**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI AXBOROT TEXNOLOGIYALARI VA KOMMUNATSIYALARNI RIVOJLANTIRISH VAZIRLIGI**

**MUHAMMAD-AL XORAZMIY NOMIDAGI**

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

**RADIO VA MOBIL ALOQA FAKULTETI**

**D.A. Davronbekov, U.T. Aliyev**

**“TELERADIOESHITTIRISHDA UZATISH VA QABUL QILISH QURILMALARI”**

fanidan o‘quv darsligi 5350100 – Telekommunikatsiya texnologiyalar: Teleradioeshittirish ta’lim yo‘nalishi bo‘yicha bakalavrlar uchun mo‘ljallangan

Toshkent 2019

UDK 621.396.9

**D.A.Davronbekov, U.T.Aliev.**

Teleradioeshittirishda uzatish va qabul qilish qurilmalari. O‘quv darsligi, Toshkent, 2019 – 254 bet.

Darslik O‘zbekiston Respublikasi oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi tomonidan tasdiqlangan “Teleradioeshittirishda uzatish va qabul qilish qurilmalari” fanining dasturi asosida tayyorlangan va kirish, 16 ta boblar, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxatidan iborat.

Darslik “Teleradioeshittirishda uzatish va qabul qilish qurilmalari” fanini o‘rganadigan talabalar uchun mo‘ljallangan, shuningdek teleradioeshittirish sohasida ishlaydigan mutaxassislar uchun foydali bo‘lishi mumkin.

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent Axborot Texnologiyalari Universitetining 2018 yil 20 dekabrdagi qaroriga muvofiq nashr etilmoqda, № 6 (118)-bayonnoma

**MUNDARIJA**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | KIRISH………………………………….....……………………...….. | 6 |
| 1 | KUCHAYTIRISH QURILMALARI………….…………………..…. | 8 |
| 1.1 | Kuchaytirgichlarning tavsifi va asosiy texnik ko‘rsatkichlari ..........… | 8 |
| 1.2. | Tranzistorlarning ulanish sxemalari...................................................... | 14 |
| 1.3 | Kuchaytirgichlarning ish rejimlari……………………….........……… | 22 |
| 1.4 | D sinfdagi kuchaytirgichlarning o‘ziga xos xususiyatlari..................... | 24 |
| 2 | RADIOUZATISH QURILMALARI HAQIDA ASOSIY MA’LUMOTLAR ………………………………………………….... | 32 |
| 2.1 | Radiouzatish qurilmalarining vazifasi ....……………………..........… | 32 |
| 2.2 | Radiouzatish qurilmalarining tasniflanishi ……………….............…. | 34 |
| 2.3 | Radiouzatish qurilmalarining kaskadlari va qismlari ..…….............… | 37 |
| 2.4 | Radiouzatkichning ishlash prinsipi........................................................ | 39 |
| 3 | YUQORI CHASTOTALI VA O‘TA YUQORI CHASTOTALI TEBRANISHLARNI UMUMIY GENERATSIYALASH PRINSIPLARI.............................………...…………………………… | 42 |
| 3.1 | Yuqori chastota va o‘ta yuqori chastota generatorlarning vazifasi va tuzilish sxemalari ...……………………………………………….…. | 42 |
| 3.2 | Yuqori va o‘ta yuqori chastota generatorlarning tasniflanishi.............. | 43 |
| 3.3 | Yuqori va o‘ta yuqori chastota generatorlarning ishlash prinsipi…….. | 44 |
| 3.4 | Bipolyar tranzistordagi generator........................................................... | 48 |
| 3.5 | Klistronli generator................................................................................. | 49 |
| 3.6 | O-turdagi yugurma to‘lqin lampasidagi generator.......…………..…… | 49 |
| 3.7 | Magnetron yoki M-turli asboblar........................................................... | 51 |
| 4 | QABULLASH-UZATISH QURILMALARIDA CHASTOTANI AVTOMATIK QAYTA SOZLASH USULLARI................................. | 54 |
| 4.1 | Chastotani avtomatik qayta sozlashning vazifasi va tasniflanishi…………………………………………………..……….. | 54 |
| 4.2 | ChAQS sxemotexnikasi……………………………………………..... | 56 |
| 4.3 | Radioqabullash qurilmalarida chastotani sozlash usullari………….. | 61 |
| 5 | AMPLITUDALI, BIR POLOSALI VA BURCHAKLI MODULYATSIYALI UZATKICHLAR....................….................…. | 68 |
| 5.1 | Amplitudaviy modulyatsiyalashli radiouzatkichlar .……………….… | 68 |
| 5.2 | Bir polosali modulyatsiyalashli radiouzatkichlar ..…………………… | 71 |
| 5.3 | Burchakli modulyatsiyalashli radiouzatkichlar .……………………… | 76 |
| 6 | TELEVIDENIYE VA RADIOESHITTIRISHDA RAQAMLI MODULYATSIYA USULLARI........................................................... | 83 |
| 6.1 | Raqamli modulyatsiyalash usullari........................................................ | 83 |
| 6.2 | Amplitudaviy manipulyatsiyalash (AMn)..…………………..………. | 86 |
| 6.3 | Chastotaviy manipulyatsiyalash (ChMn)............................................... | 87 |
| 6.4 | Fazaviy manipulyatsiyalash (FMn)………………………………….. | 88 |
| 6.5 | Kvadraturali amplitudaviy manipulyatsiyalash (QAM)......................... | 89 |
| 6.6 | Kvadraturali fazaviy manipulyatsiyalash (QPSK)................................. | 99 |
| 7 | ANALOG VA RAQAMLI TELEVIDENIYE UZATKICHLARI ....... | 106 |
| 7.1 | Televideniye uzatish tizimiga talablar ..........................................……. | 106 |
| 7.2 | Raqamli televizion tizimning tuzilish sxemasi .......…………………... | 109 |
| 7.3 | TV signallarni optik uzatish tizimining umumlashtirilgan tuzilish sxemasi ……………………………………………………………….. | 113 |
| 8 | ANALOG VA RAQAMLI RADIOESHITTIRISH UZATKICHLARI.................................................................................. | 116 |
| 8.1 | Radiouzatishning umumiy tuzilish sxemasi.......................................... | 116 |
| 8.2 | Uzun va o‘rta to‘lqin analog radiouzatkichining umumlashtirilgan tuzilish sxemasi .......………………………………………………….. | 118 |
| 8.3 | UQT ChM radioeshittirish uzatkichining umumiy tuzilish sxemasi ... | 119 |
| 8.4 | O‘YuCh diapazon qabul qilgich-uzatkichining tuzilish sxemasi .…… | 123 |
| 8.5 | Yuqori chastotali signallar to‘g‘ridan-to‘g‘ri shakllantiriladigan radiouzatkichlar .............…………………………………..…….…… | 125 |
| 8.6 | Sotali radioaloqa tizimlari analog va raqamli abonentlar uzatkichlari... | 133 |
| 9 | RADIOQABUL QILISH QURILMALARI HAQIDA UMUMIY MA’LUMOTLAR................................................................................. | 137 |
| 9.1 | Radioqabul qilish qurilmalarining vazifasi va tasniflanishi…………. | 137 |
| 9.2 | Radioqabul qilish qurilmalarining sifat ko‘rsatkichlari ...................…. | 142 |
| 10 | RADIOQABUL QILGICHLARNI QURISH TUZILISH SXEMALARI..............................................................................……... | 150 |
| 10.1 | Radioqabul qilgichning eng oddiy tuzilish sxemasi.....……………… | 150 |
| 10.2 | To‘g‘ridan – to‘g‘ri detektorlashli qabul qilgichning tuzilish sxemasi. | 150 |
| 10.3 | To‘g‘ridan-to‘g‘ri kuchaytirishli qabul qilgichning tuzilish sxemasi.. | 151 |
| 10.4 | Supergeterodinli qabul qilgichning tuzilish sxemasi.............................. | 152 |
| 10.5 | Chastota ikki marta o‘zgartiriladigan supergeterodinli qabul qilgichning tuzilish sxemasi................................................................... | 154 |
| 10.6 | Supergeterodinli qabul qilgichlar oddiy sxemalariga misollar………. | 156 |
| 11 | RADIOQABUL QILISH QURILMALARI RADIOCHASTOTA KUCHAYTIRGICHLARI..................................................................... | 160 |
| 11.1 | Radiochastota kuchaytirgichlari haqida umumiy tushunchalar ..……. | 160 |
| 11.2 | Radiochastota kuchaytirgichlariga talablar ..……………………......... | 161 |
| 11.3 | Radiochastota kuchaytirgichlarining tasniflanishi…………………… | 162 |
| 11.4 | Rezonans konturli RChKning prinsipial sxemasi .....………………… | 163 |
| 11.5 | Aperiodik RChKning prinsipial sxemasi.............................................. | 164 |
| 11.6 | Radiochastota kuchaytirgichning kaskadli sxemasi............................... | 166 |
| 11.7 | Integral mikrosxemadagi RChK ...……………………………………. | 167 |
| 11.8 | Radiochastota kuchaytirgichlarining ko‘rsatkichlari .....……………... | 168 |
| 12 | RADIOQABUL QILISH QURILMALARI CHASTOTA O‘ZGARTIRGICHLARI ………………………………………….…. | 173 |
| 12.1 | Chastotani o‘zgartirish haqida umumiy tushunchalar............................ | 173 |
| 12.2 | Diodli signallar aralashtirgichlari sxemalari....………………….…… | 180 |
| 12.3 | Tranzistorli signallar aralashtirgichlari sxemalari ……………………. | 183 |
| 13 | RADIOQABUL QILISH QURILMALARIDA SIGNALLARNI DETEKTORLASH…………………………………………………… | 187 |
| 13.1 | Detektorlash usullari va detektorlar xarakteristikalari........................... | 187 |
| 13.2 | Amplitudaviy modulyatsiyalangan signallarni detektorlash................. | 190 |
| 13.3 | Sinxron detektorlash............................................................................... | 195 |
| 13.4 | Chastota bo‘yicha modulyatsiyalangan signallarni detektorlash........... | 198 |
| 13.5 | Faza bo‘yicha modulyatsiyalangan signallarni detektorlash.................. | 201 |
| 13.6 | Raqamli manipulyatsiyalangan signallarni detektorlash........................ | 204 |
| 13.7 | Impulsli-modulyatsiyalangan signallarni detektorlash........................... | 209 |
| 14 | RADIOQABUL QILISH QURILMALARIDA SIGNALLARGA RAQAMLI ISHLOV BERISH ....................................................……. | 212 |
| 14.1 | SDR texnologiyasining tavsifi............................................................... | 212 |
| 14.2 | Radiochastota bo‘yicha SRIBli qabul qilgich tuzilmasi………………. | 212 |
| 14.3 | Oraliq chastota bo‘yicha SRIBli qabul qilgich tuzilmasi……………... | 213 |
| 14.4 | 1288XK1T raqamli qabul qilgichning tuzilmasi ...…………………… | 214 |
| 15 | ANALOG VA RAQAMLI TELEVIDENIYE QABUL QILGICHLARI...................................................................................... | 220 |
| 15.1 | Televizion qabul qilgichning tuzilmasi ......……………………….….. | 220 |
| 15.2 | Rangli televizion qabul qilgichning tuzilish sxemasi.....……................ | 221 |
| 15.3 | SK televizorning tuzilish sxemasi .....………………………………… | 223 |
| 15.4 | Abonentlar raqamli televideniye qabul qilish qurilmalarining qurish prinsiplari …………………………….........……………...................... | 224 |
| 16 | ANALOG VA RAQAMLI RADIOESHITTIRISH QABUL QILGICHLARI ..................................................................................... | 229 |
| 16.1 | Analog uzatishdan raqamli uzatishga o‘tish.......…....……………….. | 229 |
| 16.2 | Radioeshittirish qabul qilgichlari...........................................…............ | 232 |
| 16.3 | Stereofonik radioeshittirish qabul qilgichlari......................................... | 233 |
|  | Atamalar ro’yxati…………………………………………………….. | 239 |
|  | Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati………………………….……….. | 252 |

**KIRISH**

O‘zbekiton Respublikasida dolzarb masalalarni kompleks o‘rganish, amaldagi qonunchilik, qonunchilikda qo‘llanadigan amalyot va ilg‘or horij tajribasini tahlil qilish, shuningdek keng jamiyat muhokamasi yakunlari bo‘yicha “2017 — 2021 yilarda 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, millatlaro 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‘nalishlaidan 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].

Aziz o‘quvchi! Ushbu kitob oliy ta’lim muassasalarida o‘rganiladigan “Teleradioeshittirishda uzatish va qabul qilish qurilmlari” fanidan darslik hisoblanadi.

Darslik ikkita katta radiouzatish va radioqabul qilish qurilmalari qismlaridan iborat.

Radiouzatuvchi qurilmalari, shu jumladan kuchaytirish qurilmalari, qismi 1–8 boblarni o‘z ichiga oladi. Bu yerda kuchaytirish qurilmalari, radiouzatish qurilmalari haqida umumiy ma’lumotlar, yuqori va o‘ta yuqori chastotali tebranishlarni generatsiyalash va kuchaytirishning umumiy prinsiplari, qabul qilish va uzatish qurilmalarida chastotani avtomatik rostlash usullari, amplitudaviy, bir polosali, burchakli modulyatsiyali radiouzatkichlar, televideniye va radioeshittirishda raqamli modulyatsiya usullari, xususan ko‘p pozitsiyali manipulyatsiyalash usullari, analog va raqamli televideniye radiouzatkichlari, analog va raqamli radioeshittirish radiouzatkichlari ko‘rib chiqilgan.

Radioqabul qiluvchi qurilmalari qismi 9–16 boblarni o‘z ichiga oladi. Bu qismda radioqabul qilish qurilmalari haqidagi asosiy ma’lumotlar, radioqabul qilgichlarning, xususan, to‘g‘ridan-to‘g‘ri detektorlashli qabul qilgichlar, to‘g‘ridan-to‘g‘ri kuchaytirishli qabul qilgichlar va supergeterodin qabul qilgichlarning tuzilish sxemalari, radioqabul qilish qurilmalarida yuqori chastotali kuchaytirgichlar, qabul qilgichlarda signallarga raqamli ishlov berish, analog va raqamli televideniye radioqabul qilgichlari, analog va raqamli radioeshittirish radioqabul qilgichlari ko‘rib chiqilgan.

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

**1. KUCHAYTIRISH QURILMALARI**

**1.1. Kuchaytirgichlarning tavsifi va asosiy texnik ko‘rsatkichlari**

Kuchaytirish qurilmalar texnikaning keng sohalarida qo‘llaniladi. Televideniye, radioeshittirish, avtomatik boshqarish tizimlari, radiotexnika, radiolokatsiya va boshqa tizimlarda kichik quvvatli signallarni kuchaytirish uchun, shuningdek turli xil radioelektron apparaturalar, personal kompyuterlarning yetakchi qismi sifatida kuchaytirgichlardan foydalaniladi.

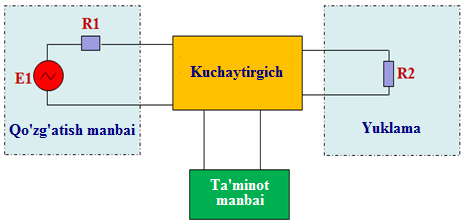
Kichik quvvatli o‘zgaruvchan signalning parametrlarini buzmasdan, o‘zgarmas kuchlanish manbaining quvvati hisobiga kuchaytirib beruvchi qurilmaga **elektron** **kuchaytirgich** deyiladi. Quvvatni kuchaytirish samarasi qurilmada energiyasi chiqishda oshirilgan quvvatni hosil qilish uchun ishlatiladigan qandaydir tashqi manba bo‘lganida mumkin bo‘ladi. Energiyasi kuchaytirgichda kuchaytirilgan signallar energiyasiga o‘zgartiriladigan bu manba **ta’minot manbai** deyiladi.

Ta’minot manbaining energiyasi kuchaytirish yoki aktiv elementlar yordamida foydali signal energiyasiga o‘zgartiriladi. Kuchaytirilgan signallar iste’molchisi hisoblanadigan qurilma **kuchaytirgichning yuklamasi** deyiladi, yuklama ulangan kuchaytirgichning zanjiri esa **chiqish zanjiri** yoki **kuchaytirgichning chiqishi** deyiladi. Kuchaytirilishi kerak bo‘lgan kirish signali manbai **signal manbai** yoki **generator** deyiladi, kirish signali kiritiladigan kuchaytirgichning zanjiri esa **kirish zanjiri** yoki **kuchaytirgichning kirishi** deyiladi.

Kuchaytirgich qurilmasi kuchaytiruvchi element, rezistor, kondensator, chiqish zanjiridagi o‘zgarmas kuchlanish manbai hamda iste’molchidan iborat.

Bitta kuchaytiruvchi elementi bo‘lgan zanjir **kaskad** deyiladi.

Hozirgi vaqtda eng keng tarqalgan kuchaytirgichlarda kuchaytiruvchi element sifatida tranzistorlar va integral mikrosxemalar (IMS) ishlatiladi. Kuchaytirgichlarda kuchaytirish quyidagicha amalga oshiriladi. Boshqariladigan elementning (tranzistor) kirish zanjiriga kirish signalining kuchlanishi beriladi. Bu kuchlanish ta’sirida kirish zanjirida kirish toki hosil bo‘ladi. Bu kichik kirish toki chiqish zanjiridagi tokda o‘zgaruvchan tashkil etuvchini hamda boshqariladigan elementning chiqish zanjirida kirish zanjiridagi kuchlanishdan ancha katta bo‘lgan o‘zgaruvchan kuchlanishni hosil qiladi (1.1- rasm).



1.1- rasm. Kuchaytirish jarayonining umumiy tarkibi

Kuchaytirish diapazoni bo‘yicha kuchaytirgichlar tor va keng polosali kuchaytirgichlarga bo‘linadi (1.2- rasm). Tor polosa kuchaytirgichlari faqatgina past chastotada emas, yuqori chastotalarda filtr sifatida kerakli diapazondagi to‘lqinlarni ajratib olish uchun ishlatiladi. Shuning uchun, bu kuchaytirgichlar rezonansli kuchaytirgichlar ham deyiladi. Bajarayotgan vazifasiga qarab kuchaytirgichlar dastlabki kaskadda ishlovchi kuchaytirgichlarga va chiqish kuchaytirgichlariga bo‘linadi. Dastlabki kaskadda ishlovchi kuchaytirgichlar kuchlanishni oshirish uchun ishlatilsa, chiqish kuchaytirgichlari quvvatni oshirish uchun xizmat qiladi.

**Kuchaytigichlar**

**Signal xarakteri bo‘yicha**

**Kuchaytirish elementi bo‘yicha**

**AChX bo‘yicha**

**Ta’minot manbai bo‘yicha**

**Impulsli, garmonik signallar va h.k.**

**Tranzistorli, lampali, IMSli va h.k.**

**Chiziqli**

**Nochiziqli**

**O‘zgamas tok kuchaytigichlari**

**Oraliq chastota kuchaytigichlari**

**Yuqori chastota kuchaytigichlari**

**Keng polosali kuchaytigichlar**

**Bir qutbli va ikki qutbli**

1.2- rasm. Kuchaytirgichlar turlari

Kuchaytirgichlarning asosiy texnik ko‘rsatkichlariga quyidagilar kiradi:

- kuchaytirish koeffitsienti (tok bo‘yicha, kuchlanish bo‘yicha, quvvat bo‘yicha):

- kirish va chiqish qarshiligi;

- chiqish quvvati;

- foydali ish koeffitsienti;

- nominal kirish kuchlanishi (sezgirlik);

- chastota bo‘yicha kuchaytirish oralig‘i;

- amplituda bo‘yicha dinamik diapazon;

- signal shaklini buzilishi;

- chastota, faza va nochiziqli buzilishlar

Kuchaytirish koeffitsienti – chiqishdagi signal amplitudasini kirishdagi signal amplitudasiga nisbatan necha barobar ortganini ko‘rsatadi. Ularga quyidagi kuchaytirish koeffitsientlari kiradi:

- kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti *Ku = U2 / U1*;

- tok bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti *Ki = I2 / I1*;

- quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti *Kr = R2 / R1*;

bu yerda *U1, I1, U2, I2,*– kuchlanishi va toklarning amplituda qiymatlari.

*P1 = U1 I1* va *P2 = U2 I2*ekanligi sababli, quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti *Kp = Ku Ki*bo‘ladi.

Kuchaytirish koeffitsientining qiymati turli kuchlanish kuchaytirgichlarida o‘nlab va yuzlab tartiblardagi qiymatlarga ega bo‘lishi mumkin. Lekin bu ham kuchaytirgichning chiqishida talab qilinadigan quvvatni olish uchun yetarli bo‘lmaydi. U holda qator kuchaytirish kaskadlari ketma-ket (kaskadli) ulanadi (1.3-rasm). Ko‘p kaskadli kuchaytirgichlar uchun umumiy kuchaytirish koeffitsienti alohida kaskadlar kuchaytirish koeffitsientlarining ko‘paytmasiga teng. Bir necha kuchaytirish kaskadlari ketma-ket ulanganida ularning kuchaytirish koeffitsientlarining ko‘paytmasi tizimning umumiy kuchaytirish koeffitsientni aniqlaydi:

*Kumum = K1, K2…. . Kn* (1.1)

**Kirish kuchaytirgich**

**Birinchi oraliq kaskad**

**Oxiridan oldingi kaskad**

**Chiqish kuchaytirgich**

**Ukir**

**Uchiq**

1.3-rasm. Ko‘p kaskadli kuchaytirgichning tuzilish sxemasi

(1.1) formulalar bo‘yicha hisoblangan kuchaytirish koeffitsienti o‘lchamsiz birlikka ega. Zamonaviy kuchaytirish sxemalarida o‘lchamsiz birlikda ifodalangan kuchaytirish koeffitsienti yetarlicha katta songa teng olinadi, elektronikada kuchaytirish xossalarini logarifmik birliklar - detsibellarda (dB) ifodalash usuli qabul qilingan. Quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti detsibellarda quyidagicha bo‘ladi:

*KP [dB] = 10 lg (P2/P1) = 10 lg KP* (1.2)

Quvvat tok yoki kuchlanishning kvadratiga proporsional, u holda tok va kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsientini mos ravishda quyidagicha yozish mumkin:

*KI [dB] = 20 lg (I2/I1) = 20 lg KI*,

*KU [dB] = 20 lg (U2/U1) = 20 lg KU*.

Detsibeldan o‘lchamsiz kattalikka o‘tish quyidagi ifoda orqali amalga oshiriladi:

*Km = 10KdB/N*,

bu yerda *N=10* quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsientini hisoblashda va *N=20* tok va kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsientini hisoblashda olinadi.

Kuchaytirish koeffitsientlarini logarifmik berilishidan keng foydalanish kuchaytirgichlar qo‘llanadigan ko‘plab yo‘nalishlar insonning sezgilariga ta’sir etadigan texnikaga bog‘liq bo‘lishi ham sabab bo‘ladi. Insonning qabul qilishi esa logarifmik bog‘liqliklar orqali tavsiflanadi. Masalan, ovoz signalining balandligi insonning sezgilari bo‘yicha uning quvvati 10 martaga oshganida 2 martaga oshadi.

Agar *Ku* = 1 dB olinsa, u holda kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsientini aniqlashda quyidagicha bo‘ladi:

*Ku = 10K,dB/20 =101/20=*1,12

Demak, agar kuchaytirgichning chiqishidagi kuchlanish kirishdagi kuchlanishdan 1,12 martaga (12%ga) katta bo‘lsa, kuchaytirish bir detsibelga teng bo‘ladi.

Logarifmik baholash o‘lchami ko‘p kaskadli kuchaytirgichlarni tahlil qilishda qulay. Logarifmik birliklarga o‘tishda ko‘p kaskadli kuchaytirgichning umumiy kuchaytirish koeffitsienti (1.2) formuladan farqli ravishda alohida kaskadlar kuchaytirish koeffitsientlarining yig‘indisi orqali aniqlanadi, ya’ni:

*Kumum [dB] = K1 [dB] + +K2 [dB] +... + Kn [dB]*

Kuchlanish va tok bo‘yicha kuchaytirish koeffitsientlari kompleks kattaliklar hisoblanadi, buni kuchaytiriladigan signaldagi fazaviy surilishlarning bo‘lishi aks ettiradi. Masalan, kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti uchun quyidagiga ega bo‘lamiz:



yoki

,

bu yerda *Km = (Uchik / Ukir)* – kuchaytirish koeffitsientining moduli;

*ϕ = (ϕchiq – ϕkir)* – kirish va chiqish kuchlanishlari orasidagi fazalarning surilishi burchagi.

Odatda, kuchaytirish koeffitsienti qaralayotganda uning moduli nazarda tutiladi. Fazaviy surilish (kuchaytirish koeffitsientining argumenti) alohida tahlil qilinadi. Ham modul, ham fazaning qiymatlari ham kuchaytirish sxemasi parametrlarining qiymatlariga, ham kuchaytiriladigan signalning chastotasiga bog‘liq bo‘ladi. Ularni tavsiflash uchun amplitudaviy-chastotaviy va fazaviy-chastotaviy xarakteristikalar deyiladigan xarakteristikalar ishlatiladi.

# 1.2. Tranzistorlarning ulanish sxemalari

**Kuchaytirgichni to‘rtqutbli ko‘rinishida berilishi**

Kuchaytirgich qanday kuchaytirgich (audio kuchaytirgich, lampali kuchaytirgich yoki radiochastota kuchaytirgichi) bo‘lishidan qat’iy nazar ikkita uchlari kirish va ikkita uchlari chiqish hisoblanadigan to‘rt qutbli hisoblanadi. Kuchaytirgichning ulanishi tuzilish sxemasi 1.4- rasmda keltirilgan.

***Ukir***

***Uchiq***

***Ryu***

1.4- rasm. Kuchaytirgich ulanishining tuzilish sxemasi

Asosiy kuchaytiruvchi element – tranzistor atigi uchta chiqishga ega, shuning uchun tranzistorning uchlaridan birini bir vaqtda signal manbai (kirish uchi sifatida) va yuklamani ulash (chiqish uchi sifatida) ulash uchun ishlatishga to‘g‘ri keladi.

Tranzistorning qaysi uchi ham kirish, ham kuchaytirgichning chiqishi kuchaytirgichning kirishi uchun umumiy hisoblanishiga bog‘liq ravishda tranzistorning ulanish sxemalari quyidagicha nomlanadi:

- bipolyar tranzistorlar uchun:

* umumiy emitterli sxema;
* umumiy bazali sxema;
* umumiy kollektorli sxema;

- maydoniy tranzistorlar uchun:

* umumiy istokli sxema;
* umumiy stokli sxema;
* umumiy zatvorli sxema.

**Bipolyar tranzistorning ulanish sxemalari**

*Umumiy emitterli (UEli) sxema*

UEli sxema quvvat bo‘yicha eng katta kuchytirish koeffitsientiga ega, shuning uchun yuqori chastotali kuchaytirgichlar uchun eng keng tarqalgan yechim bo‘lib qolmoqda.

Umumiy emitterli sxema bu tranzistorning emitteri ham kirish signalini ulanishi uchun, ham yuklamani ulanishi uchun ishlatiladigan kuchaytirgich hisoblanadi. Umumiy emitterli sxema bo‘yicha ulangan tranzistorli kuchaytirgichning funksional sxemasi 1.5- rasmda keltirilgan.

Bu sxemada to‘rt burchak fonda 1.4- rasmda keltirilgan kuchaytirgichning chegaralari ko‘rsatilgan. Unda tranzistorning ta’minot zanjirlari ko‘rsatilmagan. Hozirgi vaqtda umumiy emitterli sxema ovoz kuchaytirgichlarida deyarli qo‘llanmaydi, lekin televizion signal kuchaytirgichlari, GSM kuchaytirgichlari va boshqa yuqori chastotali kuchaytirgichlarda ular keng qo‘llanadi.

***Ukir***

***Uchiq***

***VТ1***

1.5- rasm. Tranzistorning umumiy emitterli sxema bo‘yicha ulanishining funksional sxemasi

Tranzistorni umumiy emitterli sxema bo‘yicha ulanishi sxemasining kirish qarshiligi tranzistorning kirish xarakteristikasi orqali aniqlanadi. U tranzistorning baza toki, demak, kollektor tokiga bog‘liq bo‘ladi. Tranzistorni umumiy emitterli sxemasining amplituda-chastota xarakteristikasida yuqori kuchaytirish chastotasi tranzistorning boshqa ulanish sxemalariga qaraganda minimal bo‘ladi. Umumiy emitterli sxema bo‘yicha tranzistorning yuqori kuchaytirish chastotasi *fβ* (*fh21e*) chastota orqali cheklangan.

*Umumiy bazali sxema*

Umumiy bazali sxema odatda yuqori chastotalarda qo‘llanadi. Tranzistorning bunday ulanish sxemasining quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti umumiy emitterli sxemaga qaraganda kichik bo‘ladi. Bu tranzistorning umumiy bazali ulanishi sxemasi tok bo‘yicha kuchaytirmasligiga bog‘liq. Bu sxemada kuchaytirish faqat kuchlanish bo‘yicha bo‘lib o‘tadi. Tranzistorning umumiy bazali ulanishi funksional sxemasi 1.6- rasmda keltirilgan.

## Bu sxemada ham kollektor va baza ta’minoti zanjirlari ko‘rsatilmagan.

Tranzistorning umumiy bazali ulanishi sxemasining kirish qarshiligi sifatida tranzistorning emitter qarshiligi xizmat qiladi, shuning uchun umumiy bazali ulanishi sxemasining kirish qarshiligi kichik bo‘ladi. Uning kirish qarshiligi barcha ulanish sxemalaridan eng kichigi hisoblanadi, lekin bu sxema uchun bu kamchilik hisoblanmaydi, chunki yuqori chastotali kuchaytirgichlarning kirish qarshiligi 50 Omga teng bo‘lishi kerak.

***Ukir***

***Uchiq***

***VТ1***

1.6- rasm. Tranzistorni umumiy emitterli sxema bo‘yicha ulanishining funksional sxemasi

Umumiy bazali sxemaning amplituda-chastotaviy xarakteristikasi barcha ulanish sxemalari ichida eng keng polosali hisoblanadi, shuning uchun u yuqori chastotali radiochastota kuchaytirgichlarida ishlatiladi. Umumiy bazali sxemaning chastotaviy xarakteristikasi tranzistorning *fα* (*fh21b*) chegaraviy kuchaytirish chastotasi bilan cheklanadi.

## *Umumiy kollektorli sxema*

## Umumiy kollektorli sxema odatda yuqori kirish qarshiligini olish uchun qo‘llanadi. Tranzistorning bunday ulanish sxemasining quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti umumiy emitterli sxemaning kuchaytirish koeffitsientiga qaraganda kichik va umumiy bazali sxemaning kuchaytirish koeffitsientiga deyarli teng bo‘ladi. Bu tranzistorning umumiy bazali ulanish sxemasi kuchlanish bo‘yicha kuchaytirmasligiga bog‘liq. Bu sxemada kuchaytirish faqat tok bo‘yicha bo‘lib o‘tadi. Tranzistorning umumiy kollektorli ulanishi funksional sxemasi 1.7- rasmda keltirilgan.

1.7- rasmda keltirilgan sxemada kollektor va bazaning ta’minoti zanjirlari ko‘rsatilmagan. Tranzistorning umumiy kollektorli ulanishi sxemasining kirish qarshiligi sifatida tranzistor bazasining qarshiligi (umumiy emitterli sxemadagi kabi) va kirish qayta hisoblangan emitter zanjiridagi rezistorning qarshiligi yig‘indisi xizmat qiladi, shuning uchun umumiy kollektorli ulanishi sxemasining kirish qarshiligi juda katta bo‘ladi. Uning kirish qarshiligi barcha ulanish sxemalaridan eng kattasi hisoblanadi.

***Ukir***

***Uchiq***

***VТ1***

1.7- rasm. Tranzistorning umumiy kollektorli ulanishining funksional sxemasi

Tranzistorning umumiy kollektorli ulanishi sxemasining amplituda-chastotaviy xarakteristikasi etarlicha keng polosali hisoblanadi. lekin kuchaytirgichning o‘tkazish polosasi umumiy kollektorli ulanishi sxemasining katta kirish qarshiligini parazit sig‘imlar bilan shuntlanish tufayli jiddiy cheklanishi mumkin, shuning uchun, asosan, umumiy kollektorli ulanish sxemasi katta kirish qarshiligili bufer kuchaytirgichi sifatida qo‘llanadi. Ba’zan u yuqori chastotali generatorlar va chastota sintezatorlarining xarakteristikalariga yuklamaning ta’sirini kuchsizlantirish uchun qo‘llanadi.

1.8- rasmda UE, UK va UBli kuchaytirish kaskadlarining ishlatilish sxemalari keltirilgan.

**Maydoniy tranzistorning ulanish sxemalari**

Boshqarishga energiya sarflari nuqtai nazaridan maydoniy tranzistorlarni boshqarish umuman olganda bipolyar tranzistorni boshqarishga qaraganda tejamliroq olinadi. Bu maydoniy tranzistorlarning hozirgi ommaviyligi orqali tushuntiriladigan omillardan biri hisoblanadi. Maydoniy tranzistorlarning asosiy ulanish sxemalarini umumiy asosda ko‘rib chiqamiz.

***Ukir***

***-Еtт***

***VТ1***

***Uchiq***

***С1***

***С2***

***R1***

***R2***

***Ie***

***Ik***

***Ib***

***Ukir***

**-*Еtм***

***VТ1***

***Uchiq***

***С*1**

***R1***

***С2***

***R2***

***С2***

***С3***

***-Еtм***

***Ukir***

***Uchiq***

***VТ1***

***R3***

***R1***

***R2***

***R4***

Umumiy emitter Umumiy kollektor Umumiy baza

***С1***

1.8- rasm. UE, UK va UBli kuchaytirish kaskadlarining ishlatilish sxemalari

*Umumiy istokli ulanish*

Maydoniy tranzistorlarniumumiy istokli ulanish sxemasi bipolyar tranzistor uchun umumiy emitterli sxemaning o‘xshashi hisblanadi. Bunday ulanish sxemasi quvvat va tok bo‘yicha sezilarli kuchaytirishni berishi mumkinligi bois juda keng tarqalgan, bunda stok zanjiri kuchlanishining fazasi o‘zgarmaydi (1.9- rasm).

***Ukir***

***+Ес***

***VТ1***

***Uchiq***

***Rс***

***Rз***

***Rн***

1.9- rasm. Maydoniy tranzistorni umumiy istokli ulanishi

Zatvor-istok to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘tishining kirish qarshiligi yuzlab megaomlarga yetadi, uni zatvorni umumiy o‘tkazgichga galvanik tortish (maydoniy tranzistorni o‘tishlardan himoyalash) maqsadida zatvor va istok orasiga rezistorni qo‘shish bilan kamaytirish mumkin.

Bu *Rz* rezistorning qiymati (odatda 1 dan 3 MOmgacha) zatvor-istok qarshiligini kuchli shuntlamaslik va bunda teskari surilgan boshqarish o‘tishi tokidan o‘ta yuklanishga yo‘l qo‘ymaslik uchun mos tanlanadi.

Umumiy istokli sxemadagi maydoniy tranzistorning sezilarli kirish qarshiligi undan kuchlanishni kuchaytirish sxemalarida foydalanishda aynan maydoniy tranzistorning muhim afzalligi hisoblanadi, axir stok zanjirining *Rs* qarshiligi odatda 1...10 kOmlardan oshmaydi.

*Umumiy stokli ulanish*

Maydoniy tranzistorning umumiy stokli ulanish sxemasi (istokli takrorlagich) bipolyar tranzistor (emitterli takrorlagich) uchun umumiy kollektorli sxemaning o‘xshashi hisoblanadi. Bunday ulanish chiqish qarshiligi kirish qarshiligi bilan fazada bo‘lishi kerak bo‘ladigan moslashtirish kaskadlarida ishlatiladi (1.10- rasm).

***Ukir***

***+Ес***

***VТ1***

***Uchiq***

***Rи***

***Rз***

1.10- rasm. Maydoniy tranzistorni umumiy stokli ulanishi

Zatvor-istok o‘tishining kirish qarshiligi odingi holdagi kabi yuzlab megaomlarga yetadi, bunda *Ri* kirish qarshiligi nisbatan uncha katta bo‘lmaydi. Bu ulanish sxemasi umumiy istokli sxemaga qaraganda yuqoriroq chastotalar diapazoni bilan farqlanadi. Kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti birga yaqin, chunki bu sxema uchun istok-stok va zatvor-istok kuchlanishi odatda qiymat bo‘yicha yaqin bo‘ladi.

*Umumiy zatvorli ulanish*

Umumiy zatvorli ulanish bipolyar tranzistor uchun umumiy bazali kaskadga o‘xshash bo‘ladi. Bu yerda tok bo‘yicha kuchaytirish bo‘lmaydi, shuning uchun quvvat bo‘yicha kuchaytirish umumiy istokli kaskaddagidan ko‘p martaga kichik bo‘ladi. Kuchaytirishda kuchlanish boshqarish kuchlanishi kabi o‘sha fazaga ega bo‘ladi (1.11- rasm).

***Ukir***

***+Ес***

***VТ1***

***Uchiq***

***Rс***

***Rи***

1.11- rasm. Maydoniy tranzistorni umumiy zatvorli ulanishi

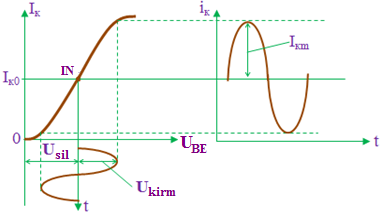
Binobarin, chiqish toki kirish tokiga teng, u holda tok bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti birga teng, kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti esa birdan katta bo‘ladi.

Bu ulanish sxemasida tok bo‘yicha parallel manfiy teskari aloqa xususiyati mavjud, ya’ni boshqarish kirish kuchlanishi ortganida istokning potensiali ortadi, mos ravishda stok toki kamayadi va istok zanjirining *Ri* qarshiligidagi kuchlanishni kamaytiradi.

**1.3. Kuchaytirgichlarning ish rejimlari**

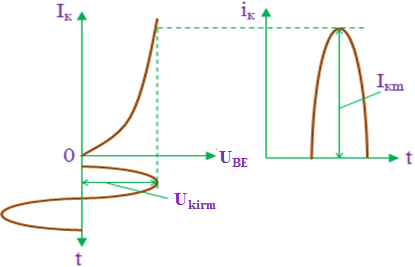
O‘tish xarakteristikasida dastlabki ishchi nuqtani tanlashga bog‘liq ravishda ish rejimlar A, V, AV, S va D rejimlar bo‘lishi mumkin.

**A rejim**. Bunda signal bo‘lmaganida sxemaning holatini aniqlaydigan va *Ik0* osoyishtalik toki deyiladigan IN dastlabki ishchi nuqta xarakteristika chiziqli qismining taxminan o‘rtasida joylashadi (1.12- rasm). Bu rejimda *Usil* siljitish kuchlanishi *Ukirm* kirish kuchlanishidan doimo katta, ya’ni *Usil > Ukirm* bo‘ladi, kollektor tokining o‘zgarmas tashkil etuvchisi esa o‘zgaruvchan tashkil etuvchidan katta bo‘ladi yoki taxminan unga teng, ya’ni *Ik0 ≥ Ikm* bo‘ladi. Sinusoidal kirish signaliga sinusoidal chiqish toki mos keladi, nochiziqli buzilishlar minimal, lekin kaskadning foydali ish koeffitsienti atigi 20-30% ni tashkil etadi.



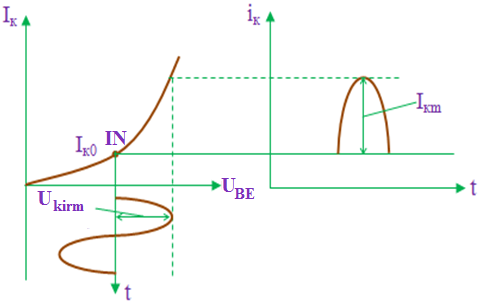
1.12- rasm. A ish rejimi

**V ish rejimi.** Bu rejimda dastlabki ishchi nuqta koordinatalar boshi bilan mos tushadi, ya’ni osoyishtalik toki *Ik0*=0 bo‘ladi. Kirishga sinusoidal signal berilganida chiqish zanjiridagi tok davrning yarmi davomida oqib o‘tadi va *θ=π/*2 kesish burchagili impulslar shakliga ega bo‘ladi. V rejimda ishlaydigan kaskadning foydali ish koeffitsienti 60–70%. Lekin chiqish signalining shakli o‘tish xarakteristikasining nochiziqli oralig‘i tufayli buziladi (1.13- rasm).



1.13- rasm. V ish rejimi

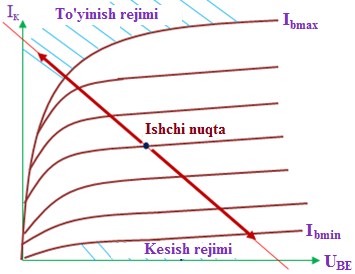
**AV rejim** oraliq holatni egallaydi (1.14- rasm). Bu rejimda kesish burchagi dastlabki IN ishchi nuqtani *Iko* osoyishtalik toki yordamida noldan uzatish xarakteristikasining chiziqli oralig‘i boshlanishiga surish hisobiga birmuncha katta bo‘ladi.



1.14- rasm. AV ish rejimi

**C ish rejimi.** Bunda *ik* tok kirish signali davrining yarmidan kam vaqt oralig‘i davomida, *θ<π/*2da oqib o‘tadi. Osoyishtalik toki nolga teng bo‘ladi. Bu rejim yuklamasi tebranish konturi bo‘lgan tanlovchan kuchaytirgichlarda ishlatiladi.

**D rejimi.** Bu kalit rejimi bo‘lib, bunda tranzistor faqat ikki holatda to‘liq ochiq (to‘yinish rejimi) yoki to‘liq yopiq (kesish rejimi) bo‘lishi mumkin (1.15- rasm).



1.15- rasm. D ish rejimidagi chiqish xarakteristikasi

D rejimning afzalligi yuqori foydali ish koeffitsientidan, kamchiligi esa kuchaytirish sxemasining murakkabligidan iborat.

**1.4. D sinfdagi kuchaytirgichlarning o‘ziga xos xususiyatlari**

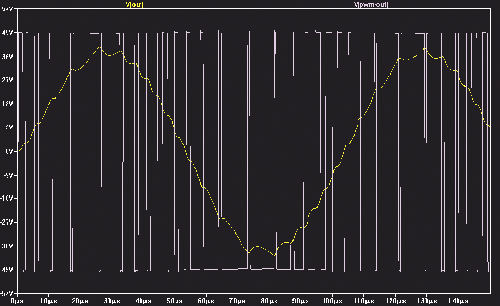
So‘nggi yillarda D sinfdagi kuchaytirgichlar keng qo‘llanilmoqda. Ular yana impulsli kuchaytirgichlar deyiladi. Bunday kuchaytirgichda ovoz signali keng impulsli modulyatsiyalash (KIM) natijasida turli kengliklardagi impulslar ketma-ketligiga o‘zgartiriladi. Impulslarning takrorlanish chastotasi odatda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

Ilgari impulsli kuchaytirgichlar faqat o‘zining yuqori foydali ish koeffitsienti (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 nochiziqli buzilishlarni oldini olib bo‘lmagan. Lekin hozirda ko‘plab elektron komponentlar ishlab chiqaruvchi kompaniyalarda 1 MGs va undan yuqori chastotalarda ishlay oladigan *D* sinfdagi kuchaytirgichlarni qurish uchun maxsuslashtirilgan elementlar chiqarilmoqda.

Bipolyar tranzistorlarda yig‘ilgan chiqish kaskadlarining ishlash prinsipini ko‘rib chiqamiz.

Bipolyar tranzistorlarda yig‘ilgan *AV* sinfdagi kuchaytirgichning chiqish kaskadi past foydali ish koeffitsientiga ega, shuning uchun chiqish tranzistorlari o‘zgaruvchan qarshilikka o‘xshash o‘z aktiv qarshiligini o‘zgartiradi va bu bilan chiqish tokini boshqaradi. *AV* sinfdagi kuchaytirgichda ta’minot kuchlanishiga teng bo‘lgan chiqish kuchlanishi amplitudasining o‘zgarishini olish mumkin emas, chunki hatto to‘liq ochiq holatda bipolyar tranzistor kollektori va emitteri orasidagi *UKE* kuchlanish taxminan 1-2 V ga teng bo‘ladi.

Impulsli kuchaytirgichlarda kuch elementi quvvatli maydoniy tranzistorlar hisoblanadi, ularda faqat ikkita – ochiq va yopiq holatlar bo‘lishi mumkin. Zamonaviy maydoniy tranzistorlar ochiq kanalining qarshiligi juda kichik (odatda o‘nlab mOm) bo‘ladi, demak, bu elementlardagi kuchlanishning tushishi ham sezilarsiz bo‘ladi. Meandr chiqish filtridan o‘tish bilan ovoz chastotasi o‘zgaruvchan tokiga o‘zgaradi, uning ossillogrammasi 1.16-rasmda tasvirlangan.



1.16- rasm. Signalni o‘zgartirish o**ssillogrammasi**

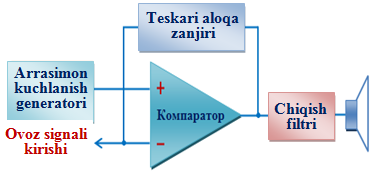
Bu bilan tushuntiriladiki, impulsli kuchaytirgichning ajralmas qismi hisoblanadigan chiqish drosseli o‘zgaruvchan sig‘imli signal uchun o‘z reaktiv qarshiligini o‘zgartiradi. Ovoz signali boshqaradigan sig‘im bilan birga yuklama orqali oqib o‘tadigan tok ham o‘zgaradi.

Yo‘qotishlarni sezilarli qismi maydoniy tranzistorlarning qayta ulanishi momentida frontlarda bo‘lib o‘tadi, shuning uchun o‘zgartirish chastotasini kamaytirish bilan vaqt birligi ichidagi frontlar sonini kamaytirish va buning natijasida foydali ish koeffitsientini biroz oshirish mumkin. Aynan shu sababga ko‘ra, *D* sinfdagi sabvufer kuchaytirgichlarda o‘zgartirish chastotasi 50 kGs gacha kamaytiriladi.

Yuqorida aytilganidek, zamonaviy maydoniy tranzistorlar yuqori tezlikda qayta ulana oladi, bu bilan ishlab chiquvchiga o‘zgartirish chastotasini sezilarli oshirishga va demak, chiqish drosselining o‘lchamlarini kamaytirishga imkon beradi. Natijada cho‘lg‘amning o‘zgarmas tok bo‘yicha qarshiligi (*Rdc*) ham ancha kichik bo‘ladi, demak, cho‘lg‘am simining qizishi ancha kamayadi.

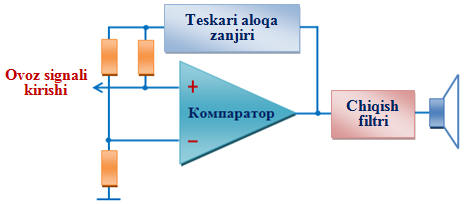
*D* sinfdagi kuchaytirgichlar uchta turga bo‘linadi:

1. Tashqi arrasimon kuchlanish generatorili kuchaytirgich (1.17- rasm);



1.17- rasm. Tashqi arrasimon kuchlanish generatorili kuchaytirgich

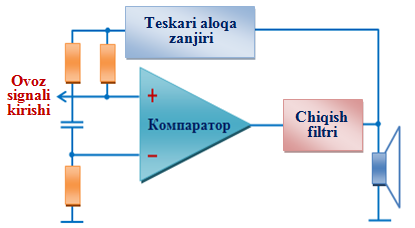
1. Avtogeneratsiyali kuchaytirgich (1.18- rasm).



1.18- rasm. Avtogeneratsiyali kuchaytirgich

1. Teskari aloqa signali chiqish filtridan keyin olinadigan kuchaytirgich (1.19- rasm).

Tashqi arrasimon kuchlanish generatorili kuchaytirgichlar аvtogeneratsiyali 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.



1.19- 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.

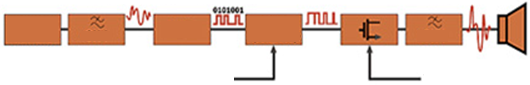
O‘z navbatida аvtogeneratsiyali turdagi kuchaytirgichlar ikkita nimguruhlarga bo‘linadi, ularda teskari aloqa chiqish filtrigacha va undan keyin tashkil etiladi. Teskari aloqa chiqish filtrigacha amalga oshiriladigan sxemalarda u faqat quvvatli komparatorning nochiziqliligini tuzatadi, chiqish filtri 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.

1.20- rasmda keltirilgan teskari aloqasiz kuchaytirgichning umumiy tuzilish sxemasini ko‘rib chiqamiz.

Raqamlashtirilgan signal audio protsessorga beriladi, u o‘z navbatida, kenglik-impulsli modulyatsiyalash (*PWM - Pulse Width Modulation*) yordamida yarim o‘tkazgichli kalitlarni boshqaradi. Qo‘shimcha aytish mumkinki, SHIM-signalni, masalan, arrasimon kuchlanishni analog-raqamli o‘zgartirishsiz komparator va generator yordamida olish mumkin. Bunday usul *D* sinfdagi kuchaytirgichlarda ham keng qo‘llanadi, lekin raqamli texnikaning rivojlanishi tufayli asta-sekin o‘tmishda qolmoqda. Analog-raqamli o‘zgartirish ovozga ishlov berish bo‘yicha qo‘shimcha imkoniyatlar – ovoz balandligi va tembrni rostlashdan tortib to reverberatsiya, shovqinni so‘ndirish, akustik teskari aloqani so‘ndirish va boshqalar kabi raqamli samaralarni amalga oshirishgacha imkoniyatlarni ta’minlaydi.



**Signal manbai**

**ARO’**

**OChF**

**PChF**

**Audio protssesor**

**Analog**

**Analog**

**Raqamli**

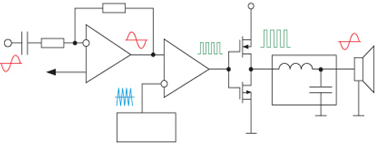
**KIM**

**+Uta’m**

**Balandlik Tembr Samaralar**

1.20- rasm. Raqamli kuchaytirgichning tuzilish sxemasi

***D*** sinfdagi ko‘priksimon kuchaytirgichning to‘liq tuzilish sxemasi 1.21- rasmda, uning vaqt diagrammalari esa 1.22- rasmda keltirilgan.



**Uс**

**Utayanch**

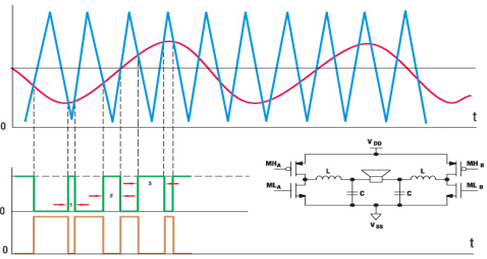
**Ug**

**UD0**

**Uchiq**

**Generator**

1.21- rasm. **D** sinfdagi ko‘priksimon kuchaytirgichning to‘liq tuzilish sxemasi



**Us**

**Ug**

**Us,**

**Ug**

**UKIM**

**+UKIM**

**-UKIM**

1.22- rasm. **D** sinfdagi ko‘priksimon kuchaytirgichning vaqt diagrammalari

Analog kuchaytirgichlardan farqli ravishda *D* sinfdagi kuchaytirgichlar chiqish signali to‘g‘ri burchakli shakldagi impulslar hisoblanadi. Ularning amplitudasi o‘zgarmas, davomiyligi (“kengligi”) esa kuchaytirgichning kirishiga beriladigan analog signalning amplitudasiga bog‘liq ravishda o‘zgaradi. Impulslar chastotasi (diskretlashtirish chastotasi) o‘zgarmas va kuchaytirgichlarga qo‘yiladigan talablarga bog‘liq ravishda bir necha o‘nlab kilogerslardan yuzlab kilogerslargachani tashkil etadi. Shakllantirilganidan keyin impulslar kalit rejimida ishlaydigan oxirgi tranzistorlarda kuchaytiriladi. Impulsli signalni analog signalga o‘zgartirish kuchaytirgich chiqishidagi filtrda yoki to‘g‘ridan-to‘g‘ri yuklamada bo‘lib o‘tadi.

**Nazorat savollari**

1. Kuchaytirgichlarning vazifasi va ishlash prinsipi.

2. Kuchaytirish qurilmalarining texnik ko‘rsatkichlarini sanab o‘ting.

3. Kuchaytirgichlarning *A* rejimda ishlashining o‘ziga xos xususiyatlari.

4. Kuchaytirgichlarning *V* rejimda ishlashining o‘ziga xos xususiyatlari.

5. Kuchaytirgichlarning *AV* rejimda ishlashining o‘ziga xos xususiyatlari.

6. Kuchaytirgichlarning *S* rejimda ishlashining o‘ziga xos xususiyatlari.

7. Kuchaytirgichlarning ***D*** rejimda ishlashining o‘ziga xos xususiyatlari.

8. Soddalashtirilgan kuchaytirgich sxemasining ishlash prinsipi.

9. Soddalashtirilgan kuchaytirgichni vaqt diagrammalarining shakllanishi.

10. *D* sinfdagi kuchaytirgichlarning afzalliklari va kamchiliklari.

**2. RADIOUZATISH QURILMALARI HAQIDA ASOSIY MA’LUMOTLAR**

**2.1. Radiouzatish qurilmalarining vazifasi**

Radiouzatish qurilmasi (RUQ) deb antennaga beriladigan va fazoda tarqaladigan yuqori chastotali (YuCh) va o‘ta yuqori chastotali (O‘YuCh) tebranishlarni generatsiyalash, quvvat bo‘yicha kuchaytirish va modulyatsiyalashga xizmat qiladigan **radiotexnik apparatlarga** aytiladi.

