

621.394
214

D.A. DAVRONBEKOV, U.T. ALIYEV

TELERADIOESHITTIRISHDA UZATISH VA QABUL QILISH QURILMALARI



**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 dekabrda 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'liq lampasidagi generator.....	49
3.7	Magnetron yoki M-turli asboblari.....	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'liq 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 xarakteristikalar.....	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‘zbekiston 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 yillarda O‘zbekiston Respublikasini beshta ustuvor rivojlantirish yo‘nalishlari harakatlar strategiyasi” qabul qilingan. Strategiyada davlat va jamiyat qurilishini takomillashtirish, qonun ustunligini ta‘minlash va sud-huquq tizimini keyingi isloh qilish, iqtisodni rivojlantirish va liballashtirish, 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‘nalishlardan 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 qurilmalari” 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.

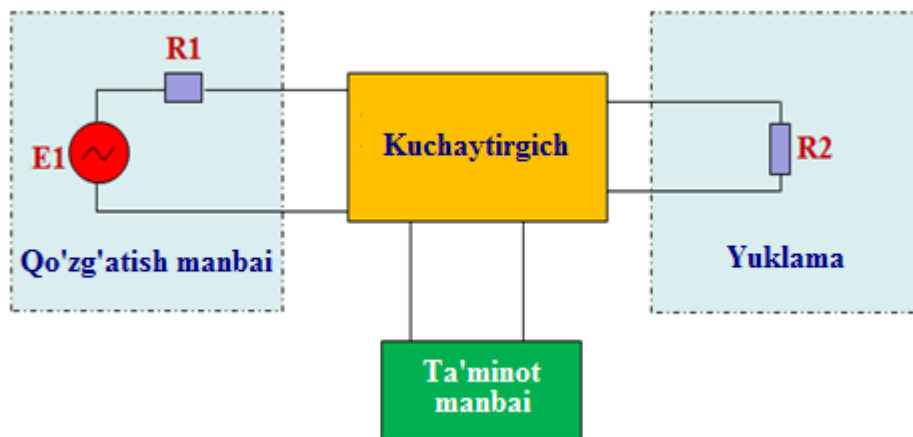
Kichik quvvatli o'zgaruvchan signalning parametrlarini buzmasdan, o'zgarmas kuchlanish manbaining quvvati hisobiga kuchaytirib beruvchi qurilmaga **elektron kuchaytirgich** deyiladi. Quvvatni kuchaytirish samarasi qurilmada energiyasi chiqishda oshirilgan quvvatni hosil qilish uchun ishlatiladigan qandaydir 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.

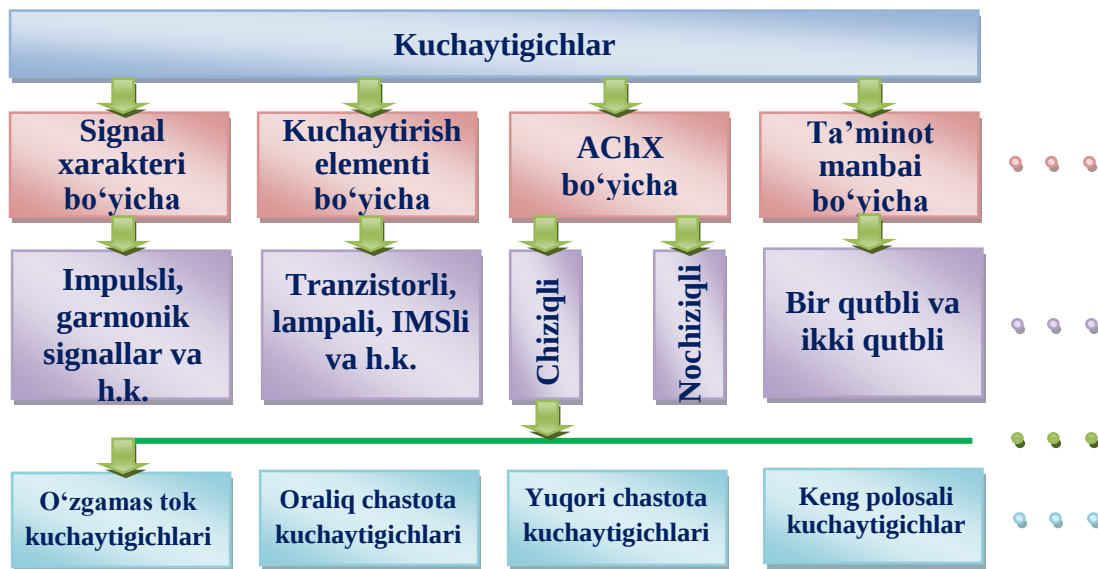
Bitta kuchaytiruvchi elementi bo'lgan zanjir **kaskad** deyiladi.

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.



1.2- rasm. Kuchaytirgichlar turlari

Kuchaytirgichlarning asosiy texnik ko'rsatkichlariga quyidagilar kiradi:

- kuchaytirish ko'effitsienti (tok bo'yicha, kuchlanish bo'yicha, quvvat bo'yicha):
- kirish va chiqish qarshiligi;
- chiqish quvvati;
- foydali ish ko'effitsienti;
- nominal kirish kuchlanishi (sezgirlik);
- chastota bo'yicha kuchaytirish oralig'i;
- amplituda bo'yicha dinamik diapazon;
- signal shaklini buzilishi;
- chastota, faza va nochiziqli buzilishlar

Kuchaytirish ko'effitsienti – chiqishdagi signal amplitudasini kirishdagi signal amplitudasiga nisbatan necha barobar ortganini ko'rsatadi. Ularga quyidagi kuchaytirish ko'effitsientlari kiradi:

- kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsienti $K_u = U_2 / U_1$;
- tok bo'yicha kuchaytirish ko'effitsienti $K_i = I_2 / I_1$;

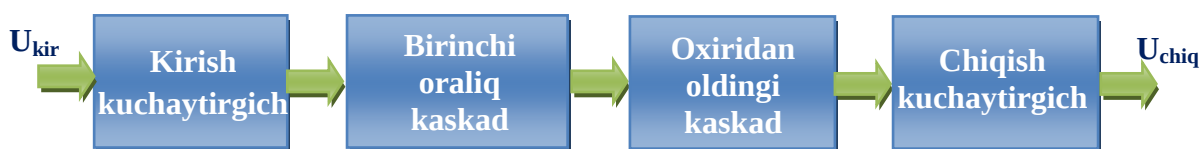
- quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsienti $K_r = R_2 / R_1$;

bu yerda U_1, I_1, U_2, I_2 , – kuchlanishi va toklarning amplituda qiymatlari.

$P_1 = U_1 I_1$ va $P_2 = U_2 I_2$ ekanligi sababli, quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsienti $K_p = K_u K_i$ bo'ladi.

Kuchaytirish ko'effitsientining 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 ko'effitsienti alohida kaskadlar kuchaytirish ko'effitsientlarining ko'paytmasiga teng. Bir necha kuchaytirish kaskadlari ketma-ket ulanganida ularning kuchaytirish ko'effitsientlarining ko'paytmasi tizimning umumiy kuchaytirish ko'effitsientni aniqlaydi:

$$K_{umum} = K_1, K_2 \dots K_n \quad (1.1)$$



1.3-rasm. Ko'p kaskadli kuchaytirgichning tuzilish sxemasi

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

$$K_P [dB] = 10 \lg (P_2/P_1) = 10 \lg K_P \quad (1.2)$$

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

$$K_I [dB] = 20 \lg (I_2/I_1) = 20 \lg K_I,$$

$$K_U [dB] = 20 \lg (U_2/U_1) = 20 \lg K_U.$$

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

$$K_m = 10^{K_{dB}/N},$$

bu yerda $N=10$ quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsientini hisoblashda va $N=20$ tok va kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsientini hisoblashda olinadi.

Kuchaytirish ko'effitsientlarini 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 $K_u = 1$ dB olinsa, u holda kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsientini aniqlashda quyidagicha bo'ladi:

$$K_u = 10^{K, dB/20} = 10^{1/20} = 1,12$$

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 koefitsienti (1.2) formuladan farqli ravishda alohida kaskadlar kuchaytirish koefitsientlarining yig'indisi orqali aniqlanadi, ya'ni:

$$K_{umum} [dB] = K_1 [dB] + K_2 [dB] + \dots + K_n [dB]$$

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

$$\bar{K} = \frac{U_{chik} \cdot e^{j\varphi_{chik}}}{U_{kir} \cdot e^{j\varphi_{kir}}} = \frac{U_{chik}}{U_{kir}} \cdot e^{j(\varphi_{chik} - \varphi_{kir})}$$

yoki

$$\bar{K} = K_m e^{j\varphi},$$

bu yerda $K_m = (U_{chik} / U_{kir})$ – kuchaytirish koefitsientining moduli;

$\varphi = (\varphi_{chik} - \varphi_{kir})$ – kirish va chiqish kuchlanishlari orasidagi fazalarning surilishi burchagi.

Odatda, kuchaytirish ko'effitsienti qaralayotganda uning moduli nazarda tutiladi. Fazaviy surilish (kuchaytirish ko'effitsientining 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.



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.

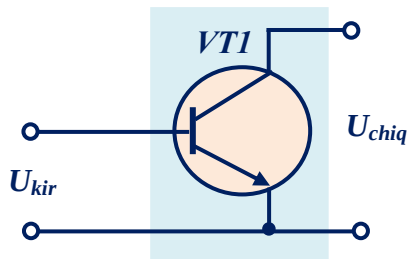
Bipolyar tranzistorning ulanish sxemalari

Umumiy emitterli (UEli) sxema

UEli sxema quvvat bo‘yicha eng katta kuchaytirish 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.



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 f_{β} (f_{h21e}) chastota orqali cheklangan.

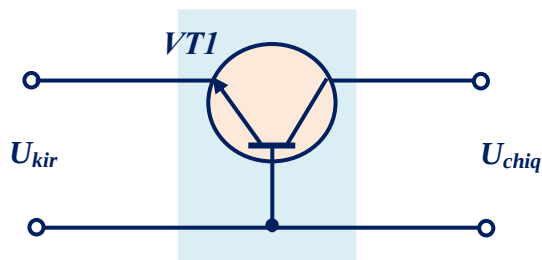
Umumiy bazali sxema

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.



