{yuk}$ , F - yuklama sig'imi.



3- rasm. Tadqiq qilinadigan kaskadning sxemasi

Impuls signallar kuchaytirgichini tadqiq qilish

1 2 3 4 5

**Kaskad prinsipial sxemasidagi elementlardagi vazifalari**

R1,R2 - kuchlanich bo'lgichlari, VT1 tranzistor bazasiga ciljitish kuchlanishini berishni amalga oshiradi.

Re- o'zgarmas tok bo'yicha ketma-ket maydoniy teskari aloqani yaratadigan tranzistorning osoyishtalik tokini emitterli stabillovchi rezistori.

Rk - tranzistor kollektor ta'minoti zanjiridagi yuklama rezistori. Tranzistor kollektor zanjirini tashqi yuklama bilan aloqa elementi hisoblanadi.

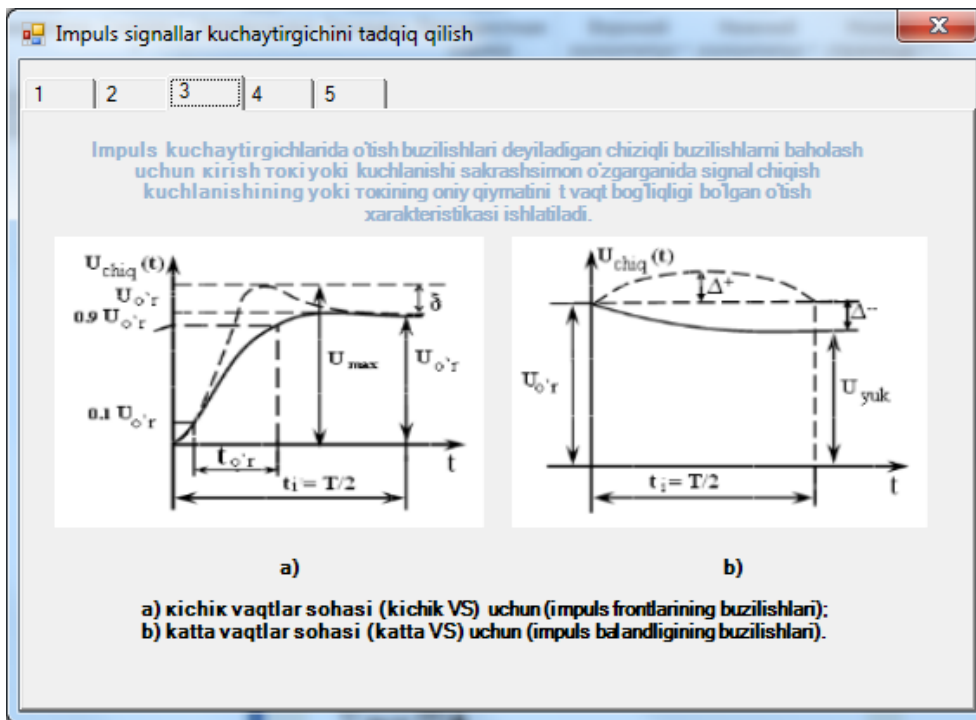
Caj1, Caj2 - kaskadning kirish va chiqish zanjirlaridagi ajratuvchi kondensatorlari.

Ce - yuqori sig'imli kondensator, o'zgaruvchan tok bo'yicha maydoniy teskari aloqani tuzatadi. Agar Ce sifatida kichik sig'imli kondensatorlardan foydalanilsa, u holda kaskadda emitterli yuqori chastotali (YuCh) tuzatish vujudga keladi.

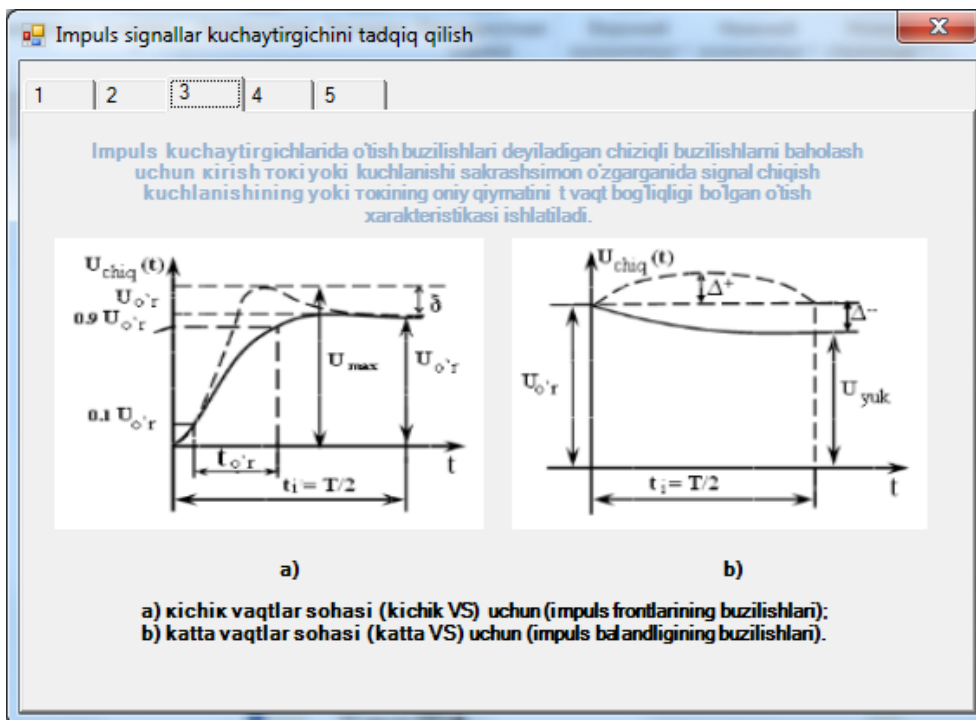
Co - mazkur kaskadni yuklaydigan keyingi kaskadning ekvivalent kirish sig'imi hisoblanadi.

Rf, Cf - Eo ta'minot manbaini pulsatsiyasini silliqlash uchun filtr, past chastotali tuzatish zanjiri.

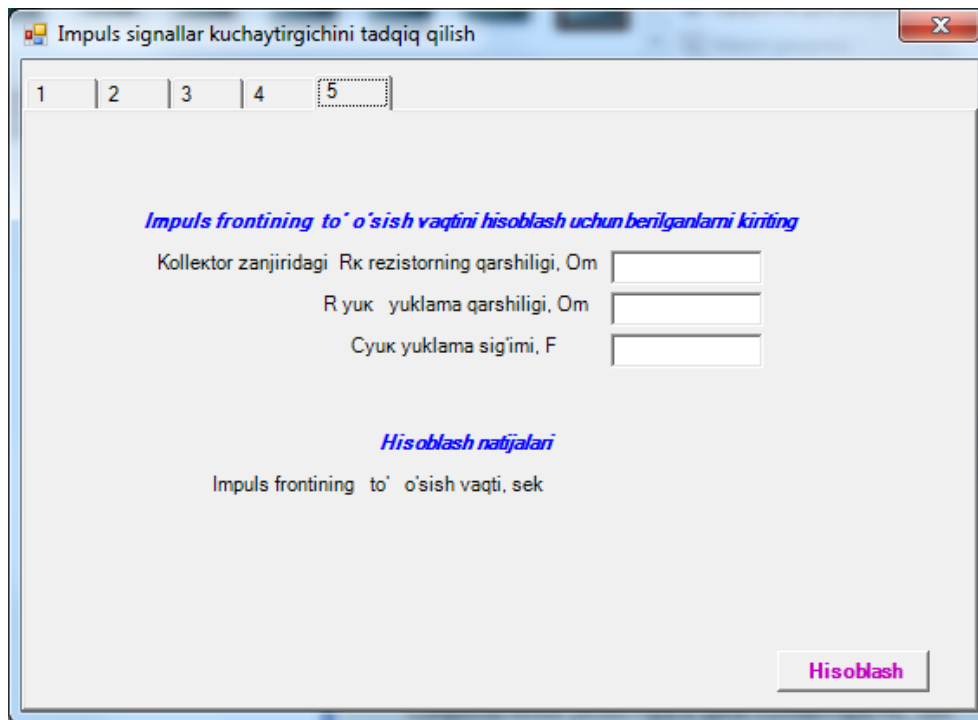
4- rasm. Tadqiq qilinadigan kaskad prinsipial sxema elementlarining berilishi keltirilgan



5-rasm. Impuls kuchaytirgich o'tish xarakteristikasining ko'rinishi: impulsning o'sish vaqti va impuls frontining buzilishi aniqligi



6-rasm. Tadqiq etilayotgan impulsning o'sish vaqti ni hisoblash



7-rasm. Tadqiq etilayotgan impuls frontining buzilishini hisoblash

#### 4. Ish bajarilishining ketma-ketligi

1. Dastur faylni ikki marta bosish bilan ishga tushiriladi.
2. O'zgartiriladigan parametrlarining qiymatlari ochiq «oynalarga» o'z o'lchov birliklarida kiritiladi. Qiymatlar butun, kasr sonlar va eksponensial ko'rinishlarda kiritilishi mumkin. O'zgartiriladigan parametrlarda butun va kasr qismlar bir-birlarida o'nlik vergul «,» orqali ajratiladi. Ajratuvchi sifatida nuqta «.» ishlatilishi mumkin emas.