Uchta funksiyalar - generatsiyalash, kuchaytirish va modulyatsiyalash funksiyalari umumiy tushuncha – ma’lumotlarni tashiydigan tebranish tushuniladigan signalni shakllantirish bilan birlashtiriladi. Fazoga nurlantiriladigan bunday elektromagnit­ signal **radiosigna­l** deyiladi. Uchinchi funksiya – modulyatsiyalash dastlabki xabarni (masalan, nutq yoki televizion signalni) YuCh yoki O‘YuCh tebranishga yuklash jarayoni hisoblanadi.

Texnologik tomondan radiouzatish qurilmalari ma’lum elektr sxema bo‘yicha o‘zaro ulangan integral mikrosxemalar, tranzistorlar, diodlar, elektr vakuum asboblar, kondensatorlar, transforma­torlar va ko‘plab boshqa elementlar to‘plamidan iborat. Eng takomillashgan konstruksiyalar to‘lig‘icha yarim o‘tkazgichli gibrid va integral mikrosxemalardan tashkil topadi. Radiouzatichlar ma’lum radioelektron tizim doirasida ma’lumotlarni uzatish uchun xizmat qiladi. Ularga quyidagi tizimlar kiradi:

* ovoz va televizion radiouzatish tizimlari;
* yer usti vositalari yordamida radioaloqa, xususan, sotali radioaloqa tizimlari;
* global kosmik radioaloqa, televizion radiouzatish va radionavigatsiya tizimlari;
* turli xil ob’ektlarni radioboshqarish va radiotelemet­rik nazorat qilish tizimlari;
* olis masofali, o‘rta va yaqin ishlash radiusili radiolokatsion­ tizimlar.

Radioelektron tizimning vazifasiga bog‘liq ravishda radiouzatkichlarning lampali yoki yarim o‘tkazgichli turlari, YuCh yoki O‘YuCh diapazon radiouzatkichlari, uncha katta bo‘lmagan yoki oshirilgan quvvatli radiouzatkichlar, uzluksiz yoki impulsli rejimda ishlaydigan radiouzatkichlar qo‘llanadi.

O‘ziga xos piramida ko‘rinishida berilishi mumkin bo‘lgan radioelektron­ tizim tarkibida radiouzatkichning o‘rnini aniqlaymiz (2.1- rasm). Piramidaning pastki darajasini tranzistorlar, diodlar, kondensatorlar, integral mik­rosxemalar va boshqalarni o‘z ichiga oladigan elementlar asosi tashkil etadi. Ulardan bo‘g‘inlar tuziladi, bo‘g‘inlar funksional tugallangan zanjirlarga, ya’ni avtogenerator, chastota o‘zgartirgichi, modulyator, tebranishlar quvvati kuchaytirgichi, demodulyator, o‘ta yuqori chastotali, yuqori, oraliq va past chastota kuchaytirgichlari va boshqalar kabi kaskadlarga birlashtiriladi.

Navbatdagi daraja kam shovqinli O‘YuCh kuchaytirgich, signal modem-modulyator va demodulyatori, signalga ishlov berish bloki, YuCh yoki O‘YuCh tebranishlar quvvatini kuchaytirish bloki, radioqabul qilgichning chiziqli trakti, antenna-fider trakti va boshqalar kabi bloklar hisoblanadi. Piramidaning keyingi yuqori darajasi funksional tugallangan qurilmalar – turli radiotexnik tizimlar tarkibida mustaqil ishlaydigan radioqabul qilgichlar, radiostan­siyalar, radiolokatorlar, televizorlar va boshqalarni o‘ ichiga oladi. Qaralayotgan piramidaning aynan bu darajadasida radiouzatish qurilmalari joylashgan.

Qurilmalarda faqat integral mikrosxemalar qo‘llanganda uchta quyi darajalar bittaga birlashtiriladi.

**Tizim**

**Qurilmalar**

**Bloklar**

**kaskadlar**

**Bo’g’inlar**

**Elementlar asosi**

**Radiouzatkichlar**

2.1- rasm. Radioelektron­ tizim tarkibida radiouzatkichning o‘rnini aniqlash

**Radiouzatkichning vazifasi** foydalanadigan radiotexnik tizim orqali aniqlanadi va u uzatiladigan ma’lumot turiga bog‘liq. Shuning uchun ular radioaloqa, radioeshittirish, televizion, radiolokatsion, radioo‘lchov, radionavigatsion, radioboshqaruv va boshqa radiouzatkichlar turlariga bo‘linadi.

**2.2. Radiouzatish qurilmalarining tasniflanishi**

Radiouzatkichlar beshta asosiy belgilar – vazifasi, foydalanish ob’ekti, chastotalar diapazoni, quvvat va nurlanish turi bo‘yicha tasniflanadi.

**Foydalanish ob’ekti** radiouzatkichni o‘rnatish joyi orqali aniqlanadi va bu uning ishlatishi sharoitlariga ta’sir qiladi. Bu belgi bo‘yicha radiouzatkichlar yer ustida statsionar, samolyot, sun’iy yo‘ldosh, kema, ko‘chma, mobil radiouzatkichlarga ajratiladi.

**Chastotalar diapazoni** bo‘yicha RUlar radiochastotalar diapazonini qabul qilish bo‘yicha mos ravishda o‘ta uzun to‘lqinli, uzun to‘lqinli, qisqa to‘lqinli, ultra qisqa to‘lqinli, detsimetrli, santimetrli, millimetrli RUlarga ajratiladi.

Birinchi beshta diapazonlar uzatkichlari yuqori chastotali uzatkichlari umumiy nomi bilan, oxirgi uchta diapazonlar uzatkichlari o‘ta yuqori chastotali uzatkichlari umumiy nomi bilan birlashtiriladi. Shunday qilib, YuCh va O‘YuCh diapazonlar radiouzatkichlari orasidagi chegara 300 MGs chastota hisoblanadi. 300 MGs dan past chastotada uzatkich YuCh diapazonga, 300 MGs dan yuqori chastotada uzatkich O‘YuCh diapazonga kiradi.

Antennaga beriladigan **YuCh yoki O‘YuCh signal quvvati bo‘yicha** RUQlar uzluksiz rejimda quvvat nurlanishi bo‘yicha kichik - 10 Vt gacha, o‘rta - 10...500 Vt, katta - 500Vt…10 kVt, o‘ta katta - 10 kVt dan yuqori quvvatli RUlarga ajratiladi.

**Nurlanish turi bo‘yicha** uzatkichlar uzluksiz va impulsli rejimlarda ishlaydigan RUQlarga ajratiladi. Birinchi holda axborot uzatilayotganda signal uzluksiz, ikkinchi holda esa impulslar tarzida nurlantiriladi.

Radiouzatkichlar turini tavsiflash uchun u sanab o‘tilgan beshta razryadlardan qaysi turga kirishini ko‘rsatish kerak bo‘ladi. 2.1- jadvalda turli maqsadlardagi ayrim radiotizimlar va radiouzatkichlarning to‘lqinlar diapazonlariga bog‘langan turlari keltirilgan.

2.1-jadval

Turli maqsadlardagi ayrim radiotizimlar va radiouzatkichlarning to‘lqinlar diapazonlariga bog‘langan turlari

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Diapazonning nomi | To‘lqin uzunligi | Chastota | Tizim yoki radiouzatkichning vazifasi |
| Miriametrli (o‘ta uzun to‘lqinlar) | 100... 10 km | 3... 30 kGs | Olis masofadagi radionavigatsiya |
| Kilometrli (uzun to‘lqinlar) | 10... 1 km | 30... 300 kGs | Radioeshittirish |
| Gektometrli (o‘rta to‘lqinlar) | 1000... 100 m | 0,3…3 MGs | Radioeshittirish |
| Dekametrli (qisqa to‘lqinlar) | 100...10 m | 3...30 MGs | Radioeshittirish  Mobil radioaloqa Havaskorlik radioaloqasi (27 MGs diapazon) |
| Metrli  (ultra qisqa to‘lqinli) | 10 – 1 m | 30 - 300 MGs | UQT CHM eshittirish, televideniye, mobil radioaloqa, samolyot radioaloqasi |
| Detsimetrli *(L, S* diapazonlar) | 1 ...0,1 m | 0,3...3 GGs | Televizion uzatish  Kosmik radioaloqa va radionavigatsiya  Sotali radioaloqa Radiolokatsiya |
| Santimetrli (S, *X, K* diapazonlar) | 10... 1 sm | 3...30 GGs | Kosmik radioaloqa Radiolokatsiya  Radionavigatsiya Radioastronomiya |
| Millimetrli | 10... 1 mm | 30...300 GGs | Kosmik radioaloqa  Radiolokatsiya  Radioastronomiya |

**2.3. Radiouzatish qurilmalarining kaskadlari va qismlari**

Radiouzatkich alohida kaskadlar va bloklardan iborat bo‘lib, ulardan har biri ham mustaqil, ham butun qurilmaning boshqa qismlari bilan birga ishlaydi. Shuning uchun dastlab qaysi kaskadlar va bloklar radiouzatkich tarkibiga kirishi mumkinligi va ularning vazifasi nimadan iborat ekanligini ko‘rib chiqamiz.

Radiouzatkich quyidagi kaskadlar va qismlardan tashkil topgan (2.2- rasm):

- tebranishlar manbai;

- signalni quvvat bo‘yicha kuchaytirgich;

- chastota ko‘paytirgichi;

- chastota o‘zgartirgichi;

- bo‘lgichi;

- chastotaviy modulyator;

- fazaviy modulyator;

- polosali filtrlar;

- signallar quvvatlarini summatori (bo‘lgichi);

- moslashtirish qurilmasi;

- attenyuator;

- faza aylantirgich;

- ferritli bir yo‘nalishli qurilmalar (sirkulyatorlar va ventillar).

Turli ko‘rinishlardagi radiouzatkichlar mos ravishda kaskadlar va qismlar kombinatsiyasidan tashkil topadi.

Qo‘zg‘atkich talab qilinadigan stabillikli ishchi chastotalar to‘rini shakllantirish uchun xizmat qiladi. Ishchi chastotalar ko‘p bo‘lmaganida qo‘zg‘atkich «kvars-to‘lqin» prinsipi bo‘yicha quriladi, bu chastotalarning har biri o‘z kvarsli avtogeneratoriga ega bo‘ladi. Bir chastotadan ikkinchi chastotaga o‘tish elektron kommutator yordamida amalga oshiriladi.

**YuCh va O‘YyCh quvvatni kuchaytirish bloki**

**Chastota ko‘paytirgich**

**Qo‘zg‘atkich**

**AFT**

**Avtomatik**

**boshqarish**

**qurilmasi**

**Chastotaviy modulyator**

**Fazaviy modulyator**

**Amplitudaviy modulyator**

**Impulsli modulyator**

2.1- rasm. Radiouzatkichning tuzilish sxemasi

Ishchi chastotalar ko‘p bo‘lganida qo‘zg‘atkich raqamli sintezator hisoblanadi. Uning tarkibiga kvarsli tayanch avtogenerator, o‘zgaruvchan koeffitsientili bo‘lishli bo‘lgich (O‘KBB) va chastotani avtomatik sozlash qurilmasi kiradi. Bunday sintezator katta integral mikrosxema asosida bajarilishi mumkin.

Kvarsli avtogeneratorlar chastotasi yetarli darajada baland bo‘lmaydi. Shuning uchun radiouzatkich chastotasi bu qiymatdan katta bo‘lsa qurilmaga signal chastotasini talab qilinadigan songa oshiradigan chastota ko‘paytirgichi kiritiladi.

RUQ talab qilinadigan chiqish quvvatini olish ketma-ket ulangan YuCh generatorlar yoki tashqi qo‘zg‘atishli O‘YuCh generatorlar quvvatni kuchaytirish qismi yordamida amalga oshiriladi. Uzatkich chiqish quvvati bir elektron asbob quvvatidan ortiq bo‘lsa, chiqish kaskadida generatorlar quvvatlarini qo‘shish amalga oshiriladi.

RUQ chiqish kaskadi va antenna orasiga antenna-fider qurilmasi (AFQ) qo‘yiladi. AFQ tarkibiga RU yon nurlanishlarini so‘ndirish uchun filtr, tushadigan va qaytadigan to‘lqinlar asboblari va moslashtiruvchi qurilma kiradi. O‘YuCh diapazonida moslashtiruvchi qurilma o‘rnida odatda ferritli bir yo‘nalishli qurilmalar - ventil yoki sirkulyator qo‘llaniladi.

Chastotaviy modulyatsiya RUQ qo‘zg‘atkichida, fazaviy modulyatsiya qo‘zg‘atkichda yoki YuCh ko‘paytirgichlarda va kuchaytirgichlarda, amplitudaviy va impulsli modulyatsiya esa YuCh kuchaytirgichlarda amalga oshiriladi.

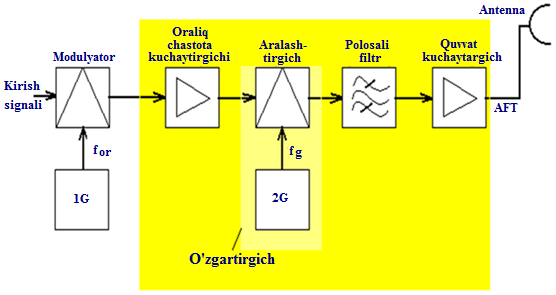
Avtomatik boshqarish qurilmasi yordamida RUQ parametrlarini avtomatik stabillash (birinchi navbatda quvvatni va temperaturaviy rejimni), normal ekspluatatsiya sharoitlari buzilganda himoya (masalan, antenna uzilganida) va boshqarish (o‘chirish-yoqish, chastota bo‘yicha qayta sozlash) amalga oshiriladi.

**2.4. Radiouzatkichning ishlash prinsipi**

Radiouzatkichning soddalashtirilgan tuzilish sxemasi 2.3- rasmda keltirilgan. Kirish signali modulyator kirishiga beriladi va u takt generatorida ishlab chiqilgan oraliq chastota (*f*och) tebranishini modulyasiyalaydi.

Uzatkichning Oraliq chastota kuchaytirgichida kuchaytirilganidan keyin modulyatsiyalangan OCh signali aralashtirgichga beriladi, uning ikkinchi kirishiga uzatkichning geterodinidan YuCh signal beriladi.

Aralashtirgich va geterodin chastota o‘zgartirgichini tashkil etadi, u yordamida signalning spektrini uzatkichning ishchi chastotalari diapazoniga (masalan, O‘YuCh diapazonga) o‘tkazish amalga oshiriladi.



2.3- rasm.RUQning soddalashtirilgan tuzilish sxemasi

Aralashtirgichning chiqishida polosali filtr yordamida ***|****fOCh +fGet****|*** yoki ***|****fOCh -fGet****|*** chastotali o‘zgartirilgan signal ajratib olinadi.

O‘zgartirilgan signal quvvat kuchaytirgichida kuchaytirilganidan keyin antenna-fider qurilmasi orqali uzatish antennasiga beriladi.

Uzun, o‘rta va qisqa to‘lqinlarda ishlaydigan radiouzatkichlarda odatda amplitudaviy modulyatsiyalash ishlatiladi. UQT va O‘YuCh radiouzatkichlarida chastotaviy va fazaviy modulyatsiyalash qo‘llaniladi.

**Nazorat savollari**

1. Uzatkichning vazifasi nima?

2. Radioaloqada to‘lqinlar qaysi diapazonlarga bo‘linadi?

3. Quvvat bo‘yicha radiouzatkichlar qanday turlarga bo‘linadi?

4. Uzatkichning kaskadlarini sanab o‘ting.

5. Uzatkichning bloklarini sanab o‘ting.

6. RUQning tuzilish sxemasini tushuntiring.

7. RUQning soddalashtirilgan tuzilish sxemasini tushuntiring.

8. Uzatkichlarda quvvatlarni qo‘shish va bo‘lish nima uchun kerak?

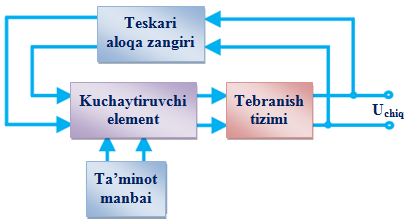
9. Uzun, o‘rta va qisqa to‘lqinli diapzonlarda ishlaydigan radiouzatkichlarda qanday modulyatsiyalash ishlatiladi?

10. UQT va O‘YuCh radiouzatkichlarida qanday modulyatsiyalash ishlatiladi?

**3. YUQORI CHASTOTALI VA O‘TA YUQORI CHASTOTALI TEBRANISHLARNI UMUMIY GENERATSIYALASH PRINSIPLARI**

**3.1. Yuqori chastota va o‘ta yuqori chastota generatorlarning vazifasi va tuzilish sxemalari**

Generatorlarning asosiy vazifasi o‘zgarmas tok manbai energiyasini YuCh va O‘YuCh tebranishlarga o‘zgartirishidan iborat. Eng oddiy generatorning tuzilish sxemasi 3.1- rasmda keltirilgan.



3.1- rasm. Eng oddiy generatorning tuzilish sxemasi

Sxema kuchaytiruvchi element (KE, tranzistor), uning yuklamasi tebranish konturi, teskari aloqa zanjiri (TAZ) va kuchlanish manbaidan iborat. Konturdagi kuchlanishning qismi TAZ orqali KEning kirishiga beriladi. Bu kuchlanish kuchaytiriladi va yana tebranish tizimiga beriladi. Bu kuchlanish kuchaytirilganidan keyin konturdagi yo‘qotishlarni kompensatsiyalash uchun yetarli bo‘lishi kerak. Bundan tashqari, TAZ KEning kirishiga beriladigan tebranishlar fazasining shunday surilishini ta’minlashi kerakki, bunda kontur o‘z vaqtida, ya’ni unda tebranish bo‘lmaydigan taktda energiyani olishi kerak.

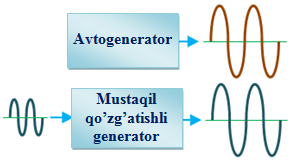
Ko‘rsatilgan shartlar bir vaqtda bajarilganida qurilma so‘nmaydigan tebranishlarni hosil qiladi (generatsiyalaydi), ya’ni avtogenerator sifatida ishlaydi.

**3.2. Yuqori va o‘ta yuqori chastota generatorlarning tasniflanishi**

Generatorlar quyidagi ikki asosiy turlarga bo‘linadi (3.2- rasm):

1) avtogeneratorlar;

2) tashqi qo’zg‘atishli generatorlar



3.2- rasm. Generatorlarning turlari

YuCh va O‘YuCh generatorlarni quyidagi tarzda tasniflash mumkin:

- rezonans tizimlarning turi bo‘yicha;

- kechiktiruvchi tizimlarning turi bo‘yicha;

- O‘YuCh uzatkichlarida chastota va fazani stabillash bo‘yicha:

* yuqori asllikli rezonatorlar yordamida chastotani stabillash;
* O‘YuCh diapazonda chastota va fazani avtomatik qayta sozlash;
* sinxronlashtirish yo‘li bilan chastotani stabillash;

- ishlatiladigan kuchaytirish elementining turi bo‘yicha:

* triodlar va tetrodlardagi generatorlar;
* klistronlardagi generatorlar;
* magnetronlardagi generatorlar, ular o‘z navbatida, stabillangan magnetronlar va chastota qayta sozlanadigan magnetronlarga bo‘linadi;
* M-turdagi va O-turdagi yugurma to‘lqin lampalaridagi generatorlar;
* yarim o‘tkazgichli asboblardagi generatorlar, O‘YuCh tranzistorli generatorlar, Gann diodlaridagi generatorlar, ko‘chkisimon diodlardagi generatorlar.

- quvvat bo‘yicha:

* past quvvatli;
* o‘rta quvvatli;
* katta quvvatli.

- ekspluatatsion talablar bo‘yicha:

* harorat bo‘yicha diapazonni kengaytirish
* tirashga, zarbga barqarorlikni oshirish.

**3.3. Yuqori va o‘ta yuqori chastota generatorlarning ishlash prinsipi**

YuCh va O‘YuCh generatorlarning ishlash prinsipi dinamik boshqariladigan elektronlar oqimlarili rezonans va sekinlashtiruvchi tizimlar elektromagnit tebranishlarining o‘zaro ta’sirlashishiga asoslangan, bu detsimetrli, santimetrli va millimetrli diapazonlarda yaxshi ishlaydigan magnetronli va klistronli generatorlar, yugurma (to‘g‘ri) to‘lqin va teskari to‘lqin lampalaridagi generatorlarni yaratilishiga olib keldi.

Qattiq jismda vujudga keladigan fizik samaralar (tunnel, Gann samarasi) va ko‘chkili hodisalar hozirda takomillashayotgan va kelajakda istiqbolli bo‘lgan yarim o‘tkazgichli generator diodlarning yangi turlarini yaratishga imkon berdi.

O‘YuCh diapazonda generatsiyalanadigan tebranishlar davri elektrodlararo oraliqlarda elektronlarning uchib o‘tish vaqtiga teng bo‘lib qoladi (elektronlar inertsion xossalarni namoyon qiladi), asbobning o‘z sig‘imlari va induktivliklarining salbiy ta’siri keskin ortadi, uning o‘lchamlari generatsiyalanadigan tebranishlarning uzunligiga teng bo‘lib qoladi, bularning barchasi ko‘p jihatdan O‘YuCh asboblarning o‘ziga xosligini aniqlaydi.

Elektrodlararo bo‘shliqda elektron harakatlanganida uning energiyasidan hosila quyidagicha:

bu yerda *W* – elektronning to‘liq energiyasi, ya’ni kinetik va potensial energiyalar yig‘indisi;

*U* – elektr maydon potensiali;

*e*=1,6·10-19 Kl – elektron zaryadi.

Past chastotalarda qiymat kichik, nolga yaqin, uning to‘liq energiyasi o‘zgarmaydi, O‘YuCh diapazonda qiymat noldan sezilarli farqlanadi va elektronning to‘liq energiyasi ham kinetik energiyaning o‘zgarishi (tezlashishi, sekinlashish), ham potensial energiyaning o‘zgarishi hisobiga o‘zgarishi mumkin, ya’ni elektronlar o‘z kinetik va potensial energiyasini elektromagnit maydonga berishi mumkin.

PCh asboblarda elektron oqim yo‘lida tezkor lokal joylashgan tirqish hosil bo‘ladi, u juda kichik energiya sarfi yo‘li bilan elektronlar oqimining zichligini rostlaydi, bunda boshqarish davri elektronlarning uchib o‘tish vaqtidan katta bo‘ladi, shuning uchun bunday boshqarish statik boshqarish deyiladi, chastotaning ortishi bilan bu shart buziladi va bu yo‘lni amalga oshirib bo‘lmaydi. O‘YuCh asboblarda dinamik boshqarish ishlatiladi. Bu jarayon ma’lum vaqtda davom etadi va har doim ham lokal xarakterga ega bo‘lavermaydi, elektronlarning inertligidan esa bu yerda ijobiy omil sifatida foydalaniladi. Bunda elektron oqimni asboblar tebranish tizimlarining elektromagnit maydoni bilan o‘zaro ta’sirlashishi va tezlik bo‘yicha oqimni modulyatsiyalash bo‘lib o‘tadi, bu zichlik bo‘yicha uni modulyatsiyalashga olib keladi (3.3b- rasm).

O‘YuCh elektron asboblarda elektronlar energiyasini elektromagnit maydonga uzatish elektronlarning harakatlanishi trayektoriyasiga urinma bo‘lgan maydonning elektr tashkil etuvchisi bilan elektron oqimning o‘zaro ta’sirlashishi natijasida bo‘lib o‘tadi.

Elektronlar va maydon orasida energiyani samarador almashlash uchun o‘zaro ta’sirlashish zonasida bo‘lgan elektronlar doimo maydon orqali sekinlashtirilishi zarur. Buning uchun, o‘z navbatida, zichlik bo‘yicha notekis (modulyatsiyalangan) elektron oqimni hosil qilish va asbobda ham fazo bo‘yicha, ham vaqt bo‘yicha kerakli “sekinlashtiruvchi” fazaviy nisbatlarni ta’minlash zarur.

Zichlik bo‘yicha notekis (modulyatsiyalangan) elektron oqimni hosil qilish prinsipial shart hisoblanadi, chunki bir tekis oqimda umumiy energetik balans (elektronlardan energiyani O‘YuCh-maydonga va aksincha uzatish) nolga teng bo‘ladi. Zichlik bo‘yicha modulyatsiyalangan va ma’lum tuzilmaga ega bo‘lgan elektromagnit oqimni hosil qilish oqimni guruhlashtirish yoki fazaviy fokuslash deyiladi. Guruhlashtirish mexanizmi asboblarning ishlash prinsipi va tasniflanishini aniqlaydi va ularning ishlashi asosida yotadi. Modulyatsiyalangan oqim elektronlarning harakatlanadigan yig‘indisidan iborat bo‘ladi. Agar oqim va O‘YuCh maydon orasida fazaviy nisbatlar elektronlar yig‘indilari o‘zining harakatlanishida sekinlashtiruvchi maydon ta’sir qiladigan bo‘shliqning o‘sha joylarida va o‘sha vaqtlarida bo‘lishi ta’minlansa, u holda umumiy energetik balans musbat bo‘ladi va elektronlar energiyasi elektromagnit tebranishlar energiyasiga o‘zgaradi (3.3-rasm).

**Elektronlar oqimi**

**V0**

а)

**V0**

**В**

b)

**Elektronlar oqimi**

**S**

**S**

**S**

**Elektronlar oqimi**

**+**

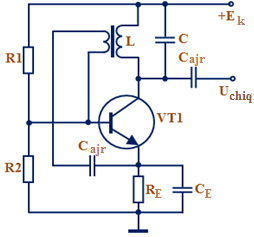
**V0**

3.3- rasm. Fokuslovchi magnit maydon bo‘lganida (a) va bo‘lmaganidagi (b) elektron oqim, elektr maydon fokuslaydigan to‘liq elektron oqim (v)

Elektronlar O‘YuCh maydon bilan faqat oqimning ma’lum oraliqlarida (klistronlardagi kabi) yoki uni uzunligining katta qismida (yugurma to‘lqin lampalaridagi kabi) o‘zaro ta’sirlashishi mumkin. O‘YuCh tebranishlar RT rezonans tizimlar yoki ST sekinlashtiruvchi tizimlarda hosil qilinadi. Bunda elektron oqim RT va ST orqali elektronlarning harakatlanish trayektoriyasiga urinma elektr maydon O‘YuCh tashkil etuvchisi maksimal qiymatga ega bo‘ladigan joylardan o‘tadi. RT elektronlar oqimini elektromagnit maydon bilan lokal va nisbatan qisqa vaqtli o‘zaro ta’sirlashini, ST esa taqsimlangan va uzoq vaqtli o‘zaro ta’sirlashini ta’minlaydi va ravshanki, energiya almashinuvining optimal sharti elektronlarning o‘rtacha harakatlanish tezligi va ishlatiladigan to‘lqin turining fazaviy tezligini deyarli tengligi hisoblanadi. Bu shart sinxronizm sharti deyiladi.

**3.4. Bipolyar tranzistordagi generator**

Bipolyar tranzistordagi generatorning sxemasi 3.4- rasmda keltirilgan.



3.4- rasm. Bipolyar tranzistordagi generator: tebranish tizimi – *LC*, kuchaytiruvchi element –VT, teskari aloqa elementlari - *W1* va *Sajr*

Teskari aloqa signali rezonans konturining ikkilamchi cho‘lg‘amidan olinadi va ajratuvchi kondensator orqali tranzistorning bazasiga beriladi, bu bilan yig‘indi fazaviy surilishni tengligini (fazalar balansini) ta’minlaydi. Amplitudalar balansini ta’minlash uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

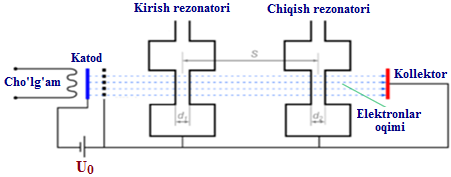
(3.1)

Generatsiyalanadigan tebranishlarning chastotasi tebranish konturining rezonans chastotasiga yaqin bo‘ladi:

(3.2)

**3.5. Klistronli generator**

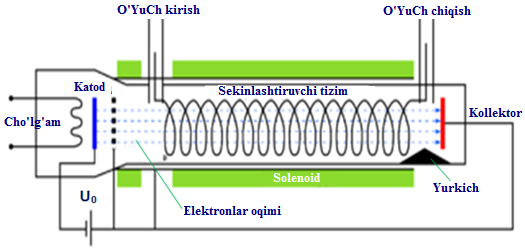
Klistron faqat O‘YuCh diapazonda ishlatiladi. Unda ikki rezonator bo‘lib, kirish rezonatoriga qo‘zg‘atish signali beriladi, chiqish rezonatoridan esa quvvat bo‘yicha kuchaytirilgan signal olinadi (3.5- rasm).



3.5- rasm. Klistrondagi generator

**3.6. O-turdagi yugurma to‘lqin lampasidagi generator**

O‘YuCh elektromagnit tebranishlarni generatsiyalash va kuchaytirish uchun yugurma elektromagnit to‘lqin va bir yo‘nalishda haraktlanadigan elektron oqimning o‘zaro ta’sirlashishi ishlatiladigan elektrovakuum asbob hisoblanadi. Yugurma to‘lqin lampasining (YuTL) ishlash prinsipi elektron oqimning yugurma elektromagnit to‘lqin bilan o‘zoq vaqt o‘zaro ta’sirlashishi mexanizmiga asoslangan. 3.6- rasmda YuTLning tuzilishi sxematexnik tasvirlangan. Elektron to‘p ma’lum kesimli va intensivlikli elektron oqimni shakllantiradi. Elektronlar tezligi tezlashtiruvchi kuchlanish orqali aniqlanadi. Bo‘ylama magnit maydonni hosil qiladigan fokuslovchi tizim yordamida sekinlashtiruvchi tizim bo‘ylab butun yo‘lda oqimning zarur ko‘ndalang kesimi ta’minlanadi. YuTLda elektron to‘p, spiralli sekinlashtiruvchi tizim va kollektor metall-shisha yoki metall ballonda, fokuslovchi solenoid esa tashqarida joylashadi.



3.6- rasm. O-turdagi yugurma to‘lqin lampasi

Spiral O‘YuChda kichik yo‘qotishlarga va yaxshi issiqlik o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lishi kerak bo‘ladigan dielektrik sterjenlar orasiga mahkamlanadi. So‘nggi talab o‘rta va katta chiqish quvvatili lampalar uchun muhim, bunda spiral elektronlarning o‘tirishi tufayli qiziydi va spiralning kuyib qolmasligi uchun bu issiqlikni chiqarib yuborish kerak bo‘ladi.

Sekinlashtiruvchi tizimning kirishi va chiqishida uni uzatish liniyalari bilan moslashtirish uchun maxsus qurilmalar mavjud. Kirishga O‘YuCh signal beriladi, u asbobda kuchaytiriladi va chiqishdan yuklamaga uzatiladi. Lampaning butun kuchaytirish polosasida yaxshi moslashtirishni olish qiyin. Shuning uchun sekinlashtiruvchi tizimning uchlarida elektromagnit to‘lqinning qaytishi tufayli ichki teskari aloqani vujudga kelishi xavfi mavjud bo‘ladi, bunda YuTL o‘zining kuchaytirish funksiyalarini bajarmasligi mumkin. O‘z-o‘zidan qo‘zg‘alishning oldini olish uchun yutgich kiritiladi, u yutuvchi keramikadan sterjen ko‘rinishida yoki yutuvchi yupqa qatlamlar ko‘rinishida bajarilishi mumkin.

Spiral ichkarisida katoddan kollektorga *ve* tezlikli zaryad tashuvchilar elektronlar harakatlanadi. Vektori spiral bo‘ylab yo‘nalgan elektromagnit to‘lqinning *vf*fazaviy tezligi yorug‘lik tezligidan o‘n barobar kam bo‘ladi. Bunda quyidagi *ve = vf* tenglikka erishiladi, shunga ko‘ra elektronlar oqimini tarqalishi bo‘yicha o‘z energiyasini orttiradigan va to‘g‘ri yo‘nalishida harakatlanadigan elektromagnit to‘lqin bilan o‘zaro ta’siri amalga oshadi. Quvvat bo‘yicha kuchaytirilgan O‘YuCH signal spiral oxirining qarama – qarshi kirishidan olinadi.

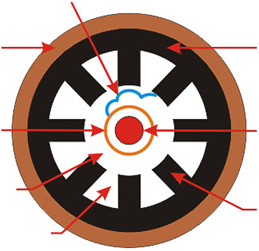
**3.7. Magnetron yoki M-turli asboblar**

**Magnetron** bu o‘zgarmas magnit maydon o‘zgarmas elektr maydonga perpendikulyar bo‘ladigan bo‘shliqda elektronlar oqimini O‘YuCh maydonning elektr tashkil etuvchisi bilan o‘zaro ta’sirlashishida mikroto‘lqinlarni generatsiyalaydigan quvvatli elektron asbob hisoblanadi.

Magnetronlar ham qayta sozlanmaydigan, ham uncha katta bo‘lmagan chastotalar diapazonida (odatda 10% dan kichik) qayta sozlanadigan bo‘lishi mumkin. Chastotani sekin qayta sozlash uchun qo‘l orqali harakatga keltiriladigan mexnizmlar, tez qayta sozlash (sekundiga bir necha minglab qayta sozlashlar) uchun esa rotatsion va vibratsion mexanizmlar ishlatiladi.

Magnetronlar o‘ta yuqori chastota generatorlari kabi zamonaviy radiolokatsion texnikada (ularni aktiv fazalashtirilgan antenna panjaralari surib chiqarayotgan bo‘lsada) keng ishlatiladi.

*Rezonans magnetron* devorlarida hajm rezonatorlari rolini bajaradigan o‘yilgan ariqchalarli yo‘g‘on devorli metal silindr bo‘lgan anod blokidan tashkil topgan. Rezonatorlar halqali tebranish tizimini hosil qiladi. Anod blokiga silindrik katod mahkamlanadi. Katodning ichiga qizdirgich joylashtiriladi. Asbobning o‘qiga parallel magnit maydoni tashqi magnitlar yoki elektromagnit orqali hosil qilinadi (3.7- rasm).



**Anod**

**Qizdirgich**

**Rezonator**

**Rezonator ariqchasi**

**Ishchi soha**

**Katod**

**Doimiy magnit**

**Elektronlar harakati trayektoriyasi**

3.7- rasm. Magnetronning konstruksiyasi

O‘YuCh energiyani chiqarish uchun rezonatorlardan biriga mahkamlangan simli halqa yoki silindrdan tashqariga rezonatorning tirqishi ishlatiladi.

Magnetronning rezonatorlari halqali tebranish tizimini hosil qiladi, ular atrofida elektronlar oqimi va elektromagnit to‘lqinning o‘zaro ta’sirlashishi bo‘lib o‘tadi. Bu tizim halqali konstruksiyasi tufayli berk ekan, u holda uni faqat tebranishlarning ma’lum turida qo‘zg‘atish mumkin bo‘ladi, ularda *π*-tur muhim ahamiyatga ega. Tizimning bir necha rezonans chastotalari orasida (N rezonatorlarda tizimda 1 dan N/2 gacha diapazondagi turg‘un to‘lqinlarninng istalgan soni bo‘lishi mumkin) ko‘pincha tebranishlarning *π*-turi ishlatiladi, bunda yonma-yon rezonatorlardagi fazalar *π* ga farqlanadi.

**Nazorat savollari**

1.YuCh va O‘YuCh generatorlarning vazifasi nimadan iborat?

2. YuCh va O‘YuCh generatorlarning tuzilish sxemasini tushuntiring.

3. Tebranish tizimi sifatida nima ishlatiladi?

4. Generatorlar qanday turlarga bo‘linadi?

5. Avtogenerator nima?

6. Mustaqil qo’zg‘atishli generatorning ishlash prinsipini tushuntiring.

7. Bipolyar tranzistordagi generatorning ishlash prinsipini tushuntiring.

8. Klistronli generatorning ishlash prinsipini tushuntiring.

9. O-turdagi yugurma to‘lqin lampasi ishlash prinsipini tushuntiring.

10. Magnetron yoki M-turli asboblar ishlash prinsipini tushuntiring.

**4. UZATKICHLARDA CHASTOTANI AVTOMATIK QAYTA SOZLASH USULLARI**

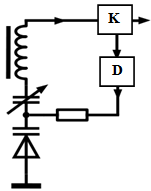
**4.1. Chastotani avtomatik qayta sozlashning vazifasi va tasniflanishi**

Turli maqsadlardagi zamonaviy radiotexnik qurilmalar va radioboshqarish tizimlarida radioavtomatika (RA) tizimlari deyiladigan avtomatik tizimlar keng qo‘llaniladi. Ularga chastotani fazaviy va chastotaviy avtomatik qayta sozlash qurilmalari, kuchaytirishni avtomatik rostlash qurilmalari, harakatlanayotgan ob’ektlarning koordinatalarini o‘lchash tizimlari, masofani o‘lchagichlar, turli qidirish filtrlari va boshqalari kiradi.

RA tizimlarini alohida sinfga ajratish turli halaqitlar ta’sirida radiosignalning parametrlariga ishlov berish amalga oshiriladigan radiotexnik qurilmalar va radioboshqarish tizimlari tarkibida ishlash sharoitlariga bog‘liq bo‘lgan ularning o‘ziga xos xususiyatlari orqali asoslanadi.

RA tizimlarining ishlash ishonchliligi va sifati ko‘p jihatdan radioapparaturalar va radioboshqarish tizimlarining xarakteristikalarini aniqlaydi. Chastotani avtomatik qayta sozlash tizimlari radioqabul qilish qurilmalarida, harakatlanadigan ob’ektlar tezligini o‘lchash dopler tizimlarida, signallar chastotaviy seleksiyalash qurilmalarida qo‘llanadi.

**Chastotani avtomatik qayta sozlash** (**ChAQS**) bu generator elektr tebranishlarining zarur chastotasini avtomatik o‘zgartirish yoki saqlash qurilmasi yoki usuli hisoblanadi. Usul teskari aloqa zanjiridan chastotaning farqi haqidagi ma’lumotlar bo‘yicha generatorning chastotasini avtomatik qo‘shimcha rostlashdan iborat. Bu bilan chastota bo‘yicha manfiy teskari aloqa amalga oshiriladi. Chastota bo‘yicha farq signali radiotexnik qurilmada berilgan chastotadagi generatorning joriy chastotasi va uni tayanch chastotasi, masalan, signalning tashuvchi chastotasi bilan taqqoslashdan foydalanish bilan olinadigan signalning turli xarakteristikalari bo‘yicha diskriminator orqali ishlab chiqariladi (4.1- rasm). Generatorning chastotasi zarur chastotadan qurilma tarkibiga kiradigan elektron komponentlar nominallarining harorat bo‘yicha dreyfi, generatorning chastotasini noaniq (masalan, diskret) o‘rnatilishi yoki dopler surilishi (sun’iy yo‘ldosh va kosmik apparatlardan signallarni qabul qilish tizimlarida) tufayli farqlanishi mumkin.



K – kuchaytirgich, D – [diskriminator](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%BA%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)&action=edit&redlink=1)

4.1- rasm. Varikapdan foydalanish bilan qabul qilishda chastotani avtomatik qayta sozlash sxemasi

Chastotaviy diskriminator nosozlanish ishorasiga bog‘liq bo‘ladigan qutbli farq kuchlanishini olish uchun xizmat qiladi. Bu kuchlanishning qiymati nosozlanish qiymatiga proporsional bo‘ladi. Agar chastota bo‘yicha nosozlanish qiymati qamrab olish zonasidan katta bo‘lmasa, qabul qilgich geterodini chastotasini qayta sozlash amalga oshiriladi. Agar chastota bo‘yicha nosozlanish qiymati qamrab olish zonasidan katta bo‘lsa, u holda qabul qilgich geterodini chastotasini qayta sozlash amalga oshirilmaydi. Chastotaning istalgan nosozlanishlarida ChAQS tizimining ishlashi uchun geterodinning chastotasini boshqaradigan sxemaga zondlash impulslarining kelishi davrili signalni “qidirish” arrasimon kuchlanishi beriladi. Aralashtirgich chiqishidagi oraliq chastota qiymati ChAQS qamrab olish zonasiga tushadigan tarzda geterodin chastotasi o‘rnatilishi bilan boshqarish sxemasi kirishidagi kuchlanish xotirada saqlanadi va ChAQS tizimi ishlay boshlaydi.

Mavjud ChAQS tizimlarini quyidagi belgilar bo‘yicha tasniflash mumkin:

a) diskriminatorning turi bo‘yicha:

• chastota bo‘yicha avtomatik qayta sozlash tizimi;

• faza bo‘yicha avtomatik qayta sozlash tizimi;

b) parametr bo‘yicha:

• farq chastotasini avtomatik qayta sozlash tizimi;

• chatotaning absolyut qiymatini stabillash tizimi;

c) boshqarish turi bo‘yicha:

• elektron;

• elektr;

d) stabillanadigan parametrni sozlash usuli bo‘yicha:

• kuzatib boruvchi;

• qidiruvchi;

e) chastota etaloni bo‘yicha:

• aktiv etalonli (kvarsli);

• passiv etalonli (rezonans tizimlar).

**4.2. ChAQS sxemotexnikasi**

Odatda ChAQS tizimlariga kuchlanish bilan boshqariladigan generator (KBG), chastotaviy diskriminator kiradi. Chastotaviy diskriminator sifatida odatda [fazaviy detektor](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80) va qo‘shimcha generatordan, masalan, chastota bo‘yicha yuqori stabil generatordan olinadigan tayanch signali manbai ishlatiladi. Radioqabul qilishda tayanch signali manbai sifatida maxsus sxema ajratadigan qabul qilinadigan signalning tashuvchi chastotasi ishlatiladi.

Deyarli har doim fazaviy detektorga generatorlar signallarining o‘zini emas, balki generatorlar chastotalarini chastotalar bo‘lgichlari yoki ko‘paytirgichlari orqali bo‘lish yoki ko‘paytirish natijasida olinadigan chastotali signallar beriladi. Bu usul kerakli koeffitsientlarga ko‘paytirilgan chastotalarni qo‘shish va ayirishga imkon beradi va masalan, chastotalar sintezatorlarida qo‘llanadi.

Fazaviy detektor kirishiga KBG signallari va tayanch chastotasi signali beriladi. Fazaviy detektor kirishida signallar chastotalari og‘ganida fazaviy detektor past chastotalar filtri orqali KBGga beriladigan signallar fazalari farqiga proporsional bo‘lgan kuchlanishni ishlab chiqaradi. Bu bilan teskari aloqa zanjiri tutashadi va KBG chastotasi tayanch chastotasi bo‘yicha sozlanadi.

ChAQS zamonaviy elektronikada keng qo‘llanadi, jumladan:

* [AM](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D1%82%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F) va [ChM](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F) signallarni demodulyatsiyalash;
* tonal signallarni dekodlash;
* turli elektr dvigatellarning, masalan, diskli to‘plagichlar yuritmalaridagi dvigatellarning aylanish chastotasini stabillash va boshqarish;
* [o‘lchash](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B1%D0%BE%D1%80) asboblarida, masalan, [chastota o‘lchagichlarda](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80);
* chastota [sintezatorlarida va h.k.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82).

Chastotani avtomatik qayta sozlash maishiy radioqabul qilgichlarning, shu jumladan televizion qabul qilgichlarning kirish kaskadlarida keng qo‘llanadi va odatda uncha katta bo‘lmagan diapazonda geterodin chastotasini avtomatik o‘zgartirishdan (GChAO‘) iborat. Geterodin chastotasi signalni sifatli qabul qilish uchun zarur qiymatdan o‘zgarganida (masalan, haroratning o‘zgarishi keltirib chiqaradigan) GChAO‘ geterodinga beriladigan boshqarish signalini geterodinning chastotasi eng yaxshi qabul qilishga mos keladigan tarzda o‘zgartiradi.

Televizion qabul qilgichlarda ham satr bo‘yicha yoyish chastotasi va fazasini videosignalning sinxronlashtiruvchi impulslari bilan avtomatik qayta sozlash ishlatiladi.

ChAQS tizimlari ikkita turlarga ajratiladi:

* chastotani chastota bo‘yicha avtomatik qayta sozlash tizimlari – ChChAQS;
* chastotani faza bo‘yicha avtomatik qayta sozlash tizimlari – ChFAQS.

ChAQS tizimining funksional va umumlashtirilgan sxemasi 4.2- rasmda keltirilgan ko‘rinishga ega bo‘ladi.

4.3- rasm ChAQS tizimini umumlashtirilgan boshqarish sxemasi ko‘rinishida tasvirlanishiga mos keladi. Bu yerda boshqarish ob’ekti boshqariladigan generator (BG) hisoblanadi. O‘lchash elementining tarkibiga Ar, OChK, ChD kiradi. OChK funksiyasini elektr signallarni boshqariladigan generator chastotasining o‘zgarishiga o‘zgartiradigan kuchaytiruvchi element (KE) bajaradi.

**Аr**

**OCK**

**ChD**

**PChF**

**BE**

**BG**

***Ug(t)***

***Us(t)***

Ar - aralashtirgich; OChK – oraliq chastota kuchaytirgichi; ChD - chastotaviy diskriminator (istalgan chastotaviy detektor sxemasi bo‘yicha yig‘ilishi mumkin); PChF – past chastotalar filtri; UE – boshqaruvchi element; BG - boshqariladigan generator

4.2- rasm. ChAQS tizimining funksional sxemasi

**ChD**

**PChF**

**КE**

**Rostlagich**

***Us, Ikir***

**Аr**

**OCK**

**O’E**

**BG (ОК)**

***Itа***

***Iboshq***

4.3- rasm. ChAQS tizimining umumlashtirilgan sxemasi

Aralashtirgichning kirishiga

(4.1)

chastotali *UC*  signal va boshqariladigan generator chiqishidan

(4.2)

chastotali *UG*  kuchlanish beriladi.

**Chastotani faza bo‘yicha avtomatik qayta sozlash** (**ChFAQS**, [ingl.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *PLL* ) – boshqariladigan generatorning fazasini u tayanch signalining fazasiga teng bo‘ladigan yoki vaqtga bog‘liq ma’lum funksiyaga farqlanadigan tarzda rostlaydigan avtomatik rostlash tizimi hisoblanadi. Rostlash manfiy teskari aloqaning mavjudligi tufayli amalga oshiriladi. Boshqariladigan generatorning chiqish signali fazaviy detektorda tayanch signali bilan taqqoslanadi, taqqoslash natijasi boshqariladigan generatorni qayta sozlash uchun ishlatiladi.

ChFAQS tizimi chastotaviy [modulyatsiyalash va](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F) demodulyatsiyalash, chastotani ko‘paytirish va o‘zgartirish, chastotaviy filtrlash, kogerent detektorlash uchun tayanch kuchlanishini ajratish va boshqa maqsadlar uchun ishlatiladi.

ChFAQS tizimi kirish va tayanch signallarining fazalarini taqqoslaydi va bu fazalar orasidagi farqqa mos xatolik signalini chiqaradi. Xatolik signali keyin past chastotalar filtridan o‘tadi va manfiy tesari aloqani ta’minlaydigan kuchlanish bilan boshqariladigan generator (KBG) uchun boshqarish signali sifatida ishlatiladi. Agar chiqish chastotasi tayanch signalidan farqlansa, u holda xatolik signali KBGga xatolikni kamaytirish tomonga ta’sir etish bilan ortadi. Muvozanat holatida chiqish signali tayanch signali chastotasida qayd etiladi (4.4- rasm).

ChFAQS radiotexnika, telekommunikatsiya, kompyuterlar va boshqa elektron qurilmalarda keng ishlatiladi. Bu tizim o‘zgarmas chastota signalini generatsiyalashi, shovqinlashgan kommunikatsion kanaldan signalni qayta tiklashi yoki [mikroprotsessorlar](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%80), YaO‘MIS va boshqalar kabi raqamli mantiqiy sxemalarda sinxronlashtirish signallarini taqsimlashi mumkin. Binobarin, integral sxemada ChFAQS blokini to‘liq yig‘ish mumkin, bu usul ko‘pincha gersning ulushlaridan ko‘plab gigagerslargacha chiqish chastotalarili zamonaviy eletron qurilmalarda ishlatiladi.

**Takt generatori**

**Fazalarni taqqoslash**

**Past chastotalar filtri**

**Kuchlanish boshqaradigan generator**

**Chastotani bo‘lgich**

4.4- rasm. ChFAQSning tuzilish sxemasi

ChFAQS qurilmasi ham analog, ham raqamli sxemada yig‘ilishi mumkin. Har ikkala usul bir xil tuzilish sxemasiga ega. Ham analog, ham raqamli ChFAQS sxemasi quyidagi asosiy to‘rtta elementlarni o‘z ichiga oladi:

* [fazaviy detektor](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80);
* past chastotalar filtri;
* [rostlanadigan generator](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9);
* [teskari](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D1%8C_(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) aloqa (ko‘pincha chastota bo‘lgichini o‘z ichiga oladigan).

**Chastotani raqamli faza bo‘yicha avtomatik qayta sozlash (ChRFAQS).** ChRFAQS analog ChFAQSga o‘xshash ishlaydi, lekin to‘liq raqamli sxemalar yordamida amalga oshiriladi. KBG o‘rniga tizim soatlari yoki raqamli boshqariladigan hisoblagich-bo‘lgich ishlatiladi. ChRFAQS ishlab chiqishda va yig‘ishda oddiyroq, kuchlanish shovqinlariga kam sezgir (analog ChFAQSga qaraganda), lekin odatda u raqamli generator ishlatilganida kvantlash shovqinining mavjudligi sababli fazaviy shovqinga ega. Buning natijasida ChRFAQS yuqori chastotada ishlash yoki yuqori chastotali tayanch signallarini boshqarish uchun yaramaydi. ChRFAQS ba’zan ma’lumotlarni qayta tiklash uchun ishlatiladi.

**4.3. Radioqabullash qurilmalarida chastotani sozlash usullari**

Chastotani avtomatik qayta sozlash nobarqarorlashtiruvchi omillar ta’sir qilganida qabul qilgichning sozlanishi aniqligini ta’minlashi kerak. Geterodin *fg*chastotasi yoki qabul qilinadigan signal *fs* chastotasining tasodifiy o‘zgarishlari *for = fg – fs*oraliq chastotaning o‘zgarishiga olib keladi. Shuning uchun chastotani avtomatik qayta sozlash (ChAQS) masalasi *for*oraliq chastotani OCh trakt sozlangan chastotaga aniq mos kelishi uchun geterodinning chastotasini sozlash bilan amalga oshiriladi.

ChQAS uchun O‘E o‘lchovchi element, filtr va ChR chastota rostlagichidan tashkil topgan maxsus ChQAS zanjiri kiritiladi. O‘E o‘lchovchi element *Erost* rostlash kuchlanishini ishlab chiqaradi. O‘E o‘lchovchi elementning turiga bog‘liq ravishda ChQAS chastota bo‘yicha va faza bo‘yicha ChQASlarga ajratiladi. ChQAS tizimida o‘lchovchi element ChQAS zanjiri chiqishidagi kuchlanish chastotasini etalon qiymatdan og‘ishini baholaydi. O‘E sifatida chastotaviy detektor ishlatiladi (4.5- rasm).

Chastotaviy detektor oraliq chastotaning for0 nominal qiymatiga sozlanadi. for = for0 bo‘lganda uning chiqishidagi kuchlanish nolga teng bo‘ladi. for chastota for0 chastotadan og‘ganida chastotaviy detektor (ChD) chiqishida nosozlanish qiymatiga proporsional kuchlanish hosil bo‘ladi, kuchlanishning qutbi nosozlanish yo‘nalishiga bog‘liq bo‘ladi. Erost rostlash kuchlanishi past chastotalar filtridan o‘tish bilan chastotani rostlagich (ChR) vazifasini bajaradigan reaktiv elementga (RE) ta’sir etadi. RE sifatida odatda geterodin konturiga ulanadigan varikap ishlatiladi. Sozlash for chastota birmuncha ruxsat etiladigan xatolikli for0 chastotaga teng bo‘lmaguncha olib boriladi.

**Ar**

***fоr***

***fs***

**RChK**

**OChK**

**G**

**RE**

**ChR**

***Еrost***

***fоr***

**ЧД**

**ПЧФ**

***Еrost***

***fоr***

**ChQAS zanjiri**

4.5- rasm. Chastotaviy detektor

Faza bo‘yicha ChQAS (4.6- rasm) geterodin va TG tayanch generatori tebranishlarining fazalarini taqqoslashga imkon beradi. Faza bo‘yicha ChQASda o‘lchovchi element sifatida FD fazaviy detektor ishlatiladi.

**Ар**

***fор***

***fс***

**RChK**

**OChK**

**G**

**RE**

**ChR**

***Еrost***

***fоr***

**FD**

**PChF**

***Еrost***

***fоr***

**G**

***fg***

**fтг**

4.6- rasm. Fazaviy detektor

Tovush chastotasi kuchaytirgichlarida asosan kuchaytirishni ravon potensiometrik rostlash qo‘llaniladi (4.7- rasm).

***Ukir***

***Rrost***

***Rkir.k***

***Саjr***

***С kir.k***

***Uchiq***

4.7- rasm. Kuchaytirishni rostlash

Bu rostlash turi tovush balandligini rostlash deyiladi. Rostlash qarshiligi odatda detektor chiqishi va birinchi tovush chastotasi kuchaytirgichi kirishi orasiga qo‘yiladi.

Potensiometrik rostlash bilan bir qatorda kuchaytirishni rostlash ko‘pincha rostlanadigan MTA yordamida amalga oshiriladi (aniqsa, videosignallarni keng polosali kuchaytirish kaskadlarida) (4.8- rasm).