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

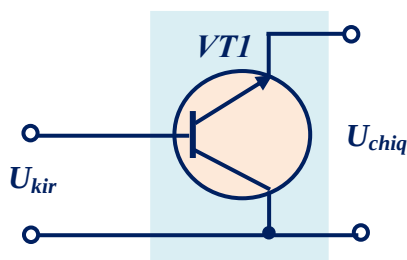
Umumiy bazali sxemaning amplituda-chastotaviy xarakteristikasi barcha ulanish sxemalari ichida eng keng polosali hisoblanadi, shuning uchun u yuqori chastotali radiochastota kuchaytirgichlarida ishlatiladi. Umumiy bazali sxemaning chastotaviy xarakteristikasi tranzistorning f_α (f_{h21b}) chegaraviy 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.



1.7- rasm. Tranzistorning umumiy kollektorli ulanishining funksional sxemasi

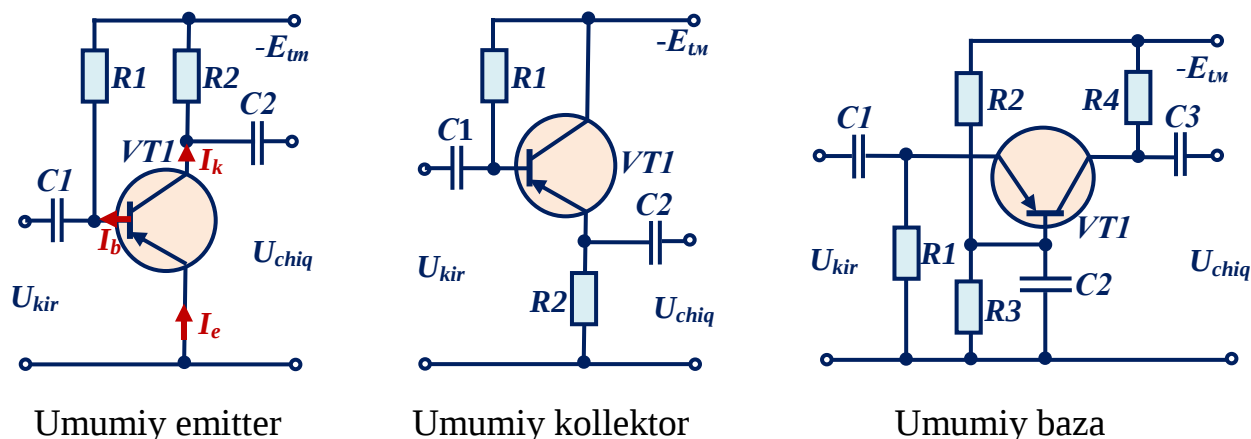
Tranzistorning umumiy kollektorli ulanishi sxemasining amplituda-chastotaviy xarakteristikasi etarlicha keng polosali hisoblanadi. lekin kuchaytirgichning o'tkazish polosasi umumiy kollektorli ulanishi sxemasining katta kirish qarshiligini parazit sig'implar bilan shuntlanish tufayli jiddiy cheklanishi 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

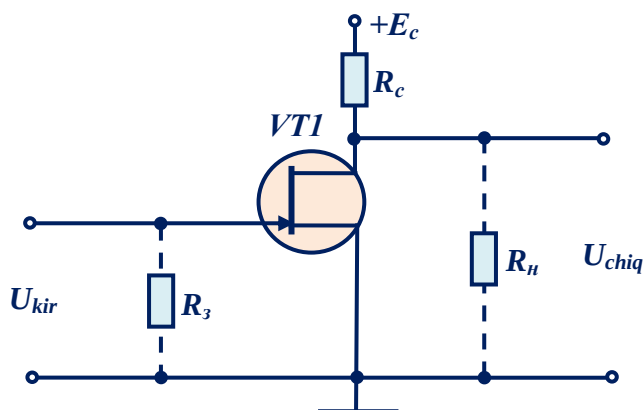
tushuntiriladigan omillardan biri hisoblanadi. Maydoniy tranzistorlarning asosiy ulanish sxemalarini umumiy asosda ko‘rib chiqamiz.



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

Umumiy istokli ulanish

Maydoniy tranzistorlarni umumiy 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).



1.9- rasm. Maydoniy tranzistorni umumiy istokli ulanishi

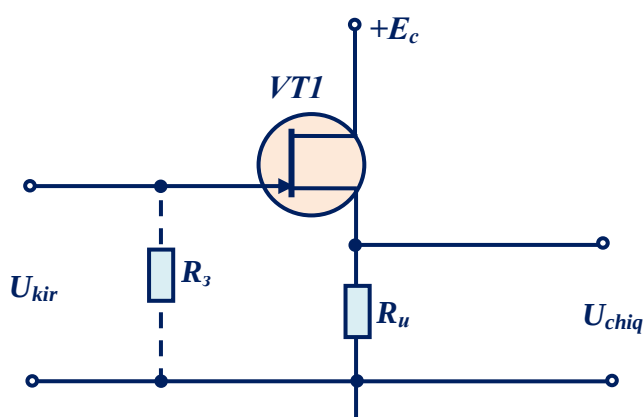
Zatvor-istok to'g'ridan-to'g'ri o'tishining kirish qarshiligi yuzlab megaomlarga yetadi, uni zatvorni umumiy o'tkazgichga galvanik tortish (maydoniy tranzistorni o'tishlardan himoyalash) maqsadida zatvor va istok orasiga rezistorni qo'shish bilan kamaytirish mumkin.

Bu R_z 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 R_s 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).

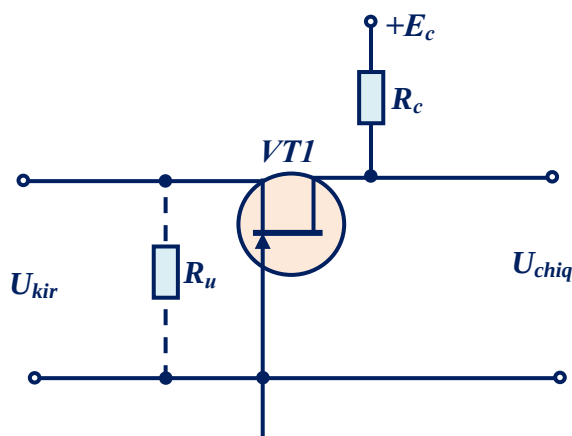


1.10- rasm. Maydoniy tranzistorni umumiy stokli ulanishi

Zatvor-istok o'tishining kirish qarshiligi odingi holdagi kabi yuzlab megaomlarga yetadi, bunda R_i 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).



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.

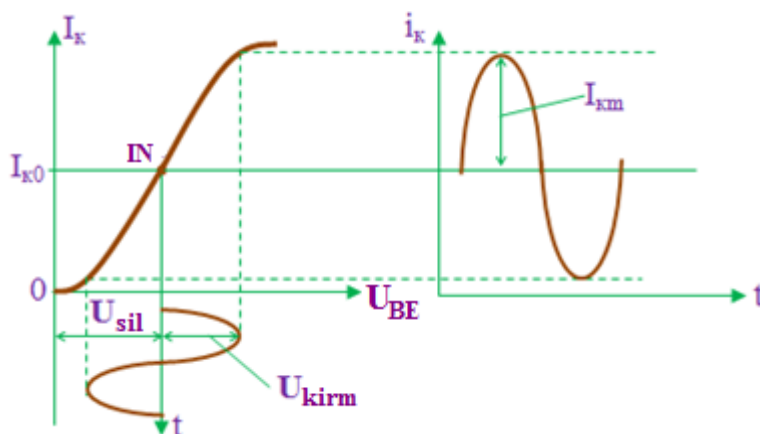
Bu ulanish sxemasida tok bo'yicha parallel manfiy teskari aloqa xususiyati mavjud, ya'ni boshqarish kirish kuchlanishi ortganida istokning potentsiali ortadi,

mos ravishda stok toki kamayadi va istok zanjirining R_i 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.

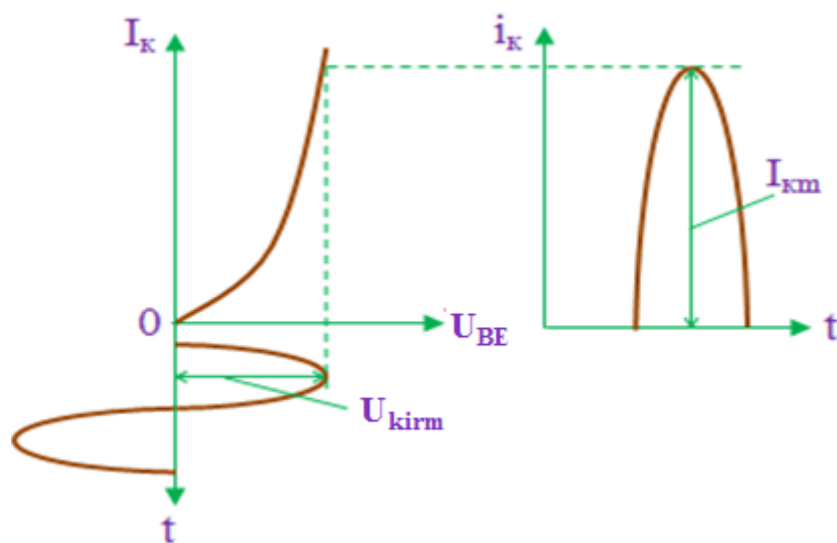
A rejim. Bunda signal bo'lmaganida sxemaning holatini aniqlaydigan va I_{k0} osoyishtalik toki deyiladigan IN dastlabki ishchi nuqta xarakteristika chiziqli qismining taxminan o'rtasida joylashadi (1.12- rasm). Bu rejimda U_{sil} siljitish kuchlanishi U_{kirm} kirish kuchlanishidan doimo katta, ya'ni $U_{sil} > U_{kirm}$ bo'ladi, kollektor tokining o'zgarmas tashkil etuvchisi esa o'zgaruvchan tashkil etuvchidan katta bo'ladi yoki taxminan unga teng, ya'ni $I_{k0} \geq I_{km}$ 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