Kiritiladigan qiymatlarning quyidagi misolari to'g'ri keltirilgan:

0,05;

5e3 (yoki  $5 \cdot 10^3 = 5000$ );

5e-6 (yoki  $5 \cdot 10^{-6} = 0,000005$ );

3,6e-12 (yoki  $3,6 \cdot 10^{-12}$ ).

3. O'zgartiriladigan parametrlar kiritilgandan keyin «Hisoblash» tugmasi bosilishi zarur.

Bu holda kiritilgan parametrlar uchun impuls signal kuchaytirgichining ko'rsatkichlarini hisoblash amalga oshiriladi.

1-jadvalda impuls balandligining buzilishi tadqiq etish bo'yicha variantlar keltirilgan.

1-jadval

|                           |       |      |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                           | 1     | 2    | 3     | 4     | 5     | 6    | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 12    | 14    | 15    |
| $R_k, \text{k}\Omega$     | 7,5   | 6,8  | 7,5   | 8,2   | 9,1   | 10   | 10    | 11    | 12    | 13    | 15    | 10    | 6,2   | 9,1   | 15    |
|                           | 8,2   |      |       |       |       |      | 7,5   |       |       |       |       |       | 11    |       |       |
|                           | 9,1   |      |       |       |       |      | 12    |       |       |       |       |       | 12    |       |       |
|                           | 10    |      |       |       |       |      | 13    |       |       |       |       |       | 12    |       |       |
| $R_{yul}, \text{k}\Omega$ | 10    | 8,2  | 8,2   | 9,1   | 11    | 13   | 14    | 5,6   | 12    | 14    | 7,5   | 9,1   | 10    | 6,2   | 11    |
|                           |       | 9,1  |       |       |       |      |       | 7,5   |       |       |       |       |       | 8,2   |       |
|                           |       | 13   |       |       |       |      |       | 8,2   |       |       |       |       |       | 11    |       |
|                           |       | 15   |       |       |       |      |       | 10    |       |       |       |       |       | 13    |       |
| $C_e, \text{mkF}$         | 10    | 20   | 5     | 5     | 10    | 20   | 50    | 100   | 20    | 20    | 50    | 10    | 5     | 10    | 50    |
|                           |       |      | 10    |       |       |      |       |       | 50    |       |       |       |       |       | 100   |
|                           |       |      | 20    |       |       |      |       |       | 100   |       |       |       |       |       | 220   |
|                           |       |      | 50    |       |       |      |       |       | 220   |       |       |       |       |       | 500   |
| $C_{r1}, \text{mkF}$      | 100   | 220  | 22    | 20    | 50    | 50   | 100   | 10    | 2,2   | 5     | 47    | 50    | 22    | 100   | 10    |
|                           |       |      |       | 50    |       |      |       |       |       | 10    |       |       |       |       |       |
|                           |       |      |       | 100   |       |      |       |       |       | 20    |       |       |       |       |       |
|                           |       |      |       | 220   |       |      |       |       |       | 50    |       |       |       |       |       |
| $C_{r2}, \text{mkF}$      | 22    | 10   | 50    | 5     | 10    | 10   | 22    | 50    | 100   | 20    | 10    | 50    | 22    | 47    | 10    |
|                           |       |      |       | 100   |       |      |       |       |       | 50    |       |       |       |       |       |
|                           |       |      |       | 220   |       |      |       |       |       | 100   |       |       |       |       |       |
|                           |       |      |       | 500   |       |      |       |       |       | 220   |       |       |       |       |       |
| $t_s, \text{mks}$         | 100   | 120  | 110   | 105   | 100   | 110  | 140   | 145   | 150   | 200   | 180   | 125   | 160   | 170   | 150   |
|                           |       |      |       |       |       | 120  |       |       |       |       |       | 135   |       |       |       |
|                           |       |      |       |       |       | 130  |       |       |       |       |       | 145   |       |       |       |
|                           |       |      |       |       |       | 140  |       |       |       |       |       | 155   |       |       |       |
| $S_e, \text{A/V}$         | 0,005 | 0,01 | 0,007 | 0,008 | 0,008 | 0,01 | 0,006 | 0,007 | 0,009 | 0,011 | 0,012 | 0,004 | 0,005 | 0,008 | 0,007 |

2-jadvalda impuls fronti o'sish vaqtining  $t_u$  tadqiq etish uchun variant bo'yicha topshiriqlar keltirilgan.

2-jadval

|                           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                           | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 12  | 14  | 15  |
| $R_k, \text{k}\Omega$     | 10  | 8,2 | 9,1 | 6,2 | 6,8 | 7,5 | 7,5 | 5,6 | 6,8 | 6,8 | 6,2 | 7,5 | 9,1 | 10  | 11  |
|                           | 11  |     |     | 6,8 |     |     | 9,1 |     |     | 10  |     |     |     |     |     |
|                           | 13  |     |     | 7,5 |     |     | 11  |     |     | 13  |     |     |     |     |     |
|                           | 16  |     |     | 8,2 |     |     | 16  |     |     | 16  |     |     |     |     |     |
| $R_{yul}, \text{k}\Omega$ | 9,1 | 6,2 | 11  | 8,2 | 8,2 | 7,5 | 6,8 | 9,1 | 6,2 | 10  | 5,6 | 11  | 8,2 | 10  | 7,5 |
|                           |     | 6,8 |     |     | 11  |     |     | 10  |     |     | 6,2 |     |     | 11  |     |
|                           |     | 7,5 |     |     | 13  |     |     | 15  |     |     | 7,5 |     |     | 13  |     |
|                           |     | 10  |     |     | 16  |     |     | 18  |     |     | 9,1 |     |     | 16  |     |
| $C_{yul}, \text{pF}$      | 100 | 120 | 80  | 80  | 75  | 120 | 90  | 100 | 150 | 90  | 110 | 50  | 130 | 140 | 150 |
|                           |     |     | 90  |     |     | 150 |     |     | 175 |     |     | 75  |     |     | 170 |
|                           |     |     | 100 |     |     | 180 |     |     | 225 |     |     | 100 |     |     | 190 |
|                           |     |     | 120 |     |     | 200 |     |     | 275 |     |     | 125 |     |     | 210 |

## **5. Hisobot tartibi**

1. Hisobotda quyidagilar keltirilishi kerak:

- tadqiq qilish maqsadi;
- impuls signal kuchaytirgichining tadqiq qilish sxemasi;
- variantga muvofiq ravishda berilganlar hisobi.