***U kir***

***Rrost***

***R1***

***Саjr***

***Сbl***

***Uchiq***

**+ *Еk*-**

***R2***

***Rk***

***Re***

***VТ1***

4.8- rasm. Rostlanadigan MTA yordamida kuchaytirish

*Rrost*rezistorining qarshiligi qiymatini o‘zgartirish bilan MTA chuqurligini va mos ravishda kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsientini o‘zgartiramiz. Rrost rezistorning qarshiligi qiymati ortganida MTA chuqurligi ortadi, kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti kamayadi va aksincha.

Radiochastota va oraliq chastota kuchaytirgichlarida (4.9- rasm) MTA chuqurligini o‘zgartirish bilan kuchaytirishni rostlash *Srost*sig‘imni o‘zgartirish bilan amalga oshiriladi. Sig‘im rolini *VD1* varikap bajaradi. *Erost*rostlash kuchlanishining ortishi bilan *VD1* varikap kuchliroq yopiladi, uning *Srost*sig‘imi kamayadi, MTA chuqurligi ortdi, kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti kamayadi.

*Ubosh*qanchalik katta bo‘lsa, *Ie*shunchalik katta bo‘ladi va tiklik shunchalik katta bo‘ladi va *Ku* shunchalik katta bo‘ladi.

***Ukir***

***R1***

***Сajr***

***Сbl***

***Uchiq***

**+ *Еk* -**

***R2***

***Re***

***VТ1***

***Еrost***

**+**

**-**

***Ldr***

***VD1***

***Сajr***

4.9- rasm. Radiochastota va oraliq chastota kuchaytirgichi

***Ukir***

***Ubosh***

***Uchiq***

***+Еta’m***

***С1***

***С2***

***R1***

***VТ1***

***Lk***

***Сk***

***ТV1***

***С3***

4.10- rasm. Bipolyar tranzistor tikligi o‘zgartiriladigan kaskad sxemasi

Rostlanadigan kuchaytirish koeffitsientili zanjirning asosiy ko‘rsatkichi bo‘lib rostlash koeffitsienti xizmat qiladi:

Masalan, qabul qilgichning sezgirligi 2 mkV, eng quvvatli radiostansiya kirishda 20 mV kuchlanishni hosil qilsa, chiqishdagi kuchlanishning ruxsat etiladigan o‘zgarishi 2 martadan katta bo‘lmasa, u holda quyidagiga ega bo‘lamiz:

Odatda bitta kaskad bu rostlash chuqurligini ta’minlay olmaydi va ketma-ket ulangan bir necha kuchaytirgichlar ishlatiladi.

U holda γe=γ1γ2…γn bo‘ladi, sxemada MA chuqurligini o‘zgartirish hisobiga Ku kuchaytirish koeffitsientini rostlash uchun maydoniy tranzistordan foydalaniladi. Stok-istok kichik kuchlanishlarida maydoniy tranzistor qarshiligi boshqarish kuchlanishiga bog‘liq o‘zgaradigan rezistor sifatida ishlaydi.

**Nazorat savollari**

1. Chastotani avtomatik qayta sozlash nima uchun mo‘ljallangan va nimani ta’minlashi kerak?

2. Chastotani avtomatik qayta sozlash qanday amalga oshiriladi?

3. Chastotaviy detektorning ishlash prinsipini tushuntiring.

4. Faza bo‘yicha chastotani avtomatik qayta sozlash qanday amalga oshiriladi?

5. Fazaviy detektorning ishlash prinsipini tushuntiring.

6. Kuchaytirishni ravon potensiometrik rostlash deganda nima tushuniladi?

7. Rostlanadigan MTA yordamida kuchaytirishni rostlash qanday amalga oshiriladi?

8. Radiochastota va oraliq chastota kuchaytirgichlarida varikap nima uchun qo‘llaniladi?

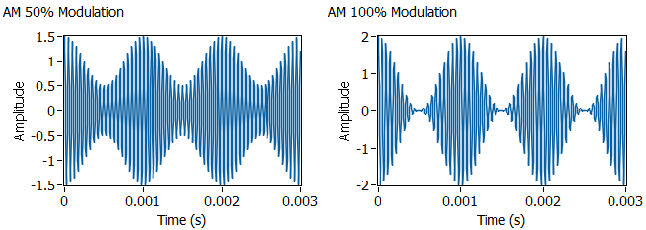
9. Faza bo‘yicha ChQAS va chastota bo‘yicha ChQAS orasida umumiylik nimada va bu tizimlar bir-birlaridan nima bilan farqlanadi?

10. Faza bo‘yicha ChQAS va chastota bo‘yicha ChQASlarning ish rejimlarini ayting.

**5. AMPLITUDALI, BIR POLOSALI VA BURCHAKLI MODULYATSIYALI UZATKICHLAR**

**5.1. Amplitudaviy modulyatsiyalashli radiouzatkichlar**

**Amplitudaviy modulyatsiyalash (AM)** eng keng tarqalgan modulyatsiyalash turi hisoblanadi. AMli tizimda tashuvchining amplitudasi signal yoki ma’lumotning o‘zgarishiga mos o‘zgaradi (5.1- rasm). Signal bo‘lmaganida tashuvchining amplitudasi o‘zgarmas sathga ega bo‘ladi. Sinusoidal signal bilan modulyatsiyalanganda tashuvchining amplitudasi modulyatsiyalovchi signalning ortishi yoki kamayishiga muvofiq sinusoidal qonun bo‘yicha o‘z modulyatsiyalanmagan sathiga nisbatan ortadi yoki kamayadi. Modulyatsiyalovchi signalning amplitudasi qanchalik katta bo‘lsa, tashuvchining amplitudasi shunchalik kuchli o‘zgaradi. **Amplitudaviy modulyatsiyalangan tashuvchi aniq** modulyatsiyalovchi signalning **shaklini aniq takrorlaydigan og‘ishga ega bo‘ladi va** demodulyatsiyalashda aynan bu og‘ish foydali signal sifatida ajratiladi.



5.1- rasm. **Amplitudaviy modulyatsiyalagan** signal

{\displaystyle u\_{m}(t)} *um(t)* - axborot (modulyatsiyalovchi) signal,

{\displaystyle u\_{c}(t)} *us(t)*  - tashuvchi (**modulyatsiyalangan**) signal (tashuvchi tebranish) bo‘lsin.

U holdaum(t) **amplitudaviy modulyatsiyalagan** signal quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

{\displaystyle u\_{\text{am}}(t)=u\_{c}(t)[1+m{\frac {u\_{m}(t)}{|u\_{m}(t)|\_{\max }}}].\qquad \qquad (1)} (5.1)

Agar bo‘lsa, u holda (5.1) formula quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

{\displaystyle u\_{\text{am}}(t)=U\_{c}[1+m{\frac {u\_{m}(t)}{|u\_{m}(t)|\_{\max }}}]\cos(\omega \_{c}t).} (5.2)

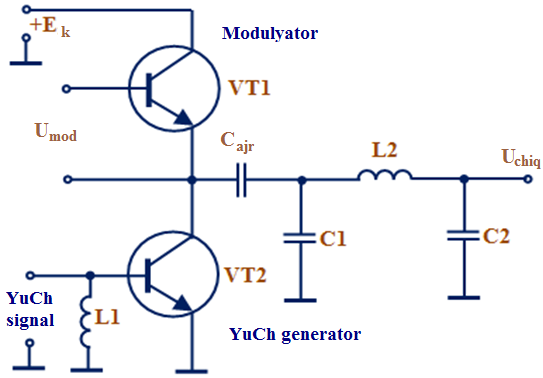
bu yerda  *{\displaystyle m}m* – modulyatsiyalash koeffitsienti deyiladigan qandaydir manfiy bo‘lmagan doimiy. (5.1) formula *um(t)* signal bilan *m* modulyatsiyalash koeffitsientili amplituda bo‘yicha modulyatsiyalangan *us(t)* tashuvchi signalni tavsiflaydi.

Halaqitlarga bardoshliligi bo‘yicha amplitudaviy modulyatsiyalash chastotaviy va fazaviy modulyatsiyalashlarga yutqazadi, shuning uchun faqat uzun, o‘rta, qisqa to‘lqinli tizimlarda amplitadaviy modulyatsiyalash qo‘llaniladi.

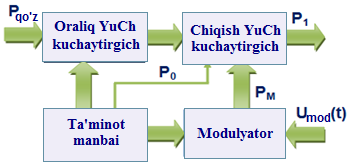
Amplitudaviy modulyatsiyalash o‘z–o‘zidan qo‘zg‘atishli generatorlarda asosan chiqish yoki oraliq kaskadlarda elektron asboblarda bir yoki bir necha elektrodlarda kuchlanishni o‘zgartirish yo‘li bilan amalga oshiriladi. Shunga ko‘ra, tranzistorli generatorlarda kollektorli, bazaviy va emitterli, modulyatsiyalashlarga ajratiladi.

Tranzistorli radiouzatkichlarda modulyator tranzistorning kollektor zanjiriga ulangan boshqariladigan qarshilik sifatida ishlatiladi (5.2- rasm).

5.3-rasmda radiouzatkich kuchaytirish traktining umumiy tuzilish sxemasi keltirilgan. Uzatiladigan axborot modulyator kirishiga beriladi va kuchaytirilgandan so‘ng *Rmod* quvvatli modulyatsiyalaydigan signal YuCh kuchaytirgichga beriladi. *Rmod* ning talab qilinadigan qiymati *R1* yuqori chastotali tebranishlar quvvatiga, *m* koeffitsientiga va modulyatsiya uslubiga bog‘liq. Shuningdek ta’minot manbaining *R0* talab qilinadigan qiymati ham, bu parametrlar orqali aniqlanadi.

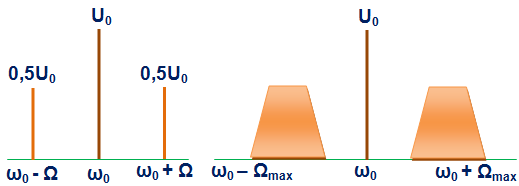


5.2- rasm. Tranzistorli RUQ sxemasi



5.3- rasm. RUQ kuchaytirish traktining umumiy tuzilish sxemasi

Amplitudaviy modulyatsiya tebranishlar spektri 5.4- rasmda keltirilgan.



5.4- rasm.Amplitudaviy modulyatsiya tebranishlar spektri

**5.2. Bir polosali modulyatsiyalashli radiouzatkichlar**

Amplitudaviy modulyatsiyalashning kamchiliklaridan biri YuCh generator quvvatini tejamsiz tarqalishi hisoblanadi. YuCh generator quvvatining 67%i tashuvchi tebranishga sarflanadi, u holda uzatiladigan axborot joylashtirilgan yon tashkil etuvchilarga 33% quvvat qoladi. AM signal spektri quvvatidan samaraliroq foydalanish uchun quyidagi qiziqarli yechim taklif etilgan:

1. AM signal spektridan tashuvchini olib tashlash va faqat ikkita yon chastotalar polosalarini uzatish. Bunda balansli modulyatsiyalash (BM) yoki ikkita yon polosalarda (IYoP) uzatish amalga oshiriladi.

2. IYoP spektridan yana bir yon chastotalar polosalarini (yuqori yoki past) olib tashlash, chunki ulardan har biri *um(t)* modulyatsiyalovchi signal haqidagi to‘liq ma’lumotga ega bo‘ladi. Bunda endi bir polosali modulyatsiyalash (BPM), ya’ni bitta yon polosali (BYoP) modulyatsiyalashni olamiz.

BPM signalning analitik ifodasi AM signal uchun ifodaga o‘xshash bo‘ladi, lekin unda ωo tashuvchi chastotasili spektral tashkil etuvchini olib tashlash zarur bo‘ladi:

(5.3)

Umumiy holda istalgan um(t) signal uchun BPM signalning matematik modelini quyidagi ko‘rinishda berish mumkin:

, (5.4)

bu yerda minus ishorasi yuqori yon polosaga, plyus ishorasi esa pastki yon polosaga tegishli;

*um\*(t)* – Gilbert bo‘yicha *um(t)* signal bilan moslashtirilgan signal.

Gilbert integral o‘zgartirishining fizik ma’nosi quyidagidan iborat: *um\*(t)* signal *um(t)* signaldan uning barcha spektral tashkil etuvchilarining fazalari *π*/2ga buralgani bilan farqlanadi.

*BM va BPM signallar spektrlari*

BM va BPM signallarning ma’lum afzalliklari uzatkich quvvatidan foydalanish samaradorligini oshishi va mos ravishda bunday signallarni qabul qilish sifatini oshishi hisoblanadi. BPMda modulyatsiyalangan signal spektrining kengligi ikki martaga kamayadi, bu berilgan chastotalar polosasida uzatiladigan signallar sonini shunchaga oshirishga imkon beradi. Shunga ko‘ra, BPM kanallar chastota bo‘yicha ajratiladigan ko‘p kanalli aloqada keng qo‘llanadi (5.5- rasm)

1. Tashuvchining amplitudasi kerak emas, tashuvchisiz AMli ikkita yon polosalar mavjud (5.6- rasm).

2. Tashuvchisiz, AMli bitta yon polosa.

3. Tashuvchining qoldiqlarili AMli bitta yon polosa.

4. Pilot-signalli BYoP - AM.

**ω0-Ωmах**

**Tasgubchi**

**ω0+Ωmах**

**ω0-Ωmах**

**ω0-Ωmах**

**ω0-Ωmах**

**ω0+Ωmах**

**ω0+Ωmах**

**ω0+Ωmах**

**ω0+Ωmin**

**ω0-Ωmin**

**ω0**

**ω0**

**ω0**

**ω0**

**АМ chastotalar polosasi**

**BМ chastotalar polosasi**

**ОМ chastotalar polosasi**

**ОМ chastotalar polosasi**

а)

b)

v)

g)

**ω**

**ω**

**ω**

**ω**

5.5- rasm. Bir polosali signallarni olish usullari

**ω**

**ω0**

**PYoP**

**YuYoP**

5.6- rasm. PYoP va YuYoP signallarni shakllanishi

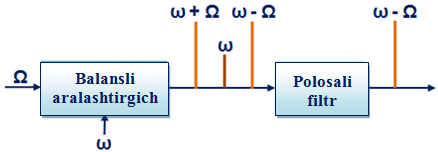
Bitta yon polosali (BYoP) signalni olishning ikkita usuli mavjud:

1. Filtrlash usuli (5.7- rasm).

2. Fazalashtirish usuli.

Birinchi usulda modulyatsiyalovchi tebranish garmonik komponentlardan tashkil topganida bitta yon polosa signalini shakllantirish 5.7- rasmda tasvirlangan.

Tashuvchi chastota tebranishi va modulyatsiyalovchi signal balansli modulyator yoi halqali modulyatorga beriladi, uning chiqishida tashuvchisiz ikkita polosali signal hosil bo‘ladi (5.7- rasm). Keyin chiqishda BYoP (yuqori yoki past) signalni o‘tkazadigan filtr qo‘yiladi.



5.7- rasm. Filtrlash usulida bitta yon polosa signalini shakllantirish

Halqali BYoP modulyatorning tuzilish sxemasi 5.8- rasmda keltirilgan.

**КМ1 (BМ)**

**π/2**

**π/2**

**(±)**

**КМ2 (BМ)**

**сos(ω-Ω)t**

**UΩUωcosΩtcosω0t**

**Uωsinω0t**

**Uωsinω0t**

**UΩsinΩt**

**UΩsinΩt**

**Uωcosω0t**

**mUΩUωcosΩt**

**mUΩUωcos(ω+Ω)t**

5.8- rasm. Halqali BYoP modulyatorning tuzilish sxemasi

Kirish signali *u1=U1cosω0t* va *u2=U2cosΩt* bo‘lsin va chiqishda faqat bitta, masalan, pastki yon *uchiq=Uchiqcos(ω0-Ω)t* chastotani olish talab qilinsin. Bu ifodani *uchiq=Uchiqcosω0t+UchiqsinΩtsinω0t* ko‘rinishda yozish bilan u ikkita tebranishlar ko‘paytirgichlari chiqishlarida (ular sifatida BM yoki KM ishlatilishi mumkin) olinadigan tebranishlarni qo‘shish natijasida shakllantirilishi mumkinligini payqaymiz. 1-KM kirishiga *u1* va *u2* signallarni va 2-KM kirishiga esa faza aylantirgich yordamida faza bo‘yicha 900 ga buralgan*u1* va *u2* signallarni berish bilan (5.8- rasm) har bir ko‘paytirgichning (1-BM va 2-BM) chiqishida ikkita kirish signallarining ko‘paytmasiga proporsional bo‘lgan *U1.2-chiq=a u1-kir u2-kir* kuchlanishni olamiz. Summatorning chiqishidagi kuchlanish *uchiq= u1-kir + u2-kir=aU1U2cos(ω0-Ω)t* bo‘ladi.

Yuqori yon polosani shakllantirish uchun BPM sxemasida qo‘shish qurilmasi o‘rniga ayirish qurilmasini qo‘yish kerak bo‘ladi.

BYoPning afzalliklariga quyidagilar kiradi:

- tashuvchi chastota tebranishlarini uzatishga quvvat yo‘qotishlarining va bitta yon polosaning yo‘qligi, buning hisobiga yon polosa uzatadigan tebranishlarning quvvatini va demak, aloqa tizimining ishlash masofasini oshirish mumkin;

- modulyatsiyalovchi signal bo‘lmaganida (kutish rejimida) uzatkichning quvvati sarflanmaydi, chunki tashuvchi chastota tebranishi bo‘lmaydi;

- egallanadigan chastotalar polosasi kichik, bu berilgan to‘lqin diapazonida o‘zaro halaqitlarsiz ishlaydigan stansiyalar soni oshirishga imkon beradi;

- radioqabul qilish qurilmalari torroq o‘tkazish polosasiga ega bo‘ladi, bu qabul qilgich kirishida halaqitlar darajasini kamaytirishga imkon beradi;

- BYoPli aloqa istalgan modulyatsiyalash turida (AM, ChM, FM) qo‘llanishi mumkin.

BYoP signallarning asosiy afzalligi egallanadigan chastotalar polosasining ikki martaga qisqarishi hisoblanadi, bu radiokanallarni chastota bo‘yicha zichlashtirish uchun, masalan, chastotalar dipazoni chegaraviy yuklanishi sharoitlarida QTda aloqada sezilarli bo‘lib qoladi.

BYoPning kamchiliklariga quyidagilar kiradi:

- BYoP signallardan foydalanish bilan aloqa qabul qilish va uzatish apparaturasining murakkablashtirilishi hisobiga erishiladi. Qabul qilish qurilmasida uzatichning tashuvchi (so‘ndirilgan) tebranishi bilan kerakli tarzda sinxronlashtirilgan tashuvchi tebranishni qayta tiklash zarur bo‘ladi;

- BYoP signalining og‘ishi modulyatsiyalovchi funksiyaning shaklini takrorlamaydi.

**5.3. Burchakli modulyatsiyalashli radiouzatkichlar**

**Burchakli modulyatsiyalashda** uzatiladigan signal ω chastotani yoki φ boshlang‘ich fazani o‘zgartiradi, amplituda o‘zgarmas qoladi. Mos ravishda chastotaviy va fazaviy modulyatsiyalashga bo‘linadi. Bunday deyilishiga sabab garmonik tebranishning *Ψ(t) = ωt + φ* to‘liq fazasi fazaviy burchakning joriy qiymatini aniqlaydi.

Burchakli modulyatsiyalash odatda uzatiladigan ma’lumotlarning yuqori ishonchliligini ta’minlash talab qilinganida qo‘llaniladi. Bu shu bilan tushuntiriladiki, burchakli modulyatsiyalashli tizimlar amplitudaviy modulyatsiyalashli tizimlarga qaraganda oshirilgan halaqitbardoshlikka ega.

Yuqori halaqitbardoshligi tufayli burchakli modulyatsiyalash turli chastotalar diapazonlari quyi radioaloqa tizimlarida, O‘QT diapazonidagi radioeshittirishda, televizion uzatish ovozni uzatishda, yer usti to‘g‘ri ko‘rinish radioreleli aloqada, troposferali va kosmik aloqada qo‘llanadi. Bundan tashqari, burchakli modulyatsiyalash radiotelemetriya, radioboshqarish tizimlarida, ayrim radionavigatsiya va radiolokatsiya tizimlarida qo‘llanadi. Hozirgi vaqtda telegraf signallari va raqamli ma’lumotlar asosan chastotaviy va fazaviy manipulyatsiyalash yo‘li bilan uzatilmoqda. Ma’lumki, burchakli modulyatsiyalash AMga qaraganda eng yaxshi halaqitbardoshlik va yuqori energetik xarakteristikalarni ta’minlaydi, lekin buning uchun unga zarur katta chastotalar polosasi talab qilinadi.

Umumiy holda modulyatsiyalovchi signal murakkab shaklga ega va uzatkichda bo‘lib o‘tadigan jarayonlarni tahlil qilish qiyin. Ko‘plab masalalar, agar modulyatsiyalash bitta ton bilan amalga oshiriladi hisoblansa oddiy yechiladi. Bu soddashtirishni e’tiborga olish bilan burchakli modulyatsiyalash signallarini quyidagi ifoda orqali beramiz:

*u(t) = Um cos(ɷ0t + msinΩt)* (5.5)

bu yerda *Ω* - modulyatsiyalovchi signal chastotasi;

*m*- modulyatsiyalash indeksi.

**Chastotaviy modulyatsiyalash.** Agar *ɷ0* o‘rtacha qiymatdan *∆ɷ* chastota deviatsiyasi (og‘ishi)UΩ kuchlanishga proporsional bo‘lsa va *Ω* chastotaga bog‘liq bo‘lmasa, ya’ni agar mmodulyatsiyalash indeksi *UΩ*kuchlanishga proporsional bo‘lsa va *Ω* chastotaga teskari proporsional bo‘lsa modulyatsiyalash chastotaviy modulyatsiyalash (ChM) deyiladi. Shunday qilib, ChM uchun quyidagiga ega bo‘lamiz:

*m = kUΩ/Ω = ∆ɷ /Ω*  (5.6)

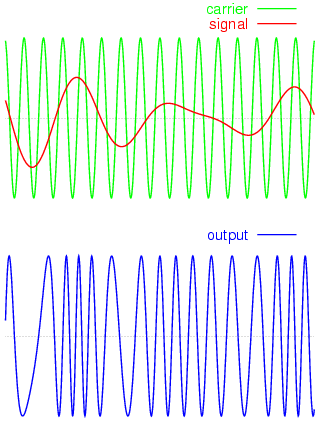
bu yerda *k*– proporsionallik koeffitsienti.

ChM uchun chastotaning oniy qiymatini vaqt bo‘yicha hosila sifatida topamiz:

*ɷ = dφ/dt = d[ɷ0t + ∆ɷsinΩt/Ω]dt = ɷ0 + ∆ɷcosΩt,*  (5.7)

Bu ifodalardan ko‘rinadiki, modulyatsiyalovchi signalning o‘zgarmas amplitudasida ChMda chastota deviatsiyasi o‘zgarmas (5.9- rasm) bo‘ladi.

ChM radioeshittirishda (UQT diapazonida) ovoz signallarini uzatishda, televizion dasturlar ovozini yuqori sifatda uzatishda, [SECAM](https://ru.wikipedia.org/wiki/SECAM) televizion standartida rang signallarini uzatishda va boshqalarda keng qo‘llaniladi.



5.9- rasm.ChM signalni hosil bo‘lishi

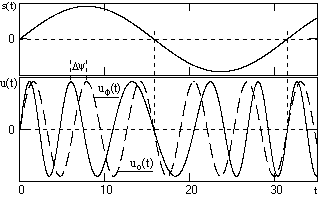
ChM radioeshittirishda (UQT diapazonida) ovoz signallarini, televizion dasturlar ovozini yuqori sifatda uzatishda, [SECAM](https://ru.wikipedia.org/wiki/SECAM) televizion standartida rang signallarini uzatishda va boshqalarda keng qo‘llaniladi.

**Fazaviy modulyatsiyalash** (FM, ingl. *phase modulation - PM*). Fazaviy modulyatsiyalashdao‘zgarmas tashuvchi chastotalar tebranishlari fazaviy burchagi *ωo*qiymati s(t) modulyatsiyalaydigan signal amplitudasiga proporsional bo‘ladi (5.10- rasm).

Mos ravishda FM – signal tenglamasi quyidagicha aniqlanadi:

*u(t) = Umcos[ωo t + k× s(t)]* , (5.8)

bu yerda *k* – proporsionallik koeffitsienti. Bitta tonal FM – signalga misol 5.10-rasmda keltirilgan.

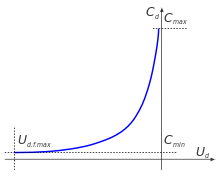


5.10- rasm. FM signalni hosil bo‘lishi

**Chastotaviy va fazaviy modulyatorlar.** Hozirgi vaqtda varikap asosidagi chastotaviy modulyator keng qo‘llaniladi. Varikap o‘z sig‘imini unga qo‘yilgan teskari kuchlanishga proporsional o‘zgartiradigan diod hisoblanadi.

Varikapning volt-farad xarakteristikasi 5.11-rasmda keltirilgan.

Elektrodlarga qo‘yiladigan tashqi kuchlanish bo‘lmaganida *p-n*-o‘tishda potensial to‘siq va ichki elektr maydon mavjud bo‘ladi, uning vujudga kelishi *p*-tur va *n*-turdagi yarim o‘tkazgichlar orasidagi potensiallarning kontakt farqiga bog‘liq.

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VFH_varikap.svg?uselang=ru)

5.8- rasm. Varikapning volt-farad xarakteristikasi

Varikapning normal ishlash rejimi teskari surilishli rejim hisoblanadi. Agar diodga teskari kuchlanish qo‘yilsa (ya’ni katod anodga nisbatan musbat potensialga ega bo‘lsa), u holda bu potensial to‘siqning balandligi ortadi.

Tashqi teskari kuchlanish elektronlarni n-sohaning ichkarisiga suradi, buning natijasida siyraklashgan *p-n*-o‘tish sohasining, ya’ni zaryad tashuvchilardan mahrum bo‘lgan va mazmunan dielektrik hisoblanadigan yarim o‘tkazgich qatlamining kengayishi bo‘lib o‘tadi. Teskari kuchlanish ortganida siyraklashgan qatlamning qalinligi ortadi. Buni tekis kondensator ko‘rinishida tasvirlash mumkin, bunda kondensatorning qoplamalari bo‘lib, yarim o‘tkazgichning siyraklashmagan zonalari va dielektrikning o‘zgaruvchan qalinlikli qatlami xizat qiladi.

Tekis kondensatorning sig‘imi uchun formulaga muvofiq qoplamalar orasidagi masofaning ortishi bilan (teskari kuchlanish qiymatining ortishi keltirib chiqaradigan) *p-n*-o‘tishning sig‘imi kamayadi. Bu kamayish bazaning qalinligi orqali cheklangan, siyraklashgan qatlamning qalinligi keyinga orta olmaydi, sig‘imning bu minimumiga erishilgandan keyin teskari kuchlanishning ortishi bilan sig‘im o‘zgarmaydi. Sig‘imning boshqariladigan kamayishini cheklovchi boshqa omil siyraklashgan qatlamning ko‘chkisimon teshilishi hisoblanadi.

*p-n-p*-o‘tishli bipolyar tranzistordagi uchta nuqtali sxema bo‘yicha yig‘ilgan *LC*-generator signalini chastotaviy modulyatsiyalashni ta’minlaydigan varikapdagi modulyator variantlaridan birining prinsipial sxemasi 5.12- rasmda keltirilgan.

Qaralayotgan sxemada *LC*-generatorning aktiv elementi *VT1* tranzistorda yig‘ilgan. Bu tranzistor o‘zgarmas tok bo‘yicha umumiy emitterli sxema bo‘yicha, o‘zgaruvchan tok bo‘yicha esa umumiy bazali sxema bo‘yicha ulangan, chunki bazaning elektrodi korpusning shinasiga *S2* kondensator orqali ulangan. *VT1* tranzistor ishchi nuqtasining holati bo‘lgich qarshiliklarining qiymatlari va nisbatlari orqali aniqlanadi. Uning tarkibiga *R3* va *R4* rezistorlar kiradi. Bu rezistorlar *R5* rezistor bilan birgalikda ishchi nuqtaning holatini stabillash sxemasini tashkil etadi.

***PCh kirish***

***Uchiq***

***+Еta’m***

***VD1***

**С1**

***R1***

**VТ1**

***С3***

***R3***

***R5***

***R2***

***R4***

***С4***

***С6***

***С5***

***L1***

***С2***

5.12- rasm. p-n-p-o‘tishli bipolyar tranzistordagi uchta nuqtali sxema bo‘yicha yig‘ilgan LC-generator uchun varikapdagi modulyatorning prinsipial sxemasi

*VD1* varikap rezonans kontur tarkibiga kiradigan *L1* induktiv g‘altakka va rostlanadigan *S5* kondensatorga parallel ulangan. Siljitish kuchlanishi varikapga *R1* va *R2* rezistorlar orqali beriladi. Katta sig‘imli *S1* kondensator *VD1* varikap va *VT1* tranzistor kollektorini o‘zgarmas tok bo‘yicha ajratilishini ta’minlaydi. Modulyatsiyalovchi PCh-signal varikapga *R2* rezistor orqali beriladi. Modulyatsiyalangan signal *VT1* tranzistorning emitteridan olinadi.

Uzatkichdagi keyingi kaskad fazaviy modulyator hisoblanadi, unda fazaviy modulyatsiyalash kuchaytirish kaskadining konturlarida modulyatsiyalovchi signal yordamida uning nosozlanishini boshqarish yo‘li bilan amalga oshiriladi. Boshqariladigan reaktiv element sifatida bu yerda varikap ishlatiladi. Modulyatsiyalash indeksini oshirish uchun varikaplar kuchaytirgichning barcha konturlariga ulangan. Kuchaytirgich konturi rezonans chastotasining o‘zgarishi konturdagi yuqori chastotali tebranishlarning fazasini uning fazaviy xarakteristikasiga muvofiq o‘zgartiradi. Fazaviy modulyatorning sxemasi 5.13- rasmda keltirilgan.

***Uchiq***

***Еsil***

***С1***

***R1***

***VD1***

***VТ1***

***UYCh***

***VD2***

***VD3***

***Ub***

***Еk***

***Ldr***

***Ldr***

***L1***

***L2***

***L3***

***R2***

***С6***

***С2***

***С7***

***С8***

***С9***

***С4***

***С5***

***С3***

5.13- rasm. YuCh kuchaytirgich, uch konturli va uch varikapli fazaviy modulyator

**Nazorat savollari**

1. Modulyatsiyalash jarayonining ma’nosi nimadan iborat?

2. Modulyatsiyalangan signal modulyatsiyalanmagan signaldan nimasi bilan farqlanadi?

3. Asosiy modulyatsiyalash turlarini sanab o‘ting.

4. Amplitudaviy modulyatsiyalashni tushuntiring.

5. Tranzistorli RUQ sxemasining ishlash prinsipini tushuntiring.

6. Bir polosali modulyatorning tuzilish sxemasini tushuntiring.

7. Chastotaviy modulyatsiyalash qanday amalga oshiriladi?

8. Fazaviy modulyatsiyalash qanday amalga oshiriladi?

9. Chastotaviy modulyatsiyalashda kondensatorlar va varikaplarning qo‘llanishi.

10. Avtogenerator konturiga ulangan varikapli chastotaviy modulyatorning ishlash prinsipini tushuntiring.

**6. TELEVIDENIYE VA RADIOESHITTIRISHDA RAQAMLI MODULYATSIYA USULLARI**

**6.1. Raqamli modulyatsiyalash usullari**

Raqamli aloqa texnikasida modulyatsiyalash usullari juda muhim rolni o‘ynaydi. O‘zining asosiy funksiyasi – simvol–signal o‘zgartirishdan tashqari, modulyatsiyalash jarayoni signalni kanalning xarakteristikalari bilan umumiy moslashtirish jarayonining tarkibiy qismi hisoblanadi. Zamonaviy ko‘p pozitsiyali modulyatsiyalash usullari Shennon teoremasiga to‘liq muvofiqlikda xabarlar ma’lumotlarini kanalning simvollariga kodlash usuli sifatida qaralishi mumkin. Raqamli televideniye tizimlarida u yoki bu modulyatsiyalash usullarini tanlashning o‘ziga xosligi efir uzatish kanallari to‘rining berilganligiga, ya’ni mavjud chastotaviy rejalardan foydalanishga bog‘liq.

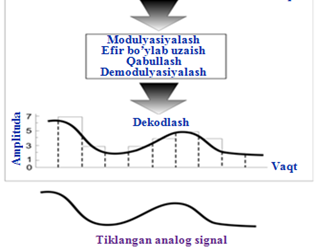
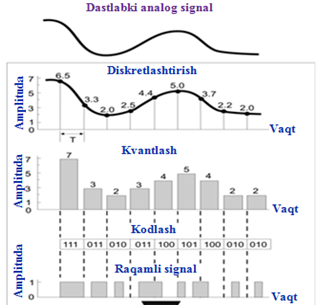
Turli davlatlarda 6, 7 yoki 8 MGs chastotalar polosalarili radiokanallar mumkin hisoblanadi. Bu polosalarda uzatilishi kerak bo‘ladigan turli xizmatlar raqamli oqimi normal sharoitlarda turli uzatish tizimlarida 20 Mbit/s va undan yuqorini tashkil etadi.

Analog modulyatsiyalash turlaridagi kabi raqamli modulyatsiyalashda o‘zgartiriladigan parametrlar garmonik tebranishlarning amplitudasi, chastotasi va fazasi bo‘lishi mumkin. Raqamli modulyatsiyalash usullarining analog modulyatsiyalash usullaridan asosiy farqi bu parametrlarni berilgan qoida bo‘yicha uzatiladigan diskret axborot xabariga muvofiq diskret o‘zgartirish hisoblanadi. Signal parametrlarini o‘zgartirishning diskretligi tufayli raqamli modulyatsiyalash ko‘pincha manipulyatsiyalash deyiladi.

Raqamli tarmoqlarda ma’lumotlarni almashlash jarayoni umumiy ko‘rinishda quyidagi tarzda bo‘lib o‘tadi. Ovoz ma’lumotlari (nutq) raqamli formatga o‘zgartiriladi, yuqori chastotali signal bilan modulyatsiyalanadi va an’anaviy fizik qonunlarga binoan efirga uzatiladi. Qabul qilish tomonida raqamli signalni dastlabki analog ko‘rinishga teskari qayta tiklash jarayoni bo‘lib o‘tadi (6.1- rasm). Agar dastlabi ma’lumotlar raqamli bo‘lsa (ma’lumotlar terminali, kompyuter, raqamli aloqa tarmog‘i, Internet va h.k), u holda analog-raqamli o‘zgartirish bosqichi bo‘lmaydi. To‘g‘ridan-to‘g‘ri kodlash/dekodlashdan tashqari, signal ma’lumotlarni yo‘qotilishini oldini oladigan qator o‘zgartirishlarga uchraydi.

Ovozni raqamlashtirish va kodlash jarayoni maxsus qurilma – vokoder orqali amalga oshiriladi. Aynan unga kodlash algoritmi bog‘liq bo‘ladi. Turli raqamli aloqa tizimlari turli algoritmlarni ishlatadi va mos ravishda turli vokoderlarda quriladi.

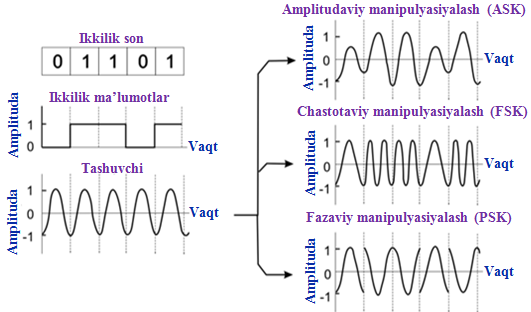
Analog-raqamli o‘zgartirish jarayoni kvantlash – uzluksiz kattalikni vaqt, sath bo‘yicha yoki har ikkala parametrlar bo‘yicha bir vaqtda diskretlashtirish va kodlashni o‘z ichiga oladi (6.1- rasm). Kvantlashda uzluksiz kattalik ma’lum qonun bo‘yicha ajratilgan va birgalikda dastlabki kattalikni aks ettiradigan uning oniy qiymatlari ketma-ketligiga o‘zgartiriladi. Kodlashda kvantlash jarayonida ajratilgan dastlabki kattalikning oniy qiymatlari o‘lchanadi va natijalar raqamli ko‘rinishda, bu holda ikkilik kodda qayd etiladi. Qabul qilgichga tushganidan raqamli signal dekodlanadi va raqamli-analog o‘zgartirish yordamida dastlabki analog signalga qayta tiklanadi.



6.1- rasm. Raqamli aloqa tizimlarida analog signallarni o‘zgartirish va uzatish prinsipi

Raqamli signalni radiokanal bo‘yicha uzatilishi uchun uni yuqori chastotali ko‘rinishga o‘zgartirish zarur bo‘ladi. Buning uchun analog aloqa tizimlardagi kabi modulyatsiyalash (manipulyatsiyalash) xizmat qiladi. 0 va 1 ikkilik simvollar oqimi bo‘lgan raqamli signal tashuvchi - o‘zgarmas amplitudali va chastotali analog yuqori chastotali signalga qo‘shiladi va keyin efir bo‘ylab uzatiladi. Uchta manipulyatsiyalash usuli eng keng qo‘llaniladi (6.2- rasm).

*Amplitudaviy manipulyatsiyalashda (ASK amplitude-shift keying)* modulyatsiyalanadigan to‘lqin signalning amplitudasini ikkilik ma’lumotlarga muvofiq (masalan, yuqori sathdan pastga) o‘zgartiradi. *Chastotaviy manipulyatsiyalashda (FSK frequency-shift keying)* bitlar oqimi ikkita chastotalar orasidagi o‘zgarishlar bilan berilgan. *Fazaviy manipulyatsiyalashda (PSK phase-shift keying)* amplituda va chastota o‘zgarmasdan qoladi, bitlar oqimi esa modulyatsiyalangan signal fazalarining o‘zgarishlari orqali berilgan.

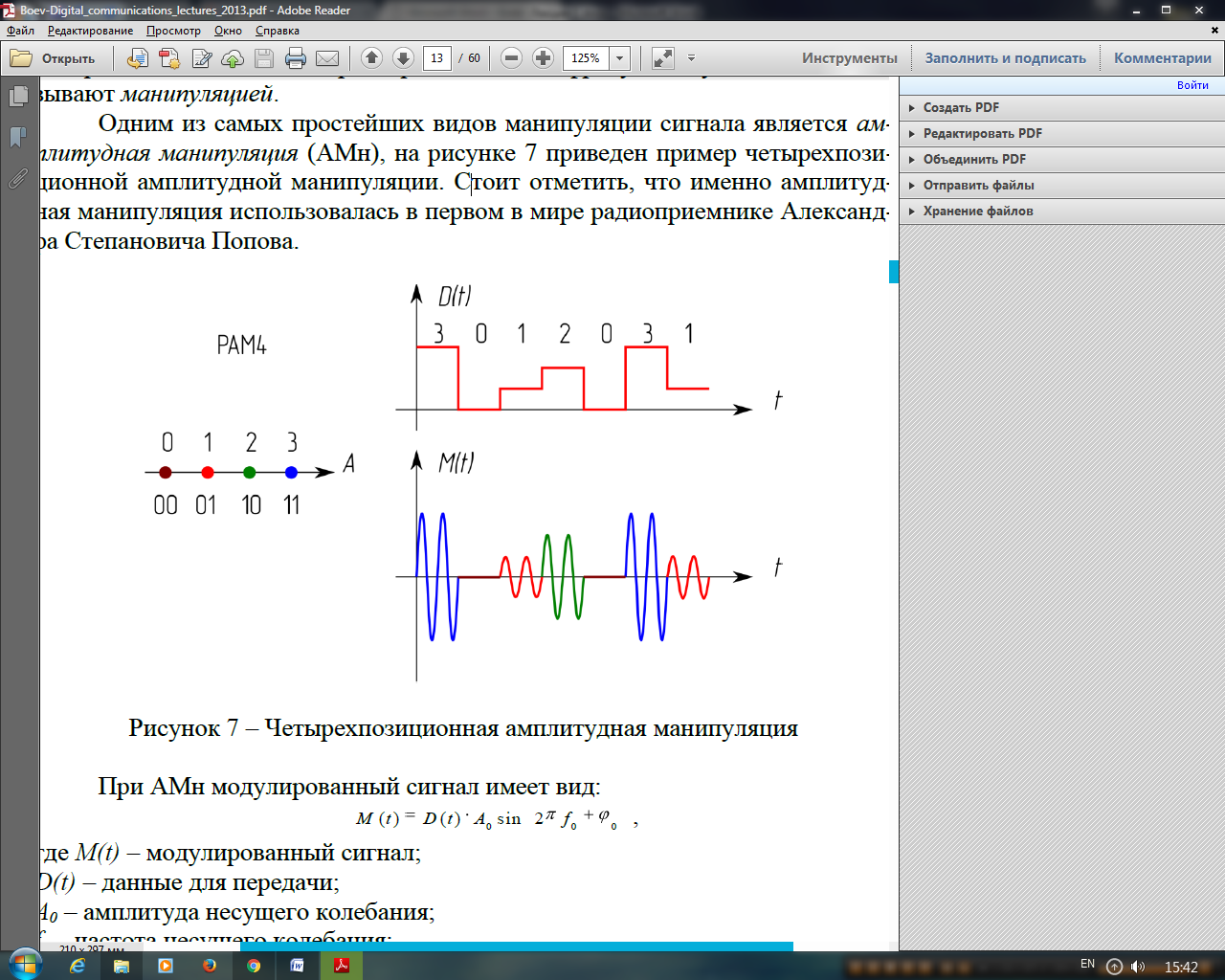


6.2- rasm. Raqamli signalni uchta manipulyatsiyalash usuli

Analog aloqa tizimlarining raqamli aloqa tizimlaridan fundamental farqi faqat dastlabki ma’lumotlarni tayyorlash va kodlash usuli hisoblanadi. Radiostansiyalarning radioto‘lqinlarni qabul qilinishi va uzatilishiga javob beradigan yuqori chastotali qismi esa barcha radioaloqa turlarida deyarli bir xil qoladi. Binobarin, vaziyat birinchi aloqa tizimi namoyish etilgan 1895 yildan buyon o‘zgarmay kelmoqda. Texnologiyaning barcha yutuqlarida ham fundamental fizik qonunlarga muqobillar hozircha yo‘q.

**6.2.** **Amplitudaviy manipulyatsiyalash (AMn)**

Eng oddiy manipulyatsiyalash turlaridan biri amplitudaviy manipulyatsiyalash (AMn) hisoblanadi. Amplitudaviy manipulyatsiyalashda (AMn; [ingl.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *amplitude shift keying (ASK)*) — tashuvchi tebranishning amplitudasi sakrashsimon o‘zgaradi. 6.3- rasmda to‘rtta pozitsiyali amplitudaviy manipulyatsiyalashga misol keltirilgan.



6.3- rasm. To‘rtta pozitsiyali amplitudaviy manipulyatsiyalashga misol

Amplitudaviy manipulyatsiyalashda signal quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

*M(t)=D(t)·A0sin2πf0φ0* (6.1)

bu yerda M(t) – modulyatsiyalangan signal;

D(t) – uzatish uchun ma’lumotlar;

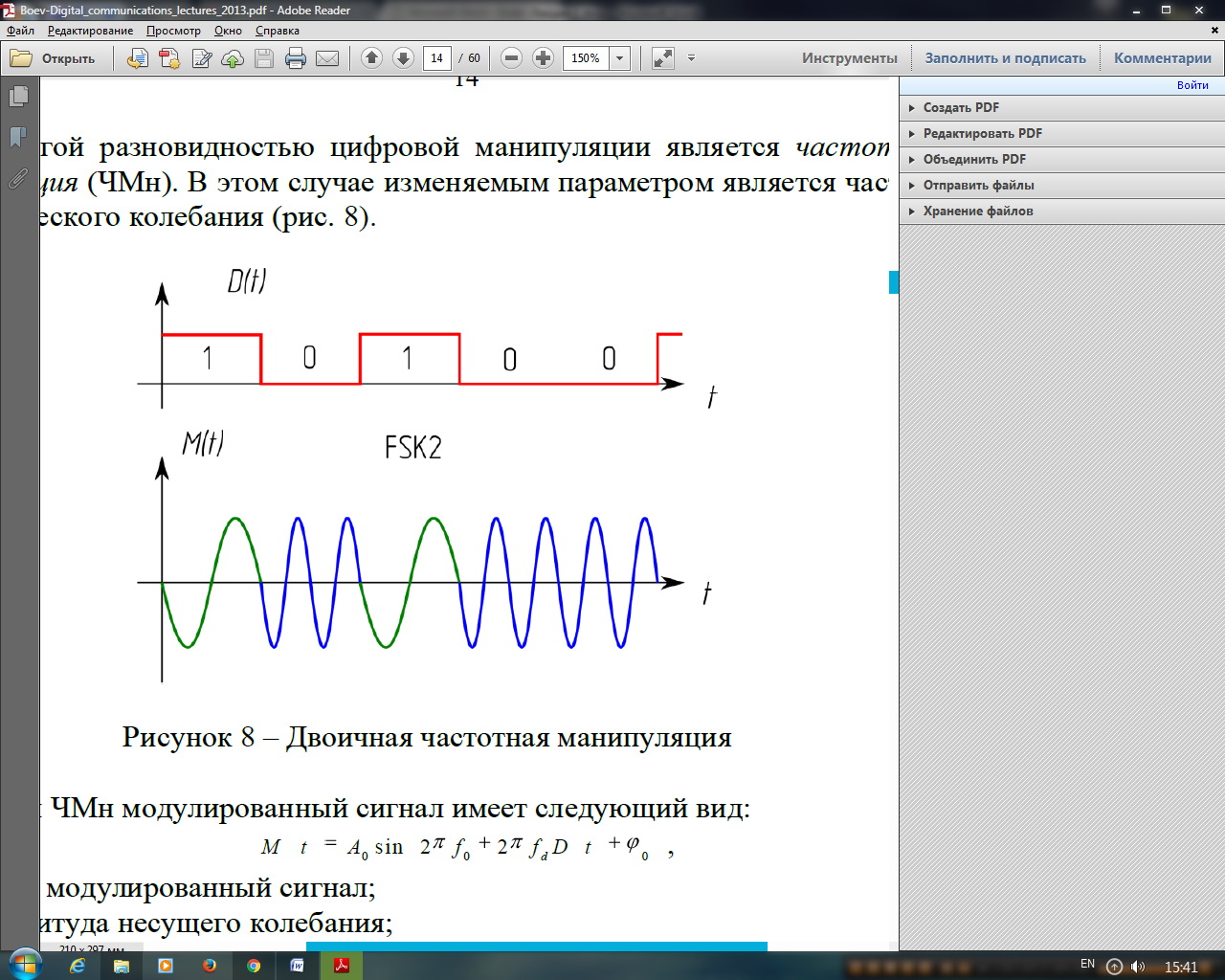
A0 – tashuvchi tebranish amplitudasi;

f0 – tashuvchi tebranish chastotasi;

φ0 – tashuvchi tebranish boshlang‘ich fazasi.

**6.3. Chastotaviy manipulyatsiyalash (ChMn)**

Manipulyatsiyalashning boshqa turi chastotaviy manipulyatsiyalash (ChMn) hisoblanadi. Bu holda o‘zgaradigan parametr garmonik tebranishning chastotasi hisoblanadi (6.4- rasm).



6.4- rasm. Ikkilik chastotaviy manipulyatsiyalash

Chastotaviy manipulyatsiyalashda signal quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

*M(t)= A0sin2πf0 +2π fdD(t) ·φ0*(6.2)

bu yerda *M(t)* – modulyatsiyalangan signal;

*A0* – tashuvchi tebranish amplitudasi;

*D(t)* – uzatish uchun ma’lumotlar;

*f0 –* tashuvchi tebranish chastotasi;

*φ0* *–* tashuvchi tebranish boshlang‘ich fazasi;

*fd* *–* chastota deviatsiyasi.

**6.4. Fazaviy manipulyatsiyalash (FMn)**

Fazaviymanipulyatsiyalashda (FMn) o‘zgaradigan parametr garmonik tebranishning fazasi hisoblanadi (6.5- rasm). Ikkilik fazaviymanipulyatsiyalashda modulyatsiyalangan signal quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

*If D(t)* =0 bo‘lganda *M(t)= A0sin2πf0 +φ0* (6.3)

*If D(t)* =1 bo‘lganda *M(t)= A0sin2πf0+φ0+π*(6.4)

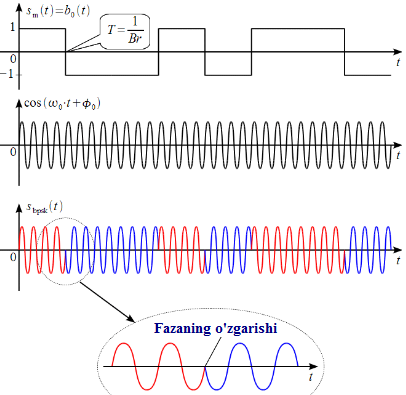
bu yerda *M(t)* – modulyatsiyalangan signal;

*A0*– tashuvchi tebranish amplitudasi;

*D(t)* – uzatish uchun ma’lumotlar;

*f0* *–* tashuvchi tebranish chastotasi;

*φ0* *–* tashuvchi tebranish boshlang‘ich fazasi.



6.5- rasm. Ikkilik fazaviy manipulyatsiyalash

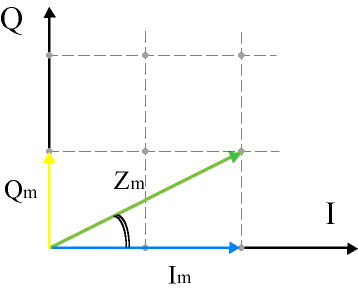
**6.5. Kvadraturali amplitudaviy manipulyatsiyalash (QAM)**

Har xil manipulyatsiyalash turlari uchun bitta signal doirasida nafaqat 0 va 1 bitlarni, balki ularning kombinatsiyalarini ham uzatishga imkon beradigan usullar mavjud. Bunday usullar **ko‘p pozitsiyali manipulyatsiyalash usullar**i deyiladi. Bu usullarning mazmuni shundan iboratki, chiziqli signalning bitta elementi oddiy ikki pozitsiyali usullarga qaraganda ko‘proq bitlar soni haqidagi ma’lumotlarni tashiydi. Bu juda oddiy ishlaydi. Masalan, ko‘p pozitsiyali amplitudaviy manipulyatsiyalashda 0 yoki 1 bitlarni kodlaydigan 2 ta amplituda emas, balki 4 ta amplituda beramiz, ular amplitudaning ortishi bilan 00, 01, 10, 11 bitlarga mos keladi. Ko‘p pozitsiyali chastotaviy manipulyatsiyalash uchun ko‘proq chastotalar, ko‘p pozitsiyali fazaviy manipulyatsiyalash uchun esa mos ravishda ko‘proq faza bo‘yicha surilishlar ishlatiladi. Bu haqiqatan ham ma’lumotlarni uzatish solishtirma tezligini oshirishga imkon berdi, lekin bunda uzatish xatoligiga bog‘liq bo‘lgan xatoliklar vujudga kela boshlaydi.

Bugungi kundakvadraturali amplitudaviy manipulyatsiyalashning(KAM, ingl. *QAM*) har xil turlari keng tarqalgan. Kvadraturali amplitudaviy manipulyatsiyalash - signalning ham amplitudasi ham fazasi o‘zgaradigan manipulyatsiyalash hisoblanadi, bu signalning bitta holati (sanog‘i) orqali uzatiladigan ma’lumotlar miqdorini oshirishga imkon beradi. Isbotlanganki, kvadraturali amplitudaviy manipulyatsiyalash eng samarali modulyatsiyalash turi hisoblanadi. 2,75*G* (*EDGE*) avloddan boshlab zamonaviy harakatdagi aloqa tizimlarida yuqori tartiblardagi fazaviy manipulyatsiyalash va kvadraturali amplitudaviy manipulyatsiyalash turlariga o‘tish bo‘lib o‘tdi.

Modulyatsiyalangan signallar xarakteristikalarini tahlil qilishning qulay vositasi ularni signallar turkumi ko‘rinishidagi kvadraturali diagrammalar yordamida aks ettirish hisoblanadi.

Kompleks eksponensial signalni real va mavhum o‘qda aks ettirish *I* va *Q* kvadraturalar sonini oldi. *I* kvadraturali signal real (kosinusoidal) o‘qqa proyeksiya hisoblanadi. 6.6- rasmda *Q* kvadraturali tashkil etuvchi vektorini I sinfaz tashkil etuvchi vektori bilan qo‘shish yo‘li bilan *Z* natijaviy tebranishlarni shakllantirish prinsipi tasvirlangan. *Z* vektor amplitudasi *Am*nisbat orqali, bu vektor absissalar o‘qi bilan hosil qiladigan burchak esa *φm* nisbat orqali aniqlanadi.

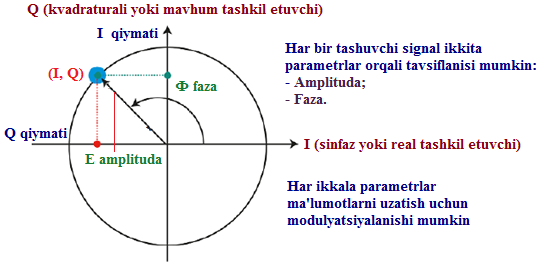
  
6.6- rasm. *I* va *Q* o‘qlarda kvadraturali signalni berilishi

Bu algoritm uchun tashuvchi tebranishning sinfaz va kvadraturali tashkil etuvchilarini modulyatsiyalashda amplitudani o‘zgarishi qadamining o‘sha bir qiymati ishlatiladi. Shuning uchun modulyatsiyalangan tebranishlar vektorlarining uchlari fazaviy tekislikda modulyatsiyalangan signal vektorining haqiqiy *Re{Z}* va mavhum *Im{Z}* tashkil euvchilarining to‘g‘ri burchakli to‘rini hosil qiladi. Bu to‘r tugunlarining soni ishlatiladigan *QAM* algoritmi turi orqali aniqlanadi. Modulyatsiyalangan *QAM* tebranishlar fazaviy tekisligida tugunlarning joylashish sxemasini signallar turkumi (*constellation*) deb atash qabul qilingan.