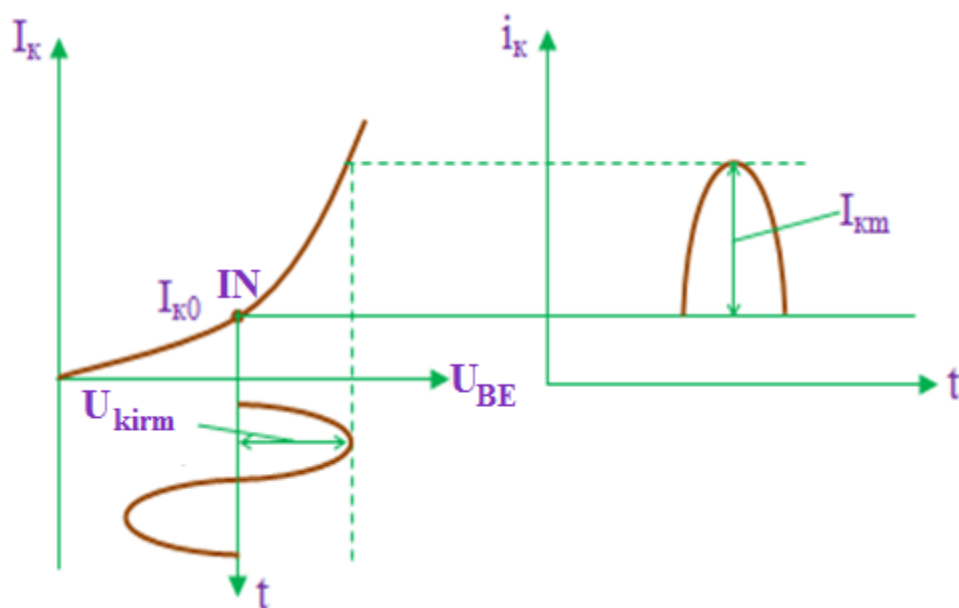
V ish rejimi. Bu rejimda dastlabki ishchi nuqta koordinatalar boshi bilan mos tushadi, ya'ni osoyishtalik toki $I_{k0}=0$ bo'ladi. Kirishga sinusoidal signal berilganida chiqish zanjiridagi tok davrning yarmi davomida oqib o'tadi va $\theta=\pi/2$

kesish burchagili impulslar shakliga ega bo‘ladi. V rejimda ishlaydigan kaskadning foydali ish koeffitsienti 60–70%. Lekin chiqish signalining shakli o‘tish xarakteristikasining nochiqli oralig‘i tufayli buziladi (1.13- rasm).



1.13- rasm. V ish rejimi

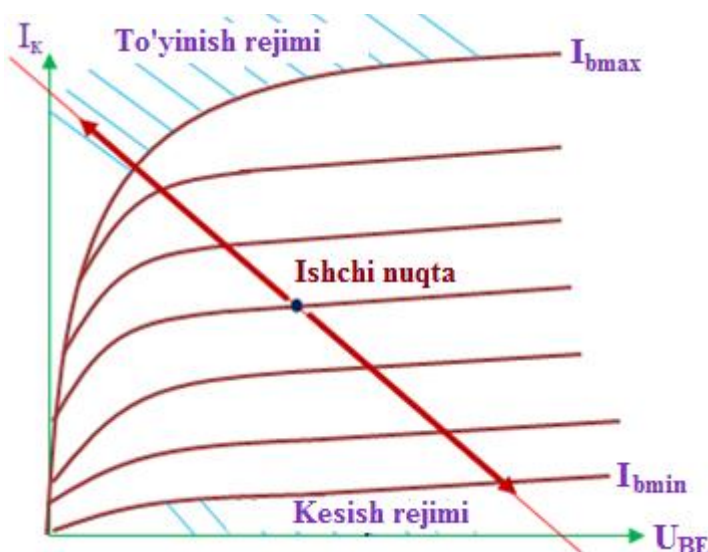
AV rejim oraliq holatni egallaydi (1.14- rasm). Bu rejimda kesish burchagi dastlabki IN ishchi nuqtani I_{ko} osoyishtalik toki yordamida noldan uzatish xarakteristikasining chiziqli oralig‘i boshlanishiga surish hisobiga birmuncha katta bo‘ladi.



1.14- rasm. AV ish rejimi

C ish rejimi. Bunda i_k tok kirish signali davrining yarmidan kam vaqt oralig'i davomida, $\theta < \pi/2$ da 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 ko'effitsientidan, 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 impulsar ketma-ketligiga o'zgartiriladi. Impuslarning takrorlanish chastotasi odatda 300-500 kGs chegaralarda olinadi, bu butun audio diapazon uchun optimal hisoblanadi. Agar

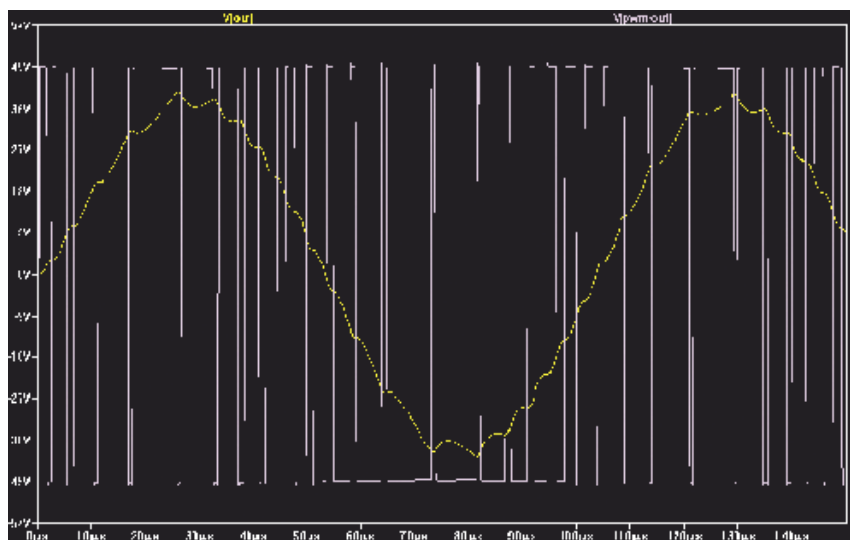
kuchaytirgich sabvufer kuchaytirgichi va faqat 100-200 Gs gacha diapazonni kuchaytirishi kerak bo'lsa, u holda qayta ulanish chastotasini 50-100 kGs gacha kamaytirish mumkin.

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 noxiziqli 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 U_{KE} 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 ossillogrammasi

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 ko'effitsientini 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 (R_{dc}) ham ancha kichik bo'ladi, demak, cho'lg'am simining qizishi ancha kamayadi.

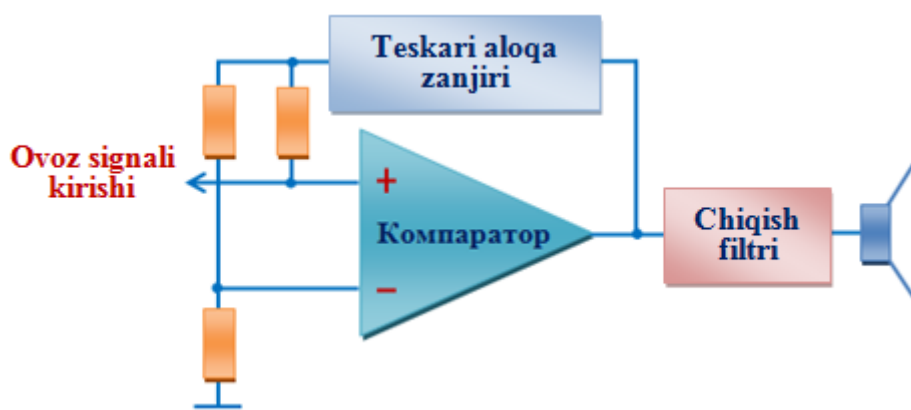
D sinfdagi kuchaytirgichlar uchta turga bo'linadi:

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



1.17- rasm. Tashqi arrasimon kuchlanish generatorili kuchaytirgich

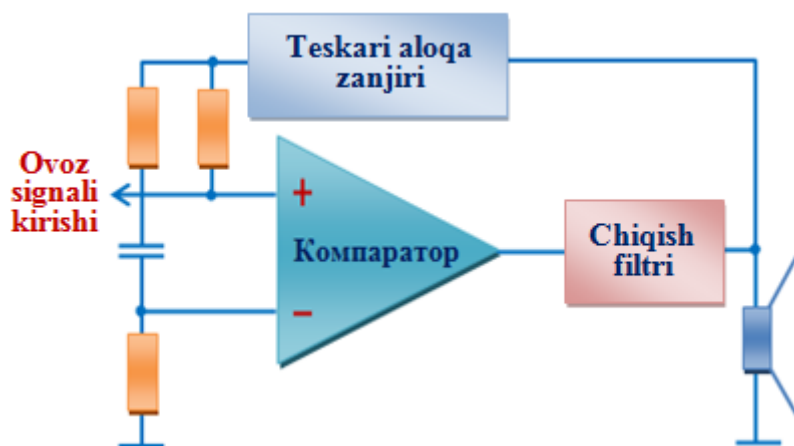
2) Avtogeneratsiyali kuchaytirgich (1.18- rasm).



1.18- rasm. Avtogeneratsiyali kuchaytirgich

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

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



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.