## **6. Nazorat savollari**

1. Kuchaytirgichning o'tish xarakteristikasi nima?

2. Nima uchun o'tish buzilishlari chiziqli buzilishlar sinfiga kiradi?

3. Kichik vaqtlar sohalaridagi o'tish xarakteristikasini chizing.

4. Katta vaqtlar sohalaridagi o'tish xarakteristikasini chizing.

5. Kichik va katta vaqtlar sohalaridagi o'tish xarakteristikasi buzilishlarni ayting.

6. Kichik va katta vaqtlar sohalaridagi buzilishlarga tavsif bering.

7. Kaskadning AChXsi va O'X o'rtasida qanday aloqa bor?

### 3-laboratoriya ishi. Bipolyar tranzistorda yig'ilgan yuqori chastotali induktiv tuzatishli keng polosali kuchaytirgichni tadqiq qilish

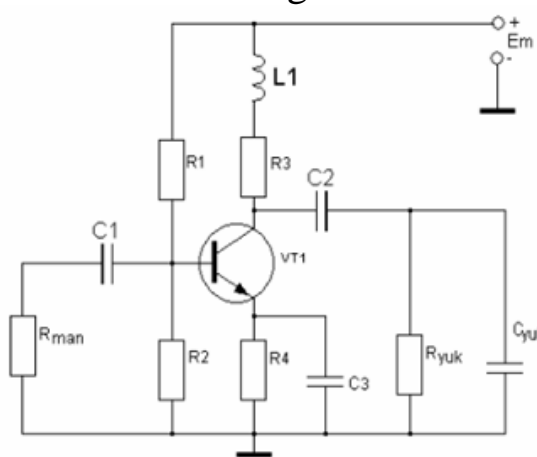
#### 1.Ishdan maqsad.

1.Bipolyar tranzistordagi induktiv yuqori chastotali tuzatishli (korreksiyali) keng polosali kuchaytirgichning ishlash prinsipi bilan tanishish.

2.Sxema elementlarining turli qiymatlarida kaskadning amplituda-chastotaviy xarakteristikalarini tadqiq qilish.

#### 2.Laboratoriya ishini bajarish tartibi.

1.Sichqonchani chap tugmasini faylga ikki marta bosish orqali dasturni ishga tushirish kerak bo'лади. Tadqiqotlarni bajarish uchun sxemaning ko'inishi 1- rasmda keltirilgan.



1- rasm. Tadqiqot bajariladigan kaskadning sxemasi

Bajariladigan modul uchta qismga bo'lingan bo'lib, uning birinchi qismida tadqiq qilinadigan kuchaytirgichning prinsipial sxemasi keltiriladi.

Ikkinchi qismda tadqiq qilinadigan kuchaytirgichning quyidagi o'zgarmas parametrlari keltiriladi.

- $R_{man}$  – ta'minot manbai qarshiligi;
- $R_1, R_2$  – baza zanjiridagi qarshiliklar qiymatlari;
- $R_4$  – emitter zanjiridagi qarshilik qiymati;
- $R_{tr}$  - tranzistorning kirish qarshiligi;

Dasturning uchinchi qismida talaba orqali kiritiladigan kuchaytirgichning quyidagi o'zgaradigan parametrlari keltiriladi:

- $C_1, C_2$ - ajratuvchi kondensatorlar;



- $R_{yuk}$  - yuklama qarshiligi;
- $C_3$ - emitter zanjiridagi sig‘im;
- $R_3$  – kollektor zanjiridagi qarshilik;
- $L_1$ - korreksiya induktivligi.

Keng polosali kuchaytirgichning tadqiqqilinadigan amplituda-chastotaviy xarakteristikasi ikki past ( $f_{min1}, f_{max1}$ ) va yuqori ( $f_{min2}, f_{max2}$ ) kichik diapazonlarga bo‘lingan bo‘lib, ularning chegaralari Gertslarda kiritiladi.

2. O‘zgaradigan parametrlar qiymatlari o‘lchov birliklariga muvofiq bo‘sh maydonlarga kiritiladi. Qiymatlar butun, eksponensial va kasr shakllarda kiritilishi mumkin. O‘zgaradigan parametrlarning kasr ko‘rinishidagi qiymatlarini kiritishda ajratuvchi sifatida vergul «,» belgisidan foydalaniladi. Ajratuvchi sifatida nuqta «.» belgisidan foydalanish mumkin emas.

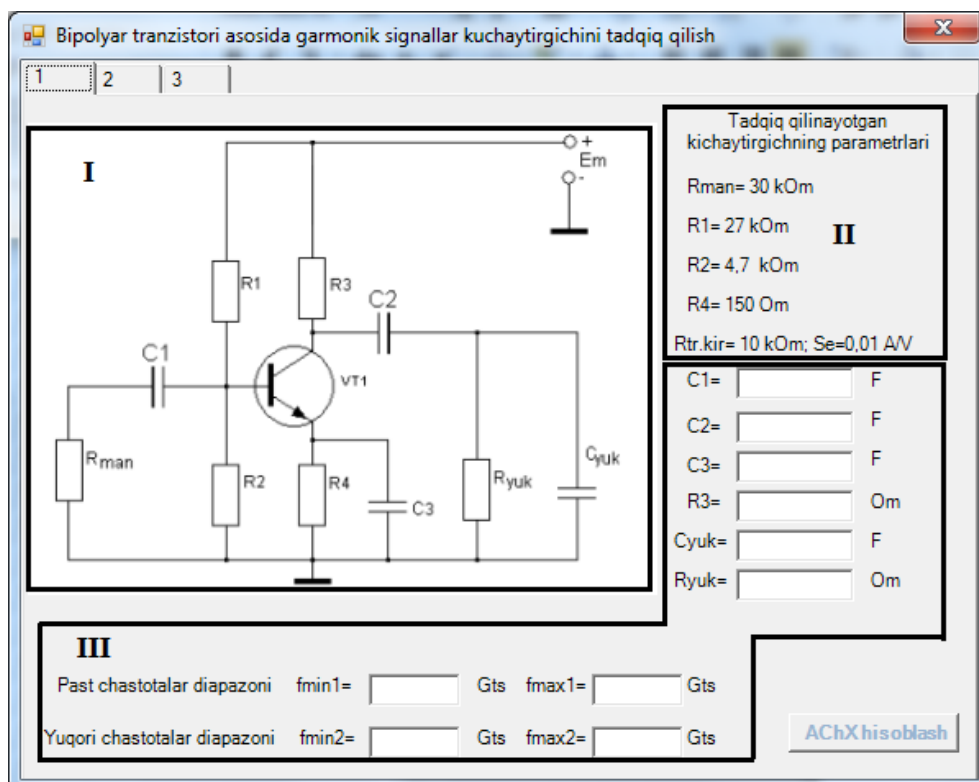
Qiymatlarni to‘g‘ri kiritishga quyidagicha misollar keltiriladi:  
 $0,05$ ;  $5e3$  (yani  $5 \cdot 10^3 = 5000$ );  $5e-6$  (yani  $5 \cdot 10^{-6} = 0,000005$ );  
 $3,6e-12$  (yani  $3,6 \cdot 10^{-12}$ ).

1-jadval

| Elementlar      | Variantlar |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                 | 1          | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   |
| $R_1$ , kOm     | 47         | 39  | 30   | 27   | 24   | 22   | 6.2  | 4.2  | 8.0  | 11   | 10   | 3.3  | 9.1  | 3    |
| $R_2$ , kOm     | 24         | 3.3 | 1.8  | 1.3  | 1.6  | 1.5  | 1.0  | 2.0  | 1.5  | 7.5  | 2.2  | 0.75 | 1.1  | 2.7  |
| $R_3$ , kOm     | 3.9        | 2.0 | 1.6  | 1.8  | 1.2  | 1.0  | 1.3  | 1.1  | 2.2  | 2.4  | 1.5  | 2.7  | 1.7  | 1.1  |
| $R_4$ , kOm     | 2          | 0.3 | 0.33 | 0.43 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.18 | 0.51 | 0.36 | 0.39 | 0.43 | 0.39 | 0.16 |
| $R_{man}$ , kOm | 10         | 0.9 | 0.8  | 0.7  | 0.6  | 0.5  | 0.4  | 0.3  | 0.2  | 0.1  | 0.09 | 1.1  | 1.2  | 1.4  |
| $R_{yuk}$ , kOm | 2          | 120 | 110  | 130  | 120  | 140  | 100  | 150  | 140  | 110  | 160  | 120  | 100  | 120  |
| $C_1$ , mkF     | 10         | 51  | 68   | 75   | 150  | 30   | 62   | 82   | 56   | 39   | 27   | 120  | 36   | 10   |
| $C_2$ , mkF     | 50         | 100 | 75   | 47   | 51   | 33   | 10   | 11   | 24   | 36   | 39   | 82   | 43   | 4.7  |
| $C_{yuk}$ , pF  | 10         | 8.0 | 9.0  | 7    | 6    | 5    | 12   | 4    | 11   | 16   | 20   | 15   | 13   | 14   |
| $L_1$ , mkGn    | 26         | 12  | 16   | 20   | 18   | 6    | 3    | 2    | 1    | 15   | 30   | 19   | 20   | 7    |
| $C_3$ , mkF     | 5          | 10  | 56   | 11   | 43   | 51   | 30   | 33   | 27   | 47   | 20   | 160  | 68   | 82   |