Raqamli uzatish tizimlari uchun zamonaviy modulyatorlar kvadraturali sxema bo‘yicha quriladi. Bunday modulyatorda chiqish signali tashuvchilari o‘zaro 90° fazaviy surilishga ega bo‘lgan ikkita turli modulyatsiyalangan signallarni qo‘shish bilan hosil bo‘ladi.

Kvadraturali modulyatorlarning ikkita modulyatsiyalovchi signallar kirishlari *I* va *Q* bilan belgilanadi:

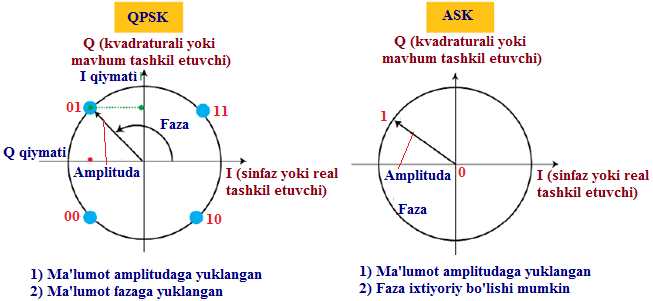
* *I* (sinfaz) tashuvchining boshlang‘ich fazaviy surilishi 0°ga teng olinadigan kanalga tegishli bo‘ladi;
* *Q* (kvadraturali) tashuvchining boshlang‘ich fazaviy surilishi 90°ga teng olinadigan kanalga tegishli bo‘ladi (6.7- rasm).



6.7- rasm. Modulyatsiyalangan signalning elektr maydoni kompleks tekislikda I/Q-diagramma yordamida aks ettirilishi mumkin

Kvadraturali diagrammaning rasmini soddalashtirish uchun, ayniqsa, zamonaviy ko‘p pozitsiyali modulyatsiyalash turlarining signallarini aks ettirishda odatda koordinatalar uchlaridan chiqadigan vektorlarning faqat oxirgi nuqtalari tasvirlanadi, vektorlarning o‘zlari esa tushirib qoldiriladi. Ko‘pincha figuraning simmetriya markazi orqali o‘tishi ko‘zda tutilishi bilan *I* va *Q* o‘qlarning o‘zi ham tushirib qoldiriladi. Kvadraturali diagrammada nuqtalar ko‘rinishida tasvirlangan modulyatsiyalangan signallarning to‘liq to‘plami **signallar turkumi** deyildi, signallarning o‘zi esa **signallar turkumi nuqtalari** deyiladi. Signallar turkumining shakli modulyatsiyalash turiga mos keladi, signallar turkumi nuqtalari orasidagi masofa esa signali qabul qilishda halaqitbardoshlikni xarakterlaydi.

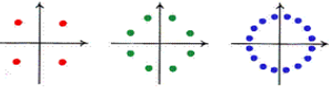
Oddiy amplitudaviy manipulyatsiyalash (AMn) ham signllar turkumi diagrammasi yordamida berilishi mumkin. Ma’lumotlar faqat amplitudada bo‘lganligi bois bitning birlik qiymati *E* radiusli aylananing istalgan nuqtasida bo‘lishi mumkin (6.8- rasm).



6.8- rasm. *QPSK* va AMn modulyatsiyalash turlari uchun signallar turkumlarini taqqoslash: AMda faza ixtiyoriy hisoblanadi

Misol sifatida 6.9- rasmda amplitudaviy modulyatsiyalash (AM) uchun bir o‘lchamli va fazaviy modulyatsiyalash (FM) uchun ikki o‘lchamli bir necha oddiy signallar turkumlari keltirilgan bo‘lib, ularning geometrik joylashish nuqtalari mos ravishda to‘g‘ri chiziq va aylana hisoblanadi.

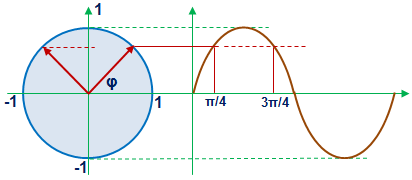




6.9- rasm. Amplitudaviy modulyatsiyalash (AM) uchun bir o‘lchamli va fazaviy modulyatsiyalash (FM) uchun ikki o‘lchamli bir necha oddiy signallar turkumlari

Bu yerda ta’kidlash kerakki, ko‘rsatilgan AM signallar turkumi modulyatsiyalovchi signal sifatida qiymatli sathlari nolinchi sathga nisbatan simmetrik bo‘lgan bipolyar impulslar ishlatilganida olinadi. Manfiy impulslar bilan modulyatsiyalashda bir vaqtda signal fazasi ham qarama-qarshisiga o‘zgaradi. Shuning uchun bunday AMga FMning bir turi sifatida qarash mumkin.

Garmonik signalning signallar turkumi bilan aloqasi 6.10- rasmda keltirilgan.



6.10- rasm. Garmonik signalning signallar turkumi bilan aloqasi

Sinusoidal signalni foydali past chastotali signal bilan amplituda, chastota va faza bo‘yicha modulyatsiyalash mumkin. XX asr davomida bir-birlaridan sxemalari va sifat xarakteristikalari orqali farqlanadigan juda ko‘plab amplitudaviy, chastotaviy va fazaviy modulyatorlar ishlab chiqildi. Bu xilma-xillik bu modulyatorlarni o‘zaro taqqoslashga imkon bermaydi, barcha modulyatorlarning xarakteristikalarini bir vaqtda yaxshilashga imkon bermaydi va eng asosiysi raqamli shaklda qiyin bajariladi. Signalni ikkita kvadraturali ko‘rinishlarda berilishi *I* va *Q* past chastotali kvadraturali signallarning o‘zaro nisbatiga bog‘liq ravishda bir vaqtda ham amplitudaviy, ham chastotaviy, ham fazaviy modulyator bo‘lishi mumkin universal modulyatorni oson yig‘ishga imkon beradi.

Tor polosali yuqori chastotali (yoki oraliq chastotali) radiosignalni olishga imkon beradigan modulyatorning sxemasi kvadraturali modulyator nomini oldi. Kvadraturali modulyatorning tuzilish sxemasi 6.12- rasmda keltirilgan.

***I(t)***

***Q(t)***

**900**

***S(t)***

***φ***

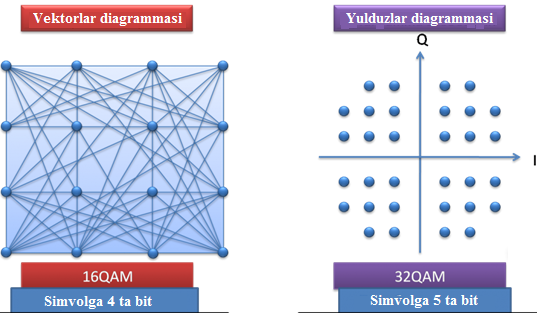
**Get**

**00**

6.12- rasm. Kvadraturali modulyatorning tuzilish sxemasi

Bu sxemada asosiy tugun kvadraturali signalni yuqori chasttaga o‘tkazadigan analog ko‘paytirgichlar hisoblanadi. Natijaviy signal analog summatorda qo‘shilganidan keyin chiqishda berilgan qonun bo‘yicha modulyatsiyalangan yuqori chastotali jarayon qoladi.

*QAM* modulyatsiyalash mikroto‘lqinli raqamli aloqada, *DVB-C* (kabelli keng polosali raqamli televideniye) va modemlarda ishlatiladi. 16–pozitsiyali *QAM*da (16*QAM*da) 4 ta *I* qiymatlar va 4 ta *Q* qiymatlar mavjud bo‘ladi (6.13- rasm). Natijada bu signalning 16 ta bo‘lishi mumkin qiymatlarini beradi. Vaqtning har bir momentida signal simvoli bir holatdan boshqasiga o‘tishi mumkin. 16 = 24 bo‘lganligi sababli bitta simvolda 4 bit uzatilishi mumkin (6.1- jadval). *QAM* *I* komponentlar uchun 2 bitga va *Q* komponentlar uchun 2 bitga ega bo‘ladi. Bu modulyatsiyalash turi katta uzatish spektral samaradorligiga ega. U *BPSK*, *QPSK* yoki *8PSK* modulyatsiyalashga qaraganda samaradorroq.



6.13- rasm. 16*QAM* va 32*QAM* modulyatsiyalash turlarini taqqoslash

6.1-jadval

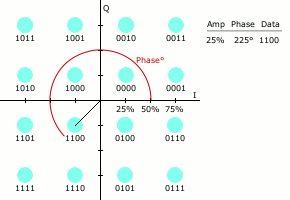
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Amplitudaviy (*ASK - Amplitude Shift Keying*) | Chastotaviy (*FSK - Frequency Shift Keying*) | Fazaviy (*PSK - Phase Shift Keying*) | Kvadraturali- amplitudaviy (*QAM - Quadrature Amplitude Modulation*) |
| Impulslar amplitudasi o‘zgaradi | Impulslar chastotasi o‘zgaradi | Tebranishlar fazasi o‘zgaradi | Amplituda va faza bir vaqtda o‘zgaradi |
| “1” uzatilishi uchun katta amplituda, “0” uzatilishi uchun past amplituda ishlatiladi | “1” uzatilishi uchun tebranishlar yuqori chastotasi, “0” uzatilishi uchun past chastotasi ishlatiladi | “1” uzatilishi uchun 900 ga fazani surilishi ishlatiladi | “1” uzatilishi uchun katta amplituda va 900 ga fazani surilishi ishlatiladi |

Turli manipulyatsiyalash usullarini taqqoslash

16*QAM*ning ishlash prinsipi simulyatsiyasi 6.14- rasmda keltirilgan bo‘lib, unda bitta signalda ma’lumotlar 4 biti uzatiladi (masalan, 25% amplitudada va 2250 fazada 1100 ma’lumot uzatiladi).

16*QAM*- modulyatorning tuzilish sxemasi esa 6.15- rasmda keltirilgan.

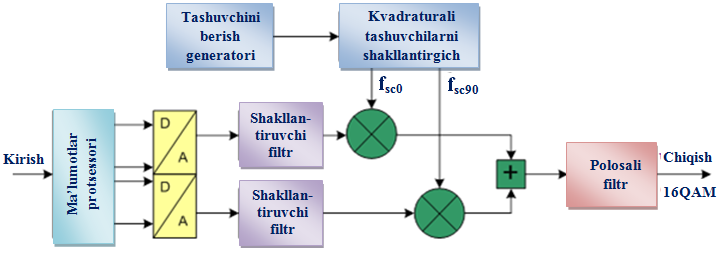
Sxemada kirish ma’lumotlar oqimiga dastlab ma’lumotlar protsessorida zarur raqamli ishlov beriladi. Takt chastotasini ajratish, skremblirlash, differensial kodlash, ketma-ket-parallel o‘zgartirish amalga oshiriladi.



6.14- rasm. QAM-16ning ishlash prinsipi simulyatsiyasi

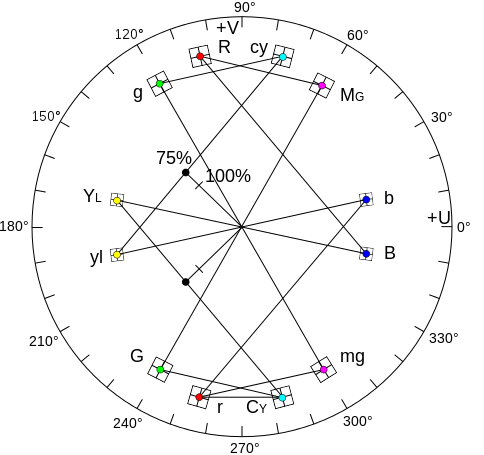
16*QAM* modulyatsiyalash 4 bit/(s·Gs) solishtirma uzatish tezligini ta’minlaydi, u holda ma’lumotlar oqimiga raqamli ishlov berishda uni keyingi modulyatsiyalash uchun mos ravishda pasaytirilgan tezliklarli 4 ta kichik oqimlarga bo‘linadi. Keyin ikkita ikkilik kichik oqimlarni bir vaqtda RFda spektrini shakllantirish bilan to‘rtta sathli bitta oqimga raqamli-analog o‘zgartirish amalga oshiriladi, bunda impulslarga silliq shakl beriladi.

*I* va *Q* kanallardagi to‘rtta sathli signallar balansli modulyatorlarni boshqaradi, ularning chiqish signallari ikkita polosali va so‘ndirilgan tashuvchili 16*QAM* signalni hosil qilishi bilan qo‘shiladi. Balansli modulyatorlarga tashuvchi *π*/2 surilish bilan, ya’ni kvadraturada beriladi.

****

6.15- rasm. 16*QAM* modulyatorning tuzilish sxemasi

Modulyatorning oraliq tashuvchi chastotadagi chiqish signali tashqi polosali nurlanishlarni cheklaydigan polosali filtrdan o‘tadi va istalgan uzatish kanalining polosasiga o‘zgartirilishi mumkin.



Ris. 6.16. Kvadraturali modulyatsiya: vektorlar analizatori ekranidagi *PAL* ranglilik signalining ko‘rinishi

Kvadraturali modulyatsiyalash [*PAL*](https://ru.wikipedia.org/wiki/PAL) va [*NTSC*](https://ru.wikipedia.org/wiki/NTSC) televizion standartida ranglilik signallarini uzatish uchun, stereofonik radioeshittirishda, dasturiy-aniqlanadigan radio (DAR, *SDR*) tizimlarida qo‘llanadi (6.16- rasm).

**6.6.** **Kvadraturali fazaviy manipulyatsiyalash (QPSK)**

Fazaviy manipulyatsiyalashning *BPSK*, *QPSK*, 8-*PSK* va boshqa turlari mavjud. Ularning tavsiflari 6.2- jadvalda keltirilgan.

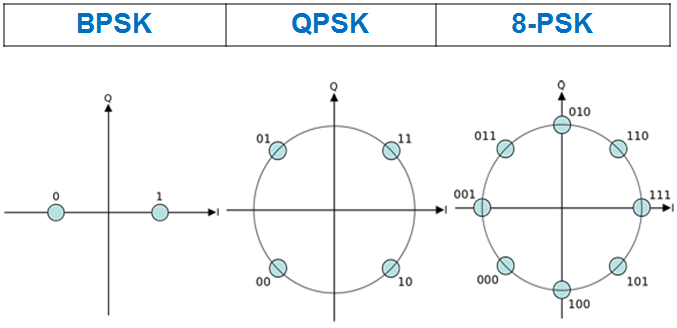
6.2- jadval

*BPSK*, *QPSK*, 8-*PSK* fazaviy modulyatsiyalash turlarining nisbiy xarakteristikalari

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *BPSK* | *QPSK* | 8-*PSK* |
| *Binary Phase Shift Keying* –oddiy binar fazaviy manipulyatsiyalash hisoblanadi va bitta signalda 1 bit axborotni kodlashga imkon beradi | Kvadraturali fazaviy manipulyatsiyalash (*Quadrature Phase Shift Keying*) bo‘lib, 4 fazaga bo‘linadi va bitta signalda 2 bit axborotni kodlashga imkon beradi | 8 *Phase Shift Keying* manipulyatsiyalashda 8 ga bo‘linadi va bitta signalda 3 bit axborotni kodlashga imkon beradi |

*BPSK*, *QPSK*, 8-*PSK* fazaviy manipulyatsiyalash yulduzlar turkumlari diagrammalari 6.17- rasmda keltirilgan.

Bitta *BPSK* simvoli bir bit ma’lumotni kodlaydi, bunda *BPSK* vektorlar diagrammasida *I(t)* sinfaz o‘qda atigi ikkita nuqtalar – nolga va uzatiladigan ma’lumotlar birligiga mos keladigan nuqtalar bo‘ladi. *Q(t)*  kvadraturali kanal BPSK bo‘lganida doimo nolga teng bo‘ladi.



6.17- rasm. BPSK, QPSK, 8-PSK fazaviy manipulyatsiyalash yulduzlar turkumlari diagrammalari

***I(t)***

***Q(t)***

***b0(t)***

***Q(t)***

***I(t)***

**0**

**01**

**00**

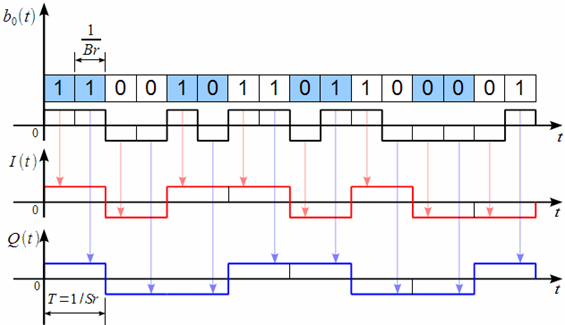
**10**

**11**

6.18- rasm. *QPSK* yulduzlar turkumi asosida sinfaz va kvadraturali tashkil etuvchilarni shartli kodlash qurilmasi

Ikki bit ma’lumotni bitta simvol bilan kodlashni amalga oshirish uchun signallar turkumi 6.17- rasmdagi QPSK vektorlar diagrammasida tasvirlanganidek, to‘rtta nuqtalardan tashkil topishi kerak. U holda biz ham *I(t)*, ham *Q(t)* noldan farqli bo‘lishi,  signallar turkumining barcha nuqtalari birlik aylanada joylashishini olamiz. Bunda kodlashni quyidagi tarzda amalga oshirish mumkin. Bitlar oqimi juft va toq bitlarga bo‘linadi, *I(t)* juft bitlarni, *Q(t)* esa toq bitlarni kodlaydi. Ikkita bir-birlaridan keyin ketma-ketma keladigan ma’lumotlar bitlari bir vaqtda sinfaz *I(t)* va kvadraturali *Q(t)* signallar bilan kodlanadi. Bu 6.20- rasmda keltirilgan «1100101101100001» axborot oqimi uchun ossillogrammalarda yaqqol tasvirlangan.

**Ma’lumot: «1100101101100001»**



6.20- rasm. QPSK signalning sinfaz va kvadraturali tashkil etuvchilarini hosil qilish

Yuqoridagi grafikda kirish oqimi 6.17- rasmda tasvirlangan *QPSK* signallar turkumining bitta nuqtasiga mos keladigan bitlar juftligiga bo‘lingan. Ikkinchi grafikda uzatiladigan axborotga mos keladigan *I(t)* ossillogramma tasvirlangan. Agar juft bit 1 ga teng bo‘lsa (e’tibor bering, bitlar birdan boshlab emas, balki nolda boshlab nomerlanadi, shuning uchun navbatdagi birinchi bit 0 nomerga ega bo‘ladi, u tartib bo‘yicha juft bo‘ladi), *I(t)>*0 bo‘ladi, agar juft bit 0 ga teng bo‘lsa, *I(t)<*0 (ya’ni *b0(t)<*0) bo‘ladi. Shunga o‘xshash tarzda Q(t) kvadraturali kanal toq bitlar bo‘yicha quriladi. Bitta simvolning davomiyligi *T=Sr*  dastlabki ma’lumot bitining davomiyligidan ikki martaga katta bo‘ladi. *QPSK* signallar turkumiga muvofiq bunday *I(t)* va *Q(t)* kodlashni bajaradigan qurilma shartli 6.18- rasmda tasvirlangan.

6.21- rasmda *QPSK*-signalning sinfaz va kvadraturali tashkil etuvchilarini kodlash qurilmasining tuzilish sxemasi keltirilgan.

***I(t)***

***Q(t)***

***SQPSK(t)***

***cos(ω0t+ φ0)***

**900**

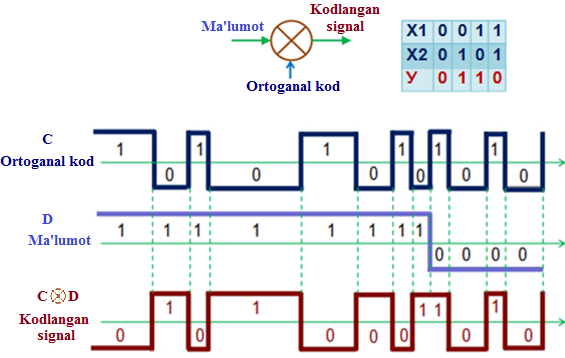
***b0(t)***

**Get**

6.21- rasmda QPSK-signalning sinfaz va kvadraturali tashkil etuvchilarini kodlash qurilmasi

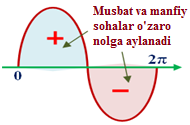
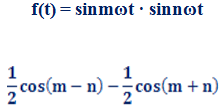
Kirishdagi *b0(t)* bitlar juftliklariga bog‘liq ravishda chiqishda bu bitlar juftliklari davomiyliklari chegaralarida doimiy bo‘lgan qiymatlari uzatiladigan ma’lumotlarga bog‘liq bo‘ladigan *I0(t)* va *Q0(t)* signallarni olamiz.

Kodlangan signalni olinishiga misol 6.22- rasmda keltirilgan**.**

****

6.22- rasm. Kodlangan signalni olinishiga misol

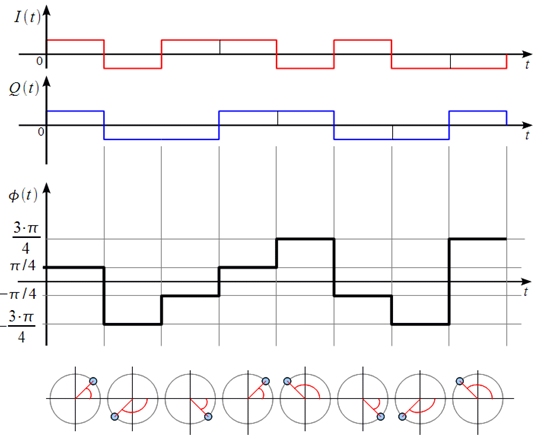
Ortogonallik shartida to‘xtalamiz (6.23- rasm).



6.22- rasm. Ortogonallik shartining bajarilishi

«1100101101100001» axborot oqimi uchun *φ(t)*  fazaviy og‘maning ko‘rinishi 6.24- rasmda tasvirlangan. Fazaviy og‘ma *QPSK* simvolining o‘zgarishi momentlarida keskin o‘zgaradigan vaqt bo‘yicha pog‘onasimon funksiya hisoblanadi (aytib o‘tamizki, bitta *QPSK* simvoli ikkita ma’lumotlar bitini tashiydi). Bunda bitta simvol chegaralarida *QPSK* vektorlar diagrammasi uchinchi grafikdan pastda tasvirlanganidek signallar turkumining bitta bo‘ladi, keyingi simvolga mos keladigan nuqtaga sakrash bilan o‘tadi. *QPSK* vektorlar diagrammasida faqat to‘rtta nuqtalar mavjud, shuning uchun fazaviy og‘ma faqat to‘rtta *±π/*4 va ±3·*π*/4 qiymatlarni qabul qilish mumkin.

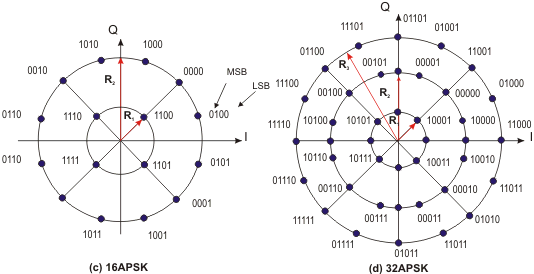


6.24- rasm. QPSK signalning fazaviy o‘zgarishi

QPSK signalning *ϕ(t)* amplitudaviy og‘masi *z(t*) kompleks og‘madan ham olinishi mumkin:

Ta’kidlaymizki, QPSK signalning ϕ(t) amplitudaviy og‘masi uzatiladigan simvollarning o‘zgarishi momentlaridan tashqari, ya’ni fazaning sakrashi va signallar turkumining navbatdagi nuqtasiga o‘tish momentlarida doimo birga teng bo‘ladi.

*DVB-S2* tizimida ishlatiladigan manipulyatsiyalash turlari 6.25- rasmda keltirilgan.



6.25- rasm. *DVB-S2* tizimida ishlatiladigan manipulyatsiyalash turlari

**Nazorat savollari**

1. Raqamli manipulyatsiyalashjarayonining ma’nosi nimadan iborat?

2. Dastlabki analog signalni raqamli signalga o‘zgartirish jarayonini tushuntiring.

3. Raqamli signalni uchta manipulyatsiyalash usullarini tushuntiring.

4. Amplitudaviy manipulyatsiyalash qanday amalga oshiriladi?

5. Chastotaviy manipulyatsiyalash qanday amalga oshiriladi?

6. Fazaviy manipulyatsiyalash qanday amalga oshiriladi?

8. Kvadraturali amplitudaviy manipulyatsiyalash qanday amalga oshiriladi?

9. Kvadraturali fazaviy manipulyatsiyalash qanday amalga oshiriladi?

10. *QPSK* signalning sinfaz va kvadraturali tashkil etuvchilarini hosil qilish qanday amalga oshiriladi?

**7. ANALOG VA RAQAMLI TELEVIDENIYE UZATKICHLARI**

**7.1. Televideniye uzatish tizimiga talablar**

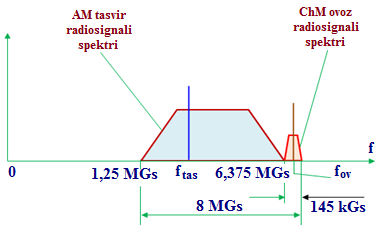
Televideniyening asosiy vazifasi tomoshabin ob’ektning tasvirini tabiiy qilinganidek rangli va hajmli ko‘rishidan iborat. Harakatdagi va qo‘zg‘almas tasvirlarni elektr uzatish uchun mo‘ljallangan texnik vositalar kompleksi TV tizim deyiladi. Bu kompleksga televizion uzatish kamerasidan tortib to televizion qabul qilgichgacha bo‘lgan butun televizion apparatura kiradi.

TV uzatish tizimi qanday talablarga javob berishi kerak? Ulardan birinchisi – rangli TV signal egallaydigan polosa (*ΔFRTV*) oq-qora televideniye egallaydigan polosaga (*ΔFOQTV*) teng bo‘lishi kerak, ya’ni

*ΔFRTV = ΔFOQTV = 8 MGs*

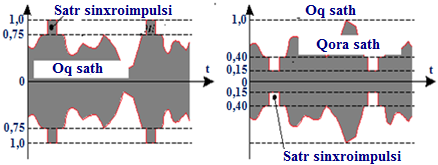
Bu shart rangli televideniye signallarini mavjud televizion aloqa kanallari orqali uzatish uchun foydalanish zarurati orqali tushuntiriladi.

Yer usti uzatishda tasvirlar va ovoz signallarini uzatish televideniye uzatish radiosignallari (TURS) orqali amalga oshiriladi, ulardan har biri tasvir radiosignali (TRS) va ovoz radiosignali (ORS) birligidan iborat bo‘ladi. Tasvir radiosignali deb *UΣ(t)* to‘liq videosignal yoki *UTRVS(t)* to‘liq rang videosignali orqali modulyatsiyalangan tasvirni tashuvchiga, ovoz radiosignali deb ovoz signali bilan modulyatsiyalangan ovoz tashuvchisiga aytiladi. Bunda barcha davlatlarda radiosignal egallaydigan chastotalar polosasini qisqartirish va TV uzatkichlarning qurilishini soddalashtirish maqsadlarida videosignalni uzatish uchun amplitudaviy modulyatsiyalash (AM), ovoz signalini uzatish uchun esa chastotaviy modulyatsiyalash (ChM) ishlatiladi (7.1- rasm).



7.1- rasm. To‘liq televizion signal

TV uzatkich chiqishida videosignaldagi o‘zgarmas tashkil etuvchini qayta tiklash, ya’ni o‘chiruvchi yoki sinxronlashtiruvchi impulslarni qayd etish amalga oshiriladi. Bu uzatkich kaskadlaridagi tranzistorlarni samarali ishlatishga imkon beradi, chunki modulyasion (amplituda) xarakteristikaning chiziqli oralig‘i sezilarli kamayadi, bunda iste’mol quvvati bo‘yicha yutuq taxminan 2,5 martani tashkil etadi. TV uzatkich modulyatoriga videosignal negativ yoki pozitiv qutbda beriladi, natijada negativ yoki pozitiv modulsiyalashli TRS hosil bo‘ladi (7.2- rasm).



7.2- rasm.Negativ va pozitiv modulyatsiyalashli TRS

Radiosignal negativ modulyatsiyalanganida maksimal nurlanish quvvatiga sinxronlash tirish impulslari va tasvirning qora oraliqlari mos keladi. Oq oraliqlari maksimal nurlanish sathining 15% ga mos sathda uzatiladi.

Pozitiv modulyatsiyalashda, aksincha, maksimal nurlanish quvvati tasvirning oq oraliqlariga mos keladi. Har ikkala hollarda doimo “qora” sathlari, o‘chiruvchi impulslar sathlari qiymatlari qayd etiladi.

Televizion uzatish radiotraktining umumlashtirilgan tuzilish sxemasi 7.3- rasmda keltirilgan.

**Ushov (t)**

**UТ(t)**

**UВ1**

**UR1**

**Z1**

**Z2**

**UТRТS(t)**

**UТRТS(t)**

**UAM(t)**

**UТRS(t)**

7.3- rasm. Televizion uzatish radiotraktining umumlashtirilgan tuzilish sxemasi

Agar UB1 amplitudaviy modulyator kirishiga shartli bir tekis spektrli *UTRVS(t)* signal berilsa, chiqishda ikkita yon polosalar va *fTT* tasvir tashuvchi hosil bo‘ladi. *Fyu = 6 MGs* videosignal spektri yuqori chegaraviy chastotasida ikki polosali AM signal egallaydigan chastotalar polosasi kengligi 12 MGs ni tashkil etadi. Lekin binobarin, modulyatsiyalovchi signal haqidagi to‘liq ma’lumot yon polosalardan har birida bo‘ladi, u holda ulardan birini uzatish yetarli bo‘ladi. Shuning uchun uzatkichda bitta yon polosa (ko‘pincha pastki) *Z1* filtrda qisman so‘ndiriladi, uning chiqishida *UTRS* tasvir radiosignali hosil bo‘ladi.

Yon polosani to‘liq so‘ndirish mumkin emas, chunki videosignalda pastki chegarviy chastota *Fp=0*, demak, yon polosalar orasida ularni ajratish uchun chastotalar oralig‘i mavjud emas. Bunda uzatkichning ideallashtirilgan AChXsi *Z1* filtrning uzatish koeffitsienti (*fTT+6)…(fTT–0,75) MGs* chastotalar sohasida nolga teng bo‘ladigan, *(fTT– 0,75)…(fTT–1,25)* MGs oraliq esa chegaralarida 20 dBdan ortiq bo‘lmagan so‘ndirishli pasayuvchi chiziqli tushishga ega bo‘ladigan quriladi (7.4- rasm).

**UTRTS**

**fTT+Fyu**

**UY**

**UАМ (f)**

**f**

**UY**

**f**

**URS**

**fTT-Fp**

**fTT**

**Fyu**

**ΔFАМ**

7.4- rasm TV uzatkich modulyatori kirishidagi va chiqishidagi signallar spektrlari

**7.2. Raqamli televizion tizimning tuzilish sxemasi**

Raqamli televizion tizimning tuzilish sxemasi 7.5- rasmda keltirilgan.

Analog televizion signallar manbai *E\*Y* yorqinlik signali va *E\*R-Y*, *E\*V-Y* ranglar farq signallarini shakllantiradi, ular ARO‘ga beriladi va raqamli shaklga o‘zgartiriladi. Tizimning tasvir koderi yoki video koderi deyiladigan keyingi qismida aloqa kanalida ikkilik simvollarning uzatilishi tezligini kamaytirish maqsadida video ma’lumotlarni samarador kodlash amalga oshiriladi. Bu operatsiya eng muhim hisoblanadi, chunki samarador kodlashsiz raqamli televideniye signallarini standart aloqa kanallari bo‘yicha uzatilishini ta’minlash mumkin bo‘lmaydi.

Ovoz signallari ham raqamli shaklga o‘zgartiriladi. Ovoz ma’lumotlari ovoz koderida siqiladi. Kodlangan tasvir va ovoz ma’lumotlari, shuningdek turli qo‘shimcha ma’lumotlar multipleksorda yagona ma’lumotlar oqimiga birlashtiriladi. Kanal koderida halaqitbardoshlikni oshirish uchun uzatiladigan ma’lumotlarni yana kodlash amalga oshiriladi. Natijada olingan raqamli signal bilan ishlatiladigan aloqa kanalining tashuvchi chastotasi modulyatsiyalanadi.

**TV signallar manbai**

**Video ARO’**

**Video dekoder**

**Multi-pleksor**

**Kanal koderi va modulyator**

**Aloqa kanali**

**Ovoz signallari manbai**

**Ovoz ARO’**

**Audio koder**

**Kanal dekoderi va demodulyator**

**Demulti-pleksor**

**Video RAO’**

**Audio RAO’**

**Audio dekoder**

**Video koder**

**PChK va dinamik**

**Monitor**

7.5- rasm. Raqamli televizion tizimning tuzilish sxemasi

Tizimning qabullash qismida qabul qilingan yuqori chastotali signalni demodulyatsiyalash va kanalli kodlashni dekodlash amalga oshiriladi. Keyin demultipleksorda ma’lumotlar oqimi tasvir va ovoz ma’lumotlari, shuningdek qo‘shimcha ma’lumotlarga ajratiladi. Bundan keyin ma’lumotlarni dekodlash bajariladi. Natijada tasvir dekoderi chiqishida raqamli shakldagi yorqinlik va ranglar farqi signallari olinadi, ular RAO‘da analog shaklga o‘zgartiriladi va monitorga uzatiladi, monitor ekranida tasvir qayta tiklanadi. Ovoz dekoderi chiqishida ovoz signalari olinadi, ular ham analog shaklga o‘zgartiriladi. Bu signallar ovoz chastotasi kuchaytirgichlariga va keyin dinamiklarga beriladi.

Raqamli TV aloqa tizimining uzatish qismi 7.6- rasmda keltirilgan.

**Analog ma’lumot manbai**

**ARO’**

**RAO’**

**Kvadraturali modulyator**

**Manba koderi**

**Kanal koderi**

**Shakllan-tiruvchi filtrlar**

**Kompleks og’mani shakllantirgich**

**Quvvat kuchaytirgich**

**AFT**

**Raqamli ma’lumot manbai**

**I**

**I**

**I**

**Q**

**Q**

**Q**

7.6- rasm. Raqamli TV aloqa tizimining uzatish qismi

Raqamli ma’lumotlar uzatish uchun aloqa tizimining halaqitbardoshligini oshirish va signalni berilgan sathda qabul qilishda bitli xatolik ehtimolligini ta’minlash uchun kanal koderiga beriladi. Raqamli modulyator yordamida kompleks signal og‘masi shakllantiriladi va u chiqish signalining spektrini cheklaydigan shakllantiruvchi filtrlarga beriladi. Ikkitalik RAO‘ diskret vaqtli tizimdan signalga ishlov berish analog tizimiga o‘tishga imkon beradi. Analog kvadraturali modulyator signal spektrini berilgan tashuvchi chastotaga yoki oraliq chastotaga o‘tkazadi. Bundan keyin signal kuchaytiriladi va antenna-fider qurilmasiga (AFTga) beriladi.

Signalga analog kvadraturali ishlov berishli uzatkichning tuzilish sxemasi 7.7- rasmda keltirilgan.

**Kompleks og’mani shakllantirgich**

**Ma’lumotlar**

**N**

**N**

**RAO’**

**ARO’**

**Shakllan-tiruvchi filtr**

**Shakllan-tiruvchi filtr**

**Geterodin**

**900**

**Tashuvchi (oraliq) chastotadagi signal**

7.7- rasm. Signalga analog kvadraturali ishlov berishli uzatkichning tuzilishi

Bunday yondashishning afzalligi kvadraturaturali RAO‘larning nisbatan past taktlash chastotasi hisoblanadi, chunki o‘zgartirish nolinchi oraliq chastotada amalga oshiriladi. RAO‘ taktlash chastotasi simvolga 2 dan 8 gacha sanoqlar diapazonida tanlanadi. Bu sxemaning kamchiligi signalga analog kvadraturali ishlov berish hisoblanadi, u bir xil xarakteristikalarli aralashtirgichlarni, kvadraturali geterodin chiqishlari fazalarining qat’iy farqini, bir xil AChXli past chastotalar filtrlarini yaratishga prinsipial imkon bermaydi. Bu kamchiliklar uzatiladigan turkum (diagramma) shaklini buzilishiga olib keladi, uni uzatish tomonida teskari aloqani kiritish bilan yoki qabullash tomonida adaptiv ekvalayzerlar yordamida kompensatsiyalash zarur bo‘ladi.

Signalga raqamli kvadraturali ishlov berishli uzatkichning tuzilish sxemasi 7.8- rasmda keltirilgan.

Bunday yondashishning afzalligi signalga analog kvadraturaturali ishlov berish mumammolaridan to‘liq qutilish hisoblanadi, chunki signallarga raqamli ishlov berish ideal fazalar farqili va bir xil chiqish signallari amplitudalarili kvadraturali geterodinni yaratishga imkon beradi, raqamli shaklda ko‘paytirish va filtrlash operatsiyalari esa kvadraturali kanallar uchun absolyut bir xil bajariladi. Afzalliklar uchun to‘lov RAO‘ ishlashining yuqori chastotasiga talablar hisoblanadi. Ayrim hollarda o‘ta keng polosali aloqa tizimlarining ishlashida shunday vaziyat yuz berishi mumkinki, signalning spektri hatto eng zamonaviy RAO‘larda Naykvist birinchi zonasiga sig‘maydi va bu yondashish ma’qul bo‘lmaydi.

**Kompleks og’mani shakllantirgich**

**Ma’lumotlar**

**N**

**N**

**Shakllan-tiruvchi filtr**

**Shakllan-tiruvchi filtr**

**To’g’ri raqamli sintez**

**900**

**Tashuvchi (oraliq) chastotadagi signal**

**RAO’**

8- rasm. Signalga raqamli kvadraturali ishlov berishli uzatkichning tuzilish sxemasi

**7.3. TV signallarni optik uzatish tizimining umumlashtirilgan tuzilish sxemasi**

TV signallarni optik uzatish tizimining umumlashtirilgan tuzilish sxemasi 7.9- rasmda keltirilgan.

TV-signal oqimi koaksial kabel orqali chiziqli kuchaytirgichga (ChK) beriladi va yo‘naltirilgan tarmoqlagich (YT) orqali nochiziqli buzilishlar korrektoriga (NBK) beriladi. Bu erda signalga mikroprotsessor tizim hisoblanadigan boshqarish blokida (BB) ishlab chiqariladigan shakldagi buzilish kiritiladi. Korreksiyalangan TV-signal lazerli diod (LD) tokini boshqaradi. LD chiqishida modulyasiyalangan optik signal olinadi. LD va optik uzatkich chiqishi orasida optik izolyator (OI) qo‘yiladi, u optik traktda vujudga keladigan qaytarilish natijasida LDga qaytadigan optik quvvatni yutadi. Bu optik tashuvchini generatsiyalanishi jarayoniga qaytgan quvvatning ta’siri natijasi hisoblanadigan shovqinlarni sezilarli ortishini oldini olishga imkon beradi.

**Kirish**

**Е**

**ChK**

**Chiqish**

**NBK**

**LD**

**ОИ**

**Boshqarish bloki**

**D**

7.9- rasm. TV signallarni optik uzatish tizimining umumlashtirilgan tuzilish sxemasi

**Nazorat savollari**

1. Televideniye uzatish tizimiga talablar nimalardan iborat?

2. To‘liq televizion signal qanday ko‘rinishga ega?

3. Televizion uzatish radiotraktining umumlashtirilgan tuzilish sxemasini tushuntiring?

4. TV uzatkich modulyatori kirishidagi va chiqishidagi signallar spektrlari qanday ko‘rinishga ega?

5. Raqamli televizion tizimning tuzilish sxemasini tushuntiring.

6. Raqamli TV aloqa tizimining uzatish qismi qanday qismlardan tashkil topgan?

8. Signalga analog kvadraturali ishlov berishli uzatkichning tuzilish sxemasining ishlash prinsipini tushuntiring.

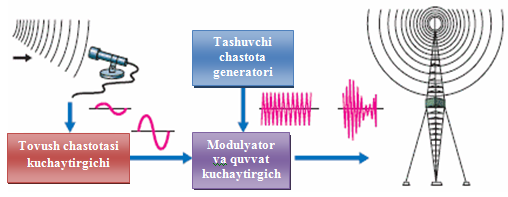
9. Signalga raqamli kvadraturali ishlov berishli uzatkichning tuzilish sxemasining ishlash prinsipini tushuntiring.

10. TV signallarni optik uzatish tizimining umumlashtirilgan tuzilish sxemasining ishlash prinsipini tushuntiring.

**8. ANALOG VA RAQAMLI RADIOESHITTIRISH UZATKICHLARI**

**8.1. Radiouzatishning umumiy tuzilish sxemasi**

Radiouzatkich bu uzatish antennasining kirishiga beriladigan signalni shakllantirish uchun qurilma hisoblanadi (8.1- rasm). Odatda qo‘zg‘atkich (yuqori stabillikli zarur chastotali tebranishlar generatori), quvvat kuchaytirgichi va modulyatordan (tashuvchi tebranishni berilgan qonun bo‘yicha modulyasiyalaydigan blok) tashkil topadi. Radiouzatkichlar radioaloqaning barcha turlarida, radiolokatsiya, radionavigatsiya televideniye va radioeshitttirish, aniq vaqt xizmatlari va boshqa sohalarda keng qo‘llanadi.



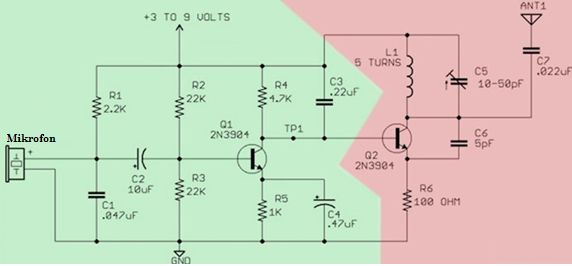
8.1- rasm. Radiouzatishning soddalashtirilgan umumiy tuzilish sxemasi

Radioeshittirish uchun quyidagi chastotalar polosalari, tashuvchi chastotadagi nurlanish quvvati va modulyatsiyalash turi ko‘zda tutilgan:

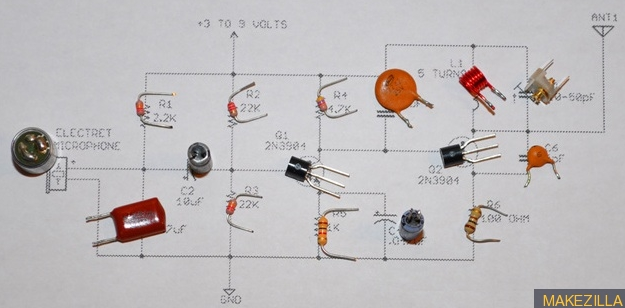
* 150…285 kGs – kilometrli to‘lqinlar diapazonida (boshqa nomi – uzun to‘lqinlar), quvvvati - 500 kVt gacha, modulyatsiyalash - amplitudaviy;
* 525…1605 kGs – gektometrli to‘lqinlar diapazonida (o‘rta to‘lqinlar), quvvvati - 500 kVt gacha, modulyatsiyalash - amplitudaviy;
* 3,95…26,1 MGs (alohida oraliqlar) - dekametrli to‘lqinlar diapazonida (qisqa to‘lqinlar, quvvvati - 500 kVt gacha, modulyatsiyalash - amplitudaviy;
* 66…73 va 87,5…108 MGs - metrli diapazonda (UQT ChM uzatish), quvvvati - 15 kVt gacha, modulyatsiyalash - chastotaviy.

Radioeshittirish yer sharidagi juda katta hududlarni qamarab oladigan global radiotexnik tizimlarga kiradi. Turli davlatlarda radiouzatish uzatkichlarining chastotalarini taqsimlanishi va ishlash vaqti a’zosi O‘zbekiston hisoblanadigan Xalqaro elektr aloqa ittifoqi doirasidaga xalqaro kelishuvlar orqali belgilanadi. Bunday kelishuvlar tufayli tinglovchilar radiostansiyalarni qabul qilishida o‘zaro radiohalaqitlar imkoniyati kamayadi. Dunyoda hech kim xalqaro va davlat organlari bilan muvofiqlashtirmasdan radioeshittirish bilan shug‘ullanish huquqiga ega emas.

Eng oddiy past quvvatli uzatkichning prinsipial sxemasi 8.2- rasmda, undagi elementlarning joylashishi esa 8.3- rasmda keltirilgan bo‘lib, unda uzatkichning PCh va YuCh qismlari turli ranglar bilan ajratilgan.



8.2- rasm. Past quvvatli uzatkichning prinsipial sxemasi



8.3- rasm. Past quvvatli uzatkichda elementlarning joylashishi

**8.2. Uzun va o‘rta to‘lqin analog radiouzatkichining umumlashtirilgan tuzilish sxemasi**

500 kVt gacha quvvatli amplitudaviy modulyasiyalashli bunday radiouzatkichning umumlashtirilgan tuzilish sxemasi 8.4- rasmda keltirilgan.

Radiouzatkich ikki yoki undan ortiq jamlanmalardan tashkil topishi mumkin, ularning quvvatlari ko‘priksimon qurilma yordamida qo‘shiladi. Qo‘zg‘atkining chastotasi o‘zgartirilganida qayta sozlashni talab qilmaydigan dastlabki YuCh keng polosali kaskadlarda odatda quvvatli tranzistorlar qo‘llanadi. Chiqish YuCh quvvat kuchaytirgichida quvvatlari parallel yoki ikki taktli sxema bo‘yicha qo‘shiladigan bir necha quvvatli generator lampalar ishlatiladi. Chiqish kaskadida va antenna bilan moslashtirish qurilmasida qo‘zg‘atkining chastotasi o‘zgartirilganida konturlarning avtomatik sozlanishi amalga oshiriladi.

RUQda maxsus datchiklar yordamida uning barcha kaskadlari va bo‘g‘inlarining normal ishlashini va shtatdagi rejim buzilganida darhol signalizatsiyani avtomatik nazorat qilish amalga oshiriladi. Qo‘zg‘atkichda talab qilinadigan chastotalar to‘rini shakllantiradigan sintezator qo‘llanadi. Qo‘zg‘atkich ta’minlaydigan chastotaning nostabilligi 10 Gsdan, sinxron rejimda esa 0,01 Gsdan oshmaydi. Sinxron rejim deb barcha radiostansiyalar o‘sha bir xabarni o‘sha bir tashuvchi chastotada uzatadigan, bu chastotaning stabillanishi qabul qilinadigan “yagona vaqt” signali bo‘yicha amalga oshiriladigan rejimga aytiladi.

**Chiqish YuCh quvvat kuchaytirgich**

**Chiqish YuCh quvvat kuchaytirgich**

**Dastlabki YuCh quvvat kuchaytirgich**

**Amplitudaviy modulyator**

**Ko‘priksimon qurilma**

**Antenna bilan moslashtirish qurilmasi**

**Ta’minot manbai**

**Elektron himoya bloki**

**Boshqarish va nazorat qilish bloki**

**Konturlarni sozlash bloki**

**Uмод**

**Qo‘zg‘atkich**

**Dastlabki YuCh quvvat kuchaytirgich**

8.4- rasm. Uzun va o‘rta to‘lqin analog radiouzatkichining umumlashtirilgan

Amplitudaviy modulyatsiyalash (AM) bir vaqtda bir necha kaskadlarda – chiqish va dastlabki YuCh quvvat kuchaytirgichlarida amalga oshiriladi. AM 50 dan 10000 Gs chasttalar polosasi va kichik nochiziqli buzilishlar koeffitsientini ta’minlaydi.

**8.3. UQT ChM radioeshittirish uzatkichining umumiy tuzilish sxemasi**

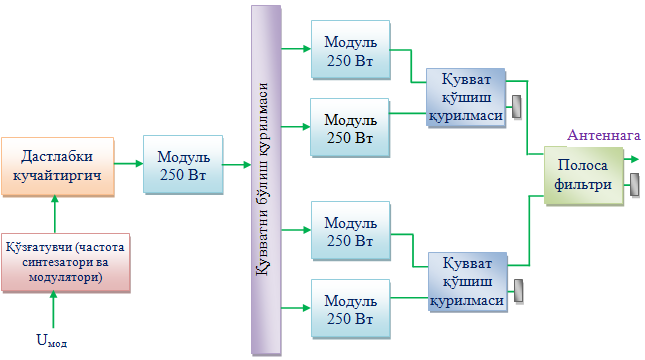
UQT ChM radioeshittirish uzatkichi yordamida yuqori minoraga o‘rnatiladigan uzatish antennasining to‘g‘ri ko‘rinish zonasida yuqori sifatli radioeshittirish ta’minlanadi. To‘g‘ri ko‘rinish zonasining radiusi shar shaklidagi Er ideallashtirilgan modeli uchun quyidagiga teng bo‘ladi (kmda):

, (8.1)

bu yerda *h2*, *h2* – uzatish va qabul qilish antennalarining ko‘tarilishi balandligi, metr.

*h1*=200 m va *h2*=10 m bo‘lganda *R*=14,5 kmni olamiz. UQT radioeshittirishda radioko‘rinish zonasi unchalik katta emas, shuning uchun RUQ quvvatini oshirish zarur emas, u oddatda 1 kVt dan oshmaydi. Alohida hollarda nurlanish quvvati 15 kVtgacha oshiriladi. UQT diapazonda sifatli radioeshittirish modulyasiyalovchi signal chastotalar dipazonini 30…15000 Gs chegaralarda kengaytirish, chastotaviy modulyator xarakteristikasining yuqori chiziqliligi va nurlantiriladigan signal polosasining 145 kGsli umumiy kengligili keng polosali chastotaviy modulyasiyalash hisobiga ta’minlanadi. 1 kVt gacha quvvatda radiuzatkichni 8.5- rasmda keltirilgan tuzilish sxemasiga muvofiq to‘liq tranzistorlarda yig‘ish mumkin.

Radiouzatkichning asosi quvvatlari koaksial turdagi uchta ko‘prik qurilmalari yordamida qo‘shiladigan 250 Vtdan quvvatli modullar hisoblanadi. Har bir modul, o‘z navbatida, quvvatlari ko‘prik qurilmalari yordamida qo‘shiladigan 50 Vt dan quvvatli sakkizta O‘YuCh tranzistorlardan to‘plam hisoblanadi. Keng polosali chiziqli ChM qo‘zg‘atkichda amalga oshiriladi, uning tarkibiga yana nurlantiriladigan signalning chastotasini o‘zgartirishga imkon beradigan chastotalar sintezatori kiradi.



**Dastlabki kuchaytirgich**

**Modul 250 Vt**

**Modul 250 Vt**

**Modul 250 Vt**

**Modul 250 Vt**

**Modul 250 Vt**

**Quvvatniqo’shish qurilmasi**

**Polosali filtr**

**Quvvatniqo’shish qurilmasi**

**Quvvatni bo’lish qurilmasi**

**Qo’zg’atuvchi (chastota sintezatori va modulyatori**

**Umod**

**Antennaga**

8.5- rasm. UQT ChM radioeshittirish uzatkichining umumiy tuzilish sxemasi

Mikroprotsessor orqali boshqariladigan uzatkichning tuzilish sxemasi esa 8.6- rasmda keltirilgan.

Uzatkichda ikki pog‘onali ChT-IM modulyasiyalash amalga oshiriladi.

Uzatkichning ishlashini mikroprotsessor boshqaradi. Uning yordamida quyidagilar amalga oshiriladi:

– uzatkichni avtomatik yoqish va o‘chirish;

– uzatkichning tashuvchi chastotasini tanlash;

– kontroller va kompyuterdan keladigan diskret vaanalog signallarni kodlash;

– klaviatura yordamida shakllantiriladigan ma’lumotlarni xotiraga kiritish;

– nimtashuvchi chastotalar signallarini *F*1 chastotaga mantiqiy 1, *F*1 chastotaga mantiqiy 0 tayinlash bilan shakllantirishdan iborat birinchi modulyasiyalash bosqichi;

– uzatkich barcha bloklarining ishlashini nazorat qilish;

– elektron himoya qurilmalarini boshqarish.

**Chastota modulyatori**

**Stabil avtogenerator**

**O’BKBli FAS sxemasi**

**Kvartsli generator**

**Chastota sintezatori**

**YuCh kuchaytirgich**

**YuCh quvvat kuchaytirgich**

**Polosali filtr**

**Klaviatura**

**Mikropro- tsessor**

**Indikatsiya bloki**

**Ta’minot bloki**

**Kontroller yoki kompyuterga**

**Antennaga**

8.6- rasm. Mikroprotsessor orqali boshqariladigan uzatkich sxemasi

Fazaviy avtomatik sozlash sxemasi bo‘yicha qurilgan va o‘zgaruvchan bo‘lish koeffitsientili bo‘lgichli raqamli chastota sintezatori yordamida quyidagilar amalga oshiriladi:

– berilgan qadamli chastotalar ishchi to‘rini shakllantirish;

– ikkinchi modulyatsiyalash bosqichi – nimtashuvchi chastotalar (*F*1 va *F*2 chastotalar) signallari bilan uzatkichning Δ*f*dev deviatsiyali tashuvchi chastotasini chastotaviy modulyatsiyalash.

Shakllantirilgan signal oldin dastlabki YuCh kuchaytirgichda, keyin esa chiqish YuCh signali quvvati kuchaytirgichida kuchaytiriladi. Dastlabki kuchaytirgich 20…30 dB kuchaytirish koeffitsientili YuCh integral sxema hisoblanadi. Uzatkichning chiqishida yon tashkil etuvchilarni –60 dBgacha so‘ndirishni ta’minlaydigan polosali filtr o‘rnatiladi.