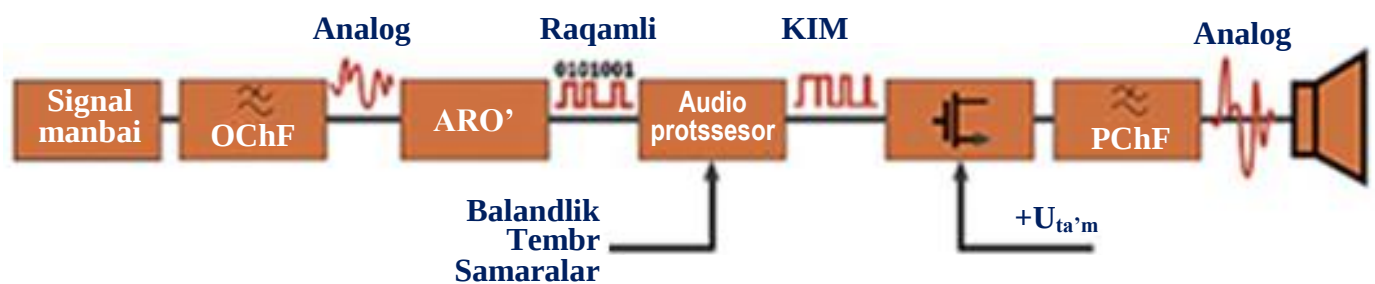
O‘z navbatida avtogeneratsiyali turdagi kuchaytirgichlar ikkita nimguruhlarga bo‘linadi, ularda teskari aloqa chiqish filtrigacha va undan keyin tashkil etiladi. Teskari aloqa chiqish filtrigacha amalga oshiriladigan sxemalarda u faqat quvvatli komparatorning nochiziqliligini tuzatadi, chiqish filtri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

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

Faza komparatorining oʻzida, chiqish filtrida va maxsus fazani suruvchi RC -zanjirda boʻlib oʻtadigan signalning kechikishi tufayli suriladi.

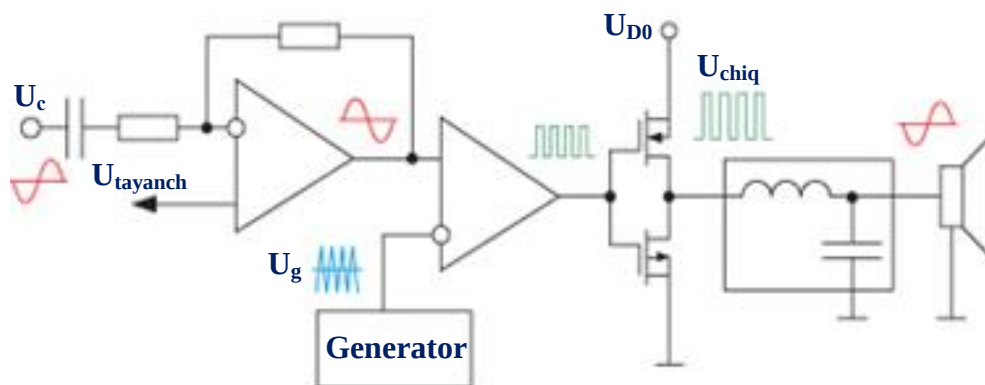
1.20- rasmda keltirilgan teskari aloqasiz kuchaytirgichning umumiy tuzilish sxemasini koʻrib chiqamiz.

Raqamlashtirilgan signal audio protsessorga beriladi, u oʻz navbatida, kenglik-impulsli modulyatsiyalash (PWM - *Pulse Width Modulation*) yordamida yarim oʻtkazgichli kalitlarni boshqaradi. Qoʻshimcha aytish mumkinki, SHIM-signalni, masalan, arrasimon kuchlanishni analog-raqamli oʻzgartirishsiz komparator va generator yordamida olish mumkin. Bunday usul D sinfdagi kuchaytirgichlarda ham keng qoʻllanadi, lekin raqamli texnikaning rivojlanishi tufayli asta-sekin oʻtmishda qolmoqda. Analog-raqamli oʻzgartirish ovozga ishlov berish boʻyicha qoʻshimcha imkoniyatlar – ovoz balandligi va tembrni rostlashdan tortib to reverberatsiya, shovqinni soʻndirish, akustik teskari aloqani soʻndirish va boshqalar kabi raqamli samaralarni amalga oshirishgacha imkoniyatlarni taʼminlaydi.

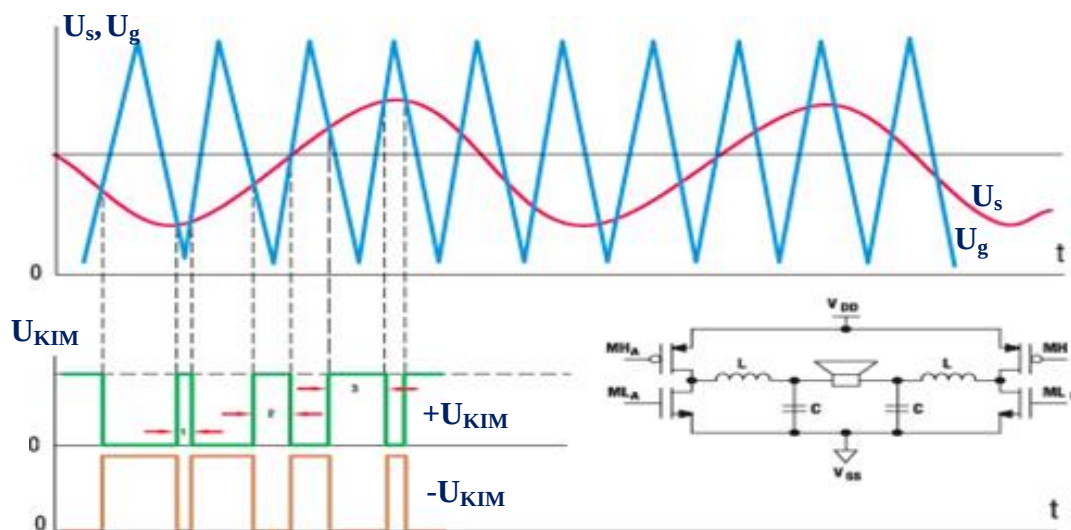


1.20- rasm. Raqamli kuchaytirgichning tuzilish sxemasi

D sinfdagi koʻpriksimon kuchaytirgichning toʻliq tuzilish sxemasi 1.21- rasmda, uning vaqt diagrammalari esa 1.22- rasmda keltirilgan.



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



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 asboblari, kondensatorlar, transformatorlar va ko'plab boshqa elementlar to'plamidan iborat. Eng takomillashgan konstruksiyalar to'lig'icha yarim o'tkazgichli gibridda 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;

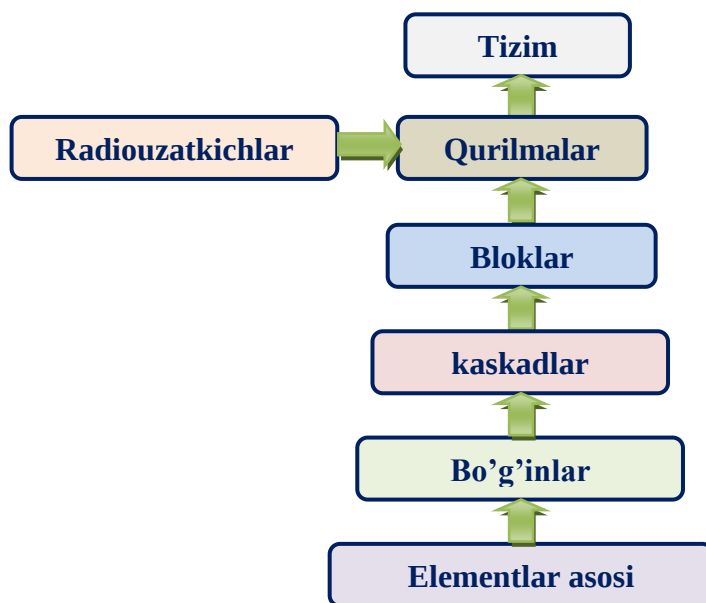
- turli xil ob'ektlarni radioboshqarish va radiotelemetrik nazorat qilish tizimlari;
- olis masofali, o'rta va yaqin ishlash radiusili radiolokatsion tizimlar.

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'z ichiga oladi. Qaralayotgan piramidaning aynan bu darajadasida radiouzatish qurilmalari joylashgan.

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



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'liqlik, uzun to'liqlik, qisqa to'liqlik, ultra qisqa to'liqlik, 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'liqlik diapazonlariga bog'langan turlari keltirilgan.

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.

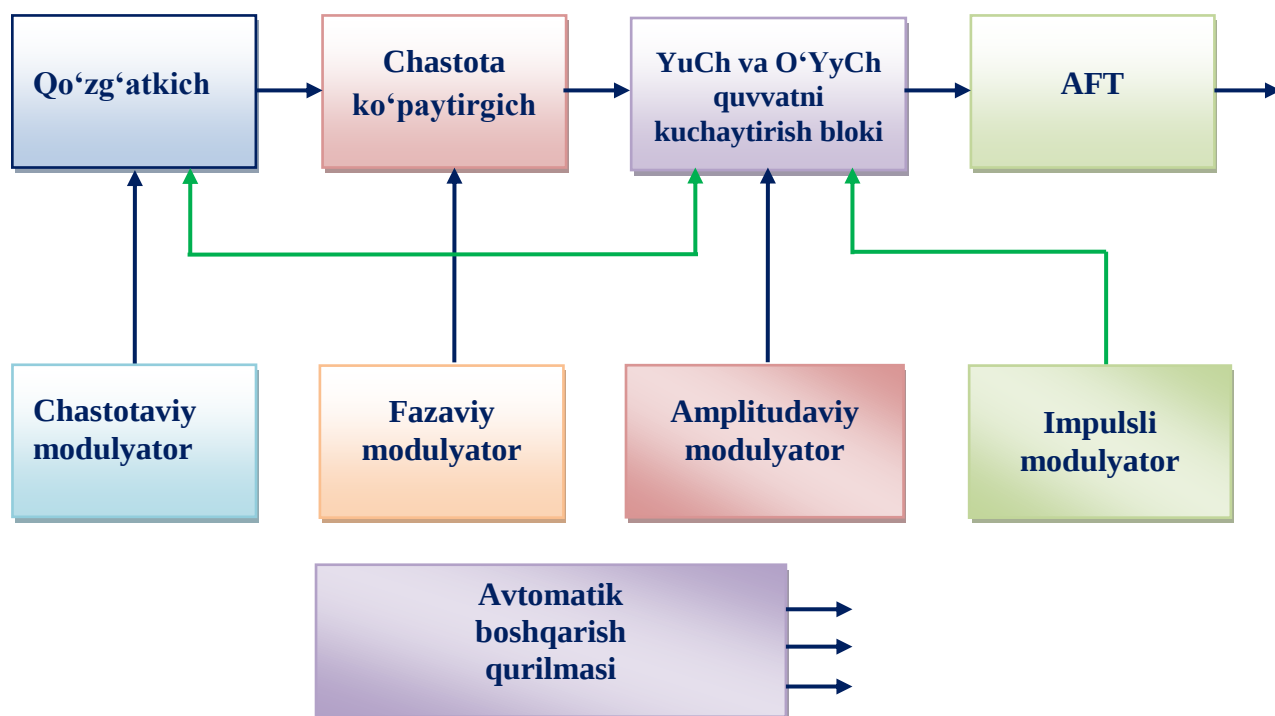
Radiouzatkich quyidagi kaskadlar va qismlardan tashkil topgan (2.2- rasm):

- 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.