1.  $R_1$ , kOm ↑, ↓
2.  $R_2$ , kOm ↑, ↓

3.  $R_3$ , kOm  $\uparrow, \downarrow$
4.  $R_4$ , kOm  $\uparrow, \downarrow$
5.  $R_{man}$ , kOm  $\uparrow, \downarrow$
6.  $R_{yu}$ , kOm  $\uparrow, \downarrow$
7.  $C_1$ , mkF  $\uparrow, \downarrow$
8.  $C_2$ , mkF  $\uparrow, \downarrow$
9.  $C_{yu}$ , mkF  $\uparrow, \downarrow$
10.  $L_1$ , mkG  $\uparrow, \downarrow$



2-rasm. Modulni ishlatish turi

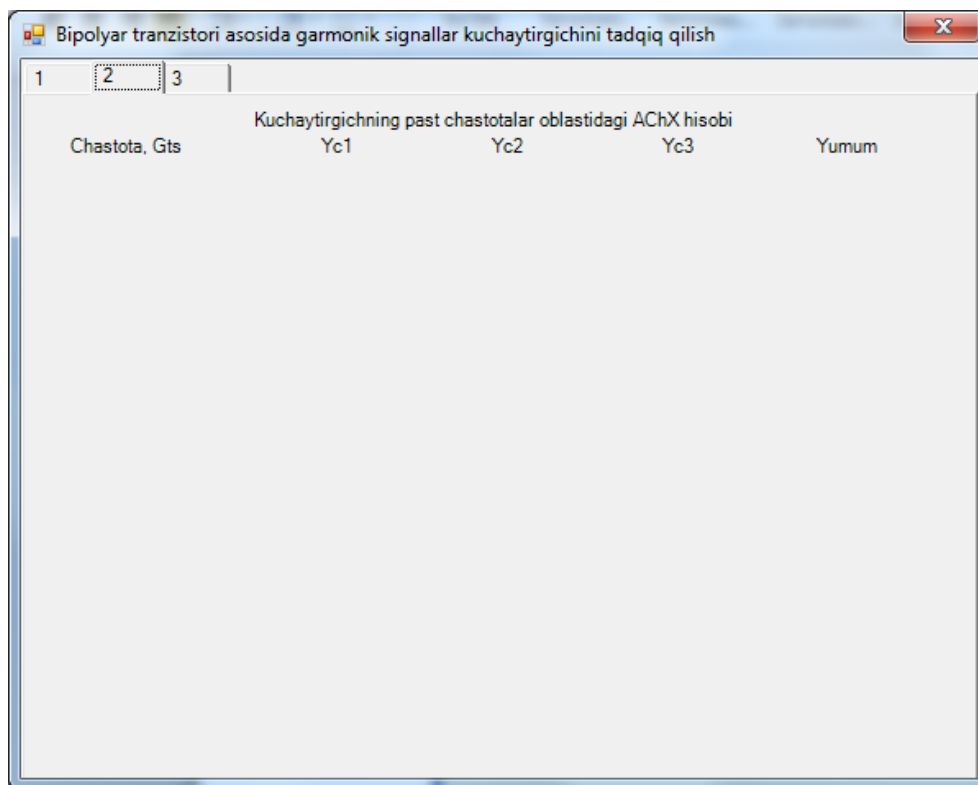
3. O‘zgaradigan parametrlar kiritilganidan keyin «AChX hisoblash» tugmasini bosish kerak bo‘ladi.

Bu holda kiritiladigan qiymatlar uchun keng polosali kuchaytirgichning AChXsini hisoblash amalga oshiriladi.

4. Hisoblangan AChXni past chastotalar sohasidagi qiymatlarini ko‘rish uchun dastur blokidagi «2» bloki tugmasini bosish kerak bo‘ladi (3-rasm).

Dastur kuchaytirgich AChXsini berilgan past chastotali diapazonning o‘nta qiymatlarida hisoblaydi. Birinchi kolonkada hisoblanayotgan chastota qiymati chiqariladi. Ikkinchi kolonkada esa,

$C_1$  kondensator orqali kiritiladigan chastotaviy buzilishlar qiymatlari ( $Y_{C1}$ -nisbiy birliklarda) chiqariladi.



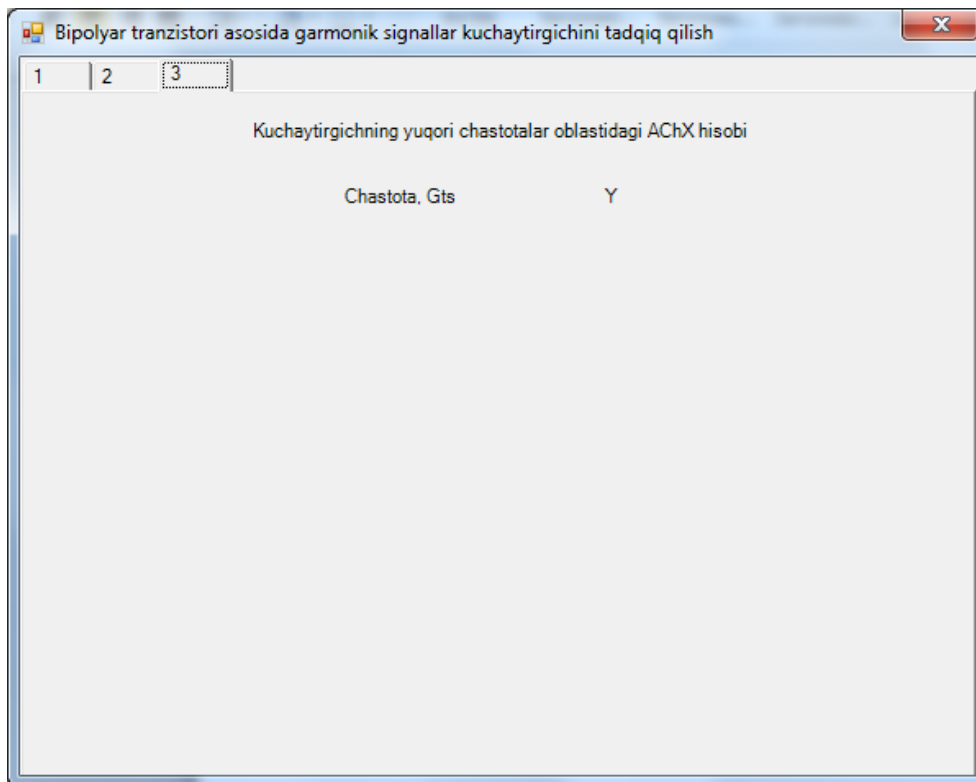
3-rasm. Past chastotalar sohasidagi AChX hisobi

Uchinchi kolonkada ajratuvchi  $C_2$  kondensator orqali kiritiladigan chastotaviy buzilishlar qiymatlari ( $Y_{C2}$ -nisbiy birliklarda) chiqariladi. To'rtinchi kolonkada emitter zanjiridagi  $C_3$  kondensator orqali kiritiladigan chastotaviy buzilishlar qiymatlari ( $Y_{C3}$ -nisbiy birliklarda) chiqariladi. Beshinchi kolonkada kuchaytirgichning barcha kondensatorlari orqali kiritiladigan umumiy chastotaviy buzilishlar qiymatlari chiqariladi.

5. Dastur blokidagi «3» tugmani bosish orqali yuqori chastota sohasidagi AChXning hisoblangan qiymatlari chiqariladi (4-rasm).

Birinchi kolonkada hisoblanayotgan chastota qiymati chiqariladi. Ikkinchi kolonkada esa, yuqori chastotalar sohasidagi chastotaviy buzilishlar qiymatlari ( $Y$ -nisbiy birliklarda) chiqariladi.

6. Kuchaytirgichni induktiv yuqori chastota tuzatishsiz (korreksiyasiz) tadqiq qilish uchun qiymatlar maydonida  $L_1=0$  qiymatni kiritish zarur bo'ladi.