Indikatsiyalash moduli – simvolli raqamli-harfli indikator yordamida barcha uzatiladigan ma’lumotlar va bajariladigan operatsiyalarni aks ettirish amalga oshiriladi.

**8.4. O‘YuCh diapazon qabul qilgich-uzatkichining tuzilish sxemasi**

Sun’iy yo‘ldoshli qabul qilgich-uzatkich butun chastotalar spektrini signalni demodulyatsiyalashsiz bitta diapazondan boshqa diapazongan, masalan, 6 GGs dan 4 GGs ga yoki 14 GGs dan 11 GGsga o‘tkazish prinsipi bo‘yicha quriladi. Bunday retranslyatorda radioqabul qilish trakti barcha stvollar uchun umumiy hisoblanadi, unda O‘YuCh signalni kuchaytirishning katta chiziqli diapazoni ta’minlanadi. Stvollar orasidagi kesishma halaqitlarni kamaytirish uchun radiouzatish trakti ularga quvvat bo‘yicha signalni kuchaytirish alohida traktlarini biriktirish prinsipi bo‘yicha bajariladi. “Ochiq” deyiladigan bunday qabul qilgich-uzatkichning bo‘lishi mumkin tuzilish sxemasi 8.7a- rasmda, bitta stvol uzatkichining tuzilish sxemasi esa 8.7b- rasmda keltirilgan.

6 GGs diapazonda qabul qilingan signal 500 MGs gacha umumiy o‘tkazish polosasili umumiy radioqabul qilgichda kuchaytiriladi, keyin esa butun spektr 4 GGs diapazonga o‘tkaziladi. Multipleksor – ko‘p polosali filtr yordamida signal har biri 35…40 MGs gacha o‘tkazish polosasili stvollar bo‘ylab tarqatiladi. Kuchaytirilganidan keyin barcha stvollar signallari yana multipleksor yordamida birlashtiriladi va umumiy antennaga beriladi. Retranslyator tarkibiga yana ta’minot bloklari va zahira jamlanmalari kiradi. Chiqish O‘YuCh signali keng va tor polosali yo‘naltirilganlik diagrammalarili bir necha antennalarga tarqatilishi mumkin.

Uzatkichda (8.7b- rasm) amplituda korrektori yordamida amplitudaviy xarakteristikani chiziqlashtirishga, faza korrektori yordamida esa signalning fazasini uning amplitudasiga bog‘liq bo‘lmasligiga erishiladi. Dastlab signal dastlabki O‘YuCh tranzistorli kuchaytirgichda, keyin esa O‘YuCh quvvat kuchaytirgichida kuchaytiriladi. O‘YuCh quvvat kuchaytirgichi sifatida bunday radioaloqa tizimlarini yaratishning boshlang‘ich bosqichlarida yugurma to‘lqin lamapalari ishlatilgan, hozirgi vaqtda esa quvvatlarini keyingi qo‘shish amalga oshiriladigan bipolyar va maydoniy tranzistorlar qo‘llanadi.

**6 GGs**

**PF**

**KChK**

**Ar**

**G**

**KShK**

**Quvvatni bo’lgich**

**Quvvatni qo’shlgich**

**Uzatkich (1-ustun)**

**Uzatkich (2-ustun)**

**Uzatkich (3-ustun)**

**PF**

**Qabul qilgich**

**Antenna**

**4 GGs**

**Antenna**

**Faza va amplituda korrektori**

**O’YuCh kuchaytirgich**

**YuCh kuchaytir-gich**

**S**

**Polosali filtr**

**YT**

a)

b)

PF - polosali, KMK – kam shovqinli kuchaytirgich, Ar - aralashtirgich, G - geterodi, YT – yo‘naltirilgan tarmoqlagich

8.7-rasm. RRL O‘YuCh qabul qilgich-uzatkichining sxemasi

Uzatkichning chiqishida O‘YuCh quvvat kuchaytirgichining barqaror ishlashini va boshqa stvollar bilan ajratishni ta’minlaydigan S sirkulyator va tushadigan va qaytadigan to‘lqinlarning quvvatini o‘lchash YT yo‘naltirilgan tarmoqlagich uchun qo‘yiladi. Bitta radiouzatkichning o‘tkazish polosasi odatda 35…40 MGs ni, quvvati esa 100 Vt gachani tashkil etadi.

**8.5. Yuqori chastotali signallar to‘g‘ridan-to‘g‘ri shakllantiriladigan radiouzatkichlar tuzilish sxemalari**

Signallarni zamonaviy raqamli shakllantirish va ishlov berish vositalari yuzlab megagerslargacha chastotalarli raqamli modulyasiyalangan PCh yoki YuCh signallarni olishga imkon beradi. Ma’lumki, uzatkich quvvat kuchaytirgichning kirishiga yoki signalni quvvat bo‘yicha kuchaytirishgacha uning chastotasini zarur qiymatgacha oshiradigan aralashtirgichning kirishiga berish (filtr orqali) uchun raqamli signalni analog shaklga o‘tkazishga imkon beradigan yuqori sifatli tezkor RAO‘lar mavjud. Bunday variant o‘z afzalliklariga ega, murakkab ko‘p chastotali signallarni shakllantirish imkoniyati (masalan, bir vaqtda 100 kGs dagi chastotalar surilishili 8 ta modulyatsiyalangan tashuvchilar) nurlantirishning barcha parametrlarini, jumladan faqat dasturiy ta’minotni almashtirish bilan o‘zgartirishga imkon beradi. Ularning kamchiligi sifatida nisbatan past tejamkorlik va signal spektridagi sezilarli parazit tashkil etuvchilarning borligini hisoblash mumkin.

YuCh/OCh raqamli chiqishli raqamli uzatkichning eng oddiy varianti raqamli signallar protsessori (*DSP*) va to‘g‘ri raqamli chastota sintezatori (*DDS*) kombinatsiyasidan iborat tuzilish sxemasi 8.8- rasmda keltirilgan. Bu varianta *DDS*, masalan *AD7008*, *AD9830* kabi bittalik (kvdraturali bo‘lmagan) chiqishga ega bo‘lishi kerak. Bunday uzatkich o‘nlab megagerslargacha chastotalarda amplitudaviy-fazaviy modulyatsiyalash turlarili (AM, ChM, *SSB*, *PSK*, *FSK*, *QAM*) signallarni shakllantirishga imkon beradi.

Zamonaviy *DDS*larning takt chastotalari yuzlab megargerslardan oshmaydi, ularning maksimal ishchi chastotasi esa takt chastotasining taxminan 0,4 qismini tashkil etishi mumkin (signalning spektral tozaligini yaxshilash uchun esa ishchi chastota takt chastotasining 0,1 qismidan oshmasligi kerak), shuning uchun tashuvchi chasttani oshirish uchun qo‘shimcha choralar talab qilinadi. Bu yerda *DDS* yordamida shakllantirilgan signalni 1…100 MGs sohadan hozirda telekommunikatsion ilovalarda aktiv ishlatiladigan spektrning 1…10 GGs undan yuqori oralig‘iga o‘tkazish usullari nazarda tutiladi.

**YuCh**

**DDS**

**Boshqarish: Chastotaviy**

**Amplitudaviy**

**Fazaviy**

**Kvadraturali**

**DSР PCh**

**Kirish signali**

**PCh**

8.8- rasm. YuCh/OChraqamli chiqishli raqamli uzatkichning tuzilish sxemasi

Integral bajarilishdagi kvadraturali analog modulyator (aniqrog‘i, aralashtirgich) yordamida ishchi chastotani oshirish noishchi chastotani so‘ndirishning fazaviy usulidan foydalanish hisobiga simmetrik kanalni so‘ndirish muammosini hal qilish imkon beradi. Bunday kvadraturali aralashtirgichning ichki tuzilmasi va unga chastotasi yuqoriga o‘tkazilishi talab qilinadigan modulyatsiyalangan radiosignal manbaini ulanishi usuli 8.9- va 8.10- rasmlarda tasvirlangan.

Signal manbai – DDS yoki RAO‘dan I/Q chiqishlar deyiladigan alohida YuCh kvadraturali chiqishlarning bo‘lishi talab qilinadi.

Kvadraturali aralashtirgichning ishlashini quyidagi tarzda tushuntirish mumkin. Bayon etishni soddalashtirish uchun DDS modulyatsiyalanmagan signali holini ko‘rib chiqamiz. Bunda pastki aralashtirgichga UmDDSsin(wDDSt) signal, yuqori aralashtirgichga esa UmDDScos(wDDSt) signal beriladi. Bu aralashtirgichlarning boshqa kirishlariga keng polosali ichki faza aylantirgichdan 90° fazalar farqiga ega bo‘lgan UmLOsin(wLOt) va UmLOcos(wLOt) geterodin tebranishlari beiladi.

**RCh filtr**

**Quvvat kuchaytirgich**

**φ**

**00**

**900**

**G**

**I**

**Q**

8.9- rasm. Kvadraturali aralashtirgichning ichki tuzilmasi

**φ**

**00**

**900**

**Σ**

**G**

**Kvadraturali YuCh RAO’ yoki DDS**

**Raqamli tashuvchi kirishi**

**Raqamli modulyatsiya kirishi**

**O’YuCh chiqish**

**0...70 MGs**

**0...70 MGs**

**cos**

**sin**

**AD8346**

**Kvadranurali modulyator**

**8...2,5 GGS**

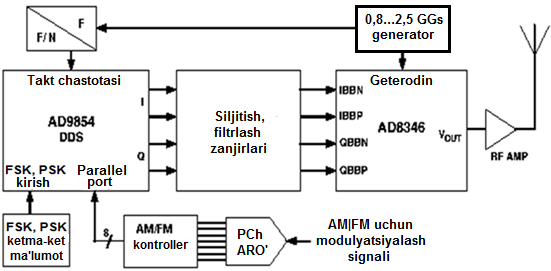
8.10- rasm. Kvadraturali aralashtirgichga modulyatsiyalangan radiosignal manbaini ulanishi usuli

Ideal balansli aralashtirgichlar ularga beriladigan signallarni ko‘paytirish operatsiyasini bajaradi. Ko‘paytirish, qo‘shish va K koeffitsientli kuchaytirishdan keyin mikrosxemaning quyidagi chiqish tebranishini olamiz:

*uOUT(t) = KUmDDSUmLO(sin(wDDSt)sin(wLOt)+ cos(wDDSt)cos(wLOt)) = UmOUTcos((wLO - wDDS)t)*

 Shunday qilib, spektrning yig‘indi chastotali tashkil etuvchisi so‘ndiriladi. Farq chastotasili tashkil etuvchi so‘ndirilishi uchun *DDS*ning kvadraturali modulyatorga (aralashtirgichga) ulangan *I* va *Q* chiqishlarining joylarini almashtirish kerak. Integral kvadraturali modulyatorda simmetrik kanalni odatdagi so‘ndirish 35 dB atrofidani tashkil etadi. Geterodin signali ham so‘ndiriladi (30 dBdan yomon bo‘lmagan), chunki aralashtirgichlar balansli hisoblanadi.

Kvadraturali integral modulyatordan foydalanish bilan ishchi chastotani oshirish prinsipini ishlatadigan va 2,5 GGs gacha chastotalarda ishlay oladigan raqamli uzatkichning tuzilish sxemasi 8.11- rasmda keltirilgan.

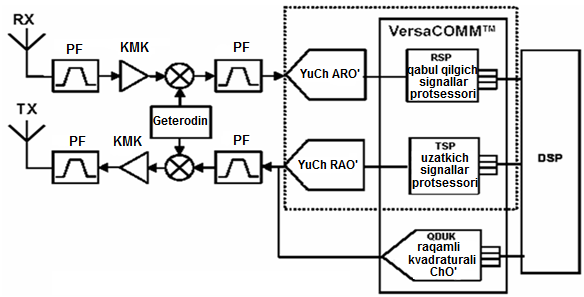


8.11- rasm. Kvadraturali integral modulyatordan foydalanish bilan ishchi chastotani oshirish prinsipini ishlatadigan raqamli uzatkichning tuzilish sxemasi

Takomillashganroq raqamli qabul qilgich-uzatkichning tuzilish sxemasi 8.12- rasmda keltirilgan. U zamonaviy raqamli qabul qilgich-uzatkichlar uchun standart hisoblanadi va chastotalar diapazoniga va signalga ishlov beri algoritmiga, turli elementlar asosiga talablarga bog‘liq ravishda yig‘ilishi mumkin.

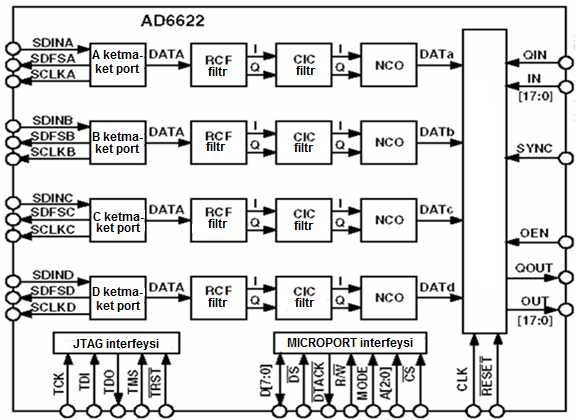
Xususan, raqamli YuCh signallarni shakllantirish yadrosi quyidagilar asosida bajarilishi mumkin:

* agar 1 MGs gacha nisbatan yuqori bo‘lmagan chastotali signal talab qilinsa, standart raqamli signallar protsessori (*DSP*);
* juda yuqori integratsiya darajasili, ya’ni millionlarda hisblanadigan ekvivalent ventillar sonili YAO‘MIS (*FPGA*);
* qabul qilish traktida bir necha turlardagi standart IMSlar - qabul qilgich raqamli YuCh signallar protsessori (*RSP*);
* uzatish traktida uzatkich raqamli YuCh signallar protsessori (*TSP*), u *DDS* modulyatsiyalaydigan raqamli modulyator va yuqoriga chastotani raqamli o‘zgartirgich (*QDUC*) bilan almashtirilishi (alohida YuCh RAO‘dan foydalanmasdan uzatish traktini bajarilishi varianti sifatida) mumkin.



8.12- rasm. Ko‘p chastotali ko‘p rejimli qabul qilgich-uzatkich (bazaviy stansiya) sxemasi

*AD6622* uzatkichi raqamli signallar protsessorining (*TSP*) tuzilmasi 8.13- rasmda keltirilgan. U ketma-ket uchta o‘tkazgichli axborot kirishlari, raqamli interpolyasion filtrlar (*RCF* va *CIC* filtrlar) va *NCO* yordamida chastotani raqamli o‘zgartirishli to‘rtta bir xil raqamli kanallarga ega. *RCF* filtrlar OXQda saqqlanadigan koeffitsientlarli interpolyasion KIX filtrlar hisoblanadi, bu *TSP* boshqarish porti orqali koeffitsientlar oddiy o‘zgartirish yo‘li bilan filtrlarning chastotaviy xarakteristikalarini o‘zgartirishga imkon beradi.



**Kirish ma’lumotlari (4 ta kanal)**

**Raqamli signallar summatori**

**Kaskadlash uchun OCh raqamli chiqish**

**OCh raqamli chiqish**

**Testlash signallari**

**Boshqarish signallari**

8.13- rasm. AD6622 uzatkichi raqamli signallar protsessorining (TSP) tuzilmasi

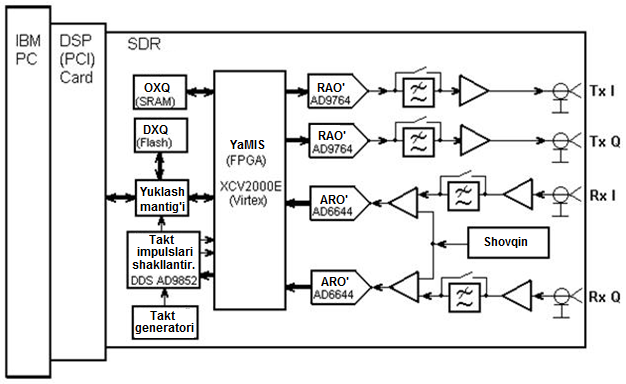
*CIC*-filtrlar ishlab chiqariladigan raqamli YuCh signallarning parametrlarini modulyasiyalash uchun raqamli signallarni *NCO*ga berishdan oldin ularning “obrazlarini” so‘ndiradigan taroqsimon filtrlar hisoblanadi. To‘g‘ri raqamli sintezatorlar (*NCO*) raqamli *I/Q* ko‘paytirgichlar-modulyatorlar va kvadraturalarni birlashtirish uchun raqamli summatorlarli kvadraturali bajarilgan. Barcha to‘rtta kanallar signallari raqamli summatorda qo‘shiladi va tashqi YuCh RAO‘ga beriladi.

Uzatish kanallarining soni oshirish uchun kaskadlash imkoniyati, ya’ni bu IMSning raqamli summatoriga o‘xshash IMSdan tashqi raqamli signalni ulanishi imkoniyati ko‘zda tutilgan. Bunday arxitektura raqamli va analog radioaloqa standartlari uchun ham tor polosali, ham keng polosali modulyasiyalangan OCh tebranishlarini olishga imkon beradi.

Shunday qilib, zamonaviy YuCh RAO‘lar yuqori tanlash chastotasi va keng dinamik diapazonga ega, telekommunikatsion ko‘p kanalli uzatkichning butun OCh qismini raqamli ko‘rinishda bajarishga erishiladi. Bunda TSP DSP va YuCh RAO‘ orasidagi “ko‘prik” hisoblanadi. Uzatkichning OCh signalga ishlov berishi taqqoslanadigan analog qurilmalarga qaraganda ishlab chiqarishda parametrlarning yuqori takrorlanuvchanligini, signal parametrlarining va hatto standartlarning zgarishida yuqori aniqlik va katta tez moslashuvchanlikni ta’minlaydi.

YuCh signallarni raqamli shakllantirish yadrosi sifatida YaO‘MIS ishlatilganida unga *DSP*dan fqli ravishda ayrim tashqi elementlar – ma’lumotlar xotirasi va dasturlar xotirasi, takt generatori, shina shakllantirgichi yoki yuklanishni boshqari sxemasi va boshqalar zarur bo‘lishini e’tiborga olish kerak bo‘ladi.

Xilinx firmasining *Virtex XCV2000E* YaO‘MISdagi (*FPGA*) (2 millionta ventillar) *EnTegra* firmasining «*Software Designed Radio*» konsepsiyasi raqamli qabul qilgich-uzatkichini (*SDR* modulini) bajarilishi 8.14- rasmda soddalashtirilgan tasvirlangan.

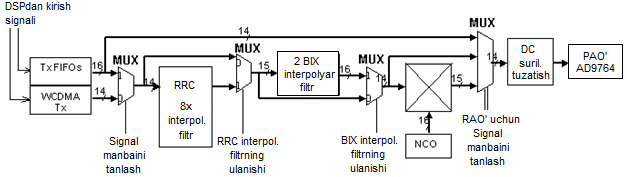
****

8.14- rasm. *Xilinx* firmasining *Virtex XCV2000E* YAO‘MISdagi (*FPGA*) (2 millionta ventillar) *EnTegra* firmasining «*Software Designed Radio*» konsepsiyasi raqamli qabul qilgich-uzatkichini (*SDR* modulini) bajarilishi

Qabul qilgich-uzatkich ona DSP-karta slotiga qo‘yiladigan karta ko‘rinishiga ega, DSP-karta, o‘z navbatida, personal kompyuterning ona platasiga ulash uchun PCI-biriktirgichga ega. qo‘llangan RAO‘larning takt chastotasi 100 MGs ni, ARO‘larning takt chastotasi 200 MGs ni tashkil etadi.

Qurilmaning uzatish qismi 8.15- rasmda qisman ko‘rsatilgan tuzilmaga ega bo‘ladi. U quyidagi operatsiyalarni bajaradi:

* DSPdan ma’lumotlarni qabul qilish;
* WCDMA standarti sakkiz kanalli signalini shakllantirish;
* interpolyatsion filtrlarda signallarga ishlov berish;
* o‘rnatilgan NCOli raqamli ko‘paytirgichda signal chastotasini yuqoriga o‘tkazish;
* RAO‘ uchun o‘zgarmas tashkil etuvchining surilishini korreksiyalash;
* kvadraturali signallarni platada joylashgan YuCh RAO‘ yordamida analog shaklga o‘zgartirish;
* o‘zgartirishning keraksiz mahsulotlarini (“obrazlarni”) analog filtrlash va foydali signalni kuchaytirish.



8.15- rasm. Qurilma uzatish qismining tuzilish sxemasi

Qabul qilish qismi tuzilmasi pasaytiruvchi chastota o‘zgartirgichi (DDC) va ayrim yordamchi bloklarni o‘z ichiga oladi.

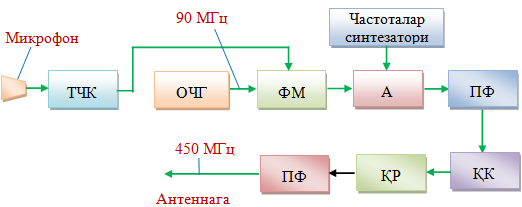
O‘rnatilgan dasturlar xotirasi va ma’lumotlar xotirasi ikkinchi va uchinchi avlod turli aloqa standatlari uchun turli xil qo‘llanishlarda bunda qabul qilgich-uzatkichdan foydalanishga imkon beradi.

OCh va YuChda raqamli signallarni to‘g‘ridan-to‘g‘i shakllantirishli uzatkichlar ular asosida ko‘p tomonlama ulanishli radialoqa tizimlari, radikanallar bo‘yicha ma’lumotlarni uzatish tizimlarining bazaviy stansiyalarini qurish va boshqa qo‘llanish sohalari uchun eng istiqbolli qurilmalar hisoblanadi.

**8.6. Sotali radioaloqa tizimlari analog va raqamli abonentlar uzatkichlarining tuzilish sxemalari**

**Analog turdagi sotali radioaloqa tizimining abonentlar uzatkichi.** Abonentlar radiostansiyasi tarkibiga kiradigan bunday radiouzatkichning tuzilish sxemasi 8.16- rasmda keltirilgan.

**Antennaga**



**Mikrofon**

**90 MGs**

**Chastotalar sintezatori**

**PF**

**Ar**

**FM**

**OChG**

**TChK**

**450 MGs**

**QR**

**QK**

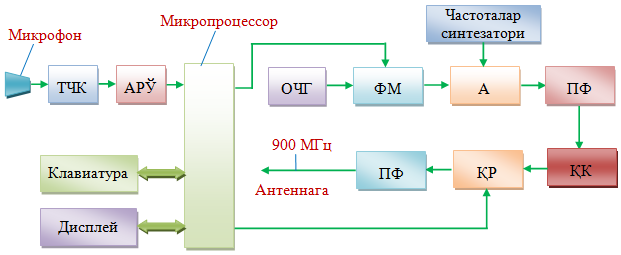
**PF**

UZCh – ovoz chastotasi kuchaytirgichi, OChG – oraliq chastota generatori (90 MGs), FM - fazaviy modulyator, Ar - aralashtirgich, PF - polosali filtr, QK – O‘YUCh signal quvvat kuchaytirgichi (450 MGs), QR – quvat rostlagichi

8.16- rasm. Analog turdagi sotali radioaloqa tizimi abonentlar radiouzatkichining tuzilish sxemasi

Sxemada fazaviy modulyatsiyalash oraliq chastotada (90 MGs) amalga oshiriladi. Sintezator chastotasi bilan aralashtirilishi va filtrlanishidan keyin asosiy chastota signali quvvat bo‘yicha kuchaytiriladi. Radiostansiyada dupleks ishlash rejimini ta’minlash, ya’ni xabarlarni bir vaqtda uzatish va qabul qilish uchun uzatkich va qabul qilgich turli chastotalarga ega bo‘ladi. Uzatkich to‘liq mikrosxemalarda bajariladi, shuning uchun u juda kichik o‘lchamlarga ega bo‘ladi.

**Raqamli turdagi sotali radioaloqa tizimining abonentlar uzatkichi.** Abonentlar radiostansiyasi tarkibiga kiradigan va mikrosxemalarda bajariladigan bunday radiouzatkichning tuzilish sxemasi 8.17- rasmda keltirilgan.



**Chastotalar sintezatori**

**PF**

**Ar**

**QK**

**QR**

**PF**

**FM**

**OChG**

**ARO’**

**TChK**

**Antennaga**

**900 MGs**

**Mikrofon**

**Mikroprotsessor**

**Klaviatura**

**Displey**

OChK – ovoz chastotasi kuchaytirgichi, ARO‘ - analog-raqamli o’zgartigich, OChG – oraliq chastota generatori, FM - fazaviy modulyator, Ar - aralashtirgich, PF - polosali filtr, QK – O‘YuCh signal quvvat kuchaytirgichi (900 MGs), QR – quvat rostlagichi

8.17- rasm. Raqamli turdagi sotali radioaloqa tizimi abonentlar radiouzatkichining tuzilish sxemasi

Radiouzatkich quyidagi tartibda ishlaydi. ARO‘ yordamida nutq signali raqamli ikkilik signalga o‘zgartiriladi, mikroprotsessorda ishlov beriladi va fazaviy modulyatorga beriladi. Sintezator chastotasi bilan aralashtirilishi va filtrlanishidan keyin asosiy chastota signali (900 MGs) quvvat bo‘yicha kuchaytiriladi. Quvvat bazaviy stansiyagacha masofaga bog‘liq ravishda avtomatik rostanadi. Chastotani tanlash ham abonentga bo‘sh kanalni taqdim etadigan bazaviy stansiyadan komanda bo‘yicha avtomatik rejimda amalga oshiriladi. Oldingi holdagi kabi uzatkich to‘liq mikrosxemalarda bajariladi, shuning uchun u juda kichik o‘lchamlarga ega bo‘ladi.

**Nazorat savollari**

1. Radiouzatishning umumiy tuzilish sxemasi qanday qismlardan tashkil topgan?

2. Past quvvatli uzatkichning prinsipial sxemasi qanday elementlardan tashkil topgan? Uzatkichning PCh va YuCh qismlarining ishlash prinsipini tushuntiring.

3. Uzun va o‘rta to‘lqin analog radiouzatkichining umumlashtirilgan tuzilish sxemasining ishlash prinsipini tushuntiring.

4. UQT ChM radioeshittirish uzatkichining umumiy tuzilish sxemasi qanday qismlardan tashkil topgan? Ishlash prinsipi.

5. Mikroprotsessor orqali boshqariladigan uzatkich sxemasini tushuntiring.

6. RRL O‘YuCh qabul qilgich-uzatkichining sxemasini tushuntiring.

8. YuCh/OCh raqamli chiqishli raqamli uzatkichning tuzilish sxemasining ishlash prinsipini tushuntiring.

9. To‘g‘ridan-to‘g‘ri kvadraturali modulyatorli radiouzatkichning tuzilish sxemasining ishlash prinsipini tushuntiring.

10. Analog va raqamli mobil telefon uzatkichlarining tuzilish sxemalarini tushuntiring.

**9. RADIOQABUL QILISH QURILMALARI HAQIDA UMUMIY MA’LUMOTLAR**

**9.1. Radioqabul qilish qurilmalarining vazifasi va tasniflanishi**

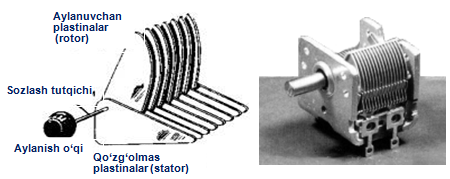
Radioqabul qilish qurilmasi istalgan xabarlarni uzatish radiotexnik tizimining eng muhim va zarur elementlaridan biri hisoblanadi. U quyidagilarni ta’minlaydi:

* foydali xabarni tashiydigan elektromagnit maydon energiyasini tutish;
* foydali radiosignalning quvvatini kuchaytirish;
* radiosignalni detektorlash;
* signal quvvatini kuchaytirish va uni oluvchiga beriladigan xabarga o‘zgartirish.

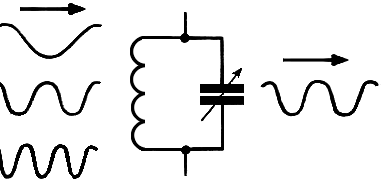
Qabul qilish joyida tabiiy va sun’iy kelib chiqishdagi radiohalaqitlar manbalari hosil qiladigan tashqi elektromagnit maydonlar mavjud. Bu elektromagnit maydonlar foydali signalni buzadi va xabarlarni qabul qilishda xatoliklarni keltirib chiqaradi.

Radiosignallarni qabul qilish va uzatish tebranish konturiga asoslanadi. Konturga tashqi energiya, masalan o‘zgaruvchan elektr toki orqali ta’sir qilishda unda majburiy tebranishlar deyiladigan tebranishlar vujudga keladi. Agar signallar chastotasi konturning tebranishlar chastotasi bilan mos tushsa, rezonans hodisasi -tebranishlar amplitudasi eng katta qiymatiga erishadi. Bunda yetkaziladigan tebranishning amplitudasini oshirish kerak emas, bu tebranishlarning chastotasi konturning sozlanishi chastotasiga teng bo‘lsa bo‘ldi. Aynan bu hodisa qabul qilgichni ma’lum chastotaga sozlash va kerakli stansiyani boshqa ko‘plab stansiyalar ichidan ajratish imkoniyatini berdi.

Konturni rezonansga sozlash uchun uning chastotasini o‘zgartirish kerak. Bunga induktivlik yoki sig‘im parametrlarini o‘zgartirish bilan erishiladi. Texnologik jihatdan induktivlikka qaraganda sig‘imni o‘zgartirish oson, shuning uchun asosan aynan sig‘imni o‘zgartirish qo‘llaniladi. Sig‘imni o‘zgartirishga imkon beradigan klassik element o‘zgaruvchan sig‘imli kondensator hisoblanadi (9.1- rasm). Odatda uning yordamida kerakli chastotaga sozlanish (ya’ni konturning rezonans chastotaga sozlanishi) amalga oshiriladi (9.2- rasm).



9.2- rasm. O‘SKning sxematik tuzilishi (chapda) va uning tashqi ko‘rinishi (o‘ngda)



9.2- rasm. Konturning kerakli chastotani ajratishi

Avval mexanik O‘SK sozlashning yagona qurilmasi bo‘lgan, lekin radioning rivojlanishi jarayonida qulayroq va ishonchliroq elementlar paydo bo‘ldi. Masalan, sig‘imi boshqariladigan kuchlanishning o‘zgartirilishi bilan o‘zgaradigan varikap-yarim o‘tkazgichli element ishlatiladi yoki ikkita plastinali an’anaviy qurilma emas, balki o‘sha vazifalarni funksional bajaradigan integral sxema kondensatorning elektron ekvivalenti (varikaplar) ishlatiladi (9.3- rasm).



9.3- rasm. Varikapning sxemada belgilanishi (chapda) va tashqi ko‘rinishi (o‘ngda)

Qabul qilgichda signallarni qabul qilishning o‘zgaruvchan sharoitlariga qabul qilgichni moslashtirishni ta’minlaydigan kuchaytirish, tanlovchanlik, xarakteristikalar shakllarini avtomatik rostlash ko‘zda tutiladi.

Qabul qilgichni zarur murakkablashtirish xabarlarni qabul qilish sifatiga oshirilgan talablarga bog‘liq. Bu murakkablashtirish, ayniqsa, aloqa, radiolokatsion, radionavigatsion, telemetrik va boshqa tizimlar professional qabul qilgichlari uchun xarakterli hisoblanadi.

Shunday qilib, professional radioqabul qilish qurilmasi foydali signal va radiohalaqitlar aralashmasiga optimal ishlov berishni ta’minlaydigan adaptiv elementlar kompleksi hisoblanadi.

Ko‘rsatilganlarga muvofiq istalgan radioqabul qilish qurilmasining tuzilish sxemasi qabul qilish antennasi, qabul qilgich va chiqish asbobidan tashkil topadi (9.4- rasm).

Radioqabul qilish qurilmalarining tasniflanishini ko‘rib chiqamiz.

1. Asosiy vazifasi bo‘yicha qabul qilgichlar radioeshittirish va professional qabul qilgichlarga bo‘linadi.

Radioeshittirish qabul qilish qurilmalari guruhi xabarlarni qabul qilish masalalarini nisbatan oddiy texnik echimlari bilan farqlanadi yoki radioeshittirish qabul qilgichlarini ommaviy ishlab chiqarish ishlanmalarga bunday yondashishning iqtisodiy maqsadga muvofiqligini taqozo etadi.

Professional qabul qilish qurilmalari guruhi murakkabroq texnik echimlar bilan farqlanadi, chunki bu qurilmalar asosan bitta uzatkichda ishlaydi va qabul qilish va uzatish qurilmalariga harajatlar teng qiymatli bo‘lishi mumkin. Bunday yondashishni amalg oshirilishiga misol kosmik aloqa yoki yerning sun’iy yo‘ldoshlari (YSY) orqali aloqa tizimlari hisoblanadi.

**Qabul qilgich**

**Chiqish asbobi**

**Antenna**

9.4- rasm. Radioqabul qilish qurilmasining umumiy tuzilish sxemasi

9.5- rasmda qabul qilish qurilmalarining tasniflanishi keltirilgan.

Guruhlardan har biri, o‘z navbatida, kichik guruhlarga bo‘linadi, ulardan har biri yana kichik guruhlarga va h.k. bo‘linishi mumkin (9.4- rasm).

Aloqa qabul qilish qurilmalari quyi, viloyat, magistral va kosmik aloqa qabul qilish qurilmalariga bo‘linadi.

2. Ishlash turi bo‘yicha radiotelefon, radiotelegraf (eshitish, yozish yoki harf terish), fototelegraf va boshqa qabul qilgichlariga bo‘linadi.

**Monofonik**

**Stereofonik**

**Kvadrafonik**

**Oq-qora**

**Rangli**

**Peyjing**

**Telefon**

**Xizmat**

**Havaskorlik**

**Radioreleli**

**Tekis**

**Hajmiy**

**Sotali**

**Yo’ldoshli**

**Yer usti**

**Yo’ldoshli**

**Ovozni uzatish**

**Televizion uzatish**

**Aloqa**

**Radioeshittirish**

**Radioqabul qilish qurilmalari**

**Professional**

**Lokatsion**

**Navigatsion**

**Panoramali**

**Televizion**

**Televboshqaruv**

**Telemetrik**

**Yaqin masofali**

**Uzoq masofali**

**Yaqin masofali**

**Uzoq masofali**

**Dispetcherlik**

**O’lchash**

**Axborot**

9.5- rasm. Qabul qilish qurilmalarining tasniflanishi

3. Aloqa liniyasida ishlatiladigan modulyatsiyalash turi bo‘yicha (amplitudaviy modulyatsiyalangan, chastotaviy modulyatsiyalangan, fazaviy modulyatsiyalangan, impulsli modulyatsiyalangan, bir polosali va kombinatsiyalangan signallar qabul qilgichlari).

4. Radiochastotalar bo‘yicha Xalqaro maslahat qo‘mitasi tavsiyalariga muvofiq qabul qilinadigan to‘lqinlar diapazoni bo‘yicha qabul qilgichlar miriametrli to‘lqinlar (100-10 km), kilometrli to‘lqinlar (10-1 km), gektometrli to‘lqinlar (1000-100 m), dekametrli to‘lqinlar (100-10 m), metrli to‘lqinlar (10-1 m), detsimetrli to‘lqinlar (100-10 sm), santimetrli to‘lqinlar (10- 1 sm), millimetrli to‘lqinlar (10-1 mm), detsimillimetrli to‘lqinlar (1- 0,1 mm) va boshqa to‘lqinlar qabul qilgichlariga bo‘linadi. Ko‘rsatilgan diapazonlardan bir nechtasiga ega bo‘lgan qabul qilgichlar ko‘p to‘lqinli qabul qilgichlar deyiladi.

5. Detektorgacha signallarni kuchaytirish traktini qurish usuli bo‘yicha qabul qilgichlar to‘g‘ridan-to‘g‘ri kuchaytirishli, to‘g‘ridan-to‘g‘ri detektorlashli, bir marta, ikki marta yoki ko‘p marta chastota o‘zgartiriladigan supergeterodinli qabul qilgichlariga bo‘linadi.

6. Ta’minot usuli bo‘yicha qabul qilgichlar akkumulyatorlar yoki batareyalardan avtonom ta’minotli, o‘zgarmas yoki o‘zgaruvchan tok tarmog‘idan ta’minlanadigan tarmoq, universal ta’minotli qabul qilgichlariga bo‘linadi.

7. O‘rnatish joyi bo‘yicha statsionar, harakatdagi, samolyot, kema, avtomobil va boshqa qabul qilgichlarga bo‘linadi.

**9.2. Radioqabul qilish qurilmalarining sifat ko‘rsatkichlari**

Radioqabul qilish qurilmalarining **ishi chastotalar diapazoni** ikkita ƒmin va ƒmax chegaraviy chastotalar va chastota bo‘yicha diapazonning qoplanishi koeffitsienti orqali aniqlanadi.

Diapazon chegaralarida qabul qilgich qo‘shni chastotalar orasida Δƒ*RCh*intervalda ravon yoki diskret qayta sozlanishi mumkin. Diskret qayta sozlanishda radioqabul qilgich sozlanishini mumkin bo‘lgan umumiy chastotalar soni quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

**Radioqabul qilgichning sezgirligi** uning kuchsiz signallarni normal qabul qilish qobiliyatini xarakterlaydi. Radioqabul qilgichning sezgirligi miqdoran antennadagi EYuKning *EA*minimal qiymati yoki quyidagi nisbat berilganida radioqabul qilgich chiqishidagi signalning talab qilinadgan quvvati ta’minlanadigan radiosignalning antennadagi RA minimal quvvati orqali baholanadi:

,

bu yerda *k*=1,38 ·10-23J/grad – Bolsman doimiysi;

*T* – absolyut harorat;

*ΔFQQ* – qabul qilgichning o‘tkazish polosasi;

*N* − qabul qilgich chiziqli traktining shovqin koeffitsienti;

*rA* – antennaning qarshiligi.

*N* shovqin koeffitsienti real qabul qilgich qo‘shimcha shovqinlarni hosil qilmaydigan, balki faqat antennada hosil qiladigan signal + shovqinni kuchaytiradigan ideal qabul qilgichga qaraganda qabul qilgichning chiziqli qism chiqishida *Us/Ush*nisbatni qanchalik yomonlashtirishini ko‘rsatadi.

**Radioqabul qilgichning tanlovchanligi (selektivligi)** radioqabul qilgichning halaqit qiluvchi signallardan foydali signalni ajrata olish qobiliyati hisoblanadi. U foydali va halaqit qiluvchi signallarning u yoki bu farqlari – kelish yo‘nalishi (fazoviy tanlovchanlik), ta’sir etish vaqti (vaqt bo‘yicha tanlovchanlik), polyarizatsiya (polyarizatsion tanlovchanlik), amplituda (amplituda bo‘yicha tanlovchanlik), chastota (chastota bo‘yicha tanlovchanlik), faza (faza bo‘yicha tanlovchanlik) farqlaridan foydalanishga asoslangan.

Fazoviy va polyarizatsion tanlovchanlik qabul qilish antennasida amalga oshiriladi, vaqt bo‘yicha tanlovchanlikka (impulsli signallarni qabul qilishda) foydali signalni ta’sir etish vaqtiga qabul qilgichni ochilishi bilan erishiladi. Rezonans zanjirlar va filtrlar yordamida amalga oshiriladigan chastotaviy tanlovchanlik asosiy ahamiyatga ega. U bitta signalli va ko‘p signalli (samarador, real) chastotviy tanlovchanlikka ajratiladi. Bitta signalli tanlovchanlik kirishda bitta signal (foydali yoki halaqit qiluvchi) ta’sir qilganida nochiziqli buzilishlar hisobga olinmasdan qabul qilgich radiotrakt filtrlari AChXlari orqali aniqlanadi (9.6a- rasm). Bitta signalli tanlovchanlik miqdoran o‘zgarmas sozlashda va bir xil chiqish kuchlanishida fn halaqitlar chastotasida sinov signalining sathini uning foydali signal chastotasidagi qiymatiga nisbati, ya’ni mos kuchaytirish koeffitsientlarining nisbati orqali baholanadi:

Demak, nosozlanish chastotasiga bog‘liq ravishda so‘nishn baholaydigan bitta signalli tanlovchanlik yoki chetki selektivlik xarakteristikasi (9.4b- rasm) mos AChX (9.4b- rasm) teskari bo‘ladi.

Bunda PChK AChXdan farqli ravishda qabul qilgich radiotrakti rezonans kuchaytirgichlari uchun AChXni qurishda chastotalar o‘qi bo‘yicha chastotaning absolyut qiymatlarini emas, balki qabul qilgichning sozlanishiga nisbatan nosozlanish chastotalarining qiymatlarini qo‘yilishi qulayroq bo‘lishi hisobga olingan.

***γ=К/К0***

***γ(fn)***

***Δfn***

***Δf***

***0***

***0***

***1***

***Δfn***

***Δf***

***Δfn***

***Sе***

***Sе***

***1***

a) b)

9.4- rasm. Bitta signalli tanlovchanlik xarakteristikalari

Qabul qilgichning real tanlovchanligini oshirish uchun quyidagilar zarur:

- qabul qilgich kirishiga tanlovchan filtr qo‘yish yo‘li bilan halaqitlar sathini kamaytirish;

- kuchaytirish kaskadlarida o‘tish xarakteristikasining katta chiziqli oralig‘ili kuchaytirish elementlarini qo‘llash.

Qabul qilgichning **chastotaviy aniqligi** uning chastotaning berilgan qiymatini yo‘l qo‘yiladigan xatolikli o‘rnatish va saqlash qobiliyatini aniqlaydi. U qidirishsiz aloqaga kirish va aloqani sozlashsiz olib borish imkoniyatini aniqlaydi. Miqdoran uzatkichlardagi kabi *δQQ=ΔƒQQ/ƒS* nisbiy nostabillik orqali aniqlanadi.

Radioaloqaning ishonchliligini oshirish uchun chastotani o‘rnatilishi xatoligi va uni ishlash jarayonida o‘zgartirish qabul qilgichning o‘tkazish polosasini kengaytirish bilan kompensatsiyalanadi:

*ΔFO’P=ΔFS+2ΔfQQ*

bu yerda *ΔFS* – qabul qilinadigan signal spektri; *ΔfQQ* – qabul qilgichning chastotaviy aniqligi orqali aniqlnadigan uning absolyut nosozlanishi.

Chastotaviy nostabillikni kompensatsiyalash uchun o‘tkazish polosasini kengaytirish qabul qilgichning sezgirligini kamayishiga olib keladi, chunki bunda chiqishda uning shovqinlar sathi ortadi.

**Signallarning buzilishi** qabul qilgichning chiqishida birlamchi signallarning qayta eshittirilishi sifatini aniqlaydi.

Signallarning buzilishlari nochiziqli, amplitudaviy-chastotaviy va fazaviy-chastotaviy buzilishlarga bo‘linadi.

**Nochiziqli buzilishlarni** qabul qilish trakti elementlari xarakteristikalarining nochiziqliligi keltirib chiqaradi. Ular birlamchi signalar shakllarining buzilishlarida namoyon bo‘ladi. Miqdoran ular garmoniklar koeffitsienti orqali baholanadi:

bu yerda *U2, U3,.... Un* – qabul qilgich chiqishidagi yuqori garmonikalar amplitudalari; *U1* – qabul qilgich chiqishidagi birinchi garmonika amplitudasi.

**Amplitudaviy-chastotaviy buzilishlar** birlamchi signal spektrining turli tashkil etuvchilari uchun kuchaytirish koeffitsientidagi farqlarga bog‘liq. Ular qabul qilgich chiqishidagi birlamchi signal *UF*amplitudasini *F* chastotaga bog‘liqligi grafigi hisoblanadigan AChX amplitudaviy-chastotaviy xarakteristika orqali baholanadi (9.5- rasm).

Amplitudaviy-chastotaviy buzilishlarni miqdoran baholash uchun ko‘pincha AChX o‘rniga chastotaviy buzilishlar koeffitsientidan foydalaniladi:

va ,

bu yerda *UFpast* va *UFyuqori* – qabul qilgich chiqishidagi birlamchi signal spektrining pastki va yuqori chastotalaridagi birlamchi signalning amplitudasi; *UFmax*− qabul qilgich chiqishidagi birlamchi signal spektrining o‘rta chastotasidagi birlamchi signal amplitudasining maksimal qiymati.

***Fp  Fyu F***

***FН***

***UF***

9.5- rasm. Qabul qilgich chiqishidagi birlamchi signal *UF*amplitudasini *F* chastotaga bog‘liqligi grafigi

Fazaviy-chastotaviy buzilishlar qabul qilgichning fazaviy xarakteristikasining nochiziqligiga bog‘liq, qabul qilgichning fazaviy xarakteristikasi qabul qilgich chiqishidagi birlamchi signal *φ* fazasini *F* chastotaga bog‘liqligidan iborat (9.6- rasm).

***F***

***φ***

9.6- rasm. Qabul qilgich chiqishidagi birlamchi signal *φ* fazasini *F* chastotaga bog‘liqligi

Har xil buzilishlar turlari har xil qabul qilinadigan signallarning turlariga turlicha ta’sir qiladi. Masalan, telefon signallarini qabul qilishda nochiziqli buzilishlar katta ahamiyatga ega bo‘ladi, bunda fazaviy-chastotaviy buzilishlar sezilarli bo‘lmaydi, chunki inson qulog‘i tovush tebranishlari fazalarining o‘zgarishlarini payqamaydi. Shu bilan bir vaqtda radioimpulsli signallarni qabul qilishda fazaviy-chastotaviy buzilishlar chiqish videoimpulslarini juda sezilarli buzadi.

Qabul qilgichning qayta sozlanishi vaqti radioaloqaning ishonchliligini aniqlaydi. Hozirgi vaqtda qayta sozlanish vaqti sekundning ulushlarini tashkil etadi.

**Nazorat savollari**

1. Tebranish konturiqanday qismlardan tashkil topgan? Uning vazifasi nima?

2. Konturning kerakli chastotani ajratishi qanday amalga oshiriladi?

3. Radioqabullash qurilmasining vazifasi nimalardan iborat?

4. Radioqabul qilgichning sifat ko‘rsatkichlarini sanab o‘ting.

5. Radioqabul qilgichlarning sezgirligi.

6. Radioqabul qilgichlarning selektivligi.

7. Radioqabul qilgichlarda elektromagnit moslashuvchanlik.

8. Radioqabul qilgichlarning halaqitbardoshligi.

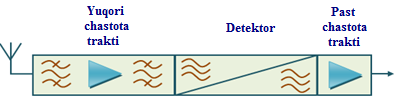
9. Radioqabul qilgichlarning stabilligi.

10. Radioqabul qilgichlarning tasniflanishi qanday amalga oshiriladi?

**10. RADIOQABUL QILGICHLARNI QURISH TUZILISH SXEMALARI**

**10.1. Radioqabul qilgichning eng oddiy tuzilish sxemasi**

Radioqabul qilish qurilmalarining tuzilish sxemalari, avvalo, yuqori chastota traktini (YuChT) bajarilishi bo‘yicha farqlanadi. Eng oddiy radioqabul qilgichning tuzilish sxemasi 10.1- rasmda keltirilgan. Antenna orqali qabul qilingan radiosignal yuqori chastotali traktga beriladi va unda chastotaviy tanlovchanlik va kuchaytirish amalga oshiriladi. Shuningdek, chastotani o‘zgartirish, amplitudaviy va vaqt bo‘yicha tanlovchanlik amalga oshirilishi mumkin. Detektor qabul qilingan modulyatsiyalangan signallarni uzatilgan xabarga mos kuchlanishga o‘zgartiradi. Past chastota traktida signallarni kuchaytirish, halaqitlar ta’sirini so‘ndirish uchun qo‘shimcha o‘zgartirish, dekodlash va xabarlarni ajratish (ko‘p kanalli tizimlarda) amalga oshiriladi.



10.1- rasm. Radioqabul qilgichning eng oddiy tuzilish sxemasi

**10.2. To‘g‘ridan – to‘g‘ri detektorlashli qabul qilgichning tuzilish sxemasi**

Eng oddiysi to‘g‘ridan-to‘g‘ri detektorlashli qabul qilgichni qurish prinsipi hisoblanadi, uning tuzilish sxemasi 10.2- rasmda keltirilgan.

Rezonans tizim yoki filtr ko‘rinishidagi kirish zanjiri (KZ) radioqabul qilgichning chastota bo‘yicha tanlovchanligini ta’minlaydi, qabul qilinadigan signal chastotasiga sozlash, KZni qayta sozlash yoki qayta ulash orqali amalga oshiriladi. Radioqabul qilgichning tuzilishini jiddiy soddalashtirishga olib keladigan, lekin bir vaqtda uning past sezgirligi va tanlovchanligiga bog‘liq bo‘lgan detektorgacha signalni kuchaytirishning bo‘lmasligi prinsipial hisoblanadi. Bunday sxemaning ko‘rsatilgan kamchiliklarini modulyatsiyalash chastotasi kuchaytirgichining (MChK) bo‘lishi bilan tuzatib bo‘lmaydi. Shu tufayli hozirgi vaqtda to‘g‘ridan-to‘g‘ri detektorlashli qabul qilgichlar deyarli faqat millimetrli, detsimillimetrli va optik to‘lqinlar diapazonlarida qo‘llanadi.

**Fм**

**КZ**

**D**

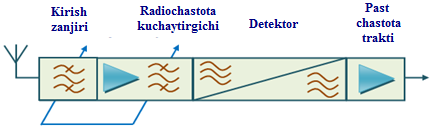
**MChK**

**fs**

10.2- rasm. To‘g‘ridan-to‘g‘ri detektorlashli qabul qilgichning tuzilish sxemasi

**10.3. To‘g‘ridan-to‘g‘ri kuchaytirishli qabul qilgichning tuzilish sxemasi**

To‘g‘ridan-to‘g‘ri kuchaytirishli qabul qilgichning tuzilish sxemasi 10.3- rasmda keltirilgan. Yuqorida bayon etilgan radioqabul qilgichdan bu radioqabul qilgich radiochastota kuchaytirgichning (RChK) borligi va buning natijasida, sezilarli katta sezgirlik va tanlovchanlik bilan ajralib turadi. Kirish zanjiri va RChKning tanlovchan zanjirlari qabul qilinadigan radiosig­nal chastotasiga sozlanadi va bu chastotada kuchaytirish amalga oshiriladi, binobarin, KZ chastota bo‘yicha dastlabki tanlovchanlikni, RChK esa chastota bo‘yicha asosiy tanlovchanlik va signalning sezilarli kuchaytirilishini ta’minlaydi. Radioqabul qilgichning sezgirligida asosiy rolni uning o‘z shovqini o‘ynaydigan diapazonlarda RChK sifatida kam shovqinli kuchaytirgichlardan (KShK) foydalaniladi. Bunday qabul qilgichni chastota bo‘yicha qayta sozlash barcha KZ va RChK rezonans tizimlarini muvofiqlashtirilgan qayta sozlanishini talab qiladi.



10.3- rasm. To‘g‘ridan-to‘g‘ri kuchaytirishli radioqabullash qurilmasining tuzilish sxemasi

**10.4. Supergeterodinli qabul qilgichning tuzilish sxemasi**

Radiotexnikada revolyusiya amerikalik ixtirochi Edvin Armstrong 1913 yilda supergeterodinli qabul qilgich sxemasini taklif qilganda bo‘lib o‘tdi. Sxema shunchalik muvaffaqiyatli bo‘ldiki, hozirgi vaqtgacha o‘ntadan to‘qqizta qabul qilgichlar bu prinsipda ishlayapti. Supergeterodin jumboqli so‘zining ma’nosi shundan iboratki, *kirish konturi ajratgan yuqori chastotali signal dastlab bu turdagi qabul qilgich uchun o‘zgarmas bo‘lgan boshqa chastotaga o‘zgartiriladi*, keyin esa **oraliq chastota** deyiladigan bu chastotada asosiy signalni kuchaytirish va boshqa ikkinchi darajali signallarni kuchsizlantirish amalga oshiriladi (10.4- rasm).

Shunday qilib, qabul qilgichning ko‘plab ko‘rsatkichlarini sezilarli yaxshilashga qabul qilingan signal chastotasini unga eng katta samaradorlikda ishlov berilishi mumkin bo‘lgan chastotalar sohasiga o‘tkazish prinsipi asosida erishiladi. Barcha radiodiapazonlarda bu prinsip asosida qurilgan supergeterodinli qabul qilgich sxemasi eng keng qo‘llanadi. Bunday qabul qilgichda *fs* chastota signallari aralashtirgich (Ar) va yordamchi tebranishlar generatori – geterodindan (G) tashkil topgan chastota o‘zgartirgichida (ChO‘) qayd etilgan *for* oraliq chastotaga o‘zgartiriladi, bu chastotada asosiy kuchaytirish va chastota bo‘yicha tanlovchanlik amalga oshiriladi.

**Fм**

**KZ**

**D**

**MChK**

**fs**

**fs**

**for**

**fg**

**G**

**Аr**

**OChK**

**RChK**

**Antenna**

10.4- rasm.Supergeterodinli qabul qilgichning tuzilish sxemasi

Chastotani bir marta o‘zgartirishli supergeterodinli qabul qilgichning eng to‘liq tuzilish sxemasi 10.5- rasmda keltirilgan.