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'atkichida yoki YuCh ko'paytirgichlarda va kuchaytirgichlarda, amplitudaviy va impulsli modulyatsiya esa YuCh kuchaytirgichlarda amalga oshiriladi.

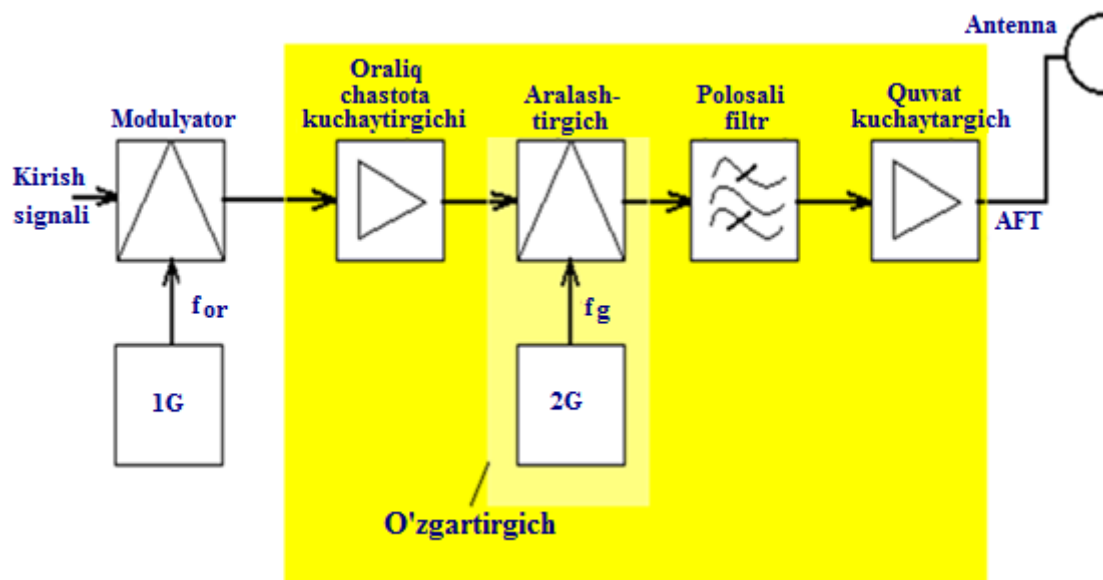
Avtomatik boshqarish qurilmasi yordamida RUQ parametrlarini avtomatik stabillash (birinchi navbatda quvvatni va temperaturaviy rejimni), normal ekspluatatsiya sharoitlari buzilganda himoya (masalan, antenna uzilganida) va boshqarish (o'chirish-yoqish, chastota bo'yicha qayta sozlash) amalga oshiriladi.

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 $|f_{OCh} + f_{Get}|$ yoki $|f_{OCh} - f_{Get}|$ chastotali o'zgartirilgan signal ajratib olinadi.

O'zgartirilgan signal quvvat kuchaytirgichida kuchaytirilganidan keyin antenna-fider qurilmasi orqali uzatish antennisiga 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

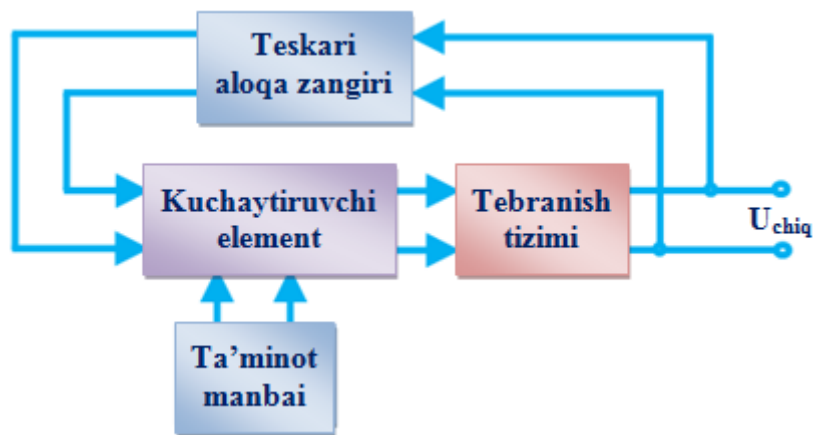
1. Uzatkichning vazifasi nima?
2. Radioaloqada to'lqinlar qaysi diapazonlarga bo'linadi?
3. Quvvat bo'yicha radiouzatkichlar qanday turlarga bo'linadi?
4. Uzatkichning kaskadlarini sanab o'ting.
5. Uzatkichning bloklarini sanab o'ting.
6. RUQning tuzilish sxemasini tushuntiring.

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

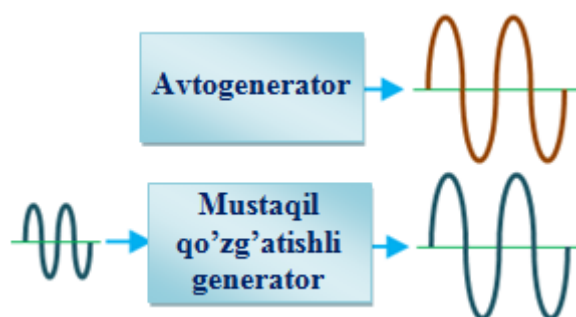
Sxema kuchaytiruvchi element (KE, tranzistor), uning yuklamasi tebranish konturi, teskari aloqa zanjiri (TAZ) va kuchlanish manbaidan iborat. Konturdagi kuchlanishning qismi TAZ orqali KEning kirishiga beriladi. Bu kuchlanish kuchaytiriladi va yana tebranish tizimiga beriladi. Bu kuchlanish kuchaytirilganidan 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;
 - klitronlardagi 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:

$$\frac{dW}{dt} = -e \frac{\partial U}{\partial t}$$

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

U – elektr maydon potentsiali;

$e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl – elektron zaryadi.

Past chastotalarda $\partial U / \partial t$ qiymat kichik, nolga yaqin, uning to'liq energiyasi o'zgarmaydi, O'YuCh diapazonda $\partial U / \partial t$ 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.

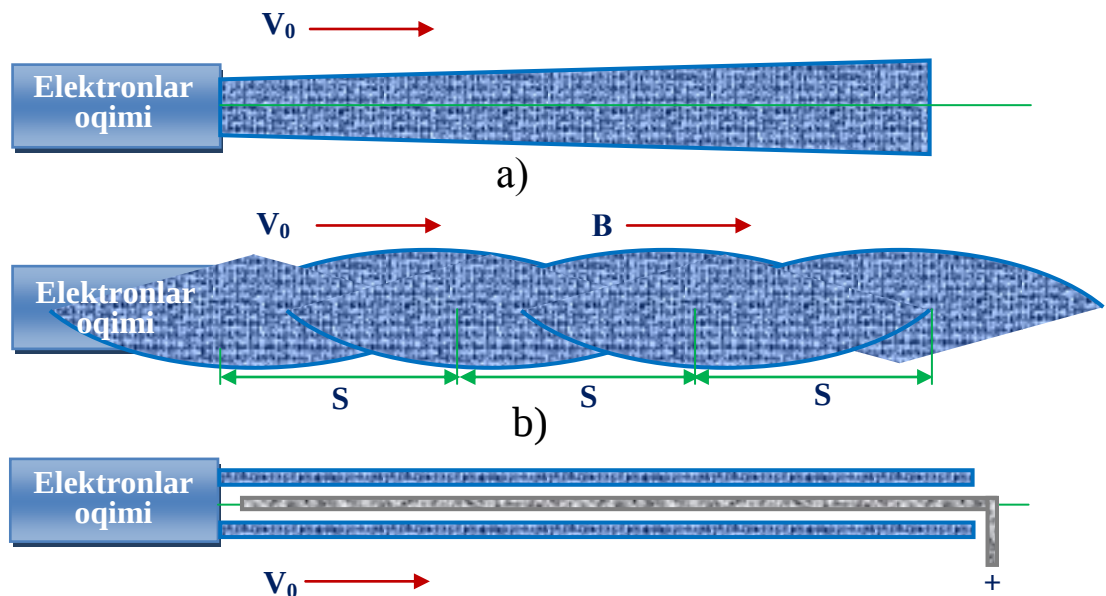
PCh asboblarda elektron oqim yo'lida tezkor lokal joylashgan tirqish hosil bo'ladi, u juda kichik energiya sarfi yo'li bilan elektronlar oqimining zichligini rostlaydi, bunda boshqarish davri elektronlarning uchib o'tish vaqtidan katta bo'ladi, shuning uchun bunday boshqarish statik boshqarish deyiladi, 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 asboblarda

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).