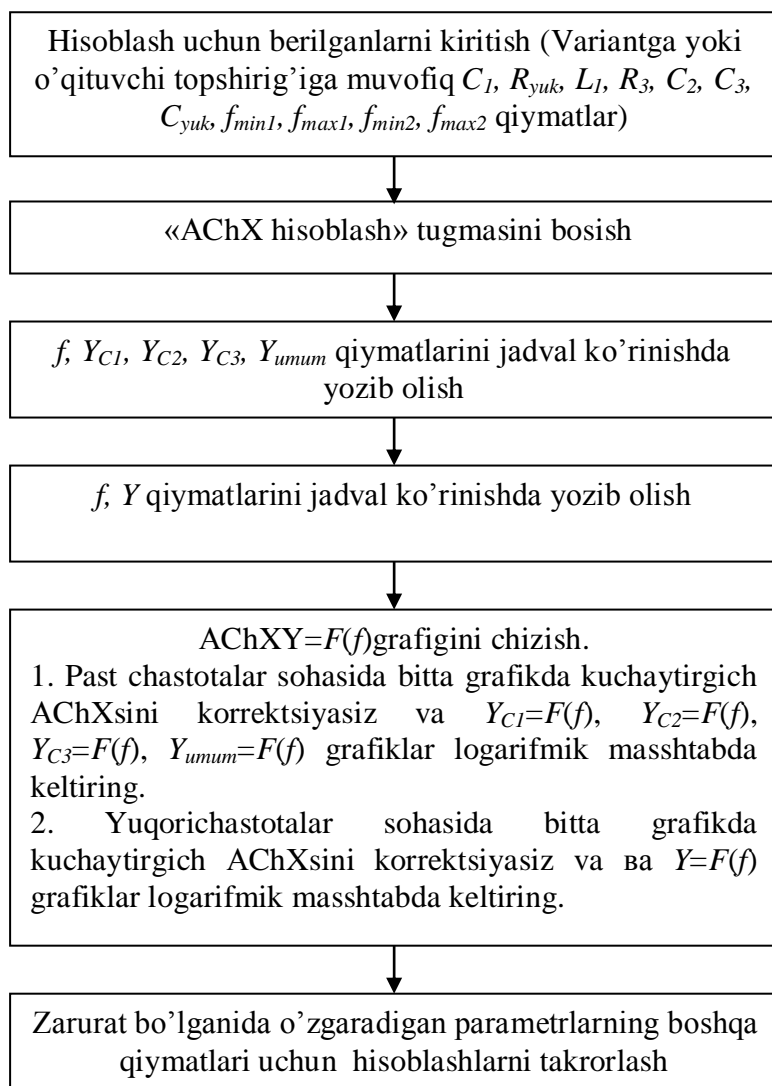
4-rasm. Yuqori chastotalar sohasidagi AChX hisobi

### 3. Ishni bajarish algoritmi

5- rasmda ishni bajarish algoritmi keltirilgan. Barcha talabalar kuchaytirgich AChXsini hisoblashning variantida berilganlarga yoki o'qituvchi topshirig'iga muvofiq yuqori chastota tuzatishsiz (korreksiyasiz, ya'ni  $L_I=0$  bo'lganda) bajaradi. Keyin hisoblash topshiriqqa muvofiq davom ettiriladi.

### 4. Hisobot tarkibi

1. Hisobotda quyidagilar keltirilishi kerak:
  - tadqiq qilish maqsadi
  - Kaskadning YuCh induktiv tuzatishli va tuzatishsiz tadqiq qilish sxemasi
  - variantga muvofiq ravishda berilganlar hisobi
2. Hisoblanganlar 2- va 3- jadvallarda keltirilishi kerak.
3. 5-rasmdagi algoritmga muvofiq AChX grafiklari keltirilgan, mos ravishdagi xulosalar qilingan.
4. Hisobot har talaba tomonidan alohida tayyorlanadi.



5- rasm. Ishni bajarish algoritmi

2-jadval

AChXning past chastotalar oralig'idagi hisobi

| Chastota, Gs | $Y_{C1}$ | $Y_{C2}$ | $Y_{C3}$ | $Y_{Cumum}$ |
|--------------|----------|----------|----------|-------------|
|              |          |          |          |             |
|              |          |          |          |             |
|              |          |          |          |             |

AChXning yuqori chastotalar oralig' idagi hisobi

| Chastota, Gts | $Y_{CI}$ |
|---------------|----------|
|               |          |
|               |          |
|               |          |

### 5. Nazorat savollari

1. Sxema elementlarining vazifalarini tushuntiring.
2. Kaskad prinsipial sxemasida tranzistor chiqish tokini, o'zgaruvchan va o'zgarmas tashkil etuvchilarning oqib o'tish yo'llarini ko'rsating.
3. Kuchaytirgich ACHXsiga tavsif bering. ACHXni o'lchash usulini tushuntiring.
4. Kaskad sxemasining qaysi elementlari nominal kuchaytirish koeffitsientining qiymatini aniqlaydi?
5. Kaskad sxemasi elementlaring ACHX da chastotaviy buzilishlarga ta'sirini tushuntiring.
6. Kuchaytirgich ACHXsi va O'Xsi orasida qanday aloqa (bog'liq) mavjud?
7. Tajribada olingan ma'lumotlarni tushuntiring.

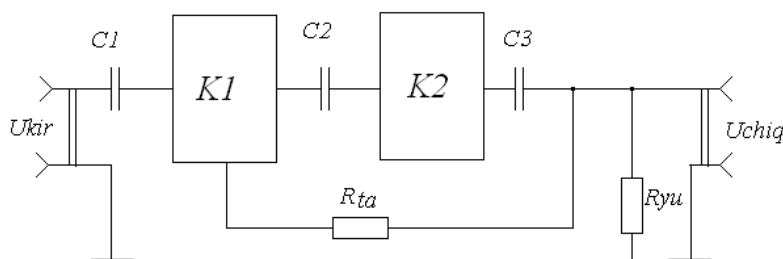
## 4-laboratoriya ishi. Teskari aloqali quvvat kuchaytirgichi

### 1.Ishdan maqsad

1. Manfiy teskari aloqali quvvat kuchaytirgichini o‘rganish.
2. Kuchaytirgich ko‘rsatkichlariga teskari aloqa chuqurligining ta‘sirini tadqiq qilish.

### 2. Ishning bajarilish ketma-ketligi

Dastur faylini ikki marta bosish bilan ishga tushiriladi. Tadqiq qilinadigan kuchaytirgichning ko‘rinishi 1-rasmda keltirilgan.



1- rasm. Tadqiq qilinadigan kuchaytirgichning sxemasi

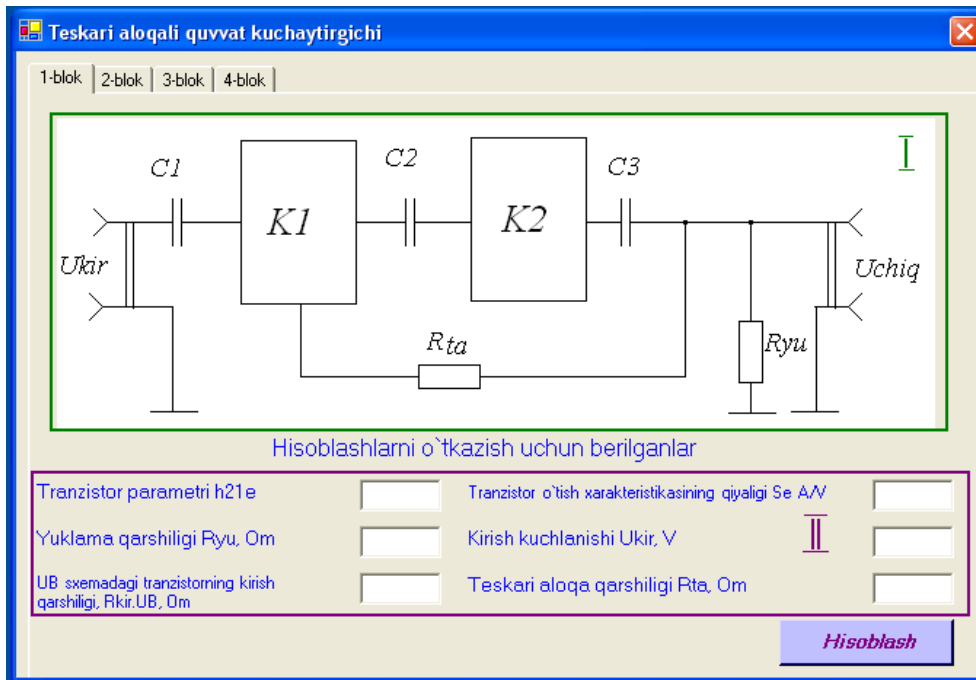
Kuchaytirgich kuchlanish bo‘yicha ketma-ket bo‘lgan umumiy teskari aloqa bilan o‘ralgan.