**Geterodina signali**

**Chastota o’zgartirgichi**

**YuCh signal**

**Kuchaytirilgan YuCh signal**

**OCh signal**

**PCh signal**

**Detektor**

**Aralash-titgich**

**Geterodin**

**YuCh kuchaytirgich**

**Kuchaytirilgan OCh signal**

**Kuchaytirilgan PCh signal**

**OCh kuchaytirgich**

**PCh kuchaytirgich**

10.5- rasm. Supergeterodinli qabul qilgichning blok-sxemasi

 Geterodin – bu kichik quvvatli rostlanadigan generator hisoblanadi. Generator barcha zamonaviy qabul qilgichlarda qo‘llaniladi, lekin uning funksiyalari radiouzatkichlarda generatorlar bajaradigan funksiyalardan farq qiladi. Qabul qilgichda generator keyinchalik radiochastota bilan qo‘shiladigan tebranishlarni ishlab chiqaradi. Binobarin, geterodinning chastotasi kirish konturining sozlanishi bilan birga sinxron (ko‘p seksiyali O‘SK yordamida) o‘zgaradi. Bu qo‘shishdan keyin olinadigan signal chastotasi doimo o‘zgarmas bo‘lishi uchun kerak. Bu oraliq chastota (OCh) bo‘ladi. U tanlangan sozlash diapazoniga va radiostansiyaning qabul qilish chastotasiga bog‘liq bo‘lmaydi.

Aralashtirgich chiqishida olinadigan Och ning o‘zgarmasligi keraksiz signallarni (qo‘shni radiouzatkichlarning radiochastotalari, efirdagi halaqitlar va h.k.) ancha samarali filtrlashga imkon beradi. Oraliq chastota shunday tanlanadiki, uning qiymati uzatish radiostansiyalari chastotalari sohasiga tushmaydi (odatda 465 KGs, horijiy apparaturada 455 KGs). Bundan tashqari, nisbatan past OCh qo‘llaniladigan elementlarga (tranzistorlar, mikrosxemalar, filtrlar, kondensatorlarga) unchalik talablarni qo‘ymaydi. Ular past chastotali va demak, arzonroq bo‘lishi mumkin.

**10.5.** **Chastota ikki marta o‘zgartiriladigan** **supergeterodinli qabul qilgichning tuzilish sxemasi**

Zamonaviy radiostansiyalarning qabul qilish qismida ko‘p hollarda murakkabroq supergeterodinli sxema – chastotani ikki marta o‘zgartirishli supergeterodinli sxema qo‘llanadi. Oddiy supergeterodindan u ikkinchi o‘zgartirgich va ikkinchi oraliq chastotaning mavjudligi bilan farqlanadi (10.6- rasm). Bu yanada katta sezgirlikni, tanlovchanlikni va halaqitbardoshlikni ta’minlashga imkon beradi. Chastotani ikkilangan o‘zgartirishli supergeterodin sxemasi oddiy supergeterodinning sxemasiga o‘xshash, lekin yana bir geterodin, aralashtirgich, shuningdek mos kuchaytirish va filtrlash kaskadlarini qo‘shilishili bo‘ladi. Birinchi oraliq chastota odatda yuqoriroq (10.7, 17, 21, 45… MGs), ikkinchisi pastroq (455 MGs) bo‘ladi.

**YuCh-filtr**

**Antenna**

**Aralashtirgich**

**Geterodin**

**OCh-filtr**

**Geterodin**

**Demodulyatsia bloki**

**Chastotani o’zgartirgich**

**Chastotani o’zgartirgich**

**Aralashtirgich**

**OCh kuchaytirgich**

**YuCh-kaskad**

**OCh-kaskad**

**Asosiy chastota kaskadi**

**YuCh-filtr**

**Antenna**

**Aralashtirgich**

**Geterodin**

**OCh-filtr**

**Geterodin**

**Demodulyatsia bloki**

**Chastotani o’zgartirgich**

**Chastotani o’zgartirgich**

**Aralashtirgich**

**OCh kuchaytirgich**

**YuCh-kaskad**

**OCh-kaskad**

**Asosiy chastota kaskadi**

10.6-rasm. Chastota ikki marta o‘zgartiriladigan supergeterodinli qabul qilgichning tuzilish sxemasi

Qabul qilgichning bunday arxitekturasi juda yaxshi tanlovchanlik va sezgirlikni ta’minlaydi. Geterodinning chastotasi kirish YuCh-signalining chastotasi orqali sinxronlashtiriladigan to‘g‘ridan-to‘g‘ri kuchaytirishli qabul qilgichdan farqli ravishda supergeterodinli qabul qilgichda foydali signalning chastotasiga nisbatan qayd etilgan qiymatga surilgan geterodin chastotasi ishlatiladi. Chastotaning bunday surilishi geterodin chastotasini YuCh-signal bilan nochiziqli element – diodli yoki FET-aralashtirgich yordamida aralashtirish yordamida generatsiyalangan oraliq chastotani olishga imkon beradi.

Geterodin sifatida ko‘pincha kuchlanish bilan boshqariladigan sinxron generator ishlatiladi, u kirish YuCh-signalni OCh-signalga o‘zgartirish chastotalari diapazonida ishlaydi. So‘nggi vaqtlarda geterodin signallarini generatsiyalash uchun simsiz qabul qilgichlarda to‘g‘ri raqamli sintez (*direct-digital-synthesis — DDS*), shuningdek kasrli (*fractional-N*) va butun sonli (*integer-N*) bo‘lish koeffitsentili analog sintezatorlar ishlatilmoqda. Geterodinning istalgan qurilishi usuli chastotalar polosasida chastotani bosqichma-bosqich oshirish imkoniyati bilan zarur signallar chastotalari diapazonlarini ta’minlashi kerak. Bundan tashqari, geterodin tizim kanallari orsidagi chastotalar intervali bilan mos tushadigan surish chastotasida o‘ziga xos bo‘lgan bir polosali fazaviy shovqinning ma’qul darajasini ta’minlashi kerak.

Geterodin aralashtirgichga beriladigan signalning yetarli quvvatini ta’minlashi kerak. Ayrim hollarda geterodinning chiqishiga bufer kuchaytirgichi qo‘yiladi, u aralashtirgichdagi o‘zgartirishda yo‘qotishlarni kompensatsiyalash uchun yetarli bo‘lgan chiqish signali sathini ta’minlaydi.

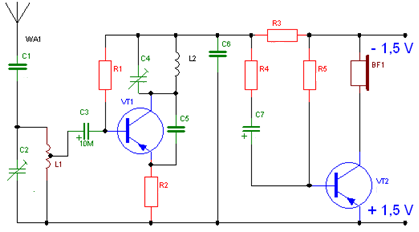
Aralashtirgichlar istalgan zamonaviy qabul qilgich YuCh-tarktining integral qismi hisoblanadi. Chastotani aralashtirgichlar turli nochiziqli elementlar, ham diodlar, ham tranzistorlarga asoslanishi mumkin.

**10.6. Supergeterodinli qabul qilgichlar oddiy sxemalarini yig‘ilishiga misollar**

UQT ChM qabul qilgichning prinsipial sxemasi 10.7-rasmda keltirilgan.

VT1 tranzistorda chastotani avtomatik sozlashli detektor kaskadi yig‘ilgan. Bu kaskad to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘zgartirishli qabul qilgich hisoblanadi. Kirish konturi qabul qilinadigan radioto‘lqinlar diapazonining o‘rta chastotasiga sozlanadi. L2C4 kontur geterodin konturi hisoblanadi.

Kirish va geterodin signallari aralashtiriladi, farq (tovush) chastotasi tranzistorning yuklamasi hisoblanadigan R3 rezistorda ajratiladi.



10.7-rasm. UQT ChM qabul qilgichning prinsipial sxemasi

S6 kondensator signalning zararli yuqori chastotali tashkil etuvchisini filtrlaydi. Tovush chastotasi signali VT2 tranzistorda yig‘ilgan kuchaytirish kaskadiga, undan keyin dinamikka beriladi.

***R1***

***С1***

***VТ1***

***WА1***

***ВА1***

***L1***

***L2***

***С2***

***ТV1***

***R2***

***С4***

***С3***

***С10***

***SА1***

***SА2***

***+3....9 V***

**DА1 К174ХА10**

***С11***

***С5***

***С6***

***С7***

***С8***

***С9***

***R3***

***R4***

**+**

**+**

**+**

**2**

**1**

**3**

**8**

**9**

**15**

**14**

**13**

**11**

**10**

**16**

10.8-rasm. 174 turkumdagi IMSda yig‘ilgan radioqabul qilgichning prinsipial sxemasi

*K174* turkumdagi IMSda yig‘ilgan radioqabul qilgichning prinsipial sxemasi 10.8-rasmda keltirilgan. K174 turkumda standart supergeterodinli radioeshittirish qabul qilgichining barcha tugunlari – chastota o‘zgartirgichi, 0,5 Vt gacha chiqish quvvatili OChK va TChKga ega bo‘lgan mikrosxema mavjud. Bu 3 dan 9 V gacha ta’minot kuchlanishida ishlay oladigan va 8-10 mA tok iste’mol qiladigan (past ovoz balandligida) K174XA10 mikrosxema hisoblanadi. Uning tugunlaridan foydalanish bilan oddiy to‘g‘ridan-to‘g‘ri kuchaytirishli qabul qilgichni yig‘ish mumkin. Bu variantda chastota o‘zgartirgichi ishlatilmaydi, OChK RChK sifatid ishlatiladi va TChK esa o‘z vazifasini bajaradi.

Sezgirlikni oshirish uchun VT1 tranzistordagi istokli takrorlagich ishlatilgan. Detektorlangan tovush chastoasi signali S8 - R3 - S9 filtrlash zanjiri orqali R4 ovoz balandligi rostlagichiga va keyin TChK kirishiga beriladi.

**Nazorat savollari**

1. Radioqabullash qurilmalarining tuzilish sxemalari nimasi bilan farqlanadi?

2. To‘g‘ridan – to‘g‘ri detektorlashli qabul qilgichning tuzilish sxemasini tushuntiring.

3. Detektorli qabul qilgichning sxemasi va turli nuqtalaridagi signallarning shakllarini tushuntiring.

4. To‘g‘ridan-to‘g‘ri kuchaytirishli radioqabullash qurilmasining blok-sxemasini tushuntiring.

5. Chastota bir marta o‘zgartirilishli kuchaytirish traktining sxemasini tushuntiring.

6. Supergeterodinli qabul qilgichning blok-sxemasini tushuntiring.

7. Geterodinning vazifasi nimalardan iborat?

8. UQT ChM qabul qilgichning eng oddiy prinsipial sxemasini tushuntiring.

9. IMSda yig‘ilgan O‘T AM qabul qilgichning prinsipial sxemasini tushuntiring.

10. Chastotani ikkilangan o‘zgartirishli supergeterodinli qabul qilgichning blok-sxemasini tushuntiring.

**11. RADIOQABUL QILISH QURILMALARI RADIOCHASTOTA KUCHAYTIRGICHLARI**

**11.1. Radiochastota kuchaytirgichlari haqida umumiy tushunchalar**

Yuqori chastotali signallarni kuchaytirish uchun xizmat qiladigan elektron qurilmalar radiochastota kuchaytirgichlari deb ataladi. Radiochastota kuchaytirgichlari qabul qilinadigan chastota radiosignalni kuchaytirishni amalga oshiradi. RChK qabul qilgichda eng muhim funksiyalarni bajaradi:

Birinchidan, RChK o‘z shovqinlar sezilarsiz qo‘shilganida qabul qilinadigan radiosignallarning kuchaytirilishini ta’minlashi kerak. Bu bilan qabul qilgichning real sezgirligi yaxshilanadi. Uning yaxshilanishi uchun qabul qilgichning kirishida kam o‘z shovqinlariga va bo‘lishi mumkin katta quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsientiga ega bo‘lgan kaskadlardan foydalanish zarur.

Ikkinchidan, kirish zanjirlari bilan birgalikda tashqi polosali qabul qilish kanallari bo‘yicha tanlovchanlik va antenna zanjirini qo‘shni radioqabul qilish qurilmalariga halaqitlarni hosil qilishi mumkin bo‘lgan o‘z geterodini signalini kirishidan himoyalashni ta’minlaydi.

RChKda kuchaytirish asboblari sifatida tranzistorlar (bipolyar va maydoniy), yugurma to‘lqin lampalari, tunnel va parametrik diodlar va boshqalar ishlatiladi. Ayrim kuchaytirish asboblari (bipolyar tranzistorlar) katta kirish va chiqish o‘tkazuvchanligiga ega ekanligi tufayli, ularni to‘g‘ridan-to‘g‘ri tanlovchan zanjirga ulash ularni kuchli shuntlanishiga va kuchaytirgichning kuchaytirish va tanlovanlik xossalarini yomonlashishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun bu o‘tkazuvchanliklarning shuntlash ta’sirini kuchsizlantirish uchun tanlovchan zanjirni kuchaytirish asbobining chiqishiga va keyingi kaskadning kirishiga to‘liq bo‘lmagan ulash amalga oshiriladi (11.1- rasm).

**Kuchaytrish asbobi**

**Keyingi kaskad**

***L***

***С***

***U1***

***U2***

11.1- rasm. Tanlovchan zanjirni kuchaytirish asbobining chiqishiga va keyingi kaskadning kirishiga to‘liq bo‘lmagan ulash

**11.2. Radiochastota kuchaytirgichlariga talablar**

Tanlovchi tizim sifatida esa tebranish konturi ishlatiladi. Ayrim paytlarda bir-biri bilan o‘zaro bog‘liq bo‘lgan tebranish konturlari ham qo‘llaniladi.

Tanlovchi va aloqa zanjirlari o‘zaro birgalikda kaskadlararo aloqa zanjirlarini tashkil etadi va bu zanjirlarga quyidagi vazifalar yuklatiladi:

* kuchaytirgich asboblarining chiqishidagi qarshilik bilan kelgusi kaskadning kirish qarshiligini o‘zaro moslash;
* kuchaytirgich asboblari energiyasini yuklamaga uzatish;
* kerakli chastota uzatish yo‘li va tanlovchanlikni ta’minlab berish.

Bunda aloqa zanjirlariga quyidagi talablar qo‘yiladi:

* RChK chiqish qarshiligi va keyingi kaskad kirish qarshiligini o‘zaro moslash;
* kuchaytirish asboblari energiyasini yuklamaga uzatish;
* kerakli chastota uzatish yo‘li va tanlovchanlikni ta’minlash.

RChKga quyidagi talablar qo‘yiladi:

* o‘z shovqinini kamaytirish va quvvat bo‘yicha katta uzatish koeffitsientini ta’minlash;
* tanlovchanlik koeffitsientining sifatini, nafaqat asosiy kanal bo‘yicha, balki signali ham oraliq chastota kanallari bo‘yicha ta’minlash;
* geterodin signalini antenna zanjiriga o‘tib ketishiga yo‘l qo‘ymaslik va h.q.

**11. 3. Radiochastota kuchaytirgichlarining tasniflanishi**

Radiochastota kuchaytirgichlari o‘ziga xos belgilari bo‘yicha quyidagi turlarga bo‘linadi:

* ishlatiladigan kuchaytirish elementi bo‘yicha: lampali, tranzistorli, tiristorli, kvantli, paramagnit (O‘YuCh vakuumli asboblar – klistronlar, magnetronlar, yuugurma to‘lqin lampalarida) va boshqalar;
* kuchaytirish elementining ulanish sxemasi bo‘yicha: A, V, AV, S va boshqa rejimlarda ishlaydigan UBli kuchaytirgichlar, UEli kuchaytirgichlar, UKli kuchaytirgichlar;
* tanlovchan tizim bilan aloqaning turi bo‘yicha: to‘g‘ridan-to‘g‘ri, transformatorli, avtotransformatorli va sig‘imli;
* tarkibidagi kaskadlar soni bo‘yicha: bitta kaskadli va ko‘p kaskadli;
* yuklama turi bo‘yicha: rezonansli yoki aperiodik.

Radiochastota kuchaytirgichi radioqabul qilish qurilmasining kirishi turar ekan, u holda uning shovqin xarakteristikalari va [dinamik diapazon](http://digteh.ru/WLL/DinDiapPrm.php)i asosan butun qurilmaning xarakteristikalarini aniqlaydi. Aynan radiochastota kuchaytirgichining shovqin koeffitsienti radioqabul qilgichning sezgirligini aniqlaydi.

Zamonaviy elementlar asosini mikrominiatyurizatsiyalanishi va unga bog‘liq radioqabul qilish qurilmalari tugunlarining mikrominiatyurizatsiyalanishi tufayli hozirda O‘YuCh diapazonda ilgari pastroq chastotalarda qo‘llangan sxemotexnik yechimlarning qo‘llanishi mumkin bo‘ldi. Bu shunga bog‘liqki, blokning ishchi tebranishlar to‘lqin uzunligiga nisbatan o‘lchamlari to‘lqin uzunligining o‘ndan bir qismidan kichik bo‘lib qolmoqda va natijada bu blokni ishlab chiqishda tebranishlarning tarqaishidagi to‘lqin samaralarini e’tiborga olmaslik mumkin.

**11.4. Rezonans konturli RChKning prinsipial sxemasi**

Yuklamasi tebranish konturidan tashkil topgan kuchaytirgichlarni rezonans kuchaytirgichlar deb ataladi. Bunda tebranish konturi oldindan ma’lum bo‘lgan foydali signal chastotasiga sozlanadi va bu chastota bo‘yicha rezonans holatiga o‘tadi. Rezonans holatida esa tebranish konturi o‘zidan faqat foydali signal chastotasini o‘tkazadi.

Rezonans konturli RChKning prinsipial sxemasi 11.2- rasmda keltirilgan. Sxemada, kirish zanjiridan chiqayotgan signal kuchaytirish asbobiga beriladi. Elektr zanjirlar nazariyasiga asosan rezonans paytida kuchaytirish asbobining yuklama bo‘lgan tebranish konturining qarshiligi aktiv va katta qiymatli bo‘ladi. Shu sabab, kuchaytirish asbobiga keladigan signal qanchalik kichik bo‘lmasin, katta qarshilikda katta kuchlanish tushuvini hosil qiladi. Shunday ekan, demak bu radiosignal kuchayadi. Undan tashqari, radiosignal kuchaytirgich asboblarining o‘ziga xos xossalariga asoslangan holda kuchayadi. Kuchaytirishning bu usulida kuchlanishi manbaining ham ulushi bo‘ladi. Odatda, kuchaytirishning bu xususiy holida signal nafaqat kuchlanish bo‘yicha, balki quvvat bo‘yicha ham kuchayadi.

***Ukir***

**Е**

***VТ1***

***С***

***Rэ***

***Сэ***

**+**

**-**

***Ucqhi***

***Lа***

***L***

***С1***

***С2***

11.2- rasm. Rezonans konturli RChKning prinsipial sxemasi

**11.5. Aperiodik RCHKning prinsipial sxemasi**

Yuklamasi rezistorlardan tashkil topgan kuchaytirgichlar esa aperiodik kuchaytirgichlar deb ataladi. Aperiodik kuchaytirgichlarning kuchaytirish koeffitsienti rezonans kuchaytirgichlarning kuchaytirish koeffitsientidan doimo kichik bo‘ladi.

Yuqori chastotalarda tranzistorlarning umumiy baza sxemasida ulanishi eng yaxshi xarakteristikalarga ega. Bu sxemada tranzistor ichki teskari aloqa hisobiga eng yaxshi chiziqlilikka ega. Bundan tashqari, uning chastotaviy xarakteristikasi kengayadi. Kollektor-emitter o‘tishning kichik sig‘imi kuchaytirgich sxemasining parazit o‘z-o‘zidan qo‘zg‘alishiga sharoitlarni hosil qilmaydi.

Sxemaning barqarorligini qo‘shimcha oshirishga tranzistorli kaskadning kirishi va chiqishiga past chastotali filtrlarni qo‘yilishi bilan erishiladi. Bu filtrlar tranzistor kuchaytirish xususiyatlarini saqlaydigan butun chastotalar polosasiga mo‘ljallanadi. Natijada butun chastotalar polosasida fazalarning balansi bajarilmaydi va o‘z-o‘zidan qo‘zg‘alish mumkin bo‘lmaydi. Bu filtr tranzistorning kirish va chiqish qarshiliklarini 50 Om standart qarshilikka o‘zgartirishni amalga oshiradi. Kirish va chiqish sig‘imlari filtrning tarkibiga kiritiladi. Bunday radiochastota kuchaytirgichi sxemasiga misol 11.3- rasmda keltirilgan.

***Ukir***

***VТ1***

***Uchiq***

***L2***

***L3***

***L1***

***R1***

***R2***

***R3***

***С1***

***С4***

***С2***

***С3***

***+Ut***

***Ukir***

***VТ1***

***Uchiq***

***L2***

***L3***

***L1***

***R1***

***R2***

***R3***

***С1***

***С4***

***С2***

***С3***

***+Ut***

11.3- rasm. Umumiy bazali tranzistordagi 50 Om kirish va chiqish qarshilikli radiochastota kuchaytirgichining prinsipial sxemasi

Bu sxemada *R1 … R3* rezistorlar tranzistorning o‘zgarmas tok bo‘yicha emitterli stabillashni amalga oshiradi. *C2* kondensator tranzistor bazasini yuqori chastota bo‘yicha yerga ulanishini ta’minlaydi, *C3* kondensator esa ta’minot zanjirlarini halaqitlardan himoyalaydi. *L2* drossel *VT1* tranzistor kollektorining yuklamasi hisoblanadi. U ta’minot tokini *VT1* kollektor zanjiriga o‘tkazadi, lekin bunda radiochastota o‘zgaruvchan toki bo‘yicha ta’minot manbaini ajratadi. *L1, C1* va *C4, L3* past chastota filtrlari tranzistorning kirish va chiqish qarshiliklarini 50 Omga o‘zgartirilishini ta’minlaydi. Qo‘llanilgan past chastota filtri sxemasi uning tarkibiga kirish yoki chiqish sig‘imini kiritishga imkon beradi. *VT1* tranzistorning kirish sig‘imi *C1* sig‘im bilan birga kuchaytirgichning kirish filtrini hosil qiladi, bu tranzistorning chiqish sig‘imi esa *C4* sig‘im bilan birga past chastotali chiqish filtrini hosil qiladi.

**11.6. Kaskadli radiochastota kuchaytirgichi sxemasi**

Radiochastota kuchaytirgichining yana bir keng tarqalgan sxemasi kaskadli kuchaytirgich sxemasi hisoblanadi. Bu sxemada ikkita tranzistorli kaskadlar – umumiy emitterli va umumiy bazali sxemalar ketma-ket ulanadi. Bunday yechim kuchaytirgichning o‘tish sig‘imi qiymatini qo‘shimcha kamaytirishga imkon beradi. Kaskadli kuchaytirgichning eng keng sxemasi tranzistorli kaskadlar orasidaga galvanik aloqali sxema hisoblanadi. Bipolyar tranzistorlarda yig‘ilgan kaskadli radiochastota kuchaytirgichining sxemasiga misol 11.4- rasmda keltirilgan.

***Ukir***

***VТ2***

***Uchiq***

***L2***

***L3***

***L1***

***R1***

***С1***

***С5***

***С4***

***+Uт***

***VТ1***

**R2**

***R3***

***R4***

***С3***

**С2**

***С6***

11.4- rasm. Kaskadli radiochastota kuchaytirgichining sxemasi

Bu sxemada 11.3- rasmdagi sxemadagi kabi *VT2* tranzistor ishchi nuqtasini emitterli stabillash qo‘llangan. *C6* kondensator qabul qilinadigan signal chastotasida manfiy teskari aloqani bo‘lmasligini ta’minlaydi. Qator hollarda bu kondensator kuchaytirgichning chiziqliligini oshirish uchun va radiochastota kuchaytirgichining kuchaytirish koeffitsientini kamaytirmaslik uchun qo‘yilmaydi.

*C2* kondensator *VT1* tranzistor bazasini o‘zgaruvchan tok bo‘yicha yerga ulanishini ta’minlaydi. *C4* kondensator ta’minot manbaini o‘zgaruvchan tok bo‘yicha filtrlanishini ta’minlaydi. *R1, R2, R3* rezistorlar *VT1* va *VT2* tranzistorlarning ishchi nuqtalarini aniqlaydi. *C3* kondensator *VT2* tranzistorning baza zanjirini oldingi kaskaddan (kirish polosali filtridan) o‘zgarmas tok bo‘yicha ajratadi. Kollektor zanjirining o‘zgarmas tok bo‘yicha yuklamasi bo‘lib *L2* drossel xizmat qiladi. Umumiy bazali radiochastota kuchaytirgichidagi kabi kaskadli kuchaytirgichning kirishi va chiqishida past chastota filtrlari qo‘llangan. Ularning asosiy vazifasi kirish va chiqish qarshiliklarini 50 Om qiymatga o‘zgartirishni ta’minlaydi.

**11.7. Integral mikrosxemadagi RChK**

Hozirgi vaqtda radiochastota kuchaytirgichlari qator firmalar tomonidan tayyor mikrosxemalar ko‘rinishida chiqarilmoqda. Misol uchun *RFMD* firmasining *RF3827, RF2360* mikrosxemalari, *Analog Devises* firmasining *ADL5521* mikrosxemalari, *M/A-COM* firmasining *MAALSS0038, AM50-0015* mikrosxemalarini aytish mumkin.

Bu mikrosxemalarda arsenid-galliyli maydoniy tranzistorlar qo‘llanadi. Yuqori kuchaytiriladigan chastota 3 GGs gacha etishi mumkin. Bunda shovqin koeffitsient 1,2 dan 1,5 dBgacha chegaralarda o‘zgaradi. *M/A-COM* firmasining *MAALSS0038* integral mikrosxemasi qo‘llangan radiochastota kuchaytirgichining prinsipial sxemasiga misol 11.5- rasmda keltirilgan.

***Ukir***

***Uchiq***

***L2***

***L3***

***L1***

***С1***

***С5***

***С4***

***+Utа***

***С3***

**1**

**2**

**3**

**IN**

**4**

**5**

**6**

**GND**

**GND**

**ОUТ/Vdd**

11.5- rasm. MAALSS0038 integral mikrosxema qo‘llangan radiochastota kuchaytirgichining prinsipial sxemasi

**11.8. Radiochastota kuchaytirgichlarining ko‘rsatkichlari**

Radiochastota kuchaytirgichlarining sifat ko‘rsatkichlari quyidagilar:

**Kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti**:

*KU = Uchiq/Ukir*

**Quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti**:

*KR = Rchiq/Rkir*

Rezonansli RChKlar tanlovchan zanjirning rezonans chastotasida maksimal *K0*kuchaytirishga ega bo‘ladi. Rezonans chastotadan farqli chastotalarda kuchaytirish koeffitsienti *K0*kuchaytirish koeffitsientidan kichik bo‘ladi. Kuchaytirish koeffitsientining chastotaga bog‘liqligi uning amplituda-chastotaviy xarakteristikasi deyiladi. *KU* va *KR* kuchaytirish koeffitsientlarini chastotalar diapazoni bo‘yicha o‘zgarmas bo‘lishi muhim parametr hisoblanadi.

**Shovqin koeffitsienti** kuchaytirgichning shovqin xususiyatlarini xarakterlaydi. Kuchaytirgichdagi fluktatsion shovqinlar manbalari kuchaytirgichning kirish qarshiligi, tebranish konturlari, elektron va yarim o‘tkazgichli asboblar hisoblanadi. Kuchaytirgich kirish qarshiligining shovqinlari kirish shovqinlarini hosil qiladi, kuchaytirgich elementlarida hosil bo‘ladigan shovqinlar esa o‘z shovqinlari deyiladi. Kichik o‘z shovqinlarili (*NSH<*2) kuchaytirgichlarning shovqin xususiyatlari xarakteristikalari uchun *TSh* shovqin harorati parametri ishlatiladi. *TSH* shovqin harorati deganda kuchaytirgich kirishi *Rkir* qarshiligi quvvati kuchaytirgichning o‘z shovqinlarining quvvatiga teng bo‘lgan shovqinlarni hosil qiladigan harorat tushuniladi:

*TSh = T0 (NSh - 1)*

**RChKning tanlovchanligi** uning tarkibiga kiradigan rezonans tizimning tanlovchanligi orqali aniqlanadi. Miqdoriy jihatdan *σU* tanlovchanlik berilgan Δƒ nosozlanishda *KΔƒ* kuchaytirish koeffitsienti *K0* rezonans kuchaytirish koeffitsientidan qancha martaga kamayishini ko‘rsatadigan son orqali xarakterlanadi:

*σU = K0/KΔf*

*Ktb* **to‘g‘ri burchaklilik koeffitsienti**0,707 sathdagi o‘tkazish polosasini berilgan *a* so‘nishdagi o‘tkazish polosasiga nisbatiga teng. So‘nish qiymati odatda o‘nga karrali (10, 100, 1000 va h.k. yoki 20, 40, 60 dB) tanlanadi.

To‘g‘ri burchaklilik koeffitsienti 0,707 sathdagi o‘tkazish polosasini berilgan 0,1 sathdagi o‘tkazish polosasiga nisbatiga teng (11.6- rasm).

*kp0.1 = ΔF0/ ΔF0.1*

Boshqa to‘g‘ri burchaklilik koeffitsientilarini ham shunday tarzda aniqlash mumkin:

*kp0.01 = ΔF0/ ΔF0.01*; *kp0.001 = ΔF0/ ΔF0.001*

***у=1/σ=К/К0***

***f0***

***ΔF0,1***

***f***

***1,0***

***1,0***

***ΔF0***

***0,707***

***0,1***

11.6- rasm. 0,707 sathdagi o‘tkazish polosasini berilgan 0,1 sathdagi o‘tkazish polosasiga nisbati

**Signalning buzilishi**. RChKda, umuman radioqabul qilgichning o‘zida uchta turlardagi buzilishlar bo‘lishi mumkin:

* amplituda-chastotaviy buzilishlar, ular to‘liq tanlovchan tizimning shakli orqali aniqlanadi;
* faza-chastotaviy buzilishlar FChXning nochiziqliligi natijasi hisoblanadi;
* foydali signalning past sathi tufayli nochiziqli buzilishlar, ular asosan tashqi polosali kuchli halaqit orqali aniqlanadi.

**Dinamik diapazon**RChKning amplitudaviy xarakteristikasi bo‘yicha baholanadi (11.7- rasm).

***Uchiq***

***Ukir***

***Ukirmin***

***Ukirmax***

11.7- rasm. RChKning amplitudaviy xarakteristikasi

Miqdoran u logarifmik kattaliklarda ifodalanadi:

*D = 20lg(Uvx.maks/Uvx.min)*

*Ukir.min* – o‘z shovqinlari sathi orqali cheklanadi;

*Ukir.max* – yo‘l qo‘yiladigan nochiziqli buzilishlar.

**Ishlash barqarorligi** – barcha parametrlarni ishlatish sharoitlarida ruxsat etiladigan barcha bo‘lishi mumkin o‘zgarishlardan saqlanishi hisoblanadi.

Barcha parametrlarni ruxsat etiladigan chegaralarda saqlash bilan berilgan **chastotalar diapazonini qamrab olish** hisoblanadi.

**Nazorat savollari**

1. Radiochastota kuchaytirgichlariga talablar nimalardan iborat?

2. Radiochastota kuchaytirgichlarining vazifasi nimadan iborat?

3. Radiochastota kuchaytirgichlari qanday turlarga bo‘linadi?

4. Radiochastota kuchaytirgichlari qanday elementlarda yig‘iladi?

5. Kaskadlararo aloqa zanjirlarining vazifalarini sanab o‘ting.

6. Aperiodik kuchaytirgichlarning ishlash prinsipini tushuntiring.

7. Rezonans konturli RChKning prinsipial sxemasini tushuntiring.

8. Radiochastota kuchaytirgichlarning asosiy parametrlarini sanab o‘ting.

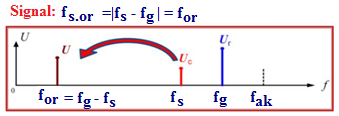
9. Ichki teskari aloqali kuchaytirgich sxemasini tushuntiring.

10. Kaskadli kuchaytirgich sxemasini tushuntiring.

**12. RADIOQABUL QILISH QURILMALARI CHASTOTA O‘ZGARTIRGICHLARI**

**12.1. Chastotani o‘zgartirish haqida umumiy tushunchalar**

Signal chastotasini o‘zgartirish bu uning tuzilmasini o‘zgartirmasdan chastotalar o‘qida signal spektrini chiziqli o‘tkazish amalga oshiriladigan jarayon hisoblanadi (12.1- rasm). Signalning og‘ishi va uning boshlang‘ich fazasi bunda o‘zgarmaydi. Boshqacha aytganda, chastotani o‘zgartirish modulyatsiyalangan tebranishlarning amplitudasi, chastotasi yoki fazasini o‘zgarishi jarayonini buzmaydi.



12.1- rasm. Signal chastotasini o‘zgartirish

Signal chastotasini o‘zgartirish chastota o‘zgartirgichlari orqali amalga oshiriladi. Chastota o‘zgartirgichi supergeterodinli sxema bo‘yicha yig‘ilgan radioqabul qilgichlarda, signallarni generatsiyalash va shakllantirish qurilmalarida (radiouzatkichlarda, chastota sintezatorlarida), turli radioo‘lchash asboblarida (selektiv [voltmetrlar](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80),  spektr [analizatorlarida](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B0), [modulometrlar va deviometrlarda](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D0%B8), so‘nishlarni o‘lchash uchun qurilmalarda) qo‘llanadi.

Masalan, qayd etilgan oraliq chastota qiymatili supergeterodinli radioqabul qilgichlarda signal radiochastotasi polosasini pastga (kam hollarda yuqoriga) o‘tkazish qo‘shni kanal bo‘yicha halaqitlarni so‘ndirish (ya’ni to‘g‘ridan-to‘g‘ri kuchaytirishli radioqabul qilgichlarga qaraganda chastotaviy tanlovchanlikni sifat jihatdan yaxshilash) uchun [chastotaviy xarakteristik](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)asi katta to‘g‘ri burchakli bo‘lgan asosiy seleksiya sozlanmaydiga murakkab filtrini qo‘llashga, shuningdek diapazonli radiochastota kuchaytirgichiga qaraganda samaraliroq bo‘lgan oraliq chatota kuchaytirgichidan foydalanishga imkon beradi. Bunday radioqabul qilgichni qayta sozlash chastota o‘zgartirgichining tarkibiga kiradigan geterodinning chastotasini o‘zgartirish orqali amalga oshiriladi.

Shunday qilib, chastota o‘zgartirgichi bu signal tuzilmasi saqlanishi bilan radiosignal spektrini radiochastota diapazonining bitta sohasidan boshqasiga o‘tkazishni amalga oshiradigan qurilma hisoblanadi. Chastota o‘zgartirgichining tarkibiga aralashtirgich, geterodin va oraliq chastota signali uchun yuklama kiradi. Chastotani o‘zgartirish parametrlardan birini davriy o‘zgartiradigan nochiziqli elementga ega bo‘lgan aralashtirgichda (oltiqutblilikda) bo‘lib o‘tadi (12.2- rasm). Bunday nochiziqli elementlar sifatida tranzistorlar, varikaplar va diodlar ishlatiladi.

**Aralashtirgich (boshqariladigan o’tkazuvchanlik)**

***Ichiq***

***Is***

**Geterodin**

***Uоr***

***Us***

***Signal***

***OCh-filtr***

***Iget***

***Uget***

12.2- rasm. Chastota o‘zgartirgichining ekvivalent sxemasi

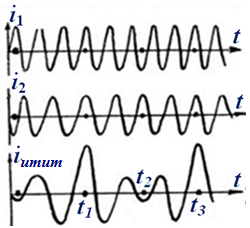
Agar nochiziqli elementga, masalan, yarim o‘tkazgichli diodga bir vaqtda turli chastotalarli signal berilsa, u holda bu elementning zanjirida bu signallardan har birining eng turli tashkil etuvchilari paydo bo‘ladi. Ular orasida farq chastotasili yoki oraliq chastotasili o‘zgaruvchan tashkil etuvchi ham bo‘ladi. Bu tashkil etuvchi bunday nomni uning chastotasi nochiziqli elementga berilgan ikkita signallarning chastotalari farqiga son jihatdan teng bo‘lganligi uchun oldi. Masalan, diodga *f1*=1800 kgs va *f2*=1300 kGs chastotalarli signallar berilsa, u holda bu diodning zanjirida

*for*=1800-1300=500 kGs

farq (oraliq) chastotasili yangi o‘zgaruvchi tashkil etuvchi paydo bo‘ladi. Bu tashkil etuvchini 500 kGs chastotaga sozlangan oddiy tebranish konturi yordamida ajratib olish mumkin.

Oraliq chastota signalini paydo bo‘lishini 12.3- va 12.4- rasmlardagi grafiklar yordamida sodda tushuntirish mumkin. Turli *f1* va *f2* chastotalarli *i*1 va *i*2  o‘zgaruvchan toklar qo‘shiladi. Vaqtning *t1* momentida har ikkala toklar bitta yo‘nalishda oqib o‘tadi va ularning amplitudalari qo‘shiladi. Lekin asta-sekin kichik *f2* chastotali tokning *I2* musbat amplitudasi yanada ko‘proq “kechika” boshlaydi va nihoyat, har ikkala toklar qarama-qarshi yo‘nalishlarda oqib o‘tadigan, umumiy tokning *Iumum* amplitudasi *I1* va *I2*amplitudalarining farqiga teng bo‘ladigan *t2* moment keladi. *i*2 tokning keyingi kechikishi *t3* momentda har ikkala toklarning yo‘nalishlari yana mostushadi va umumiy tok ortadi. Shunday qilib, umumiy tokning *Iumum* amplitudasi modulyatsiyalangan signalni eslatish bilan davriy ravishda o‘zgaradi (12.3- rasm). Umumiy tok amplitudasining o‘zgarishi chastotasi aynan chastotalar farqiga teng bo‘ladi.

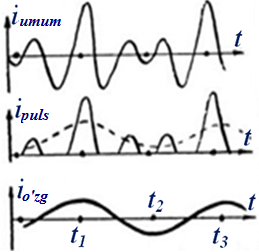
Bu oddiy misol orqali oson isbotlanadi. Agar *f1* chastota 10 Gs ga, *f2* chastota esa 8 Gs ga teng bo‘lsa, u holda har bir sekund davomida ikkinchi tebranish birinchisidan ikkita to‘liq davrga “ortda qoladi”, boshqacha aytganda, har bir sekund davomida ikkinchi tebranish birinchi tebranishdan butun davrga ortda qoladi. Bu har bir sekund davomida *i*1 va *i*2 tok amplitudalari ikki marta mos tushadi va umumiy tok amplitudasi eng katta qiymatga erishishini bildiradi. Shunday qilib, umumiy tok amplitudasining o‘zgarishi chastotasi 2 Gs ga teng, ya’ni f1 va f2 chasttalar farqiga (10-8=2 Gs) teng. Ko‘rib chiqilgan misol past chastotalarga tegishli, lekin f1 va f2 chastotalar kilogerslar yoki megagerslarda o‘lchansa ham shuning o‘zi bo‘lib o‘tadi.

****

12.3- rasm. Ikkita tok tebranishlarini qo‘shish

Agar yig‘indi *iumum* tok oqib o‘tadigan umumiy zanjirga detektor qo‘yilsa, u holda o‘zgaruvchan tok pulslanuvchan tokka o‘zgaradi (12.4- rasm) va yuqoridagidek detektorlangan signalning past chastotali tashkil etuvchisili farq chastotasili signalni ajratib olish mumkin bo‘ladi. Yodda tutish kerakki, detektorsiz yoki boshqa nochiziqli elementsiz oraliq chastota signalini olish mumkin emas, xuddi shunday detektorsiz modulyatsiyalangan signaldan past chastotali tashkil etuvchini olish mumkin emas. Bu bilan tushuntiriladiki, oraliq chastota signali past chastotali tashkil etuvchi kabi faqat detektorlashda signalning shaklini o‘zgarishi natijasida, ya’ni nochiziqli jrayonlar natijasida paydo bo‘ladi.

Modulyatsiyalangan signal detektorga tushmaguncha u hech qanday past chastotali tashkil etuvchiga ega bo‘lmagan yuqori chastotali signal bo‘ladi. Axir past chastota, agar u uzatkichning antennasiga tushganda ham radioto‘lqinni hosil qila olmas edi va buning ustiga qabul qilgich konturlaridan o‘tmas edi. Xuddi shunday nochiziqli elementsiz ikkita generatorlar umumiy zanjiridan yig‘indi tok oqib o‘tadi, uni filtrlar yordamida faqat *i1* va *i2* tashkil etuvchilarga ajratish mumkin. Bu tashkil etuvchilarga ajratish bilan oraliq chastota signalining hech qanday belgilari aniqlanmaydi. Bu signal faqat zanjirga nochiziqli element kiritilganida paydo bo‘lishi mumkin.

****

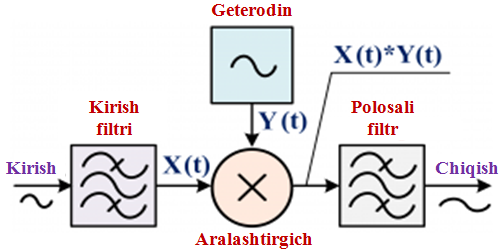
12.4- rasm. Bu zanjirga diodning kiritilishi

Oraliq (farq) chastota signali o‘zida uni hosil qiladigan ikkita signallardan iz qoldiradi. Agar bu signallardan biri modulyatsiyalangan bo‘lsa, u holda oraliq chastota signali ham xuddi shunday modulyatsiyalangan bo‘lib qoladi. Yuqorida aytilganidek, chastotani o‘zgartirish jarayoni o‘zgartiriladigan signalni keyingi zarur chastotalar sohasi ajratilishi bilan yordamchi garmonik tebranishga ko‘paytirish yo‘li bilan amalga oshiriladi. Buni ikkita usullarda amalga oshirish mumkin, ular chastotani o‘zgartirgichlarni qurish asosiga qo‘yilgan:

1. Ikkita kuchlanishlar (foydali signal va geterodin signali) yig‘indisi keyingi zarur tok spektri tashkil etuvchilari ajratilishi bilan nochiziqli elementga beriladi.

2. Geterodinning kuchlanishi aralashtirgichning qandaydir parametrini (tranzistor VAXi tikligi, zanjirning reaktiv parametrini) o‘zgartirish uchun ishlatiladi. Bunday aralashtirgichning kirishiga beriladigan foydali signal spektrni mos boyitish bilan o‘zgartiriladi.

Chastotani klassik o‘zgartirish tizimi kirish filtri, geterodin, aralashtirgich va oraliq chastota (OCh) chiqish filtridan tashkil topadi (12.5- rasm).

****

12.5- rasm. Chastotani klassik o‘zgartirish tizimi

O‘zgartigichda kirish filtrining vazifasi kirish signali chastotalar polosasini cheklash hisoblanadi. Soddalashtirish uchun bu signal berilgan

*X(t)=sin(2πf1t + φ1)*

funksiyali chastotali sinusoidal signal deb olamiz, bu erda *f1* - kirish signali chastotasi, *φ1*- kirish signalining boshlang‘ich fazasi, *π* = 3,141...

**Geterodin**  *f2* o‘zgarmas chastotali va *φ2* boshlang‘ich fazali sinusoidal generator hisoblanadi. Geterodin signalini

*Y(t)=sin(2πf2t + φ2)*

funksiya orqali tavsiflaymiz.

**Aralashtirgich** signallar ko‘paytirgichi hisoblanadi. Aralashtirgich chiqishida

*X(t) · Y(t)*

funksiyali murakkab signal hosil bo‘ladi.

*sin α · cos β = ½ (sin(α + β) + sin(α - β))*

trigonometrik nisbat hisobga olinganda, tushunarli bo‘lib qoladiki, aralashtirgich chiqishidagi signal *f1 + f2* va *f1 - f2* chastotalarli va mos boshlang‘ich fazalarli sinusoidal signallar yig‘indisidan iborat bo‘ladi.

Oraliq chastota filtri (bu radiotexnikadagi an’anaviy nom) *f1 + f2*  yoki *f1 - f2* chastotalar komponentlaridan birini ajratish uchun mo‘ljallangan. Agar *f1 + f2* chastotani o‘tkazadigan filtr qo‘llansa, u holda mos chastotani o‘zgartirish jarayoni **chiqish signalining chastotasini kirish signalining chastotasiga nisbatan oshirish** bilan bilan bo‘lib o‘tadi. Agar *f1 - f2* chastotani o‘tkazadigan filtr qo‘llansa, u holda o‘zgartirish jarayoni **chiqish signalining chastotasini kirish signalining chastotasiga nisbatan kamaytirish** bilan bilan bo‘lib o‘tadi. Chastota o‘zgartirgichining (ChO‘) funksional sxemasi va AM-signal spektrini o‘tkazish grafiklari 12.6- rasmda keltirilgan.

**fоr**

**fs**

**fget**

**fget**

**Uget**

**fPCh**

**Uchiq**

**fs**

**Aralashtirgich**

**Polosali filtr**

**fPCh**

**fс**

**fs-FМ**

**fs+FМ**

**fPCh-FМ**

**fPCh+FМ**

**Geterodin**

**ug(t)**

**t**

**Chastota o’zgartirgichi**

**uPCh(t)**

**us(t)**

**0**

**0**

**t**

**t**

12.6- rasm. Chastota o‘zgartirgichining funksional sxemasi va AM-signal spektrini o‘tkazish grafiklari

Kirish fizik signali bu *f1* bittalik chastota emasligi, chastotalar yig‘indisi esa cheklangan o‘tkazish polosasili real signalning yoyilishi ekanligi hisobga olinganida, tushunarliki, chastotani o‘zgartirish jarayoni signal chastotalar polosasini chastotalar o‘qida chapga yoki o‘ngga surish bo‘lishi mumkin. Geterodinning chastotasini qayta sozlash bilan o‘zgartirish maqsadiga bog‘liq ravishda chiqish chastotasini yoki kirish chastotasini surish bilan boshqarish mumkin.

**12.2. Diodli signallar aralashtirgichlari sxemalari**

Aralashtirgichlar istalgan zamonaviy qabul qilgich YuCh-traktining integral qismi hisoblanadi. Chastotani aralashtirgichlar turli nochiziqli elementlar, ham diodlar, ham tranzistorlarga asoslanishi mumkin. Oddiyligi va doimiy surishsiz ishlash imkoniyati tufayli diodli aralashtirgichlar ko‘plab simsiz tizimlarda qo‘llaniladi.

Aralashtirgichlarning bir necha topologiyalari – nosimmetrik aralashtirgich, balansli aralashtirgich, halqali balansli aralashtirgich turlari mavjud. Bu konfiguratsiyalarning boshqa variantlari, masalan, simmetrik kanal so‘ndiriladigan aralashtirgichlar va odatda yuqoriroq chastotalarda, ko‘pincha millimetrli to‘lqin uzunliklari dipazonida ishlatiladigan geterodin garmonikasidagi aralashtirgichlar ham bo‘lishi mumkin.

Eng oddiy diodli aralashtirgich nosimmetrik aralashtirgich hisoblanadi, u kirish transformatori, bitta diod, YuCh-drossel va past chastotalar filtridan tashkil topgan (12.7- rasm).

***Ukir.k***

***L***

***С***

***Us***

***Uget***

***UOCh***

***VD***

12.7- rasm. Eng oddiy diodli aralashtirgich

Nosimmetrik aralashtirgich harakat detektorlari kabi uncha qimmat bo‘lmagan detektorlarda ishlatiladigan oddiy yechim hisoblanadi. Impedansni moslashtirish uchun kirish transformatori geterodin signalini teskari YuCh-terminal va antennaga nurlanmasligini oldini olish uchun yaxshi tanlovchanlikka ega bo‘lishi kerak.

Geterodin shovqinlarining ta’sirini kamaytirish uchun diodli ChO‘ balansli sxemalaridan foydalanish mumkin. Eng oddiy bunday sxema 12.8- rasmda keltirilgan, bu yerda *Ug(t)* geterodin kuchlanishi *VD1* va *VD2* diodlarga fazada, *Us(t)* signal esa qarama-qarshi fazada beriladi. Toklarning qayta taqsimlanishidan ko‘rinib turibdiki, ideal simmetrik balansli ChO‘ sxemasida quyidagilar bo‘lmaydi:

a)  geterodin tebranishlarini signal konturiga “o‘tib ketishi”, chunki aralashtirgich yelkalaridagi *L2* g‘altakdagi *Ig’*va  *Ig”* diodlar toklari qarama-qarshi fazada bo‘ladi va shuning uchun *L1C1* kirish konturida EYuKni hosil qilmaydi;

b)  geterodin shovqinlarini oraliq chastota traktiga o‘zgartirilishi, chunki *Ishg’* va  *Ishg*” o‘zgartirilgan toklar geterodin shovqinlarining sinfaz tebranishlariga bog‘liq va shuning uchun *VD1* va *VD2* diodlarga nisbatan o‘sha bir shartli yo‘nalishlarga ega, buning natijasida *L4S2* chiqish konturida EYUKni hosil qilmaydi;

***С1***

***i1***

***Uгет***

***UОCh***

***ТV1***

***fс***

***fOCh***

***С2***

***VD1***

***VD2***

***ТV2***

***Us***

***i2***

**Geterodin**

**L1**

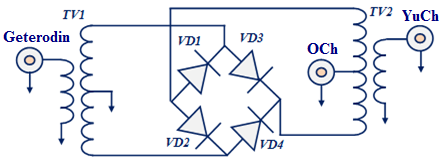
***L4***

12.8- rasm. Diodli aralashtirgich balansli sxemasi

v) oraliq chastota tebranishlarini geterodin zanjiridan yana OChK traktiga o‘zgartirilishi, bu uning nobarqaror ishlashining oldini oladi. Oraliq chastota traktidagi tebranishlarni O‘YuChda geterodinga tushishi qabul qilish qurilmasining bu funksional tugunlari orasidagi parazit sxemaviy va konstruktiv aloqalari tufayli bo‘lishi mumkin.

Balansli aralashtirgich ikkita qarama-qarshi ulangan diodlardan iborat. Bunday konfiguratsiyada geterodin yoki YuCh-portdan diodga keladigan shovqin komponentlari boshqa diodda qarama-qarshi yo‘nalishda generatsiyalanadi va ChO‘ chiqishida deyarli to‘liq kompensatsiyalanadi.

Halqali balans aralashtirgich odatda 12.9- rasmda ko‘rsatilganidek, ulangan to‘rtta diodlar asosida quriladi. Bunday konfiguratsiya tasodifiy halaqitlarni juda yaxshi so‘ndirilishini va barcha portlar orasida yaxshi izolyatsiyani ta’minlaydi. Simmetrik ulanish tufayli geterodin kuchlanishi YuCh-kirishdan izolyatsiyalangan, bu YuCh kuchlanishni geterodin chiqishida paydo bo‘lishini oldini oladi.



12.10- rasm. Halqali balans aralashtirgich

**12.3. Tranzistorli signallar aralashtirgichlari sxemalari**

Tashqi geterodinli tranzistorli chastota o‘zgartirgichlarining oddiy o‘zgartirishdagi qurishni ko‘rib chiqamiz. Eng oddiy bunday o‘zgartirgichning sxemasi 12.11- rasmda keltirilgan. Bunday o‘zgartirgichda *Uc*signal umumiy emitter sxemasida ulangan aralashtirgich tranzistorining bazasiga beriladi. Bunday ulanishda signal kuchlanishi uchun aralashtirgichning kirish o‘tkazuvchanligi UBli sxemadagiga qaraganda kichik bo‘ladi.

*UG*geterodin kuchlanishi aralashtirgich emitteri zanjiriga beriladi va geterodinga nisbatan aralashtirgich UB sxemasi bo‘yicha ulangan bo‘lib qoladi, chunki signal zanjiri geterodin tebranishlari uchun qisqa tutashuv hisoblanadi. Asosiy signal va geterodin signalini turli elektrodlarga berilishi ularning zanjirlari orasidagi aloqani kuchsizlantiradi va bunda aralashtirgichning kirish o‘tkazuvchanligi va geterodinning iste’mol quvvati oshsada, geterodin chastotasining stabilligini oshiradi.

***С1***

**+**

***R2***

***Us***

**Geterodin**

***Uг***

***Еta***

***Uоr***

***R1***

***R3***

***R4***

***С3***

***С2***

***С4***

***L1***

***С5***

***R5***

***VТ1***

12.11- rasm. Bipolyar tranzistordagi tashqi getrodinli tranzistorli o‘zgartirgich sxemasi

Aralashtirgich kollektori zanjiriga OChK filtrlariga o‘xshash filtrlar qo‘yiladi (bu sxemada oraliq chastotaga sozlangan rezonans kontur). *R1*va *R2* rezistorlar yordamida *VT1* tranzistor bazasiga manfiy siljitish kuchlanishi beriladi. *R4S2*zanjir atrof-muhit hararati o‘zgarganida tranzistorning ishlash rejimini stabillash uchun xizmat qiladi. *R3* rezistor geterodin kuchlanishini emitter zanjiriga berish uchun xizmat qiladi. *SZ* konden­sator emitter tokining o‘zgarmas tashkil etuvchini geterodin zanjiriga o‘tkazmaydi.

Ichki geterodinli tranzistorli chastota o‘zgartirgichlari (12.12- rasm) tranzistorlar soni va elektr ta’minoti iste’molini kamaytirish uchun qo‘llanadi. Ular tashqi geterodinli tranzistorli chastota o‘zgartirgichlariga qaraganda yomon xarakteristikalarga ega chunki bir vaqtda bitta tranzistorda aralashtirgich va geterodinning optimal rejimlarini ta’minlash mumkin emas.

.