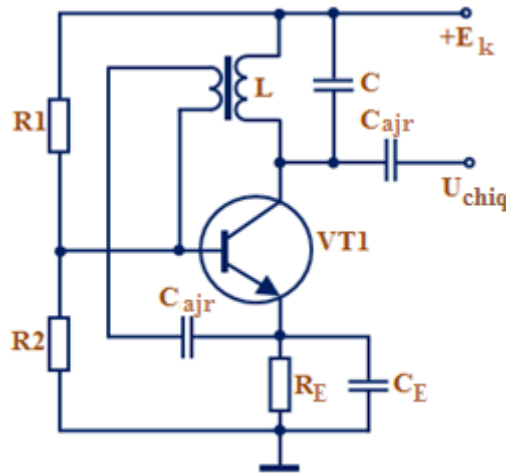


3.3- rasm. Fokuslovchi magnit maydon bo‘lganida (a) va bo‘lmaganidagi (b) elektron oqim, elektr maydon fokuslaydigan to‘liq elektron oqim (v)

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 S_{ajr}

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:

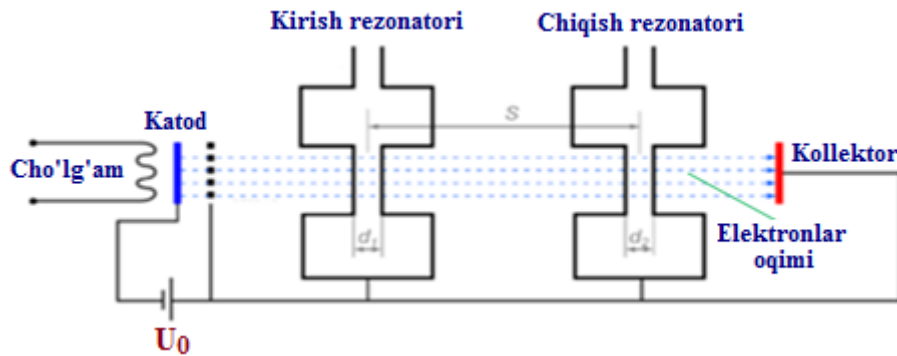
$$h \geq \frac{W_1}{W_2} \quad (3.1)$$

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

$$f \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \quad (3.2)$$

3.5. Klistronli generator

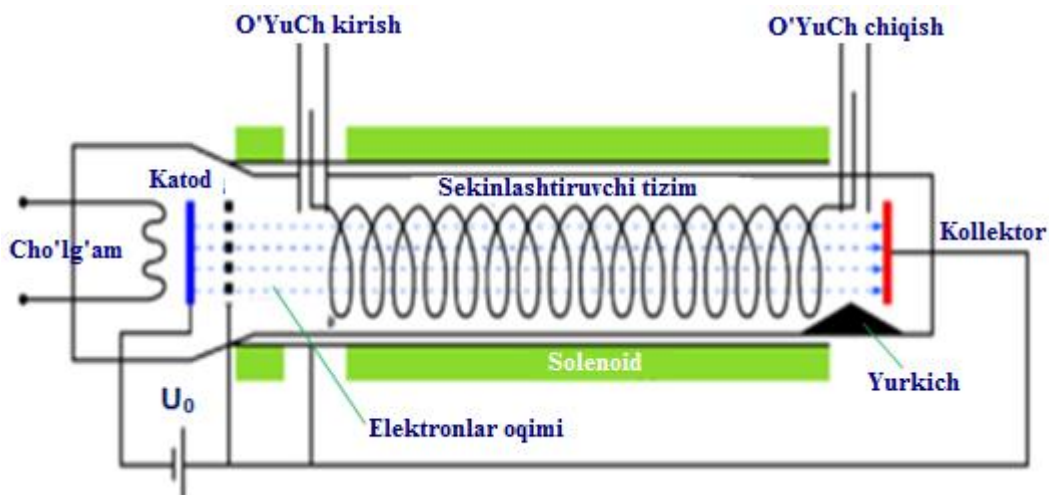
Klistron faqat O'YuCh diapazonda ishlatiladi. Unda ikki rezonator bo'lib, kirish rezonatoriga qo'zg'atish signali beriladi, chiqish rezonatoridan esa quvvat bo'yicha kuchaytirilgan signal olinadi (3.5- rasm).



3.5- rasm. Klistrondagi generator

3.6. O-turdagi yugurma to'qlin lampasidagi generator

O'YuCh elektromagnit tebranishlarni generatsiyalash va kuchaytirish uchun yugurma elektromagnit to'qlin va bir yo'nalishda haraktlanadigan elektron oqimning o'zaro ta'sirlashishi ishlatiladigan elektrovakuum asbob hisoblanadi. Yugurma to'qlin lampasining (YuTL) ishlash prinsipi elektron oqimning yugurma elektromagnit to'qlin 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 quvvatli 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 v_e tezlikli zaryad tashuvchilar elektronlar harakatlanadi. Vektori spiral bo‘ylab yo‘nalgan elektromagnit to‘lqinning v_f fazaviy tezligi yorug‘lik tezligidan o‘n barobar kam bo‘ladi. Bunda

quyidagi $v_e = v_f$ 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.

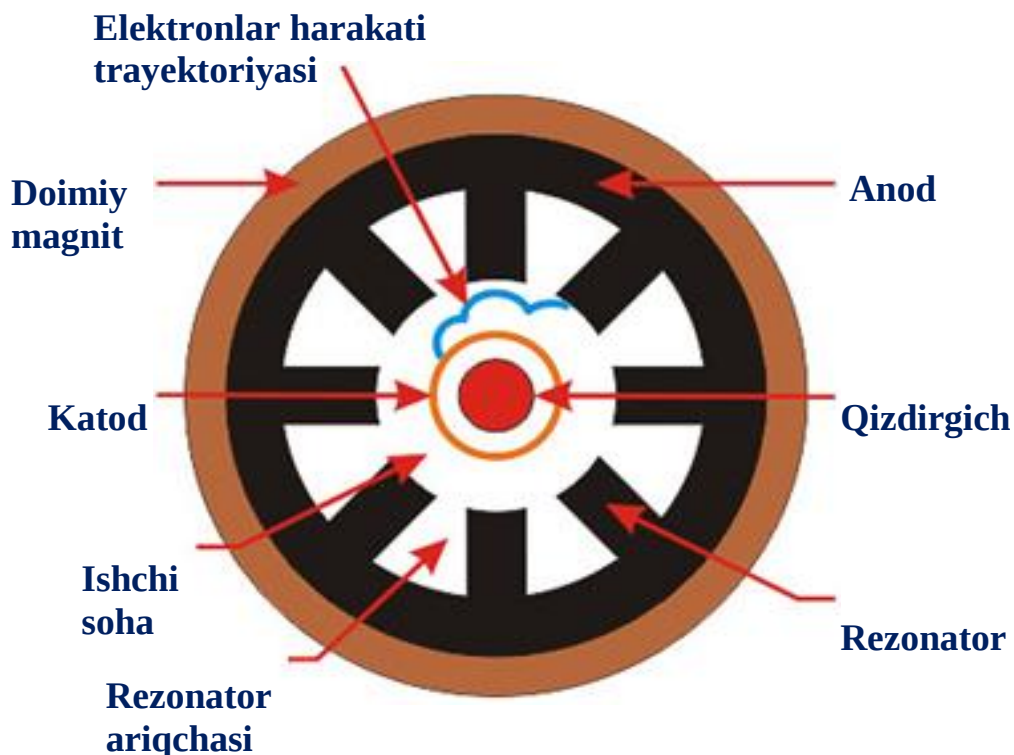
3.7. Magnetron yoki M-turli asboblari

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).



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'liqning 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'liqlarning 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 asboblarning ishlash prinsipini tushuntiring.

4. UZATKICHLARDA CHASTOTANI AVTOMATIK QAYTA SOZLASH USULLARI

4.1. Chastotani avtomatik qayta sozlashning vazifasi va tasniflanishi

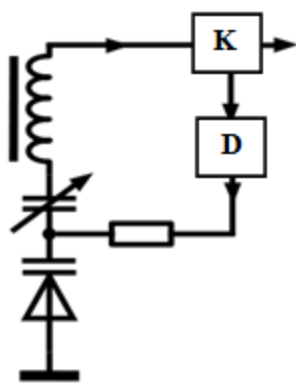
Turli maqsadlardagi zamonaviy radiotexnik qurilmalar va radioboshqarish tizimlarida radioavtomatika (RA) tizimlari deyiladigan avtomatik tizimlar keng qoʻllaniladi. Ularga chastotani fazaviy va chastotaviy avtomatik qayta sozlash qurilmalari, kuchaytirishni avtomatik rostlash qurilmalari, harakatlanayotgan ob'ektlarning koordinatalarini oʻlchash tizimlari, masofani oʻlchagichlar, 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 bogʻliq boʻlgan ularning oʻziga xos xususiyatlari orqali asoslanadi.

RA tizimlarining ishlash ishonchliligi va sifati koʻp jihatdan radioappaturalar va radioboshqarish tizimlarining xarakteristikalarini aniqlaydi. Chastotani avtomatik qayta sozlash tizimlari radioqabul qilish qurilmalarida, harakatlanadigan ob'ektlar tezligini oʻlchash dopler tizimlarida, signallar chastotaviy seleksiyalash qurilmalarida qoʻllanadi.

Chastotani avtomatik qayta sozlash (ChAQS) bu generator elektr tebranishlarining zarur chastotasini avtomatik oʻzgartirish yoki saqlash qurilmasi yoki usuli hisoblanadi. Usul teskari aloqa zanjiridan chastotaning farqi haqidagi ma'lumotlar bo'yicha generatorning chastotasini avtomatik qoʻshimcha 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 xarakteristikalarini 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

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;
- chastotaning absolyut qiymatini stabillash tizimi;

c) boshqarish turi bo‘yicha:

- elektron;
- elektr;

d) stabillanadigan parametрни 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 va qo‘shimcha generatoridan, masalan, chastota bo‘yicha yuqori stabil generatoridan 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 va ChM signallarni demodulyatsiyalash;
- tonal signallarni dekodlash;
- turli elektr dvigatellarning, masalan, diskli to‘plagichlar yuritmalaridagi dvigatellarning aylanish chastotasini stabillash va boshqarish;
- o‘lchash asboblarida, masalan, chastota o‘lchagichlarda;
- chastota sintezatorlarida va h.k..