Bajariladigan modul ikki qismga ajratilgan (2-rasm).

Birinchi qismida tadqiq qilinadigan kuchaytirgichning sxemasi keltirilgan. Quyida modulning ikkinchi qismda o‘zgartiriladigan parametrlarining qiymatlari keltirilgan:

- $h_{21e}$  - tranzistor parametri;
- $R_{yu}$  - yuklama qarshiligi, Om;
- $R_{kirUB}$  – UB sxemada tranzistorning kirish qarshiligi, Om;
- $S_e$  – o‘tish xarakteristikasining tikligi, A/V;
- $U_{kir}$  – kirish kuchlanishi, V;
- $R_{TA}$  - teskari aloqa qarshiligi, Om.

Tadqiq qilinadigan chastotlar qiymatlari gerslarda kiritiladi.



2- rasm. Bajariladigan modulning ko‘rinishi

2. O‘zgartiriladigan parametrlarining qiymatlari ochiq «oynalarga» o‘z o‘lchov birliklarida kiritiladi. Qiymatlar butun, kasr sonlar va eksponensial ko‘rinishlarda kiritilishi mumkin. O‘zgartiriladigan parametrlarda butun va kasr qismlar bir-birlarida o‘nlik vergul «,» orqali ajratiladi. Ajratuvchi sifatida nuqta «.» ishlatilishi mumkin emas.

Kiritiladigan qiymatlarning quyidagi misolari to‘g‘ri keltirilgan:

- 0,05;
- 5e3 (yoki  $5 \cdot 10^3 = 5000$ );
- 5e-6 (yoki  $5 \cdot 10^{-6} = 0,000005$ );
- 3,6e-12 (yoki  $3,6 \cdot 10^{-12}$ ).

1-jadval

| Elementlar          | Variantlar |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                     | 1          | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   |      |
| $h_{21e}$           | 40         | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  |      |
| $R_{yu}, k\Omega$   | 5          | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |      |
| $R_{kirUB}, \Omega$ | 10         | 20   | 30   | 40   | 50   | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 30   | 40   | 50   | 20   |      |
| $S_e, A/V$          | 0,01       | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |      |
| $U_{kir}, V$        | 0,5        | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1    | 0,8  | 0,9  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1    |      |
| $R_{TA}, k\Omega$   | $R_{TA1}$  | 0,68 | 0,75 | 0,82 | 0,91 | 1    | 1,2  | 1,5  | 1,3  | 0,91 | 1    | 1,2  | 0,68 | 0,75 | 0,82 |
|                     | $R_{TA2}$  | 2,7  | 3,3  | 3,9  | 3    | 3,6  | 2,7  | 3,3  | 3,9  | 3    | 3,6  | 2,7  | 3,3  | 3,9  | 3    |
|                     | $R_{TA3}$  | 6,8  | 7,5  | 8,2  | 6,8  | 7,5  | 8,2  | 6,8  | 7,5  | 8,2  | 6,8  | 7,5  | 8,2  | 6,8  | 7,5  |



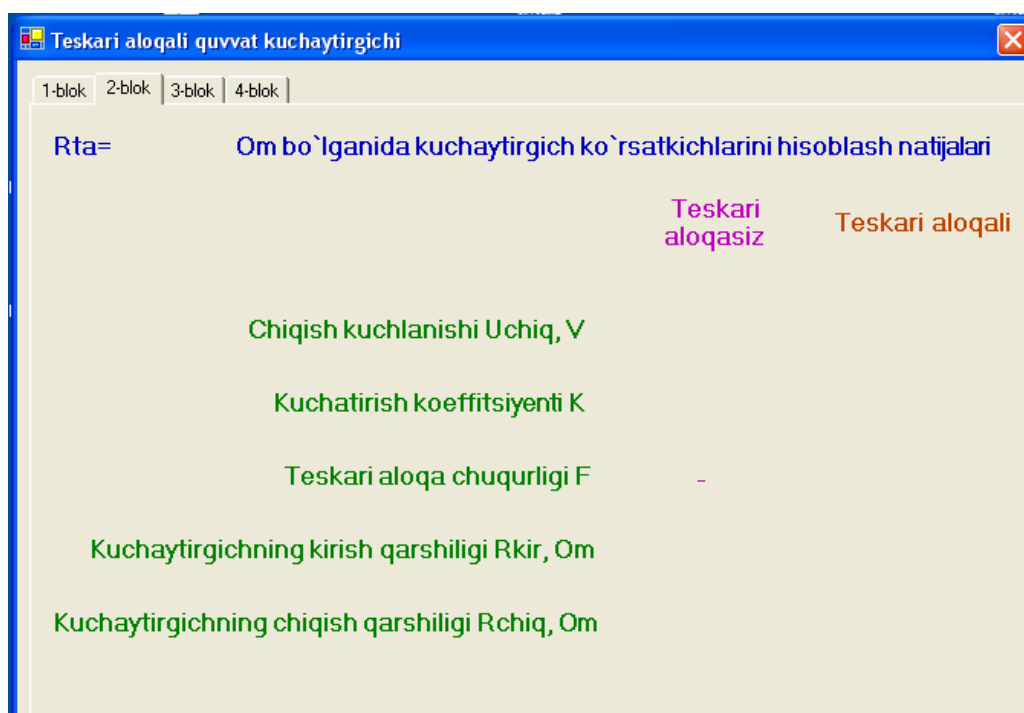
3. O'zgartiriladigan parametrlar kiritilgandan keyin «Hisoblash» tugmasi bosilishi zarur.

Bu holda teskari aloqa ulanmaganida kiritilgan parametrlar uchun quvvat kuchaytirgichining quyidagi ko'rsatkichlarini hisoblash amalga oshiriladi:

- 1) Chiqish kuchlanishi  $U_{chiq}$ , V;
- 2) Kuchaytirish koeffitsienti  $K$ ;
- 3) Teskari aloqa chuqurligi  $F$ ;
- 4) Kuchaytirgichining kirish qarshiligi  $R_{kir}$ , Om;
- 5) Kuchaytirgichining chiqish qarshiligi  $R_{chiq}$ , Om.

4. Ko'rsatkichlarning hisoblangan qiymatlarini ko'rish uchun dasturiy modulning yuqori qismidagi «2-blok» tugmasini bosish kerak (3-rasm).

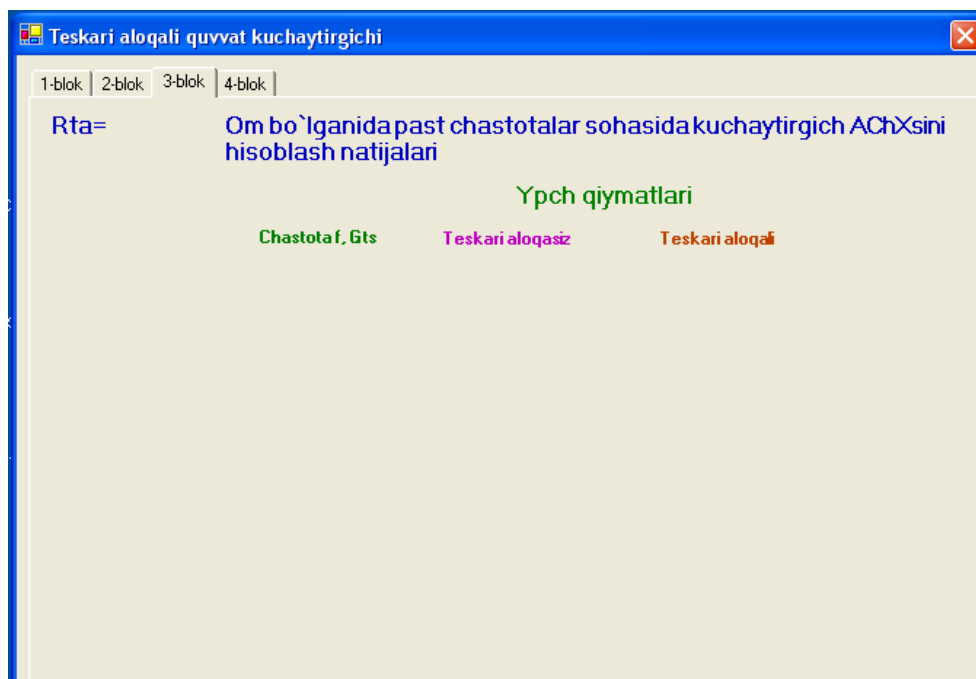
5. «3-blok» (4-rasm) va «4-blok» (5-rasm) tugmalari bosilganda mos ravishda yuqori va pastki chastotalar sohalarida kuchaytirgichining AChXsini hisoblash amalga oshiriladi.