***С1***

***R2***

***fs***

***VТ1***

***fг***

**-*Еta***

***R1***

***R3***

***С5***

***С2***

***С6***

***L3***

***L5***

***fор***

***L4***

***L2***

**OChKga**

12.12- rasm. Bipolyar tranzistordagi ichki geterodinli tranzistorli o‘zgartirgich sxemasi

**Nazorat savolari**

1. Zanjirga turli YuCh signallarning berilishida nima hosil bo‘ladi?

2. Turli YuCh signallar berilgan zanjirga diodning kiritilishida nima o‘zgaradi?

3. Chastotani o‘zgartirish jarayoni nimadan iborat?

4. Qabul qilgich chastota o‘zgartirgichining tuzilish sxemasini tushuntiring.

5. Chastota o‘zgartirgichining ishlash prinsipini tushuntiring.

6. Radiochastota signalini oraliq chastotaga o‘tkazish qanday amalga oshiriladi?

7. Eng oddiy diodli aralashtirgichning prinsipial sxemasini tushuntiring.

8. Halqali balans aralashtirgichning prinsipial sxemasini tushuntiring.

9. Tranzistorli o‘zgartirgichning tuzilish sxemasini tushuntiring.

10. Tranzistorli o‘zgartirgichning prinsipial sxemasini tushuntiring.

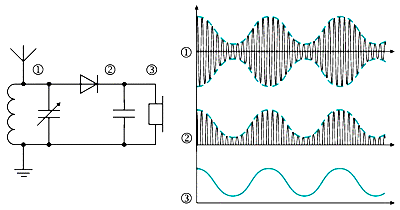
**13. RADIOQABUL QILISH QURILMALARIDA SIGNALLARNI DETEKTORLASH**

**13.1. Detektorlash usullari va detektorlar xarakteristikalari**

Yuqori chastotali signaldan tovushni (yoki foydali ma’lumotni) ajratish jarayoni demodulyatsiyalash (modulyatsiyalashga teskari jarayon) yoki boshqacha aytganda detektorlash deyiladi.

Radioning uzoq tarixida detektor sifatida turli qurilmalar ishlatiladi. Dastlab bu kristalli, suyuqlikli yoki magnit detektorlar bo‘ldi, keyin vakuumli diodlar (elektron lampalar) paydo bo‘ldi va nihoyat detektor sifatida yarim o‘tkazgichli elementlar qo‘llanila boshlandi.

Detektorli qabullagichning sxemasi va turli nuqtalaridagi signallarning shakllari 13.1- rasmda, Detektorli qabullagichning sxemasidagi elementlarning ko‘rinishi esa 13.2- rasmda keltirilgan.

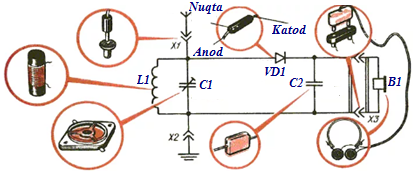


1- rasm. Detektorli qabullagichning sxemasi va turli nuqtalaridagi signallarning shakllari

Detektorlashsignallarni **kogerent** va **nokogerent** qabul qilishda amalga oshiriladi.

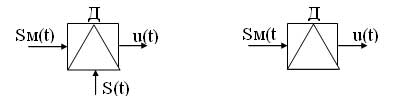
**Kogerent qabul qilishda** detektorlashda signalning boshlang‘ich fazasi haqidagi ma’lumotlar ishlatiladi.

**Nokogerent qabul qilishda** detektorlashda signalning boshlang‘ich fazasi haqidagi ma’lumotlar ishlatilmaydi.



13.2- rasm. Detektorli qabul qilgich sxemasidagi elementlarning ko‘rinishi

Shunday qilib, detektorlash detektor qurilmalarida amalga oshiriladi. Detektorning shartli belgilanishi 13.3- rasmda tasvirlangan ko‘rinishga ega bo‘ladi.

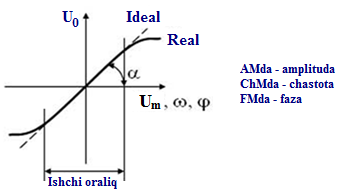
****

13.3- rasm. Signallarni *kogerent* va *nokogerent* qabul qilishda detektorlash

Detektorning xarakteristikalari detektorlash, chastotaviy xarakteristikalar va uzatish koeffitsienti hisoblanadi.

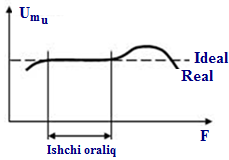
**Detektorlash xarakteristikasi**kuchlanishning o‘zgarmas tashkil etuvchisini tashuvchining axborot parametriga bog‘liqligi hisoblanadi. AMda axbrot parametri amplituda, ChMda chastota, FMda faza hisoblanadi

**Ideal detektorlash xarakteristikasi** koordinatalar boshidan *α* burchak ostida absissalar o‘qiga o‘tadigan chiziqli xarakteristika (13.4- rasm) hisoblanadi. **Real detektorlash xarakteristikasi** og‘ishga ega, og‘ish modulyatsiyalanadigan signalda nochiziqli buzilishlarga olib keladi.



13.4- rasm. Detektorlash xarakteristikasi

*Chastotaviy xarakteristika* detektorning chiqish kuchlanishi *Umu* amplitudasini modulyatsiyalovchi garmonik signal chastotasiga bog‘liqligi hisoblanadi. *Real chastotaviy xarakteristika* chiziqli xarakterga ega va *Umu*uchun barcha chastotalarda o‘zgarmas (13.5- rasm).Real chastotaviy xarakteristikaning ideal chastotaviy xarakteristikadan og‘ishi modulyatsiyalovchi signalning chastotaviy buzilishlariga olib keladi. Shuningdek modulyatorlar uchun chastotaviy xarakteristika bo‘yicha detektorning o‘tkazish polosasi aniqlanadi.

****

13.5- rasm. CHastotaviy xarakteristika

**Detektorning uzatish koeffitsienti**garmonik modulyasiyalovchi signal uchun aniqlanadi va garmoniksignal *Umu* amplitudasini tashuvchining axborot parametri o‘zgarishlariga nisbatiga teng:

*Kd = Umu/ΔUm*.

Detektorning uzatish koeffitsientini detektorlash xarakteristikasidan aniqlash mumkin:

*Kd = ktg Δ*

bu yerda *k* – masshtabli proporsionallik koeffitsienti.

**13.2. Amplitudaviy modulyatsiyalangan signallarni detektorlash**

**Amplitudaviy detektor** foydali ma’lumotga ega bo‘lgan amplitudaviy modulyatsiyalangan kirish signalining qonunini takrorlaydigan chiqish kuchlanishini ajratish uchun mo‘ljallangan qurilma hisoblanadi. Detektorlash operatsiyasi parametrlar davriy o‘zgaradigan zanjirlardan foydalanishda (sinxron detektor) yoki nochiziqli elementlarning qo‘llanishi yo‘li bilan amalga oshirilishi mumkin (13.6- rasm).

Detektor sifatida kirishiga signal ta’sir etadigan nochiziqli element ishlatilganida (13.7- rasm):

*Ukir = Ukirmcos(ωt) = Um0 (1+mcos(Ωt))cos(ωt)*

Nochiziqli elementning nochiziqliligi tufayli kirish va chiqish toklari o‘zgarmas va garmonik tashkil etuvchilarning yig‘indisiga teng bo‘ladi:

*ikir = Ikir+ Ikirm1cos(ωt+φ1) = Ikirm2sin(2ωt+φ2)+…*

*ichiq= Ichiq+ Ichiqm1cos(ωt+φ1) = Ichiqm2sin(2ωt+φ2)+…*

***Uchiq***

**Nochiziqli element**

***Ukir***

***L* *С***

***Сyu***

***Ryu***

13.6- rasm. Amplitudaviy detektorning umumlashtirilgan sxemasi

Chiqish tokining o‘zgarmas tashkil etuvchisi signalni modulyatsiyalash qonunini takrorlaydi.

*Ichiq = I0+ IΩmcos(Ωt+φ)*

***us(t)***

***ud(t)***

***t***

***t***

а)

б)

13.7- rasm. AM-detektor kirish va chiqish signallarining shakllari

O‘zgarmas tashkil etuvchi va signalni modulyatsiyalash qonuni kuchlanishi detektor yuklamasida ajraladi va quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

*Uchiq = Uchiq Z = U0+ UΩm cos(Ωt+φ) = U0+ Uchiq(Ω)*

Boshqa murakkabroq signallar uchun ham o‘xshash olish mumkin.

AM-signal detektorining asosiy texnik xarakteristikalari quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

- garmonikalar koeffitsienti orqali baholanadigan modulyatsiyalash qonunini qayta tiklash aniqligi:

- detektorlash samaradorligi (uzatish koeffitsienti):

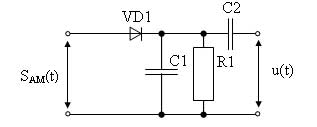
*KD=Sdx=dUchiq/dUkirm=ΔUchiq/ΔUkirm*

modulyatsiyalanmagan signal uchun *KD=ΔU/ΔUm0*, AM-signal uchun *KD=UΩm/ωUm0*.

- AChXning notekisligi;

- detektor qarshiligini oxirgi OChK kaskadining texnik xarakteristikalariga ta’siri.

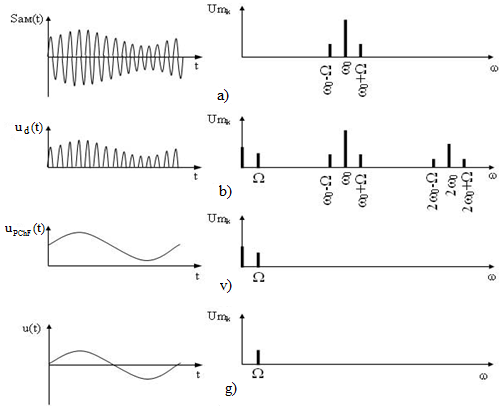
Nokogerent amplitudaviy detektorning sxemasi 13.8- rasmda keltirilgan.

****

13.8- rasm. Nokogerent amplitudaviy detektorning sxemasi

Detektorning tarkibiga nochiziqli element – VD1 diod kiritilgan. Nochiziqli elementning zarurati detektorlash jarayoni signal spektrini o‘zgartirishga bog‘liqligi bilan kelib chiqadi.

Diodga *SAM(t)* AM signal beriladi, uning spektrida tashuvchi signalning tashkil etuvchilari va yon tashkil etuvchilar mavjud bo‘ladi (13.9a- rasm).



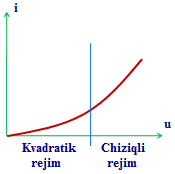
13.9- rasm. AM signallarni detektorlash jarayoni

Diodning *ud(t)* ta’sir reaksiyasi spektrida yangi o‘zgarmas tashkil etuvchi, modulyatsiyalovchi signal tashkil etuvchisi va modulyatsiyalangan signalning yuqori garmonikalari paydo bo‘ladi (13.9b- rasm). R1C1 elementlar past chastotalar filtrini tashkil etadi, u ta’sir reaksiyasi spektrining yuqori chastotali tashkil etuvchilarini shuntlaydi va bu bilan modulyatsiyalovchi signal tashkil etuvchisini va *uPCHF(t)* o‘zgarmas tashkil etuvchini ajratadi (13.9v- rasm). C2 kondensator spektrning o‘zgarmas tashkil etuvchisini kechiktiradi va chiqish signali spektrida faqat *u(t)* modulyatsiyalovchi signal tashkil etuvchisi qoladi (13.9g- rasm).

Detektorlashda ikkita kvadratik va chiziqli rejimlarga ajratiladi.

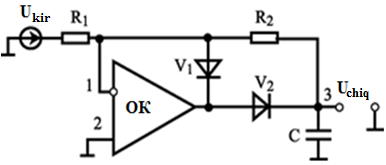
Kvadratik rejimda signallarni detektorlash uchun diod VAXining nochiziqli oralig‘i ishlatiladi (13.10- rasm). Bu rejimda kichik amplitudali kirish signallari ishlatilishi mumkin, lekin bunda signalning nochiziqli buzilishlari vujudga keladi.

Chiziqli rejimda diod VAXining chiziqli oralig‘i ishlatiladi. Bu rejimda kirish signallari etarlicha katta amplitudaga ega bo‘lishi kerak va bunda signalning nochiziqli buzilishlari bo‘lmaydi.



13.10- rasm. Amplitudaviy detektorning ish rejimlari

Operatsion kuchaytirgichdagi (OK) yuqori aniqlikdagi amplitudaviy detektorning sxemasi 13.11- rasmda keltirilgan.



13.11- rasm. OKdagi amplitudaviy detektor

Agar kirishdagi kuchlanish noldan katta bo‘lsa, u holda OK chiqishidan manfiy kuchlanish bo‘ladi. U holda *V1* diod ochiq, *V2* diod esa yopiq bo‘ladi, shuning uchun chiqishga kuchlanish berilmaydi. Agar kirishdagi kuchlanish manfiy bo‘lsa, u holda OK chiqishida musbat potensial bo‘ladi, shuning uchun *V1* diod yopiq, *V2* diod esa ochiq bo‘ladi.

Natijada kuchlanish chiqish kondensatoriga beriladi va u zaryadlanadi. Bunda *V2* diod operatsion kuchaytirgich hisobiga juda katta kuchaytirish koeffitsientili manfiy teskari aloqa bilan qamrab olingan bo‘lib qoladi. Manfiy teskari aloqa diodning ishchi nuqtasining o‘zgarishini kompensatsiyalaydi, shuning uchun barcha kuchlanishlarda detektorning statik xarakteristikasi chiziqli bo‘lib qoladi.

Detektorlash aniqligini oshirish uchun ko‘pincha ikkita yarim davrli detektor ishlatiladi. U 13.11- rasmdagi ikkita o‘xshash qismlardan tashkil topadi. Lekin ikkinchi OKga kirish kuchlanishi inverslamaydigan kirishga beriladi, shuning uchun detektor ham musbat, ham manfiy yarim to‘lqinda ishlaydi. Bu qurilmaning aniqligini oshiradi.

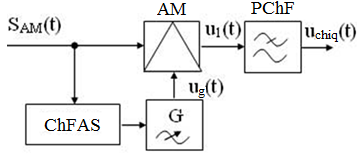
**13.3. Sinxron detektorlash**

*Sinxron detektorlash* bu tashuvchi tebranishning chastotasi va fazasiga mos keladigan chastota va fazali tayanch tebranish ishlatiladigan detektorlash hisoblanadi. Sinxron detektorning tuzilish sxemasi 13.12- rasmda keltirilgan.

Balansli yoki halqali modulyatorning kirishlariga SAM(t) signal va generatordan *ug(t)* tebranish beriladi:

*SAM(t) = Um(1 + mAM u(t)) cos (w0t + φ0);*

*ug(t) = Umg cos (w0t + φ0).*

**

7- rasm. Sinxron detektorning tuzilish sxemasi

Modulyator chiqishida *u1(t)* signal shakllanadi:

*u1(t) = SAM(t) · ug(t) = Um (1 + mAM u(t)) cos (w0t + j0)·*

*·Umg cos (w0t + φ0) = 0,5 Um Umg(1 + mAMu(t))·*

*·(1 + cos (2w0t + 2 φ0))*

Modulyator chiqishidagi PChF yuqori chastotali va o‘zgarmas tashkil etuvchilarni so‘ndiradi va modulyatsiyalovchi signal tashkil etuvchisini ajratadi:

*Uchiq(t) = 0,5 Um Umg mAM u(t)*

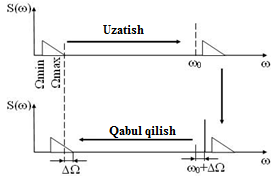
Tashuvchi tebranishning chastotasi va fazasili tayanch tebranishlarini olish uchun **chastotani fazaviy avtomatik qayta sozlash** (ChFAQS) bloki ishlatiladi. ChFAQS bloki qabul qilingan signaldan tashuvchi tebranishni ajratadi va uni generatorning parametrlariga sozlaydi.

Sinxron detektorning xususiyati va asosiy afzalligi detektor chiqishida signal-halaqit nisbatini saqlash hisoblanadi. Bu bilan tushuntiriladiki, bu detektor signal shakli o‘zgartirilmasdan va spektrning tashkil etuvchilari orasidagi nisbat o‘zgarmasdan signal spektrini past chastotalar sohasidan o‘tkazadigan chastota o‘zgartirgichi hisoblanadi. Detektorning bu xususiyatini signalni detektordan keyingi ishlov berishga qo‘llashga imkon beradi.

Sinxron detektor shuningdek balansli modulyasiyalangan va bir polosali modulyatsiyalangan signallarni detektorlashga imkon beradi. Lekin bu holda tashuvchi tebranishning chastotasi va fazasi haqidagi ma’lumotlarni olish qiyinchiliklar tug‘iladi, chunki bu signallarning spektrida tashuvchi tebranish tashkil etuvchisi mavjud bo‘lmaydi. Shuning uchun bu signallarni detektorlash uchun quyidagi ikkita texnik yechimlar qo‘llanadi:

* detektorlashda **pilot-signal** ishlatiladi, u tashuvchi tebranishning qoldig‘i hisoblanadi va signal bilan birga uzatiladi, qabul qilishda esa ChFAQS tizimi orqali ajratiladi;
* qabul qilish tomonida detektorlashda umuman sinxronlashtirilmaydigan yuqori stabil tayanch generatori ishlatiladi.

Detektorlash uchun uzatiladigan tashuvchidan *φ* fazaga farqlanadigan mahalliy tashuvchi ishlatiladi. Bunda aloqa kanalida **chastotaning surilishi** vujudga keladi (13.13- rasm). Agar bu surilishi telefon signali uchun 10 Gs dan oshmasa, u holda oluvchi uni sezmaydi. Bu yerdan BPMi aloqa tizimlarining generator qurilmalari stabilliklariga qat’iy talablar kelib chiqmoqda.



13.13- rasm. Aloqa kanalidagi chastotalarning surilishi jarayoni

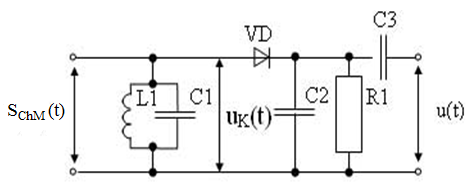
**13.4. Chastota bo‘yicha modulyatsiyalangan signallarni detektorlash**

ChM signallarni detektorlash kogerent va nokogerent qabul qilishda amalga oshirilishi mumkin. Nokogerent qabul qilishda ChM signallarni detektorlashni ko‘rib chiqamiz. Bu holda detektorlash quyidagi ikkita bosqichda amalga oshiriladi:

* chastotaviy modulyatsiyalangan signalni amplitudaviy chastotaviy modulyatsiyalangan signalga (AChM) o‘zgartirish;
* AChM signalni amplitudaviy detektor orqali detektorlash.

ChM signallarni detektorlash prinsipial sxemasi 13.14- rasmda keltirilgan.

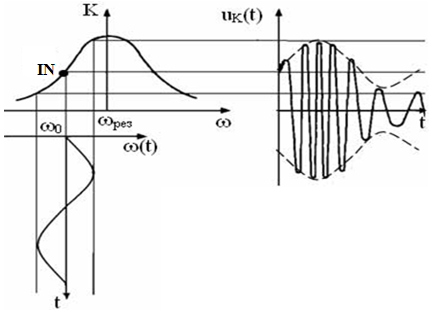
ChM signal chastotasi ortganida, u konturning *ωrez*rezonans chastotasiga yaqinlashadi va *uK(t)* tebranish amplitudasi ortadi. ChM signal chastotasi kamayganida konturning *ωrez*rezonans chastotasidan uzoqlashadi va *uK(t)* tebranish amplitudasi kamayadi. Shunday qilib, konturning chiqishidagi tebranish modulyatsiyalangan signal bo‘lib, unda ham amplituda, chastota o‘zgaradi (AChM signal). Keyin signal amplitudaviy detektor orqali detektorlanadi.



13.14- rasm. ChM signallarni detektorlash prinsipal sxemasi

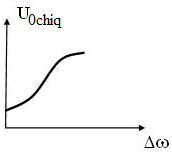
Bu detektorda ChM signalni AChM signalga o‘zgartirish L1C1 tebranish konturi yordamida amalga oshiriladi. Kontur tashuvchi chastotaga nisbatan

sozlanmagan, ya’ni uning rezonans chastotasi tashuvchi signalning chastotasiga teng emas (13.15- rasm).



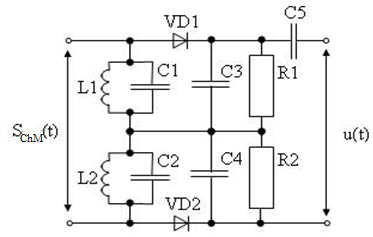
13.15- rasm. ChM signallarni detektorlash vaqt diagrammalari

Bu detektorning detektorlash xarakteristikasi 13.16- rasmda keltirilgan. Bu xarakteristika chiziqli hisoblanadi, demak, bu detektor orqali detektorlashda modulyatsiyalovchi signal nochiziqli buzilishlarga ega bo‘ladi.



13.16- rasm. Bir taktli chastotaviy detektorning detektorlash xarakteristikasi

Nochiziqli buzilishlarni tuzatish uchun balansli (ikki taktli) chastotaviy detektorlash sxemasi ishlatiladi (13.17- rasm).

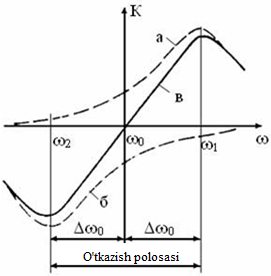


13.17- rasm. Balansli CHD sxemasi

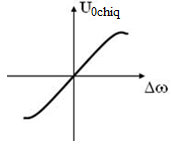
Bu detektorda har ikkala tebranish konturlari tashuvchi chastotaga nisbatan o‘zaro sozlanmagan va turli ωrez1va ωrez2 rezonans chastotalarga ega, konturlarning xarakteristikalari 13.18- rasmda keltirilgan.

Natijada ωrez1va ωrez2 rezonans chastotalar orasida detektorlash uchun ishlatiladigan chiziqli oraliqqa ega bo‘lgan xarakteristikani olamiz.

Balansli detektorning chastotaviy xarakteristikasi 13.19- rasmda keltirilgan.



13.18- rasm. Balansli detektor tebranish konturlarining chastotaviy bog‘liqligi



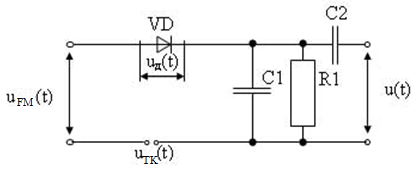
13.19- rasm. Balansli detektorning chastotaviy xarakteristikasi

**13.5. Faza bo‘yicha modulyasiyalangan signallarni detektorlash**

FM signallarni detektorlash kogerent qabul qilishda amalga oshiriladi. Bu signallarni detektorlash ikkita bosqichda amalga oshiriladi:

* FM signalni amplitudaviy-fazaviy-modulyatsiyalangan signalga (AFM) o‘zgartirish;
* AFM signalni amplitudaviy detektor orqali detektorlash.

Bir taktli fazaviy detektorning prinsipial sxemasi 13.20- rasmda tasvirlangan.

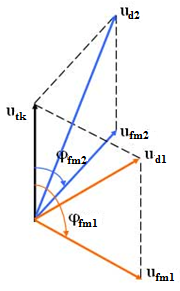


13.20- rasm. Bir taktli fazaviy detektorning prinsipial sxemasi

U tayanch tebranishi ishlatiladigan amplitudaviy detektor hisoblanadi. FM signalni AFM signalga o‘zgartirish VD diod orqali amalga oshiriladi. Diodning kirishiga ikkita kuchlanishlar - *φ* = 0 fazali *utayanch(t)* tayanch tebranishi va *ufm(t)* FM signal beriladi. Diodning kuchlanishi bu kuchlanishlarning yig‘indisi orqali aniqlanadi:

*ud(t) = utayanch(t)+ ufm(t)*

Diodda kuchlanishning shakllanishi vektorlar diagrammasi orqali tushuntiriladi (13.21- rasm). Qandaydir vaqt momentida FM signal *ufm1*vektor og‘ishiga mos bo‘lgan *φfm1*faza qiymatiga ega bo‘lsin, u holda dioddagi kuchlanish *ud1*vektorga mos keladi. Keyingi vaqt momentida FM signal fazasi o‘zgaradi va *ufm2*vektorning *φfm2* og‘ishiga mos keladi (bunda vektorning uzunligi *ud1*vektorning uzunligiga mos keladi, chunki FM signal amplitudasi o‘zgarmaydi). Dioddagi kuchlanish bu vaqt momentida *ud1*vektorga mos keladi. Diagrammadan ko‘rinib turibdiki, *ud1*va *ud2*vektorlar turli uzunliklarga, mos ravishda amplitudalarga ega bo‘ladi.



13.21- rasm. Diodda kuchlanishning shakllanishi

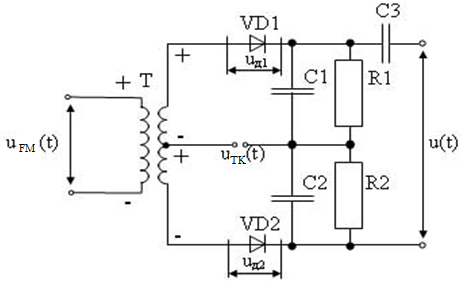
Shunday qilib, diodda FM signalni AFM signalga o‘zgartirish bo‘lib o‘tadi. Bir vaqtda bu o‘zgartirish bilan diod AFM signal spektrini transformatsiyalashni amalga oshiradi va keyingi detektorlash bir taktli amplitudaviy detektor orqali detektorlashga o‘xshash amalga oshiriladi. Fazaviy detektorning detektorlash xarakteristikasi 13.22- rasmda keltirilgan. Ko‘rinib turibdiki, bu xarakteristika nochiziqli xarakterga ega, bu modulyatsiyalovchi signalni buzilishlariga olib keladi.



13.22- rasm. Bir taktli fazaviy detektorning chastotaviy xarakteristikasi

Nochiziqli buzilishlarni tuzatish uchun balansli (ikki taktli) fazaviy detektorlash sxemasi ishlatiladi (13.23- rasm).

Bu detektor ikkita bir taktli fazaviy detektorlardan iborat. Utayanch(t) tayanch kuchlanishi transformator (T) ikkilamchi cho‘lg‘amining o‘rta nuqtasi va R1R2 rezistorlar va S1S2 kondensatorlarning o‘lanishi nuqtalari orasiga beriladi. *ufm(t)* FM signal kuchlanishi transformatorning birlamchi kuchlanishi orqali beriladi.



13.23- rasm. Balansli fazaviy detektorning prinsipial sxemasi

Qandaydir vaqt momentida detektorning kirishiga *φ(t)* fazali va 13.23- rasmda ko‘rsatilganga mos kuchlanishlar qutlbliliklaridagi *ufm(t)* signal kelsin. Bu holda diodlardagi kuchlanish quyidagicha aniqlanadi:

*ud1 = uop + 0,5ufm;*

*ud2 = uop — 0,5ufm.*

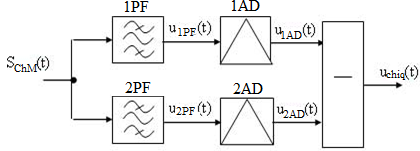
**13.6. Raqamli manipulyatsiyalangan signallarni detektorlash**

**Amplitudaviy-manipulyatsiyalangan signallarni detektorlash.**

Bu signallarni detektorlash yuqorida ko‘rib chiqilgan amplitudaviy detektor orqali amalga oshiriladi (13.8- rasm).

**Chastotaviy-manipulyatsiyalangan signallarni detektorlash.**

ChMn signallarni detektorlash tuzilish sxemasi va uning ishlashini tushuntiradigan diagrammalar 13.24- va 13.35- rasmlarda keltirilgan.



13.24- rasm. ChMn signallarni detektorlash tuzilish sxemasi

Detektorning kirishiga ChMn signal (13.25,a- rasm) beriladi. Bu signal 1-PF1 va 2-PF polosali filtrlarga beriladi, har bir PF o‘z chastotalar polosasini ajratadi (13.25,b,v- rasmlar). Olingan signallar 1-AD va 2-AD (13.25,g,d- rasm) amplitudaviy detektorlar orqali detektorlanadi. Olingan signallar ayirish qurilmasiga beriladi, binobarin, *uAD2(t)* signal negativ qutbda beriladi. Ayirish qurilmasida chiqish signalini shakllantirish (13.25,e- rasm) bo‘lib o‘tadi:

*Uchiq(t) = u1-AD(t) — u2-AD(t)*

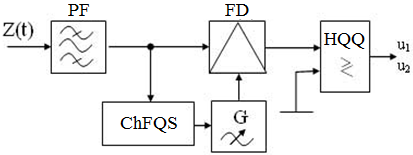


13.25- rasm. Chastotaviy-manipulyatsiyalangan signallarni detektorlash jarayoni

**Fazaviy-manipulyatsiyalangan signallarni detektorlash***.*

Bu signallarni detektorlash kogerent qabul qilishda amalga oshiriladi. FM signallar qabul qilgichining tuzilish sxemasi 13.26- rasmda keltirilgan.

Polosali filtrning kirishiga Z(t) kirish tebranishi beriladi. PF signalga detektorgacha ishlov berishni amalga oshiradi, ya’ni qabul qilgich kirishida halaqitlar sathini cheklaydi. PF chiqishidan FMn signal FD fazaviy detektorga beriladi, uning ikkinchi kirishiga generatordan tayanch kuchlanishi beriladi. Tayanch tebranishlarining chastotasi va fazasini sozlash ChFACHS chastotani fazaviy avtomatik qayta sozlash tizim orqali amalga oshiriladi. Tayanch tebranishlarining chastotasi va fazasi *S1(t)* yoki *S2(t)* signallardan birining chastotasi va fazasi bilan mos tushishi kerak.



13.26- rasm. FM signallar qabul qilgichining tuzilish sxemasi

FD chiqishidan olingan signal *u1* yoki *u2* signallardan qaysini birini qabul qilishni aniqlaydigan hal qiluvchi qurilmaga beriladi. Signalni aniqlash FDdan beriladigan diskret elementning amplitudasini korpusdan olinadigan nolinchi sath bilan taqqoslash yo‘li bilan aniqlanadi. Agar FDdan beriladigan diskret elementning amplitudasi kichik bo‘lsa, u holda *u2* («1») musbat qutbli element qabul qilinadi, agar FDdan beriladigan diskret elementning amplitudasi katta bo‘lsa, u holda *u1* («0») manfiy qutbli element qabul qilinadi

Bunday sxemaning va mos ravishda FMnli tizimning kamchiligi axborot signali bilan birga fazaviy sinxronlashtirish signalini uzatilishi zarurati hisoblanadi, bu quvvatni qo‘shimcha harakatlariga va mos ravishda FMn ning samaradorligini kamayishiga olib keladi. Sinxronlashtirish signallarini uzatilishi zarurati tayanch generatori tebranishlarining fazasi *S1* yoki *S2*signallardan birining fazasi bilan yuqori aniqlikda mos tushishi kerakligiga bog‘liq.

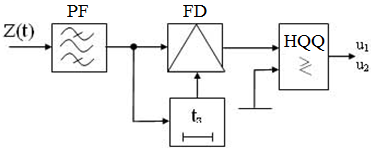
Fazaviy sinxronlashtirish maqsadlari uchun *Z(t)* kirish signalidan foydalanish teskari ishlash samarasiga olib keladi. Teskari ishlash detektorlashda *u1* signalni *u2*signal bilan yoki aksincha almashtirilishidan iborat. Teskari ishlash generator tayanch tebranilarinig fazasi qarama-qarshisiga o‘zgarganida vuudga keladi. Bu bir-birlaridan faza bo‘yicha 180°ga farq qiladigan S1 va S2 teng ehtimollikli signallarda qabul qilishda qaysi signalning fazasi tayanch signali fazasi sifatida qabul qilinganligini aniqlash mumkin bo‘ladigan hech qanday belgilar bo‘lmganida vujudga keladi.

ChFAKCh tizimi orqali sozlanadigan generator fazalar ikkita 0 yoki 180° barqaror holatlarili tebranishlarni generatsiyalashi mumkin. Aloqa kanalida sinxronlashtirish uchun ishlatiladigan signalning fazasi halaqitlar ta’sirida o‘zgaradi. Agar u 0 yoki 180°ga mos kelmasa, u holda generator yaqindagi fazaga sozlanadi, ya’ni, agar faza 90°dan kichikka o‘zgarsa, u holda generator signalning to‘g‘ri fazasiga sozlanadi (teskari ishlash bo‘lmaydi), agar faza 90°dan kattaga o‘zgarsa, u holda generator qarama-qarshi fazaga sozlanadi va teskari ishlash ro‘y beradi. Yuqorida aytilganlardan xulosa qilish mumkinki, qabul qilgichda teskari ishlash manbai ChFAQSli generator hisoblanadi.

**Nisbiy fazaviy modulyatsiyalangan signallarni detektorlash**

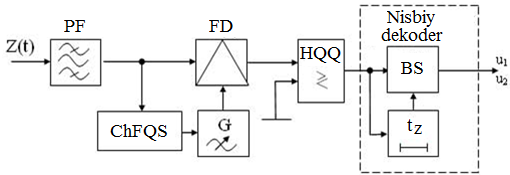
NFMn signallarni detektorlash ikkita usullarda – fazalarni taqqoslash usuli (nokogerent qabul qilishni ta’minlaydi) va qutblarni taqqoslash usulida (kogerent qabul qilishni ta’minlaydi) amalga oshirilishi mumkin.

**Fazalarni taqqoslash usulida** teskarish ishlash manbalari generator va ChFAQS kechiktirish liniyasiga almashtiriladi, u bitta diskret elementning davomiyligiga signalni kechiktirishni amalga oshiradi (13.27- rasm). Fazoviy detektorda qabul qilingan va oldingi signallarning fazalarini taqqoslash amalga oshiriladi. HQQ chiqish signalini shakllantirish FMn signal qabul qilgichidagi kabi amalga oshiriladi. Binobarin, bu sxemada tayanch kuchlanishi sifatida qabul qilingan signal ishlatiladi, u holda teskari ishlash paydo bo‘lmaydi.



13.27- rasm. NFMn signal qabul qilgichining tuzilish sxemasi: fazalarni taqqoslash usuli

Qutblarni taqqoslash usulida qabul qilgich ikkita qismlar - FMn signallar qabul qilgichi va nisbiy detektordan tashkil topadi (13.28- rasm). FMn signallar qabul qilgichida signallarni detektorlashda teskari ishlash ro‘y beradi. Qabul qilgich chiqishidan signal nisbiy detektorning TQ taqqoslovchi qurilmasiga beriladi. TQning ikkinchi kirishiga qabul qilgichning oldingi chiqish signali beriladi. Bitta diskret elementga signalni kechiktirishni kechiktirish liniyasi amalga oshiradi. TQda ikkita elementlarning qutblarini taqqoslash bo‘lib o‘tadi va chiqish signali shakllantiriladi.



13.28- rasm. NFMn signal qabul qilgichining tuzilish sxemasi: qutblarni taqqoslash usuli

Chiqish signalining diskret elementini shakllantirish, quyidagi qoida bo‘yicha amalga oshiriladi: agar har ikkala signallarning qutblari mos tushsa, u holda musbat qutbli *u2* («1») signal shakllanadi, agar qutblar mos tushmasa, u holda manfiy qutbli *u1* («0») signal shakllanadi. Teskari ishlash ham joriy, ham oldingi signallarning qutbini o‘zgartiradi, u holda u TQning ishlashiga ta’sir etmaydi.

**13.7. Impulsli-modulyatsiyalangan signallarni detektorlash**

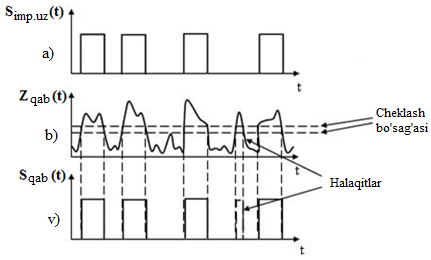
Impulsli-modulyatsiyalangan signallarning o‘ziga xos xususiyati ularning spektrida modulyatsiyalovchi signalning past chastotali tashuvchisini borligi hisoblanadi. Shuning uchun bunday signallarni detektorlash uchun nochiziqli element ishlatilmaydi. Detektorlash filtr orqali amalga oshiriladi, uning yordamida modulyatsiyalovchi signalning past chastotali tashuvchisi aratib olinadi. Buning uchun filtrning chegraviy chastotalari modulyatsiyalovchi signal spektrining eng kichik *Fmin* va eng katta *Fmax* chastotalariga teng bo‘lishi kerak. Birlamchi (past chastotali) signallarni detektorlash PChFda amalga oshiriladi.

A)  **AIM signallarni detektorlash**. Agar AIM signal impulslarining sig‘imi q>>1 katta bo‘lsa, u holda detektorlash pik detektor orqali amalga oshiriladi.

**Pik detektor** deb chiqish kuchlanishi impulslar amplitudasiga proporsional o‘zgaradigan va impulslarning T kelishi davri intervalida deyarli o‘zgarmas saqlanadigan amplitudaviy detektorga aytiladi. FIM signallar spektrida modulyatsiya chastotasi tashkil etuvchilarining sathi sezilarsiz, shuningdek u modulyatsiyalash chastotasiga bog‘liq bo‘ladi. Shuning uchun FIM signallarni PChFda to‘g‘ridan-to‘g‘ri detektorlash mumkin emas. Bu signallar dastlab KIM yoki ChIM signallarga o‘zgartiriladi, keyin PChFda detektorlanadi. Lekin FIM signalni o‘zgartirish uchun u bilan birga sinxronlashtirish takt signallarini uzatish zarur, bu esa detektorning sxemasini murakkablashtiradi.

Qabul qilgichda halaqitbardoshlikni oshirish uchun qabul qilingan impulsli modulyatsiyalangan signallar regeneratsiya qilinadi.

**Regeneratsiya qilish**impulslar shaklini qayta tiklash jarayoni hisoblanadi. 13.29- rasmda impulsli modulyatsiyalangan signalni regeneratsiya qilinishini tushuntiradigan vaqt diagrammalari keltirilgan. 13.29a- rasmda uzatiladigan *Sim.uz(t)* impulsli modulyatsiyalangan signal tasvirlangan. 13.29b- rasmda qabul qilingan *Zqab(t)* signal tasvirlangan. Bu signalning shakli aloqa kanalida fluktuatsion va impulsli halaqitli signallarning ta’siri tufayli buzilgan. Regeneratsiya qilish impulslar maksimum qiymatining yarmiga yaqin sathda maksimum va minimum bo‘yicha impulslarning amplitudalari cheklash yo‘li bilan amalga oshiriladi (13.29v- rasm). Regeneratsiya qilishda impulsli halaqitlarning katta amplitudasi keltirib chiqaradigan qabul qilingan signalning buzilishi bo‘lishi mumkin, lekin halaqitlarning katta qismi so‘ndiriladi. Binobarin, regeneratsiya qilishda impulslarning amplitudalari cheklash amalga oshiriladi, u holda AIM signallarni regeneratsiya qilish mumkin emas, chunki bu signallarning amplitudasi axborot parametri hisoblnadi.



13.29- rasm. Impulsli modulyatsiyalangan signalni regeneratsiya qilish

**Nazorat savollari**

1. Detektorlash usullari va detektorlash xarakteristikalarini sanab o‘ting.

2. Signallarni detektorlashdan maqsad nima? Signallarni detektorlash qanday qurilmalarda amalga oshiriladi?

3. Amplitudaviy detektorning sxemasi va uning vaqt diagrammalarini tushuntiring.

4. Signallarni detektorlash jarayoni nimadan iborat?

5. Amplitudaviy detektorning ish rejimlarini tushuntiring.

6. ChM signallarni detektorlash sxemasi va uning vaqt diagrammalarini tushuntiring.

7. Sinxron detektorning sxemasi va uning vaqt diagrammalarini tushuntiring.

8. ChM signallarni detektorlash balansli sxemasini tushuntiring.

9. FM signallarni detektorlash sxemasi va uning vaqt diagrammalarini tushuntiring.

10. Balansli ChD sxemasining ishlash prinsipini tushuntiring.

**14. RADIOQABUL QILISH QURILMALARIDA SIGNALLARGA RAQAMLI ISHLOV BERISH**

**14.1. SDR texnologiyasining tavsifi**

Raqamli texnologiyalarning rivojlanishi bilan signallarga raqamli ishlov berishli (SRIB) radioqabullash traktlarini (ingl. SDR — software defined radio) qurishga katta e’tibor berilmoqda. Bu texnologiya real vaqtda radiosignalni raqamlashtirsh va keyingi dasturiy yoki apparatli raqamli qurilmalar – raqamli signallar protsessorlari, PLIS va boshqalar orqali ishlov berish imkoniyatiga asoslanadi. SDR texnologiyasi DPSK, QAM, GMSK va boshqa raqamli modulyatsiyalash turlari ishlatiladigan signallarni qabul qilish va demodulyatsiyalashni amalga oshirishga imkon beradi.

**14.2. Radiochastota bo‘yicha SRIBli qabul qilgich tuzilmasi**

Qabul qilinadigan signalning chastotasi va spektri kengligiga bog‘liq ravishda qabul qilgichda raqamli ishlov berish ham radiochastota bo‘yicha, ham signal qayd etilgan chastotaga o‘tkazilganidan keyin oraliq chastota bo‘yicha ishlatilishi mumkin. Radiochastota bo‘yicha SRIBli qabul qilgich tuzilmasi 14.1- rasmda keltirilgan.

**ARO’**

**Кuch**

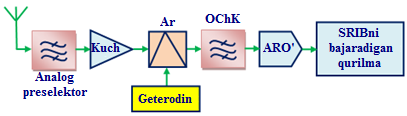
**Analog preselektor**

**SRIBni bajaradigan qurilma**

14.1- rasm. Radiochastota bo‘yicha SRIBli qabul qilgich tuzilmasi

**14.3. Oraliq chastota bo‘yicha SRIBli qabul qilgich tuzilmasi**

Oraliq chastota bo‘yicha SRIBli qabul qilgich tuzilmasi 14.2- rasmda keltirilgan.

**

14.2-rasm. Oraliq chastota bo‘yicha SRIBli qabul qilgich tuzilmasi

Oraliq chastota bo‘yicha SRIBli qabul qilgichlar supergeterodinli turga kiradi va to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘zgartirishli qabul qilgichlarga qaraganda qator afzalliklarga ega:

* katta chastotalar diapazonida ishlash imkoniyati;
* butun diapzondagi yaxshi tanlovchanlik;
* yaxshi sezgirlik.

Bunday turdagi qabul qilgichlar qat’iy texnik talablar qo‘yiladigan professional aloqa apparaturalarida ishlatiladi.

Supergeterodinli qabul qilgichlarining kamchiliklari nisbatan yuqori energiya iste’moli va analog elementlarning ishlatilishi tufayli katta o‘lchamlari kiradi.

To‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘zgartirishli qabul qilgichlar afzalliklariga kam energiya iste’moli, barcha elementlarni kichik portativ qurilmaga (ideal holda bitta mikrosxema korpusida) joylashtirish imkoniyati kiradi. Lekin tanlovchanlik, sezgirlik va dinamik diapazon bo‘yicha bu qurilmalar supergeterodinli qabul qilgichlarga yutqazadi.

Bir necha o‘nlab megagerslardan ortiq bo‘lgan chastotalardagi signallarga ishlov berishda zamonaviy ARO‘larning tezligi Kotelnikov teoremasiga muvofiq klassik diskretlashtirish prinsipini ishlatishga imkon beradi. Bu teoremaga muvofiq tanlanmalar chastotasi diskretlashtiriladigan signal spektrida yuqori chastotadan minimum ikki martaga katta bo‘lishi kerak. Bunda o‘zgarmas tashkil etuvchidan diskretlashtirish chastotasining yarmigacha chastotalar dipazoni raqamlashtiriladi va ARO‘ chiqishida spektrlarning ustma-tushishidan himoyalash uchun analog PChFni ishlatish yetarli bo‘ladi.

Yuqori chastotali signallar uchun polosali diskretlashtirish (under sampling) ishlatiladi, u spektr kengligi markaziy chastotaning absolyut qiymatidan ko‘p martaga kichik bo‘lgan tor polosali signallarga ishlov berish uchun Kotelnikov teoremasi qo‘yadigan cheklashni chetlab o‘tishga imkon beradi. Bu shartga deyarli barcha radiosignallar mos keladi. Bu holda Kotelnikov teoremasi quyidagicha yangraydi: signal haqidagi ma’lumotlarni saqlanishi uchun uni diskretlashtirish chastotasi uning ikkilangan polosasi kengligiga teng yoki undan katta bo‘lishi kerak. Diskretlashtirish chastotasi bajarishi kerak bo‘lgan matematik shart quyidagi ifoda orqali tavsiflanadi:

(2fc - B) / m ≥ fs ≥ (2fc + B) / m + 1

bu yerda fc — signal spektridagi markaziy chastota;

fs — diskretlashtirish chastotasi;

B — signal spektri kengligi;

m - fS≥2B nisbat bajarilishi uchun tanlanadigan ixtiyoriy butun son.

Polosali diskretlashtirishda butun chastotalar polosasi emas, balki faqat uning qismi raqamlashtiriladi. Bunda spektrning ustma-ust tushib qolishidan himoyalash uchun polosali analog filtlardan foydalanish zarur. Yana ta’kidlash kerakki, polosali diskretlashtirish signalni raqamlashtirish bilan birga bir vaqtda uning spektrini past chastotaga o‘tkazishni amalga oshirishga imkon beradi.

Har ikkala holarda o‘zgartirgichning kirishida spektrning ustma-ust tushishidan himoyalash uchun analog filtrlardan foydalanish zarur bo‘ladi. Bunda diskretlashtirish chastotasi qanchalik yuqori bo‘lsa, analog filtrga shunchalik pastroq qat’iy talablar qo‘yiladi. Amaliyotda ishlab chiquvchilar ARO‘ chiqishida uchta yoki to‘rtta kaskadli passiv filtrdan foydalanish yetarli bo‘ladigan tarzda diskretlashtirish chastotasini ta’minlashga urinadi. 25 MGs gacha chastotalar diapazoni uchun Kotelnikov bo‘yicha signalni to‘g‘ridan-to‘g‘ri diskretlashtirishli sxema, ham polosali diskretlashtirishli sxemani qo‘llash mumkin.

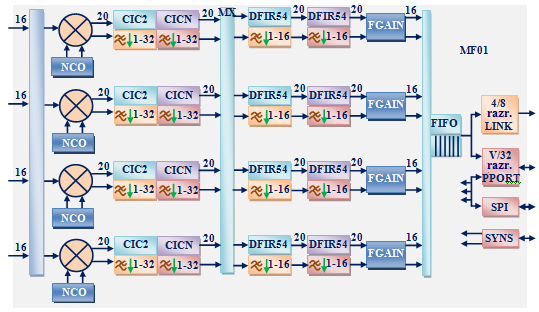
Radioqabul qilgichda raqamli qurilmalar quyidagi vazifalarni bajaradi:

* talab qilinadigan kanalni ajratish;
* signal spektrini pastroq chastotaga o‘tkazish;
* signaldagi ma’lumotlarni dekodlash yoki detektorlash.

Bu vazifalarni bajarish uchun turli qurilmalar va ularning birikmalari ishlatiladi. Kanalli filtrlash, geterodinlashtirish, diskretlashtirish chastotasini pasaytirishni (detsimatsiyani) o‘z ichiga oladigan birlamchi, nointellektual ishlov berish ko‘pincha tezkor dasturlanadigan mantiq (FPGA) yordamida yoki maxsuslashtirilgan mikrosxemalar – raqamli qabul qilgichlarda (digital down converter — DDC) bajariladi.

**14.4. 1288XK1T raqamli qabul qilgichning tuzilmasi**

Bunday mikrosxemalar sifatida AD6620 va 1288XK1T mikrosxemalarni keltirish mumkin. Uning tuzilmasi 14.3- rasmda keltirilgan.



14.3- rasm. *1288XK1T* raqamli qabul qilgichning tuzilmasi

*1288XK1T* raqamli qabul qilgichning imkoniyatlaridan ayrimlarini sanab o‘tamiz:

– 16-razryadli signallarga ishlov berish uchun 4 ta mustaqil kanallarning mavjudligi;

– har bir kanalda kirish ma’lumotlari oqimi tezligi 100 MGs gacha;

– ko‘plab ARO‘ turlari bilan moslashuvchanlik;

– ham haqiqiy, ham kompleks signallarga ishlov berish uchun mikrosxema ichki tuzilmasini tez sozlash imkoniyati.

Mikrosxema diskretlashtirish chastotasini kamaytirish uchun CIC-filtrlar, har bir kanalda 64 tartibli ikkitadan KIX-filtrlarga, kvadraturali signallarni olish uchun raqamli geterodinlar va ma’lumotlarni o‘qish uchun qulay chiqish interfeysiga ega. Filtrlar koeffitsientlari, har bir kaskadning detsimatsiya koeffitsientlari, chipning ichida ma’lumotlarni marshrutlashtirish va boshqa ko‘plab parametrlar dasturiy beriladi. Bularning barchasi 1288XK1T mikrosxemani va uning o‘xshashlarini eng turli raqamli qabul qilish tizimlarida qo‘llash uchun qulay qiladi. Signallarga yakuniy ishlov berish, ma’lumotlarni dekodlash, dekodlangan bitli oqimga ishlov berish va yuqoriroq darajali protokollarning ishlatilishi uchun raqamli signallar protsessorlari ishlatiladi.

Diskretlashtirishdan keyin talab qilinadigan kanalni ajratish masalasi raqamli filtrlar yordamida hal etiladi, ular doimiy sonlar to‘plami – filtr koeffitsientlari hisoblanadi, ularning soni va qiymati raqamli filtrning ko‘rinishi va xarakteristikasining tikligini aniqlaydi. Raqamli filtrlar ikkita asosiy norekursiv (KIX-filtrlar) va rekursiv (BIX-filtrlar) filtrlar sinflariga bo‘linadi. KIX-filtrlar rekursiv filtrlarga qaraganda ularning barqarorligi, kvantlash samaralariga kam uchrashi va chiziqli fazaviy xarakteristikani olish imkoniyatidan iborat ma’lum afzalliklarga ega. Shunga ko‘ra, raqamli radioqabul qilish qurilmalarida aynan norekursiv filtrlar keng qo‘llanadi.

Analog aktiv va passiv filtrlarni ishlab chiqish uchun bo‘lgani kabi raqamli filtrlarni loyihalashtirish uchun turli xil dasturiy vositalar qo‘llanadi. Filtrning koeffitsientlarini hisoblash uchun ishlab chiquvchidan koeffitsientlarni hisoblash algoritmlari va usullarini bilish emas, balki faqat filtrga talablarni aniqlash talab qilinadi.

Diskret filtrlarni loyihalashtirish uchun Matlab paketi keng qo‘llanadi, chunki u turli usullarda, turli oraliqlar qo‘llanishi bilan va boshqalar orqali filtrni hisoblashni amalga oshirishga imkon beradi. Bundan tashqari, filtrning koeffitsientlarini hisoblash uchun Filter design and analysis tool (FDA Tool) ilovasining ham komandalar satrini, ham grafik interfeysni ishlatishga imkon beradi.

Hisoblashdan keyin filtrning koeffitsientlari mos dasturda keyingi foydalanish uchun zarur formatdagi faylda saqlanadi, lekin Matlab paketining imkoniyatlariga yana Simulink ilovasi yordamida raqamli tizimda filtrning ishlashini modellashtirish va qo‘llanadigan yig‘ish jamlanmalariga yuklash ham kiradi.

Analog filtrlarga qaraganda raqamli filtrlar quyidagi afzalliklarga ega:

– analog filtrlar uchun mumkin bo‘lmaydigan xarakteristikalarni (ham AChXning tikligi, ham FChXning chiziqliligini) olish imkoniyati. Tartibini oshirish faqat matematik operatsiyalar soni oshirishga olib keladi, shunday ekan filtrning tartibi faqat raqamli tizimning tezkorligi bilan cheklanadi;

– raqamli filtrlar eskirish va parametrlar harorat bo‘yicha dreyfi ta’siriga uchramaydi;

– raqamli filtrlar sonlar - koeffitsientlar to‘plami hisoblanishi tufayli xarakteristikani o‘zgartirish uchun koeffitsientlar to‘plamini o‘zgartirish yetarli bo‘ladi, bu adaptiv filtrlarning yaratilishini mumkin qiladi;

– raqamli filtrlar ham past chastotali, ham yuqori chastotali signallar bilan ishlay olishi mumkin.

Yakun yasash bilan, ta’kidlash kerakki, signallarga raqamli ishlov beriladigan radioqabul qilish qurilmalarining paydo bo‘lishi raqamli texnikani rivojlanishining mantiqiy davomi bo‘lib qoldi. Signallarga raqamli ishlov berishdan foydalanish radiosignalni raqamli modulyatsiyalash usullari qo‘llanishi bilan radiokanallar bo‘yicha ma’lumotlarni yuqori tezlikli almashlash tizimlarini ishlab chiqishga imkon berdi.

Raqamli ishlov berish ishlatiladigan qabul qilish bosqichiga bog‘liq ravishda ham uncha qimmat bo‘lmagan, qulay va kam iste’mol qiladigan qurilmalardan to kristalldagi tizimlargacha, ham tanlovchanlik, dinamik diapazon, sezgirlik va boshqa parametrlar bo‘yicha qat’iy talablarga javob beradigan qurilmalarni olish mumkin, bunga qabul qilish traktining analog va raqamli qismlarini to‘g‘ri birgalikda olish bilan erishiladi.

Ehtimoli kattaki, istiqbolda “raqamli” qabul qilishning rivojlanishi diskretlashtirish va ishlov berish tezliklarini oshirish yo‘li bo‘yicha boradi, bu yanada keng chastotalar diapazonini qamrab olishga imkon beradi va bunda qabul qilgichning tuzilmasida analog sxemotexnikaning ulushi kamayadi.

**Nazorat savollari**

1. *SDR* texnologiyasini tavsiflang.

2. Radiochastota bo‘yicha SRIBli qabul qilgich tuzilmasini keltiring va tushuntiring.

3. Oraliq chastota bo‘yicha SRIBli qabul qilgich tuzilmasini keltiring va tushuntiring.

4. Supergeterodinli qabul qilgichlarining kamchiliklari nimalardan iborat?

5. Oraliq chastota bo‘yicha SRIBli qabul qilgichning qanday afzalliklari bor?

6. Diskretlashtirish chastotasi bajarishi kerak bo‘lgan matematik shart qanday tavsiflanadi?

7.Radioqabul qilgichda raqamli qurilmalarga nimalar kiradi?