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.

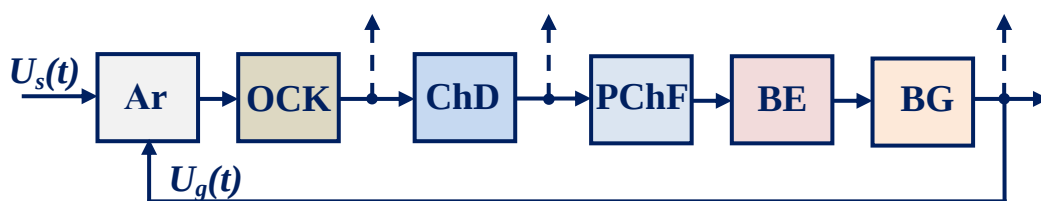
ChAQS tizimlari ikkita turlarga ajratiladi:

- chastotani chastota bo‘yicha avtomatik qayta sozlash tizimlari – ChChAQS;

- chastotani faza bo‘yicha avtomatik qayta sozlash tizimlari – ChFAQS.

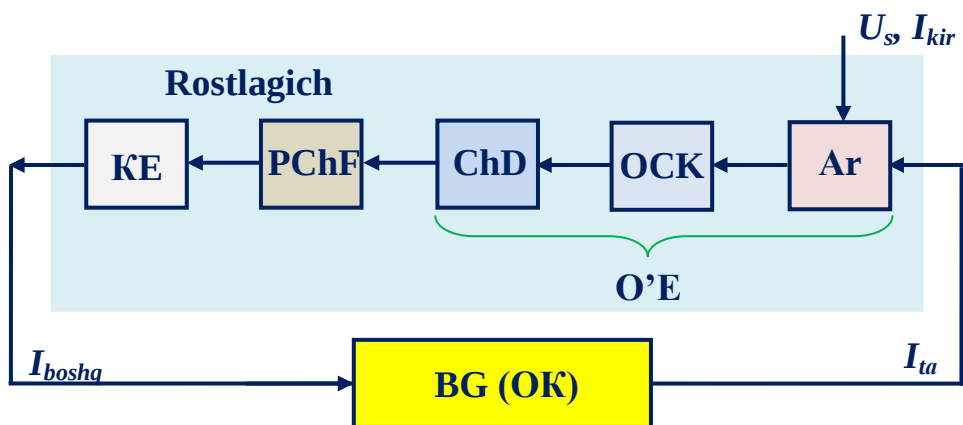
ChAQS tizimining funksional va umumlashtirilgan sxemasi 4.2- rasmda keltirilgan ko‘rinishga ega bo‘ladi.

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.



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



4.3- rasm. ChAQS tizimining umumlashtirilgan sxemasi

Aralashtirgichning kirishiga

$$\omega_s(t) = \omega_{0s} + \Delta\omega_s(t) \quad (4.1)$$

chastotali U_C signal va boshqariladigan generator chiqishidan

$$\omega_g(t) = \omega_{0g} + \Delta\omega_g(t) \quad (4.2)$$

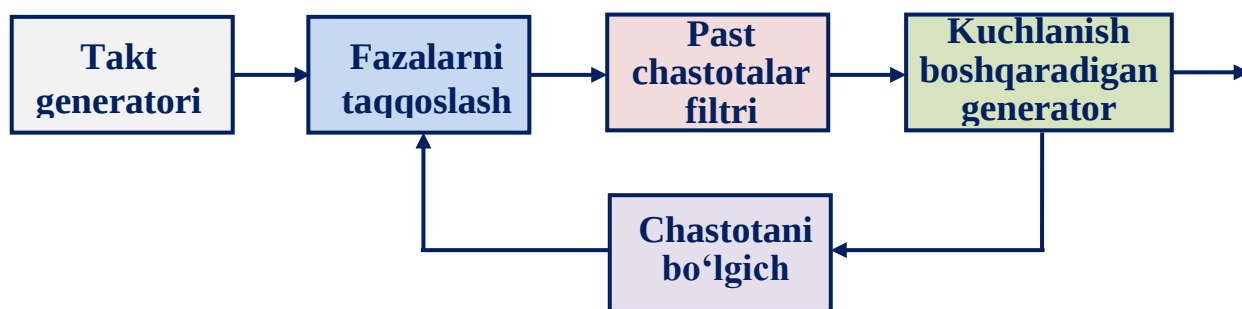
chastotali U_G kuchlanish beriladi.

Chastotani faza bo'yicha avtomatik qayta sozlash (ChFAQS, ingl. PLL) – boshqariladigan generatorning fazasini u tayanch signalining fazasiga teng bo'ladigan yoki vaqtga bog'liq ma'lum funktsiyaga 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 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 mikroprotsesszorlar, 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.



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;
- past chastotalar filtri;
- rostlanadigan generator;
- teskari aloqa (ko'pincha chastota bo'lgichini o'z ichiga oladigan).

Chastotani raqamli faza bo'yicha avtomatik qayta sozlash (ChRFAQS).

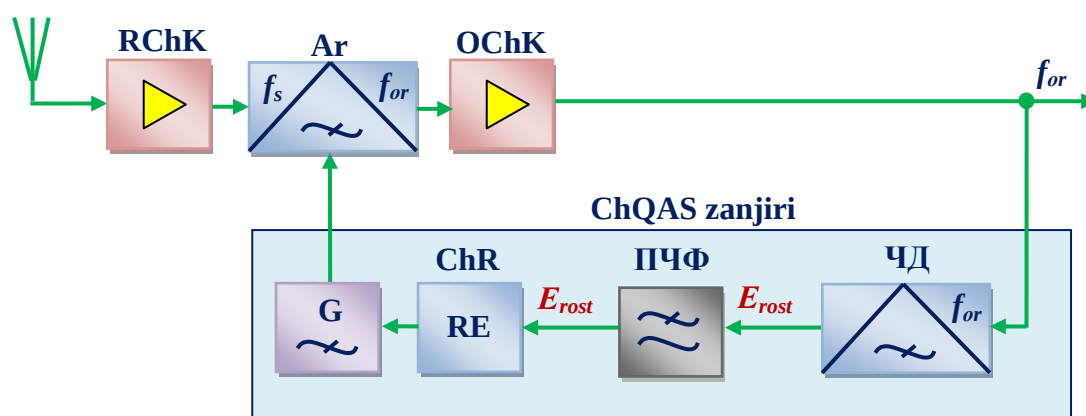
ChRFAQS analog ChFAQSga o'xshash ishlaydi, lekin to'liq raqamli sxemalar yordamida amalga oshiriladi. KBG o'rniga tizim soatlari yoki raqamli boshqariladigan hisoblagich-bo'lgich ishlatiladi. ChRFAQS ishlab chiqishda va yig'ishda oddiyroq, kuchlanish shovqinlariga kam sezgir (analog ChFAQSga qaraganda), 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 f_g chastotasi yoki qabul qilinadigan signal f_s chastotasining tasodifiy o'zgarishlari $f_{or} = f_g - f_s$ oraliq chastotaning o'zgarishiga olib keladi. Shuning uchun chastotani avtomatik qayta sozlash (ChAQS) masalasi f_{or} oraliq chastotani OCh trakt sozlangan chastotaga aniq mos kelishi uchun geterodinning chastotasini sozlash bilan amalga oshiriladi.

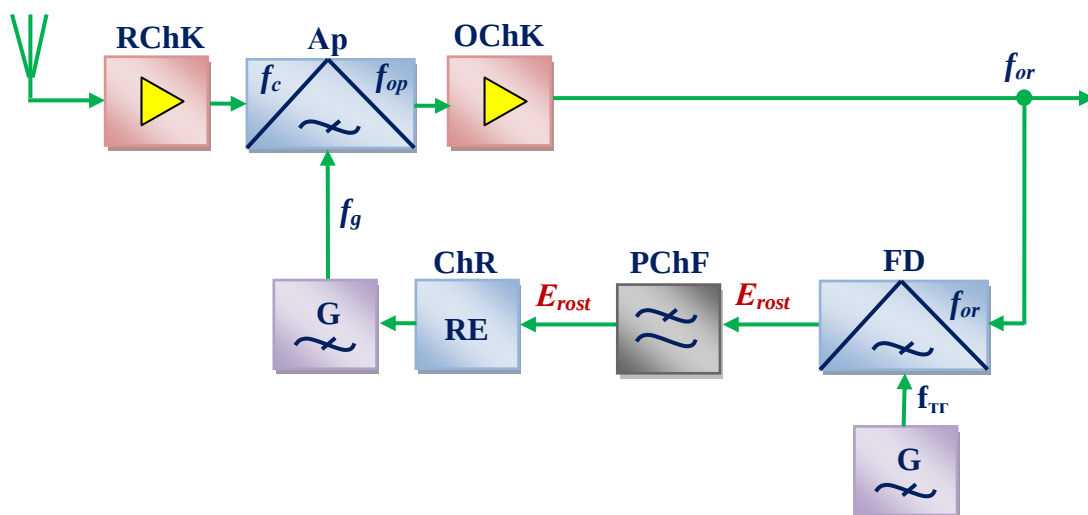
ChQAS uchun O'E o'lchovchi element, filtr va ChR chastota rostlagichidan tashkil topgan maxsus ChQAS zanjiri kiritiladi. O'E o'lchovchi element E_{rost} rostlash kuchlanishini ishlab chiqaradi. O'E o'lchovchi elementning turiga bog'liq ravishda ChQAS chastota bo'yicha va faza bo'yicha ChQASlarga ajratiladi. 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 f_{or0} nominal qiymatiga sozlanadi. $f_{or} = f_{or0}$ bo'lganda uning chiqishidagi kuchlanish nolga teng bo'ladi. f_{or} chastota f_{or0} chastotadan og'ganida chastotaviy detektor (ChD) chiqishida nosozlanish qiymatiga proporsional kuchlanish hosil bo'ladi, kuchlanishning qutbi nosozlanish yo'nalishiga bog'liq bo'ladi. E_{rost} 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 f_{or} chastota birmuncha ruxsat etiladigan xatolikli f_{or0} chastotaga teng bo'lmaguncha olib boriladi.