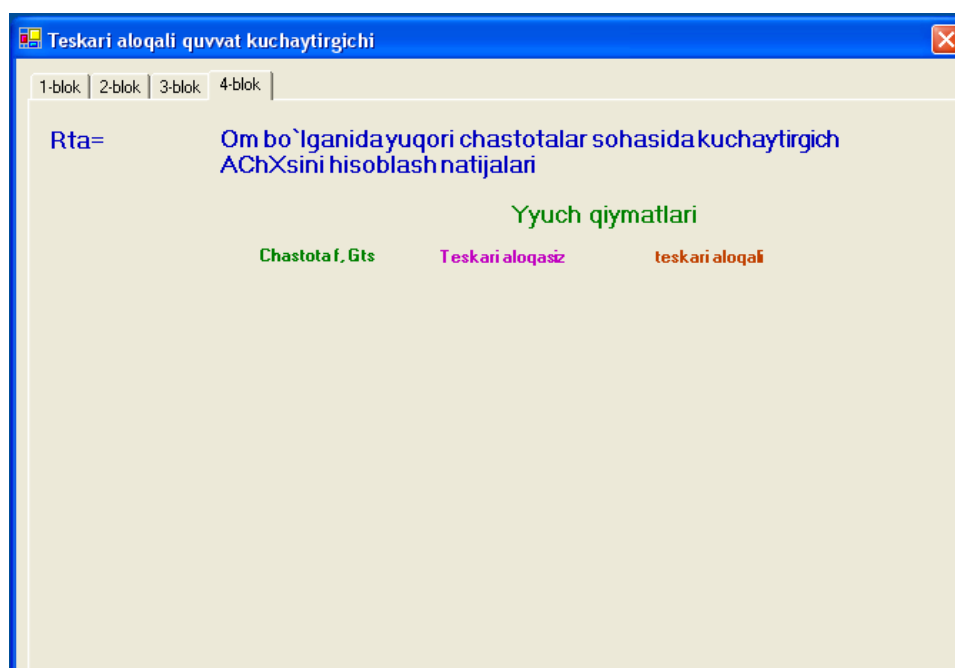
3-rasm. Quvvat kuchaytirgichining ko'rsatkichlarni hisoblash

Dastur o'nta nuqtalarda yuqori va pastki chastotalar sohalarida (pastki chastotalar sohasida chastotaviy buzilishlar) kuchaytirgichining AChXsini hisoblaydi. Birinchi kolonkada

hisoblashlar amalga oshiriladigan chastotlar qiymatlari, ikkinchi kolonkada – teskari aloqa uzilganda kuchaytirgichining chastotaviy buzilishlari, uchinchi kolonkada esa teskari aloqa ulanganida kuchaytirgichining chastotaviy buzilishlari kiritiladi. Kuchaytirgichining chastotaviy buzilishlari nisbiy birliklarda berilgan.



4-rasm. Past chastotalar sohasida AchXni hisoblash



5-rasm. Yuqori chastotalar sohasida AchXni hisoblash

### 3. Hisobot tarkibi

1. Hisobotda quyidagilar keltirilishi kerak:
  - tadqiq qilish maqsadi;
  - manfiy teskari aloqali quvvat kuchaytirgichining tadqiq qilish sxemasi;
  - variantga muvofiq ravishda berilganlar hisobi.
2. Hisoblanganlarni 2-, 3- va 4- jadvallarda keltirilishi kerak.
3.  $U_{chiq}(R_{TA})$ ,  $K(R_{TA})$ ,  $F(R_{TA})$ ,  $R_{kir}(R_{TA})$ ,  $R_{chiq}(R_{TA})$  bog‘liqlikda grafik chiziladi.
4. TA bo‘lganda va bo‘lmaganda past chastotlar sohasida AChX grafiklarini chizing.
5. TA bo‘lganda va bo‘lmaganda yuqori chastotlar sohasida AChX grafiklarini chizing.
6. Hisobot har bir talaba tomonidan alohida tayyorlanadi.

2-jadval

Kuchaytirgich ko‘rsatkichlarini hisoblash

| Ko‘rsatkichlar   | Teskari aloqa bilan |           |           |           |
|--|---------------------|-----------|-----------|-----------|
|  | Teskari aloqasiz    | $R_{TA1}$ | $R_{TA2}$ | $R_{TA3}$ |
| Chiqish kuchlanishi<br>$U_{chiq}, V$                           |                     |           |           |           |
| Kuchaytirish koeffitsienti $K$                                 |                     |           |           |           |
| Teskari aloqa chuqurligi $F$                                   |                     |           |           |           |
| Kuchaytirgichining kirish qarshiligi<br>$R_{kir}, \text{Om}$   |                     |           |           |           |
| Kuchaytirgichining chiqish qarshiligi<br>$R_{chiq}, \text{Om}$ |                     |           |           |           |

AChXning past chastotalar oralig'idagi hisobi

| Chastota, Gts | $Y_{PCh}$ |       |
|---------------|-----------|-------|
|               | TA bilan  | TAsiz |
|               |           |       |
|               |           |       |
|               |           |       |

AChXning yuqori chastotalar oralig'idagi hisobi

| Chastota, Gts | $Y_{YuCh}$ |       |
|---------------|------------|-------|
|               | TA bilan   | TAsiz |
|               |            |       |
|               |            |       |
|               |            |       |

#### 4. Nazorat savollari

- 1.TA zanjirli kuchaytirgichning prinsipial sxemasi tajriba vazifalarini tushuntiring.
- 2.MTA turlarini ayting va ularning tuzilish sxemalarini chizing.
- 3.MTA li kuchaytirgichning afzalliklarini sanab o'ring.
- 4.Kuchaytirgich kaskadidagi galvanik MTA ga ta'rif bering.
- 5.MTA zanjirini ko'rsating va uning chuqurligi TA zanjiridagi yuklama qarshiligiga bog'liqligini ko'rsating.
- 6.TA ning AChX va AX ta'sirini tushuntiring.
7. Bir nechta kaskaddan iborat chuqur TA da qanday qiyinchiliklar tug'iladi?

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1.«O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha harakatlar strategiyasi to‘g‘risida» O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi PF-4947-sonli Farmoni. <http://lex.uz/docs/3107036>.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yilning 19 fevralidagi “Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalar sohasini keyingi rivojlantirish choralari to‘g‘risida” 5349-PQ Qarori. <http://lex.uz/docs/3107036>.

3.Mirziyoyev Sh.M. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta’minlash – yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi. Toshkent. «O‘zbekiston», NMIU, 2017. – 48 b.

4.Mirziyoyev Sh.M. Erkin va farovon, demokratik O‘zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz. Toshkent. «O‘zbekiston», NMIU, 2016. – 56 b.

4.Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Учебник для ВУЗов. Аналоговая и цифровая электроника. М., Радиосвязь, 2001 г.

5.Павлов В.Н., Ногин В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств. Учебное пособие для Радиосвязи. М..Радиосвязь 2002 г.

6.Новаченко И.В., Телец В.А., Краснодубец Ю.А. Интегральные схемы для бытовой радиоаппаратуры. М.: Радио и связь, 2002г.

7.Радиоприемные устройства. Учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Радиосвязь, радиовещание и телевидение" / Под ред. проф. Н. Н. Фомина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 2007.

8.Радиоприемные устройства. Учеб. пособие / А. Г. Онищук, И. И. Забенков, А. М. Амелин. - Минск: ООО "Новое знание", 2006. - 240 с. : ил.

9.Радиопередающие устройства: Учебник для сред. проф. образования / Каганов В.И. – М.: ИРПО: Издательский центр «Академия», 2002. – 282 с.