8. Radioqabul qilgichda raqamli qurilmalar qanday vazifalarni bajaradi?

9. *1288XK1T* raqamli qabul qilgichining tuzilmasini tushuntiring.

10. *1288XK1T* raqamli qabul qilgichining imkoniyatlarini sanab o‘ting.

**15. ANALOG VA RAQAMLI TELEVIDENIYE QABUL QILGICHLARI**

**15.1. Televizion qabul qilgichning tuzilmasi**

Televizion qabul qilgichda (15.1- rasm) antenna qabul qilgan televizion radiosignalni televizion trubka ekranidagi tasvirga teskari o‘zgartirish jarayoni amalga oshiriladi.

**Kanallar selektori va chastota o’zgartirgich**

**Tasvir oraliq chastota kuchaytirgichi**

**Video detektor**

**Video kuchaytirgich**

**Kineskop**

**Satr bo’yicha yoyish generatori**

**Kadr bo’yicha yoyish generatori**

**SI selektori**

**Ovoz kuchaytirgich**

**Ovoz detektori**

**Ovoz oraliq chastota kuchaytirgich**

**Dinamik**

15.1-rasm. Televizion qabul qilgichning tuzilmasi

Kanallar selektori va chastota o‘zgartirgichda chastotalar kanallarini ajratish va qabul qilingan radiosignalni oraliq chastotaga o‘zgartirish amalga oshiriladi. Tasvir va ovozni asosiy kuchaytirish oraliq chastotada bo‘lib o‘tadi.. Bu yerda tasvir va ovoz signallarini ajratish ham bo‘lib o‘tadi. Keyin tasvir signali videokuchaytirgichda kuchaytiriladi va kineskopga beriladi.

Ovoz kanali oraliq chastota signali ovoz oraliq chastota kuchaytirgichida kuchaytiriladi va chastotaviy detektorda detektorlanganidan va ovoz kuchaytirgichida kuchaytirilganidan keyin dinamikka beriladi.

Qabul qilgich va uzatkich elektron nurlarini yoyilishining sinxronligi qabul qilingan signaldan sinxroimpulslarni ajratib olish bilan ta’minlanadi.

Oq-qora televideniye tizimlari parametrlari:

* kadrlarni o‘tish chastotasi - 25 Gs ;
* satr oralatib yoyishda maydonlarning almashishi chastotasi - 50 Gs ;
* kadrdagi satrlar soni - Z=625;
* satrlarni kelishi chastotasi - 15 625 Gs ;
* satrdagi yoyish elementlari soni - 33 ;
* kadrdagi yoyish elementlari soni - 521 000 n ;
* teskari yo‘lli satrni yoyish davomiyligi - 64 mks;
* teskari yo‘lli satrni yoyish davomiyligi - 0,04 s;
* tasvir signali chastotalar polosasi kengligi - 6,5 MGs;
* tasvir va ovozni eshittirish videosignali chastotalar polosasi kengligi - 8 MGs.

**13.2. Rangli televizion qabul qilgichning tuzilish sxemasi**

Rangli televizion qabul qilgichning tuzilish sxemasi 15.2- rasmda keltirilgan. Rangli televizion qabul qilgichning asosiy farqi uchta *EG, ER*va*EV*ranglilik signallarini shakllantiradigan ranglilik blokining mavjudligi hisoblanadi. Videokuchaytirgichning chiqishiga qo‘yilgan 6,5 MGs polosali *EY* filtr yorqinlik signalini ajratadi.

**Kanallar selektori va chastota o’zgartirgich**

**Tasvir oraliq chastota kuchaytirgichi**

**Dinamik**

**Vidoe detektor**

**Video kuchaytirgich**

**Еу filtr**

**SIS**

**Matritsa**

**ChD**

**ОА**

**ChD**

**ОА**

**Elektron komutator**

**RFS filtrlari**

**Ovoz kanali**

**YoG**

**ЕY**

**ЕВ**

**ЕG**

**ЕR**

**ЕВ - ЕY**

**ЕG - ЕY**

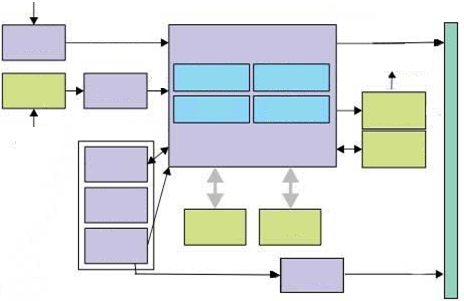
**ЕY**

15.2-rasm. Rangli televizion qabul qilgichning tuzilish sxemasi

Videokuchaytirgichning chiqishidan *EY* signal ranglar farq signallari (RFS) filtrlariga ham beriladi, ular *fOCh.V* va*fOCh.R* tashuvchi chastotalarli ChM ranglar farq signallarini ajratadi. Satrlar sinxroimpulslari orqali boshqariladigan elektron kommutator yordamida ranglar farq signallari ChDga beriladi. Kuchaytirgichlar chiqishlaridan detektorlangan *EG - EY* va *ER - EY* ranglar farq signallari *EY* yorqinlik signallari bilan birga matritsaga beriladi, uning chiqishidan *EG, ER*va*EV*ranglilik signallari olinadi. Bu signallar *EY* yorqinlik signallari bilan birga rangi kineskopga beriladi va ekranda rangli tasvirni shakllantiradi.

**15.3. SK televizorning tuzilish sxemasi**

15.3-rasmda *LVDS* texnologiyadagizamonaviy SK televizorning tuzilish sxemasi keltirilgan. Bu yerda asosan signalga raqamli ishlov berish ishlatiladi. Masalan, *COFDM* televideniyeda keng ishlatiladigan kodlashli kanallarni ortogonal chastota bo‘yicha ajaratish bilan ma’lumotlarga ishlov berish hisoblanadi. *LVDS* qisqartmasi bu matritsaga signallarni uzatish usuli. Invertor yoritish lampalari (yoki *LCD* va *OLED* televizorlaridagi yorug‘lik diodlari) uchun kuchlanishni ta’minlaydi va uni rostlaydi. Flesh-xotira (DXQ) sozlashlar, o‘rnatilgan funksiyalar, qabul qilgichni boshqarish haqidagi ma’lumotlarni saqlaydigan televizorning o‘z xotirasi hisoblanadi. OXQ operativ xotira bo‘lib, u TV ishlaganida ma’lumotlarga ishlov berishda qatnashadi.



**Antenna**

**YuCh**

**YuCh**

**OCh**

**ТS**

**Analog tyuner**

**Raqamli tyuner**

**Analog ovoz va video**

**СОFDМ**

**Ovoz va video chiqish**

**Grafik qurilmalar**

**МP**

**DТV-protsessor**

**LVDS**

**Маtritsa**

**Dinamik**

**Ovoz kuchayt.**

**Antenna**

**ОХQ**

**Flesh-xotira**

**НDМI**

**Tizim kontrolleri**

**Ta’minot bloki**

**Invertor**

**Smart-karta**

15.3-rasm. SK televizorning tuzilish sxemasi

**15.2. Abonentlar raqamli televideniye qabullash qurilmalarining qurish prinsiplari**

Raqamli televideniye dasturlarini qabul qilish uchun abonentlar qabul qilgichining funksional sxemasi 15.4- rasmda keltirilgan.

Raqamli televideniye dasturlarini qabul qilish uchun raqamli qabul qilgich quyidagi asosiy elementlardan tashkil topgan:

* raqamli signallarni qabul qilish va ishlov berish, shuningdek olingan analog signalni PAL tizimida kodlash uchun monoplata:
* impulsli ta’minot bloki platasi;
* korpus;
* masofdan boshqarish (MB) infraqizil (IQ) pulti.

**Signallarga raqamli ishlov berish bloki**

**Demodulyator**

**Kanal dekoderi**

**МРЕG-2 dekoder**

**Koder РАL**

**ТVга**

**ARO’**

**Tyuner**

**Antenna**

15.4-rasm. Raqamli televideniye abonentlar qabul qilgichining funksional sxemasi

Opsiyalar sifatida alohida televizion dasturlarni yozib olish va saqlash uchun qattiq disk va smart-cardni o‘qish uchun qurilma ko‘zda tutiladi.

Raqamli qabul qilgich ish rejimlarini boshqarish ekran menyusi tizimi yordamida ham IQ-pultdan, ham tugmalar panelidan amalga oshiriladi. Analog TVga *SCART* uyasi yoki uchtalik *RCA* uyalar orqali amalga oshirish mumkin. *DVB-T* tizimi raqamli qabullagilari oddiy televizion antenna bilan ishlaydi, binobarin, hatto xona antennasiga sifatli qabul qilish amalga oshiriladi.

Oddiy analog televizorning antenalar kirishiga ulanishi mumkin bo‘lgan abonentlar raqamli qabul qilgichining (STB) umumlashtirilgan tuzilish sxemasi 15.5-rasmda tasvirlangan.

**Transport oqimi demultipleksor**

**Kanal koderi**

**ModulyatsiyalanganYuCh signallar**

**Raqanli transport oqimi**

**I2Q шина**

**Mikro-prosessor shinasi**

**Ketma-ket ovoz signallari**

**МРЕG-2 video dekoder**

**МРЕG-2 audio dekoder**

**Koder РАL**

**I2Q**

**Video OXQ**

**Audio OXQ**

**O’YuCh moduly-ator**

**ТV ant. kirishiga**

**SCARTga stereo chiqish**

**L**

**R**

**Mono**

**SCARTga video chiqish**

**L**

**R**

**Transport oqimi xotirasi**

**Shartli ulanish moduli**

**Video signal**

15.5-rasm. Abonentlar raqamli qurilmasining umumlashtirilgan tuzilish sxemasi

Kanal dekoderi raqamli demodulyator va xatoliklarni tuzatish tugunini o‘z ichiga oladi. Dekoder qabul qilingan yuqori chastotali modulyatsiyalangan signallarni raqamli transport oqimiga o‘zgartiradi, bu oqim multiplekslangan dasturlar ma’lumotlar paketlariga ega bo‘ladi. Raqamli transport oqimi demultipleksorga beriladi, u har bir paketni undagi dasturiy identifikator bo‘yicha ajratadi va tanlangan dastur paketini yaratish maqsadida ma’lumotlarni qayta joylanadi.

Agar paket skremblirlansa, ya’ni raqamli signal o‘zgartirilsa, buning natijasida dastlabki signalning simvollari orasidagi korrelyatsion aloqalar buzilsa, uning statik xossalari o‘zgarsa va u tasodifiy signal xossasiga ega bo‘lsa, u holda paket tomoshabin tanlangan dasturdan foydaanishi mumkinligini aniqlash uchun mo‘ljallangan shartli ulanish moduliga beriladi. Agar bu mumkin bo‘lmasa, u holda signallarga ishlov berish to‘xtatiladi. Agar bu mumkin bo‘lsa, u holda signal demultipleksorga qaytariladi, undan ikkita raqamli signallar to‘plami mos dekoderlarga (video va audio) beriladi. Video va audio signallarni saqlash va keyingi berish uchun transport oqimi xotirasi ishlatiladi.

*MPEG-2* standarti videodekoderi videosignallarni *EY* yorqinlik va *EG, ER*va*EV* ranglilik signallariga o‘zgartiradi. Video OXQ katta xotirasi bir necha kadrlar haqidagi ma’lumotlarni bir vaqtda saqlash uchun zarur bo‘ladi.

Raqamli *EY*yorqinlik va *EG, ER*va*EV*ranglilik signallari *PAL* koderiga beriladi, u bu signallarni to‘liq analog televizion signalga o‘zgartiradi. Bu signal keyin UYuCh-modulyatorga beriladi.

Ovoz kanali MPEG dekoderga ega bo‘lib, u ovoz signalini uzatkichdagi kodlashdagi kabi qoidalar bo‘yicha dekodlaydi. Ovoz koderi chap (*L*) va o‘ng (*R*) analog ovoz kanallarini shakllantiradi. Ovoz signallari audio OXQ ularni xotirada saqlash uchun zarur va ovoz hamda tasvirni sinxronlashtirishni ta’minlash uchun kechiktirishni hosil qiladi. Kechiktirish videosignallarga ishlov berish ovoz signallariga ishlov berishga qaraganda ko‘p vaqtni olish tufayli zarur bo‘ladi.

Har ikkala kanallar ovoz signallari qo‘shuvchi kuchaytirgichga beriladi, bunda UYuCh-modulyatorga beriladigan mono ovoz signali hosil qilinadi. UYuCh-modulyatordan signal oddiy TV atennalar kirishiga berilishi mumkin.

Abonentlar raqamli qurilmasining ishlash prinsipini chuqurroq tushunib olish uchun kanal dekoderini (yana tashqi interfeys deyiladi) atroflicha ko‘rib chiqamiz. Analog TVga raqamli qurilmaning asosiy qismlaridan biri bo‘lgan kanal dekoderining tuzilish sxemasi 15.6-rasmda keltirilgan.

**204-байтли оқим**

**КАR**

**Рақамли демодулятор**

**ARO’**

**Рақамли демодулятор**

**Каналлар селектори (тюнер)**

**KBG**

**Микроконтроллер**

**Хатоликларни бевосита тузатиш қурилмаси**

**I2Q шина**

**Танлама синхроимпульслари**

**Модуляцияланган ЮЧ сигналлар**

**Рақамли транспорт оқими**

**Рақамли Iва Q сигналар**

**Аналог Iва Q сигналар**

**Манзил ва маълумот шинаси**

**204-baytli oqim**

**КАR**

**Рақамли демодулятор**

**ARO’**

**Raqamli demodulyator**

**Kanallar selektori (tyuner)**

**KBG**

**Mikrokontroller**

**Xatoliklarni bevosita tuzatish qurilmasi**

**I2Q shina**

**Tanlama sinxroimpulslari**

**Modulyatsiyalangan YuCh signallar**

**Raqamli transport oqimi**

**Raqamli Iva Q signalar**

**Analog Iva Q signalar**

**Manzil va ma’lumot shinasi**

15.6-rasm. Kanal dekoderining tuzilish sxemasi

Kanal dekoderi tarkibiga kiradigan kanallar selektorida (tyunerda) kirish modulyatsiyalangan YuCh signal geterodin signali bilan aralashtiriladi. Geterodin kuchlanish bilan boshqariladigan past quvvatli generator hisoblanadi. Buning natijasida kanallar selektorining chiqishida *I* va *Q* kvadraturali tashkil etuvchilar signallaridan iborat modulyatsiyalangan OCh signal shakllanadi. Raqamli OCh demodulyatorga uzatish uchun *I* va *Q* kvadraturali tashkil etuvchilarni ARO‘ yordamida raqamli shaklga o‘zgartirish kerak bo‘ladi. Raqamli OCh demodulyator *COFDM* demodulyatori mikrosxemasi hisoblanadi. Demodulyator tizim mikrokontrolleri orqali *I2C* raqamli shina bo‘yicha boshqariladi va dasturlanadi. U kirish signalining quvvatini baholaydi va kanallar selektorini ishlashini KAR sxemasi orqali boshqaradi. Bir vaqtda demodulyator boshqarish sxemasi orqali selektor geterodining chastotasini o‘zgartiradi.

**Nazorat savollari**

1. Televizion qabul qilgichda qanday jarayon amalga oshiriladi?

2. Televizion qabul qilgichning tuzilmasini sxemasini keltiring va uning ishlash prinsipini tushuntiring.

3. Oq-qora televideniye tizimlari parametrlarini sanab o‘ting.

4. Rangli televizion qabul qilgichning tuzilish sxemasi qanday asosiy elementlardan tashkil topadi?

5. Rangli televizion qabul qilgichning tuzilish sxemasini keltiring va uning ishlash prinsipini tushuntiring.

6. *LVDS* texnologiyadagizamonaviy SK televizorning tuzilish sxemasini keltiring va uning ishlash prinsipini tushuntiring.

7. Raqamli televideniye dasturlarini qabul qilish uchun raqamli qabul qilgich qanday asosiy elementlardan tashkil topadi?

8. Raqamli televideniye abonentlar qabul qilgichining funksional sxemasini keltiring va uning ishlash prinsipini tushuntiring.

9. Abonentlar raqamli qurilmasining umumlashtirilgan tuzilish sxemasini keltiring va uning ishlash prinsipini tushuntiring.

10. Kanal dekoderining tuzilish sxemasini keltiring va uning ishlash prinsipini tushuntiring.

**16. ANALOG VA RAQAMLI RADIOESHITTIRISH QABUL QILGICHLARI**

**16.1. Analog radioeshittirishdan raqamli radioeshittirishga o‘tish**

Analog radioeshittirishdan raqamli radioeshittirishga o‘tish zarurati uzatish, aloqa vositalari, axborot xizmatlari va kompyuter tizimlarini yagona interaktiv tarmoqqa birlashtirish ortib borayotgan jarayoniga bog‘liq, bu raqamli texnologiyalar sohasidagi jahonning keskin taraqqiyoti tufayli mumkin bo‘ldi. Bu integratsion jarayonlar radiochastotalar spektridan (RChS) foydalanish samaradorligini oshirish va elektr aloqadagi xizmatlar sifati va sonini oshirish muammolariga yanada ortib borayotgan qiziqishni shartlaydi.

Hozirgi vaqtda radioaloqada RChSdan foydalanish samaradorligini oshirish muammosi raqamli radioeshittirish va aloqa usullarini rivolantirish zaruratini ta’kidlash bilan butun dunyoda oldingi rejaga chiqmoqda. Bundan tashqari, raqamli radioeshittirish tizimlarini joriy etish zarurati quyidagi ikkita omillar orqali tushuntiriladi. Ulardan birinchisi uzatish sifatiga talablarni aniqlaydi va aholida kompakt-disklarning (*CD*) keng tarqalishiga va buning natijasida bu ehtiyojga ko‘ra, umumiy qabul qilingan standart bo‘lib qolayotgan yuqori sifatli eshittirishning paydo bo‘lishiga bog‘liq.

Ikkinchi omil harakatdagi (mobil) qabul qilish sharoitlarida bu sifatni saqlashga talablar hisoblanadi. Tadqiqotlar ko‘rsatadiki, efir bo‘yicha radioeshittirishning mavjud (analog) tizimlari doirasida bu talablarni bir vaqtda qoniqtirish mumkin emas.

Jahon tajribasiga muvofiq ovoz eshittirishni (OE) istiqbolli rivojlantirish masalasi turli qabul qilish sharoitlarida dasturlarning yangrash sifatiga tinglovchilarning yuqori talablarini qondirish uchun loyihalashtirilgan absolyut yangi eshittirish tizimlarini yaratish yo‘li bilan yechiladi. Bu talablarga **raqamli radioeshittirish** – yangi axborot texnologiyasi javob beradi, uning asosida eshittirish traktining barcha bo‘g‘inlarida – studiyadan to mobil qabul qigichgacha ovoz signalini raqamli shaklda berilishi va uzatilishi yotadi.

Analog radioeshittirishga qaraganda raqamli radioeshittirish qator mavjud afzalliklarga ega, ularga quyidagilar kiradi:

* radiochastotalar spektridan katta foydalanish samaradorligi;
* o‘sha bir xizmat ko‘rsatish zonasida uzatkichlarning kichik quvvati;
* halaqitlarga kichik sezgirlik.

Televideniyening keskin rivojlanishiga qaramasdan, bugungi kunda ommaviy axborotning eng muhim elektron vositasi bo‘lgan efir bo‘yicha radioeshittirish butun dunyoda aholi uchun asosiy ma’lumotlar manbai bo‘lib qolmoqda. Efir bo‘yicha radioeshittirish uchun dunyoda maqsadlari, texnik parametrlari va xizmat ko‘rsatish zonalari bilan farqlanadigan bir necha xizmatlar ishlatiladi. Efir bo‘yicha radioeshittirish mavjud tizimlarining asosiy xarakteristikalari 16.1- jadvalda keltirilgan, bu yerda taqqoslash uchun raqamli radioeshittirishning rejalashtiriladigan parametrlari ko‘rsatilgan.

Bu tizimlarni shartli ravishda quyidagi uchta sinflarga bo‘lish mumkin:

1) amplitudaviy modulyatsiyali (AMli) tizimlar, ular KMT, GMT va DKMT (ya’ni 30 MGsdan past chastotalar) diapazonlarini ishlatadi, bu “Radioaloqa reglamenti” (RR) atamashunosligi bo‘yicha PCh, O‘Ch va YuCh dipazonlariga mos keladi;

2) MT (UQT) ChM tizimlar, metrli to‘lqinlarni ishlatadi, ya’ni JYuCh diapazonda 30...300 MGs chastotalardan ishlaydigan tizimlar;

3) UYuCh va O‘YuCh diapazonlarda ishlaydigan to‘g‘ridan-to‘g‘ri sun’iy yo‘ldoshli radioeshittirish tizimlari (DSR, ADR, World Space, Digital System E va boshqalar).

16.1- jadval

Efir bo‘yicha radioeshittirish mavjud tizimlarining asosiy xarakteristikalari

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| To‘lqin diapazoni/ xizmat | Tarqatish zonalari | Ovoz dastur-lari soni | Ovoz chastota-lari, polosasi kGs | Signal/ tashuvchi nisbati, dB | Mono/ stereo | Qayd etilgan/ mobil |
| KMT | Milliy tarqatish, aralash davlatlar | 3…5 | 4,5…5,0 | 20 | M | Q+M |
| GMT | - // - | 8 | 4,5…5,0 | 20 | M | Q+M |
| DKMT | Butun dunyo |  | 4,5…5,0 | 0 | M | Q(M) |
| MT/UQT | Hududiy va mahalliy tarqatish | 5…10 | 15 | 50 | M/S | Q(M) |
| DSR, ADR | Milliy tarqatish, aralash davlatlar | 16 | 15 | 70 | M/S | Q |
| RRE (yer usti) | Hududiy va mahalliy tarqatish | ≥6 | >15 | 70 | S | Q+M |
| RRE (sun’iy yo‘ldoshli) | Milliy tarqatish, aralash davlatlar | ≥16 | >15 | 70 | S | Q+M |

**16.2. Radioeshittirish qabul qilgichlari**

Radioeshittirish qabul qilgichlarining yuqori chastotali trakti supergeterodinli sxema bo‘yicha bajariladi. 4-sinfdagi qabul qilgichlar faqat uzun (UT) va o‘rta (O‘T) to‘lqinlar diapazonlariga ega bo‘ladi. Bu diapazonlarda amplitudaviy modulyatsiyalash qo‘llaniladi va shuning uchun 4-sinfdagi qabul qilgichlar AM signallarga qabul qilishga mo‘ljallangan. 3-sinfdagi statsionar qabul qilgichlarda chastotaviy modulyatsiyalashli (ChM) UQT stansiyalarni qabul qilish ko‘zda tutiladi. 3-sinfdagi statsionar qabul qilgichning tuzilish sxemasi 16.1-rasmda tasvirlangan.

**UQT blok**

**fо**

**fr**

**G**

**КZ**

**RChK**

**ChO’**

**f2о**

**f1о**

**А**

**KZ**

**МА**

**G**

**АМ**

**ChМ**

**ChO’**

**PF**

**OChK**

**ChD**

**АD**

**АМ**

**ChМ**

**UQT**

**UT, O’Т, QТ**

**PChK**

**D**

16.1-rasm. 3-sinfdagi stansionar qabul qilgichning tuzilish sxemasi

Sxema ikkita radiochastota traktidan va umumiy OChK traktidan tashkil topgan. Qabul qilgich ikkita UQT diapazoni antennasi va UT va O‘T diapazonlari antennasiga ega. UQT va QT to‘lqinlar uchun tashqi teleskopik antenna, UT va O‘T to‘lqinlar uchun ichki magnit antennasi ishlatiladi.

Signal antennadan diapazon bo‘yicha chastotasi o‘zgaradigan kirish zanjiriga kelib tushadi, kirish zanjiri kerakli signalni ajratib oladi, qolganlarini so‘ndiradi. Tanlangan signal kuchsiz bo‘lgani uchun YuChK kaskadlari yordamida kuchaytiriladi. Undan keyin signal chastotasi chastota o‘zgartirgich (ChO‘) yordamida oraliq chastotaga aylantiriladi va barcha diapazonlar uchun umumiy bo‘lgan OChK kaskadlarida kuchaytiriladi.

OChK konturlari ikkitadan bo‘lib, 465 kGs (UT, OT, QT uchun) va 10,7 MGs ga (UQT uchun) sozlangan. Zarur qiymatgacha kuchaytirilgan signal alohida yig‘ilgan AD va ChD detektorlari yordamida detektorlanadi va PChK kaskadlarida kerakli quvvatgacha kuchaytirilib, akustik sistema (D) yordamida akustik (ovoz) to‘lqinlariga aylantiriladi.

**16.3. Stereofonik radioeshittirish qabul qilgichlari**

Ovoz (musiqa) sifatini oshirishning asosiy usullaridan biri stereofonik signalni tayyorlash, uzatish va qabul qilishdir.

Stereofonik signal ovoz manbaining bo‘shliqda (konsert zalida) qayerdan chiqayotganligi va qo‘shiq ijrochisining sahna bo‘ylab harakati to‘g‘risidagi ma’lumotlarni beradi va radioeshituvchi o‘zini konsert zalida o‘tirgandek his qilishi mumkin. To‘liq stereosamara hosil qilish uchun har bir ovoz manbaiga alohida mikrofon va kuchaytirgich talab qilinadi.

Lekin ikkita mikrofon, ikkita kuchaytirgich va ikkita akustik tizim qoniqarli darajada stereosamara hosil qila oladi. Bunday tizim ikki kanalli stereofoniya deb ataladi.

Stereofonik signalni uch xil usulda shakllantirish mumkin. Stereosignalni radio orqali uzatishda monofonik qabul qilgich ham stereofonik signalni qabul qila olishi kerak. Bu vazifani bajarish uchun mikrofonlardan biri sahnadagi hamma tovushlarni qabul qilishi kerak, M mikrofonning yo‘nalish diagrammasi aylana shaklida bo‘ladi.

Ikkinchi mikrofon sahnaning ikki chetidagi tovushlarni qabul qilishi kerak, uning yo‘nalish diagrammasi «sakkiz» shaklida bo‘ladi. S mikrofonda hosil bo‘luvchi signallar maxsus qo‘shib — ayiruvchi sxemaga beriladi. Stereosignal hosil qilishning bu usulini L/5 sistemasi deb ataladi.

16.2-rasmda MS — Mittel-Seite (O‘rta-chekka) sistemasi asosida stereosignalni hosil qilish sxemasi berilgan.

**3**

**2**

**1**

**Qo’shish va ayirish qurilmasi**

**М+S**

**М-S**

**S**

**М**

**Sahna**

1, 2, 3 ovoz manbalari; M — sahnadan to‘liq ovoz axborotni oluvchi mikrofonning yo‘nalish diagram­masi; S — sahnaning ikki chekkasidan ovoz qabul qiluvchi mikrofonning yo‘nalish diagrammasi

16.2- rasm. MS — Mittel-Seite (O‘rta-chekka) sistemasi asosida stereosignalni hosil qilish sxemasi

16.3- rasmda ko‘prik sxemasi asosida mikrofonlarda hosil bo‘luvchi kuchlanishlarni qo‘shish va ayirish qurilmasining sxemasi keltirilgan. Signallarning yo‘nalishi bir xil bo‘lganda ular qo‘shiladi, yo‘nalish qarama-qarshi bo‘lsa, ayiriladi. Mikrofonlar bir nuqtada o‘rnatiladi, natijada, tovushlarning fazasi bir xil bo‘lib, 1 kanalda ularning doimiy yig‘indisi, 2 kanalda ularning doimiy ayirmasi paydo bo‘ladi.

**М-S**

**М**

**S**

**М+S**

**R**

**R**

**R**

**R**

**+**

**̶**

**̶**

**+**

**I-kanal**

**II-kanal**

16.3-rasm. Ko‘prik sxemasi asosida mikrofonlarda hosil bo‘luvchi kuchlanishlarni qo‘shish va ayirish qurilmasining sxemasi

Radiouzatkichda M va S signallar qo‘shish-ayirish yordamida M+S va M-S signallariga aylantiriladi. Ikkala signalning chastota diapazoni bir xil bo‘lgani uchun M-S signalini qo‘shimcha tashuvchi chastota 31,25 kGs yordamida amplituda bo‘yicha modulyatsiyalanadi, natijada, qutbiy modulyatsiyalangan keng spektrga ega bo‘lgan stereosignal hosil bo‘ladi, undan keyin bu signal chastota bo‘yicha ultraqisqa to‘lqinda modulyatsiyalanadi va kuchaytirilib antenna yordamida nurlantiriladi.

16.4-rasmda stereosignalning chastotalar spektri tasvirlangan.

**М+S**

**М-S**

**30 Gs**

**15 kGs**

**31,25 Gs**

**46,25 Gs**

**f**

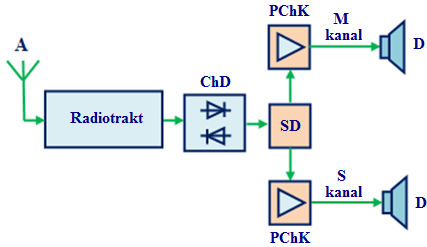
**I**

16.4-rasm. Stereosignalning chastotalar spektri

15.4-rasmdan ko‘rinadiki, uzatiladigan signalning chastota diapazoni 30 Gs dan 46,25 kGs gacha oraliqni egallaydi va shuning uchun stereofonik radioeshittirishni faqat ultraqisqa diapazonda amalga oshirish mumkin. Chastota bo‘yicha modulyatsiyalangan stereoradiokanal 190 kGs ga teng bo‘lgan kenglikni qamrab oladi.

Streoeshittirish qabullagichi detektorili yuqori chastotali traktining tuzilish sxemasi ChMS qabul qilgichining tuzilish sxemasidan farq qilmaydi.

Stereofonik qabul qilgichning soddalashtirilgan tuzilish sxemasi 15.5-rasmda keltirilgan.



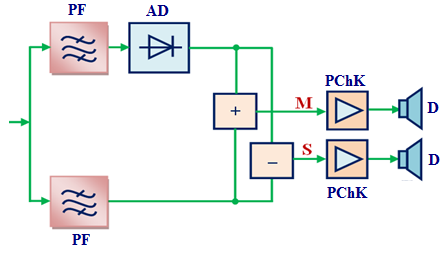
16.5-rasm. Stereofonik qabul qilgichning soddalashtirilgan tuzilish sxemasi

Bu yerda chastotaviy detektorning chiqishidan olingan signal stereodekoderga (SD) beriladi, u stereojuftlikning chap (*M*) va o‘ng (*S*) kanallari signallarini ajratadi. Keyin alohida kuchaytirish traktlarida chap va o‘ng traktlar signallarini kuchaytirish bo‘lib o‘tadi. Chap va o‘ng kanallarning kuchaytirilgan signallari elektr-akustik o‘zgartirgichlarga (dinamiklarga) beriladi.

Stereodekoderning tuzilishi sxemasi 16.6-rasmda berilgan.

Stereodekoderda quyidagilar bajariladi:

* qabul qilgichning yuqori chastotali traktida vujudga keladigan signaldagi yuqori chastotali buzilishlarni tuzatish;
* tashuvchi tebranishning amplitudasini qayta tiklash;
* qutbli modulyatsiyalangan tebranishni detektorlash;
* signalning oldindan buzilishlarini tuzatish.



16.6-rasm. Stereodekoderning tuzilishi sxemasi

Odatda stereodekoderlarda stereojuftlik signallarini ajratishning quyidagi prinsiplari ishlatiladi:

1. qutbli modulyatsiyalangan tebranishlarni diodli detektorlash;
2. signalning keyingi ishlov beriladigan tonal va tonal osti tashkil etuvchilarini ajratish;
3. qutbli modulyatsiyalangan tebranishlarni amplitudaviy – impulsli modulyatsiyalangan tebranishlarga keyingi stereokanal signallariga ajratish bilan o‘zgartirish.

**Nazorat savollari**

1. Radioeshittirish qabul qilgichlari qanday turlarga bo‘linadi?

2. 3-sinfdagi statsionar qabul qilgichlar qanday diapazonlarda ishlatiladi?

3. 4-sinfdagi statsionar qabul qilgichlar qanday diapazonlarda ishlatiladi?

4. 3-sinfdagi statsionar qabul qilgichning tuzilish sxemasini tushuntiring.

5. Stereofonik radioeshittirish qanday tashkil etiladi?

6. MS — Mittel-Seite (O‘rta-chekka) sistemasi asosida stereosignalni hosil qilish sxemasini tushuntiring.

7. Ko‘prik sxemasi asosida mikrofonlarda hosil bo‘luvchi kuchlanishlarni qo‘shish va ayirish qurilmasining sxemasini tushuntiring.

8. Stereosignalning chastotalar spektrini tushuntiring.

9. Stereofonik qabul qilgichning soddalashtirilgan tuzilish sxemasini tushuntiring.

10. Stereodekoderning tuzilishi sxemasi qanday asosiy elementlardan tashkil topadi va ishlash prinsipini tushuntiring.

**ATAMALAR RO’YXATI**

|  |  |
| --- | --- |
| **Приемопередатчик**  **uz - qabul qilgich-uzatkich**  **en - transceiver** | Устройство, которое как передает, так и получает информацию; размещается в радиоплате интерфейса сети.  Axborotni ham uzatadigan, ham qabul qiladigan qurilma; tarmoq interfeysining radioplatasida joylashtiriladi. |
| **Радиосигнал**  **uz - radiosignal**  **en - RF signal** | Сигнал, частота которого соответствует диапазону радиоволн, используется для передачи информации через воздушную среду.  Chastotasi radioto‘lqinlar diapazoniga mos keladigan signal. Havo muhiti orqali axborot uzatish uchun foydalaniladi. |
| **Фазовая манипуляция**  **uz - fazaviy manipulyasiya**  **en - phase shift keying (PSK)** | Процесс модуляции, при котором для представления информации используются небольшие изменения фазы несущей, в результате чего возможна передача данных через радиоэфир.  Modulyasiya jarayoni bo‘lib, axborotni taqdim etish uchun eltuvchi fazasi sal o‘zgartiriladi, natijada ma’lumotlarni radioefir orqali uzatish mumkin bo‘ladi. |
| **Частотная манипуляция**  **uz - chastotaviy manipulyasiya**  **en - frequency shift keying (FSK)** | Метод модуляции, при котором слегка изменяется частота несущего сигнала, за счет чего осуществляется представление информации способом, подходящим для ее передачи через воздушную среду.  Modulyasiya metodi, bunda eltuvchi signal chastotasi sal o‘zgartirilishi hisobiga, axborotni havo muhiti orqali uzatish uchun qulay bo‘lgan usulda taqdim etish amalga oshiriladi. |
| **Амплитудно-частотная характеристика, АЧХ**  **uz - amplituda-chastotaviy xarakteristika, ACHX**  **en - gain-frequency characteristic** | Характеристика, определяющая значение амплитуды сигнала на выходе устройства или канала связи по сравнению с входной амплитудой для всех возможных частот передаваемого сигнала. Степень искажений сигнала (неравномерность АЧХ) оценивают по ширине полосы пропускания, измеряемой по заданному уровню (обычно 0,5).  Qurilma yoki aloqa kanali chiqishidagi signal amplitudasi qiymatini uzatiladigan signalning mumkin bo‘lgan barcha chastotalari uchun tegishli kirish amplitudasi bilan taqqoslab aniqlovchi xarakteristika. Signalning buzilish darajasi (ACHX notekisligi) berilgan sath bo‘yicha o‘lchanadigan (u odatda 0,5 ga teng) o‘tkazish polosasining kengligi bo‘yicha baholanadi. |
| **возбудитель**  **uz - qo‘zg‘atkich**  **en - launcher** | Высокочастотный генератор передатчика, например, коаксиально-щелевого или волноводного типа.  Uzatkichdagi yuqori chastotali, masalan, koaksial-tirqishli yoki to‘lqin o‘tkazgich turidagi generator. |
| **время когерентности**  **uz - kogerentlik vaqti**  **en - coherence time** | Интервал времени, в пределах которого принимаемые сигналы могут рассматриваться как когерентные. Время когерентности в канале с замираниями зависит от разброса доплеровской частоты (fd) и определяется как l/jd. При невысокой скорости перемещения абонента оно существенно больше, чем необходимо для интерактивного обмена. По этой причине временное разнесение «в чистом виде» на практике встречается крайне редко.  Vaqt intervali, shu vaqt oralig‘ida qabul qilinuvchi signallar kogerent deb qaralishi mumkin. Tinishlar kuzatiladigan kanaldagi kogerentlik vaqti dopler chastotasining tarqoqligiga (fd) bog‘liq bo‘ladi va l/jd ko‘rinishida aniqlanadi. Abonent harkatlanishining yuqori bo‘lmagan tezligida u interaktiv almashinuv uchun kerak bo‘ladiganidan ko‘ra ancha kattadir. SHu sababli vaqt bo‘yicha tarqoqlik «sof holda» amalda juda kam uchraydi. |
| **Гетеродин**  **uz - geterodin**  **en - local oscillator** | Вспомогательный маломощный генератор электрических колебаний, применяемый для преобразования частоты в супергетеродинном приемнике.  Supergeterodinli qabul qilgichda chastotani o‘zgartirish uchun qo‘llaniladigan, yordamchi, kichik quvvatli elektr tebranishlar generatori. |
| **Дуплекс; дуплексная передача**  **uz - dupleks; dupleks uzatish**  **en - duplex** | Процесс передачи сообщений по каналам связи одновременно в двух направлениях. Данный термин часто употребляется как прилагательное, означающее «дуплексный, одновременно двусторонний». В этом случае он характеризует тип канала связи или режим работы устройства, способного одновременно передавать и принимать информацию.  Aloqa kanallari bo‘ylab xabarlarni bir vaqtning o‘zida ikki yo‘nalishda uzatish jarayoni. Bu atama «dupleks, bir vaqtning o‘zida ikki tomonlama» ma’nosida ishlatiladi. Bunda u bir vaqtning o‘zida ham uzatish, ham qabul qilish qobiliyatiga ega bo‘lgan kanal turi yoki qurilmaning ishlash rejimini tavsiflaydi. |
| **замирание**  **uz - tinish**  **en - fading** | Внезапное ослабление или даже полное исчезновение радиосигнала, обусловленное случайными изменениями параметров передающей среды (температуры, влажности, давления), а также из-за интерференции радиоволн, приходящих в точку приема по разным путям. При одних и тех же условиях распространения радиоволн замирания могут быть гладкими, если передаваемые сигналы узкополосные, и селективными, если они широкополосные. В зависимости от скорости изменения мгновенных значений сигнала замирания условно разделяются на быстрые и медленные.  Uzatuvchi muhit parametrlari (harorat, namlik, bosim)ning tasodifiy o‘zgarishlari, shuningdek, qabul nuqtasiga turli yo‘llardan keluvchi radioto‘lqinlar interferensiyasi bilan bog‘liq holda radiosignalning to‘satdan susayishi yoki hatto, to‘la yo‘qolib qolishi. Agar uzatiluvchi signallar tor polosali bo‘lsa radioto‘lqinlarning bir xil sharoitlarida tinishlar bir tekisda bo‘ladi, keng polosali bo‘lganida esa selektiv tinishlar kuzatiladi. Signal oniy qiymatlarining o‘zgarish tezligiga bog‘liq holda tinishlarning ikki turi farqlanadi: tez va ohista. |
| **Затенение**  **uz - soyalanish**  **en - shadowing** | Медленные замирания на трассе между передатчиком и приемником, обусловленные экранирующим влиянием рельефа местности и городскими строениями. Например, в сетях сотовой связи этот вид замираний характерен для каждых (12-60) метров пути (временной интервал 1,2 s- 6 s) при движении абонента со скоростью 36 km/h в городских условиях.  Joy relefi va shahar imoratlarining to‘suvchi ta’siri tufayli, uzatkich va qabul qilgich o‘rtasidagi trassadagi sekin asta tinishlar. Masalan, shahar sharoitida  36 km/h tezlikda harakat qiluvchi abonentlarga sotali aloqa tarmoqlarida bu xildagi tinishlar masofaning har (12-60) metri uchun xosdir (vaqt intervali 1,2 s-6 s). |
| **Звено; тракт**  **uz - zveno; trakt**  **en - link** | Часть системы связи или сквозного соединения, состоящего из нескольких последовательных участков.  Aloqa tizimining yoki ketma-ketlikdagi bir nechta uchastkadan iborat bo‘lgan, boshdan oxir daxldorlikdagi birikmaning bir qismi. |
| **Избирательность по каналам побочного приема**  **uz - nomaqbul qabul qilish kanallari bo‘yicha**  **en - spurious-response  selectivity** | Характеристика, определяющая способность радиоприемника выделять полезный сигнал при воздействии мешающих сигналов по каналам побочного приема.  Radioqabulqilgichning nomaqbul qabul qilish kanallari bo‘ylab xalaqit beruvchi signallar ta’sir etganda foydali signalni ajratib olish qobiliyatini belgilovchi xarakteristika. |
| **Интерференционное замирание**  **uz - interferension tinish**  **en - interference fading** | Замирание, возникающее по причине изменения относительных фаз сигналов, приходящих в точку приема по разным маршрутам.  Qabul qilish nuqtasiga turli yo‘nalishlar bo‘yicha keladigan signallarning nisbiy fazasi o‘zgarishi sababli sodir bo‘ladigan tinish. |
| **Квадратурная фазовая манипуляция со сдвигом**  **uz - siljishli kvadratura- fazaviy manipulyasiya**  **en - Offset Quadrature Phase-Shift Keying (OQPSK)  (син. Staggered Quadrature Phase-Shift Keying – SQPSK)** | Метод модуляции, при котором сигналы в синфазном и квадратурном каналах сдвинуты на Т/2 (Т – длительность символа), а фаза манипулированного сигнала изменяется в пределах ± π/2- Применение OQPSK позволяет снизить требования к показателю линейности усилителя мощности, так как после манипуляции в выходном радиосигнале отсутствуют нежелательные провалы огибающей радиосигнала.  Sinfaza va kvadraturaviy kanallarda signallar T/2 ga (T – simvolning davomiyligi) siljiydigan, manipulyasiyalangan signal fazasi ± π/2 doirasida o‘zgaradigan modulyasiya metodi. OQPSK ning qo‘llanilishi quvvat kuchaytirgichning chiziqlilik ko‘rsatkichiga bo‘lgan talabni pasaytirish imkonini beradi, chunki manipulyasiyadan so‘ng chiqish radiosignalida uni og‘ib o‘tuvchi nomaqbul pasayish bo‘lmaydi. |
| **Квадратурный канал**  **uz - kvadraturaviy kanal**  **en - Q channel** | Канал, у которого фаза входного сигнала сдвинута относительно опорного на 900.  Kirish signalining fazasi tayanch signalnikiga nisbatan 900 ga siljitilgan kanal. |
| **Кодирование**  **uz – kodlash**  **en - encoding** | Процесс преобразования исходной информации в кодированную форму.  Dastlabki axborotni kodlangan shaklga o‘zgartirish jarayoni. |
| **Одна боковая полоса**  **uz - bitta yon polosa**  **en - Single Sideband (SSB)** | Амплитудно-модулированный сигнал, спектр которого состоит из одной боковой полосы, расположенной ниже (нижняя боковая полоса) или выше (верхняя полоса) несущей частоты.  Spektri eltuvchi chastotadan pastda (quyi yon polosa) yoki yuqorida (yuqori polosa) joylashgan bitta yon polosadan iborat amplitudaviy modulyasiyalangan signal. |
| **Передающая среда**  **uz - uzatuvchi muhit**  **en - transmission media** | Совокупность различных типов наземных средств радиосвязи, спутниковых, кабельных и волоконно-оптических линий, используемых для передачи информации.  Axborotni uzatish uchun foydalaniladigan turli er usti radioaloqa vositalari, yo‘ldoshli, kabelli va optik tolali liniyalar yig‘indisi. |
| **Поддиапазон**  **uz - quyi diapazon (poddiapazon)**  **en - subband** | Часть диапазона рабочих частот, в пределах которого обеспечивается работа радиостанции.  Ishchi chastotalar diapazonining bir qismi bo‘lib, uning chegarasida radiostansiyaning ishi ta’minlanadi. |
| **помехозащищенность**  **uz - xalaqitdan himoyalanganlik**  **en - error performance** | Показатель, характеризующий степень устойчивости работы аппаратуры при появлении ошибок в принятых символах.  Qabul qilingan simvollarda xato paydo bo‘lganida apparatura ishining barqarorlik darajasini tavsiflovchi ko‘rsatkich. |
| **помехозащищенность, помехоустойчивость**  **uz - xalaqitdan himoyalangan-lik, xalaqitga chidamlilik**  **en - jam-protection, jam-resistance** | Способность радиостанции устойчиво функционировать в условиях воздействия преднамеренных помех. Помехоустойчивость обеспечивается за счет использования одного или нескольких видов селекции сигнала, основанных на использовании различий между полезным сигналом и преднамеренными помехами. Наиболее эффективна пространственная селекция, при которой в диаграмме направленности антенны формируется провал, ориентированный на источник помех.  Ataylab qilinadigan xalaqitlar sharoitida radiostansiyaning barqaror ishlay olish qobiliyati. Xalaqitga chidamlilik foydali signal va ataylab qilinuvchi xalaqitlar o‘rtasidagi tafovutdan foydalanishga asoslangan, bir yoki bir necha turdagi signallarning seleksiyasidan foydalanish evaziga ta’minlanadi. Fazoviy seleksiya eng samarali bo‘lib, unda antennaning yo‘nalganlik diagrammasida xalaqitlar manbaiga mo‘ljallangan botiqlik hosil bo‘ladi. |
| **Преобразование**  **uz - o‘zgartirish**  **en - transformation** | Замена одного сигнала другим, получаемым из первого по определенным правилам.  Birinchi signalni undan ma’lum qoidalar bo‘yicha olinadigan boshqa signal bilan almashtirish. |
| **Приемопередатчик; трансивер**  **uz - qabul qilgich-uzatkich; transiver**  **en - transceiver** | Комбинация передающего и приемного устройства, размещенных в одном корпусе. Обычно реализуется в портативном или мобильном вариантах исполнения.  Bitta korpusda joylashgan qabul qiluvchi va uzatuvchi qurilmalarning kombinatsiyasi. Odatda, portativ yoki mobil variantlarda ishlab chiqariladi. |
| **прямая видимость**  **uz - to‘g‘ridan-to‘g‘ri ko‘rinish**  **en - Line-Of-Sight (LOS)** | Наличие геометрической (оптической) видимости между передающей и приемной антеннами. Термин также употребляется как прилагательное «в пределах прямой видимости» или «радиорелейный» (о трассе).  Uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalar o‘rtasida geometrik (optik) ko‘rinishning mavjudligi. Atama, shuningdek, «to‘g‘ridan-to‘g‘ri ko‘rinish chegarasida» yoki «radioreleli» (trassa haqida) mazmunlarida ham qo‘llaniladi. |
| **Радиоканал**  **uz - radiokanal**  **en - radio channel** | Полоса частот, образующая канал, достаточная для организации информационного обмена между передающим и приемным пунктами. Максимальная ширина полосы канала зависит от вида передаваемой информации, нестабильности частоты, величины доплеровского сдвига, а также частотно-селективных свойств передающей среды.  Uzatuvchi va qabul qiluvchi punktlar o‘rtasida axborot almashuvini ta’minlash uchun etarli kanal hosil qiladigan chastotalar polosasi. Kanal polosasining maksimal kengligi uzatiladigan axborot turi, chastota nostabilligi, Doppler siljishi kattaligi, shuningdek, uzatuvchi muhitning chastotaviy-selektiv xossalariga bog‘liq bo‘ladi. |
| **Сверхвысокая частота, СВЧ uz - o‘ta yuqori chastota, O‘YUCH**  **en - superhigh frequency (SHF)** | Область частот, лежащих в диапазоне от 3 до 30 GHz. Диапазон СВЧ используется в системах фиксированной спутниковой и радиорелейной связи.  3 dan 30 GHz gacha bo‘lgan diapazondagi chastotalar sohasi. Qayd etilgan yo‘ldoshli va radioreleli aloqa tizimlarida qo‘llaniladi. |
| **Сигнал**  **uz - signal**  **en - signal** | Изменяющаяся во времени физическая величина, используемая для передачи различных видов информации, а также оповещения о каких-либо событиях или состояниях объектов.  Vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi, turli xildagi axborotlarni uzatish, shuningdek, qandaydir voqea yoki ob’ektlarning holati haqida xabar berish uchun foydalaniladigan fizik kattalik. |
| **Синтезатор**  **uz - sintezator**  **en - synthesizer** | Генератор, формирующий большое число рабочих частот от одного источника опорных колебаний.  Tayanch tebranishlarning bitta manbaidan ko‘p sonli ishchi chastotalarni shakllantiruvchi generator. |
| **Спектр**  **uz - spektr**  **en - spectrum** | Функция, описывающая зависимость изменения амплитуды и фазы сигнала от частоты и однозначно определяющая его характеристики и свойства. Спектр любого сигнала может быть представлен в виде суммы большого числа гармонических колебаний с различными частотами, амплитудами и фазами. Такое разложение на гармонические составляющие называется спектральным разложением, а его свойства могут быть описаны с помощью распределения спектра амплитуд (энергетический спектр) и спектра фаз.  Signal amplitudasi va fazasining chastotaga bog‘liq ravishda o‘zgarishini tavsiflovchi hamda signalning xarakteristika va xossalarini qat’iy belgilovchi funksiya. Har qanday signalning spektri turli chastota, amplituda va fazadagi garmonik tebranishlarning yig‘indisi tarzida ifodalanishi mumkin. Garmonik tashkil etuvchilarga bunday ajratish spektral parchalanish deyiladi, uning xossalari esa amplitudalar spektri (energetik spektr) va fazalar spektrini taqsimlash yordamida tavsiflanishi mumkin. |
| **Супергетеродинный радиоприемник**  **uz - supergeterodinli radioqabulqilgich**  **en - superheterodyne receiver** | Радиоприемное устройство, в котором входной сигнал с помощью смесителя переносится на промежуточную частоту, а затем осуществляется его усиление и демодуляция. Основными преимуществами супергетеродинного приемника является высокая чувствительность и избирательность.  Kirish signalini aralashtirgich yordamida oraliq chastotaga ko‘chirib o‘tkaziladigan, so‘ngra uning kuchaytirilishi va demodulyasiyasi sodir bo‘ladigan radio qabul qilish qurilmasi. Supergeterodinli qabul qilgichning asosiy ustunligi – yuqori sezgirlik va tanlovchanlikdir. |
| **фильтр нижних частот**  **uz - quyi chastotalar filtri**  **en - low-pass filter** | Фильтр, который пропускает все частоты, лежащие ниже заданной частоты и отсекает остальные.  Berilgan chastotadan pastdagi barcha chastotalarni o‘tkazadigan va boshqalarini kesib tashlaydigan filtr. |

**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. Радиопередающие устройства: Учебник для вузов/ В.В.Шахгильдян, В.Б. Козырев, А.А.Ляховкин и др.; Под ред. В.В.Шахгильдяна. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1996. – 560 с.: ил.

3. Радиопередающие устройства: Учебник/ В.И.Каганов. – М.: ИРПО: Издательский центр «Академия», 2002. – 282 с.

4. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики. Учеб. пособие / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. - М. : ЭКО-ТРЕНДЗ, 2005. - 392 с. : ил.

5. Радиоприёмные устройства. Учебник для вузов/ Н.Н.Фомин, Н.Н.Буга, О.В.Головин и др.; Под ред.Н.Н. Фомина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 520 с.: ил.

6. Головин О.В. Радиоприемные устройства. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 384 с.: ил.

7. Онищук А.Г., Забеньков И.И., Амелин А.М. Радиоприёмные устройства. Уч. пособие. Минск, ООО «Новые знания», 2005. – 240 с.

8. A.Abduazizov. Elektraloqa nazariyasi. (Darslik). – T.: «Fan va texnologiya», 2011, 416 b.

9. A.Abduazizov, D.Davronbekov. Radiouzatish va qabul qilish qurilmalari. O‘quv qo‘llanma. –T.: “Fan va texnologiya”, 2011, 272 b.

10. М.Мухитдиновнинг умумий таҳрири остида. Мобил алоқа тизимларига оид атамаларнинг русча- ўзбекча изоҳли луғати. Ўзбекистон алоқа ва ахборотлаштириш агентлиги. Фан-техника ва маркетинг тадқиқотлари маркази. Т.: 2008, 292 б.

11. М.Маҳмудовнинг умумий таҳрири остида. Симсиз фойдаланиш тизимларига оид атамаларнинг русча-ўзбекча изоҳли луғати. Ўзбекистон алоқа ва ахборотлаштириш агентлиги. «UNICON.UZ» – Фан-техника ва маркетинг тадқиқотлари маркази Давлат унитар корхонаси («UNICON.UZ» ДУК).Т.: 2010, 192 б.

D.A. Davronbekov, U.T. Aliyev

“TELERADIOESHITTIRISHDA UZATISH VA QABUL QILISH QURILMALARI”

fanidan o‘quv darsligi 5350100 – Telekommunikatsiya texnologiyalar: Teleradioeshittirish ta’lim yo‘nalishi bo‘yicha bakalavrlar uchun mo‘ljallangan

Retsenzentlar: TDTU, “Radiotexnika qurilmalar va tizimlar” kafedrasi mudiri, t.f.n., dots. А.A. Yarmuxamedov

TATU, “Teleradioeshittirish” kafedrasi mudiri, t.f.d., dots. B.N. Raximov

Korrektor:

“O’zbek va rus tillar” kafedrasi mudiri, f.f.n., dots. S.X. Abdullayeva

Ma’sul muharrir:

“Mobil aloqa texnologiyalari” kafedrasi mudiri, t.f.n., dots. Sh.U. Pulatov