10.Радиосистемы передачи информации. Учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Радиоэлектронные системы" / В. А. Васин, В. В. Калмыков, Ю. Н. Себекин и др. - М. : Горячая линия -Телеком, 2005. - 472 с.

11. A.Abduazizov, D.Davronbekov. Radiouzatish va qabul qilish qurilmalari. O‘quv qo‘llanma. – T.: “Fan va texnologiya”, 2011, 272 bet.

12. R.R.Ibraimov, D.A.Davronbekov, M.O.Sultonova, E.B.Tashmanov, U.T.Aliyev. Simsiz aloqa tizimlari va dasturlari (1-qism). Darslik. –T.: “Aloqachi”, 2018, 216 bet.

13. D.A.Davronbekov, Sh.U.Pulatov, M.O.Sultonova, U.T.Aliyev, E.B.Tashmanov. Simsiz keng polosali texnologiyalar. Darslik. –T.: “Aloqachi”, 2018, 304 bet.

14. D.A.Davronbekov, U.T.Aliyev. Teleradioeshittirishda uzatish va qabul qilish qurilmalari. Darslik. –T.: “Aloqachi”, 2019, 256 bet.

## MUNDARIJA

|   |    |
|---|----|
| <b>KIRISH</b> .....   | 3  |
| <b>I-QISM.NAZARIY MA'LUMOTLAR</b> .....   | 6  |
| <b>1-BOB. KUCHAYTIRISH QURILMALARI, TEXNIK<br/>KO'RSATKICHLARI, ELEMENTLAR BAZASI</b> .....       | 6  |
| 1.1. Kuchaytirgichlar to'g'risida umumiy tavsiflar .....  | 6  |
| 1.2. Kuchaytirgichlarning asosiy texnik ko'rsatkichlari va<br>xarakteristikalari .....            | 12 |
| 1-bob bo'yicha nazorat savollar .....   | 21 |
| <b>2- BOB. TRANZISTORLARNING ULANISH SXEMALARI,<br/>XUSUSIYATLARI VA FOYDALANISH SOHASI</b> ..... | 23 |
| 2.1. Umumiy emitter, umumiy kollektor va umumiy baza<br>ulanish sxemalari.....                    | 23 |
| 2.2. Maydoniy tranzistorlarning ulanish sxemalari .....   | 26 |
| 2-bob bo'yicha nazorat savollar .....   | 27 |
| <b>3-BOB. KUCHAYTIRGICHLARNING ISHLASH<br/>REJIMLARI</b> .....                                    | 28 |
| 3.1. Kuchaytirgichning A ishlash rejimi.....  | 28 |
| 3.2. Kuchaytirgichning B ishlash rejimi .....   | 29 |
| 3.3. Kuchaytirgichning C ishlash rejimi.....  | 31 |
| 3.4. Kuchaytirgichning D ishlash rejimi.....  | 32 |
| 3-bob bo'yicha nazorat savollar .....   | 34 |
| <b>4-BOB. IMPULSLI KUCHAYTIRGICHLAR VA ULARNING<br/>XARAKTERISTIKALARI</b> .....                  | 35 |
| 4.1. Impulslı kuchaytirgichning vazifasi.....   | 35 |
| 4-bob bo'yicha nazorat savollar .....   | 39 |
| <b>5-BOB. KUCHAYTIRGICHLARDAGI BUZILISHLAR VA ULARNI<br/>KORREKSIYALASH. SHOVQINLAR</b> .....     | 40 |
| 5.1. Chastotaviy korreksiyalashli kuchaytirgich .....   | 40 |
| 5.2. Buzilishlarning vujudga kelishi sabablari .....  | 42 |
| 5.3. Kuchaytirgichlardagi shovqinlar .....  | 46 |
| 5-bob bo'yicha nazorat savollar .....   | 50 |
| <b>6-BOB. KUCHAYTIRGICHLARDAGI TESKARI ALOQA</b> .....  | 51 |
| 6.1. Kuchaytirgichlardagi teskari aloqa .....   | 51 |
| 6.2. Teskari aloqa zanjirlarining turlari.....  | 52 |
| 6-bob bo'yicha nazorat savollar .....   | 60 |
| <b>7-BOB. OPERATSION KUCHAYTIRGICHLAR</b> .....   | 61 |
| 7.1. Operatsion kuchaytirgichlar haqida umumiy ma'lumotlar .....                                  | 61 |
| 7.2. Kuchaytirgichning barqarorligi va OKdagi korreksiyalash<br>zanjirlari .....                  | 68 |
| 7-bob bo'yicha nazorat savollari .....  | 72 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>8-BOB. TOR VA KENG POLOSALI KUCHAYTIRGICHLAR.....</b>   | <b>74</b>  |
| 8.1. Tor polosali kuchaytirgichlar .....   | 74         |
| 8.2. Keng polosali kuchaytirgich.....  | 77         |
| 8-bob bo‘yicha nazariy savollar.....   | 82         |
| <b>9-BOB.OPTIK KUCHAYTIRGICHLAR.....</b>   | <b>83</b>  |
| 9.1. Optik kuchaytirish prinsipi. Kuchaytirgichlarning tasniflanishi va vazifalari .....   | 83         |
| 9.2. Noyob elementlar asosidagi optik kuchaytirgichlar. Konstruksiyasi, ishlash prinsipi, asosiy xarakteristikalarini .....                  | 87         |
| 9-bob bo‘yicha nazorat savollari .....   | 98         |
| <b>II-QISM. AMALIY MASHG‘ULOTLARNI BAJARISHGA DOIR TOPSHIRIQLAR.....</b>   | <b>99</b>  |
| 1-amaliy mashg‘ulot. Kuchaytirgichlarning kuchaytirish koefitsientlari.....  | 99         |
| 2-amaliy mashg‘ulot. Kuchaytirish qurilmalarida ish rejimlari va ularni baholash .....   | 105        |
| 3-amaliy mashg‘ulot. Impulsi signallar kuchaytirgichlaridagi chiziqli buzilishlarni baholash.....  | 106        |
| 4-amaliy mashg‘ulot. Kuchaytirish qurilmalarida chiziqli buzilishlarni baholash.....   | 108        |
| 5-amaliy mashg‘ulot. Keng polosali kuchaytirgichni hisoblash .....   | 109        |
| 6-amaliy mashg‘ulot. Integral mikrosxemadagi operatsion kuchaytirgichni o‘rganish.....   | 119        |
| 7-amaliy mashg‘ulot. Optik uzatish modullarining parametrlarini o‘rganish.....   | 124        |
| <b>III –QISM. LABORATORIYALAR ISHLARINING BAJARISH USLUBLARI VA ULARGA OID TOPSHIRIQLAR.....</b>   | <b>128</b> |
| 1-laboratoriya ishi. Garmonik signallar kuchaytirgichining asosiy ko‘rsatkichlarini va xarakteristikalarini tadqiq qilish .....              | 128        |
| 2-laboratoriya ishi. Impuls kuchaytirgichini tadqiq qilish.....  | 135        |
| 3-laboratoriya ishi. Bipolyar tranzistorda yig‘ilgan yuqori chastotali induktiv tuzatishli keng polosali kuchaytirgichni tadqiq qilish ..... | 143        |
| 4-laboratoriya ishi. Teskari aloqali quvvat kuchaytirgichi.....  | 150        |
| <b>FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI .....</b>  | <b>156</b> |



**D.A.DAVRONBEKOV,  
M.O.SULTONOVA**

**YANGI AVLOD  
KUCHAYTIRGICHLARINING  
TEXNIKA VA TEXNOLOGIYALARI**

(O‘quv qo‘llanma).

**Toshkent – «Aloqachi» – 2020**

Muharrir: Q.Matqurbonov  
Tex. muharrir: A.Tog‘ayev  
Musavvir: B.Esanov  
Musahhiha: G.Tog‘ayeva  
Kompyuterda  
sahifalovchi: B.Berdimurodov

Nashr.lits. AI №176. 11.06.11.

Bosishga ruxsat etildi: . Bichimi 60x841 /16.

Shartli bosma tabog‘i 10,5. Nashr bosma tabog‘i 10,0.

Adadi 100. Buyurtma №29 .

«Nihol print» Ok da chop etildi.  
Toshkent sh., M. Ashrafiy ko‘chasi, 99/101.