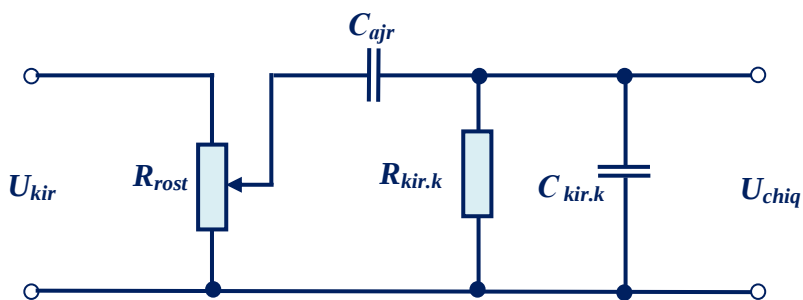
4.5- rasm. Chastotaviy detektor

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.



4.6- rasm. Fazaviy detektor

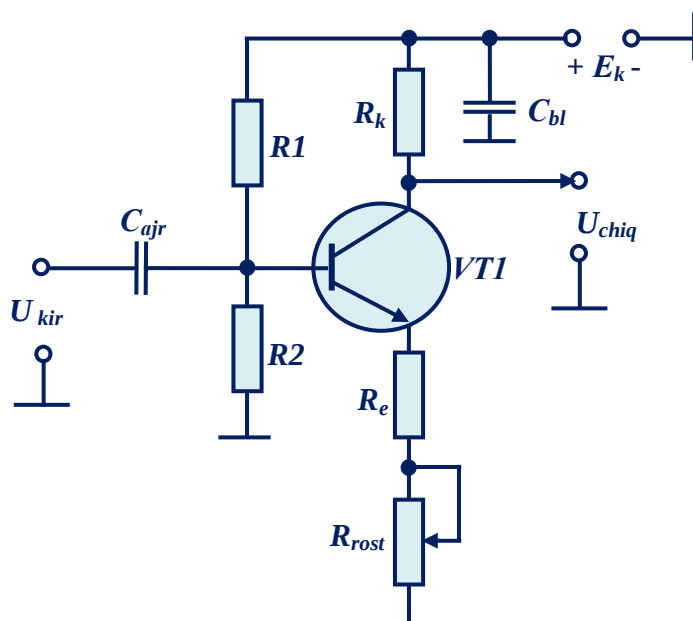
Tovush chastotasi kuchaytirgichlarida asosan kuchaytirishni ravon potentsiometrik rostlash qo'llaniladi (4.7- rasm).



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).

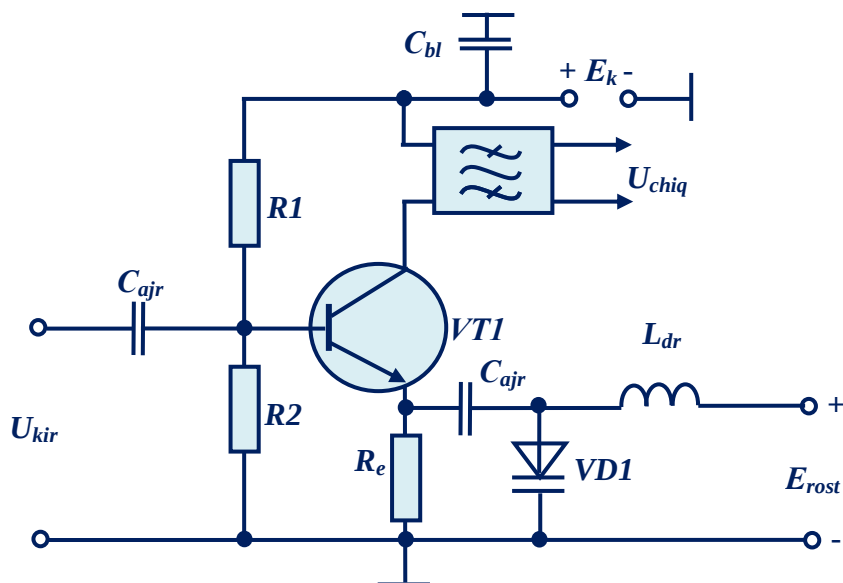


4.8- rasm. Rostlanadigan MTA yordamida kuchaytirish

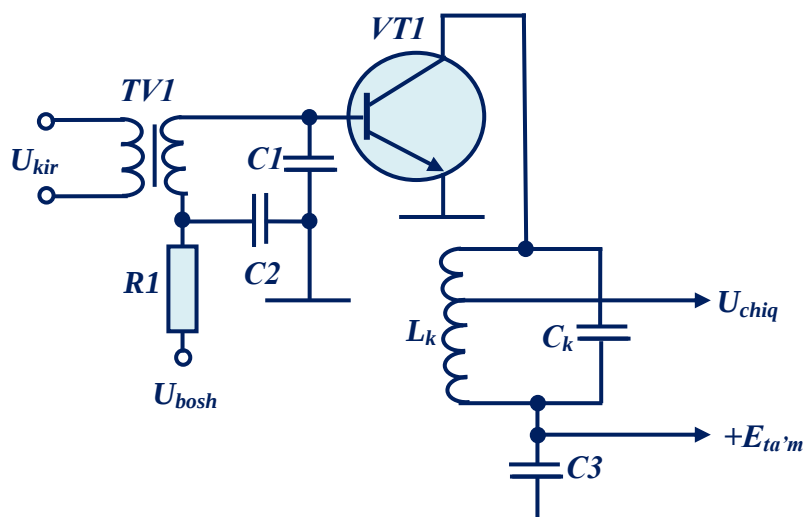
R_{rost} rezistorining qarshiligi qiymatini o‘zgartirish bilan MTA chuqurligini va mos ravishda kuchaytirgichning kuchaytirish ko‘effitsientini o‘zgartiramiz. R_{rost} rezistorning qarshiligi qiymati ortganida MTA chuqurligi ortadi, kuchaytirgichning kuchaytirish ko‘effitsienti kamayadi va aksincha.

Radiochastota va oraliq chastota kuchaytirgichlarida (4.9- rasm) MTA chuqurligini o‘zgartirish bilan kuchaytirishni rostlash S_{rost} sig‘imni o‘zgartirish bilan amalga oshiriladi. Sig‘im rolini $VD1$ varikap bajaradi. E_{rost} rostlash kuchlanishining ortishi bilan $VD1$ varikap kuchliroq yopiladi, uning S_{rost} sig‘imi kamayadi, MTA chuqurligi ortdi, kuchaytirgichning kuchaytirish ko‘effitsienti kamayadi.

U_{bosh} qanchalik katta bo‘lsa, I_e shunchalik katta bo‘ladi va tiklik shunchalik katta bo‘ladi va K_u shunchalik katta bo‘ladi.



4.9- rasm. Radiochastota va oraliq chastota kuchaytirgichi



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

Rostlanadigan kuchaytirish ko'effitsientili zanjirning asosiy ko'rsatkichi bo'lib roslash ko'effitsienti xizmat qiladi:

$$\gamma = \frac{K_{\max}}{K_{\min}}$$

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:

$$\gamma = \frac{20 \text{ mV}}{2 \text{ mkV} * 2} = 5000$$

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

U holda $\gamma_e = \gamma_1 \gamma_2 \dots \gamma_n$ bo'ladi, sxemada MA chuqurligini o'zgartirish hisobiga K_u 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 qoʻllaniladi?

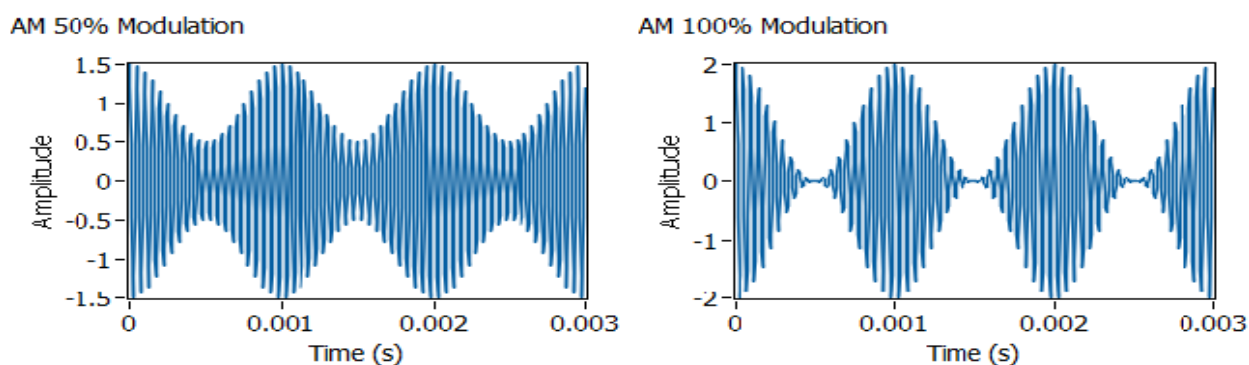
9. Faza boʻyicha ChQAS va chastota boʻyicha ChQAS orasida umumiylik nimada va bu tizimlar bir-birlaridan nima bilan farqlanadi?

10. Faza boʻyicha ChQAS va chastota boʻyicha 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

$u_m(t)$ - axborot (modulyatsiyalovchi) signal,

$u_s(t)$ - tashuvchi (modulyatsiyalangan) signal (tashuvchi tebranish) bo'lsin.

U holda $u_m(t)$ amplitudaviy modulyatsiyalagan signal quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$u_{am}(t) = u_c(t) \left[1 + m \cdot \frac{u_{am}(t)}{|u_{am}(t)|_{max}} \right] \quad (5.1)$$

Agar $u_c(t) = U_c \cos(\omega_0 t)$ bo‘lsa, u holda (5.1) formula quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$u_{am}(t) = u_c(t) \left[1 + m \cdot \frac{u_{am}(t)}{|u_{am}(t)|_{max}} \right] \cos(\omega_0 t) \quad (5.2)$$

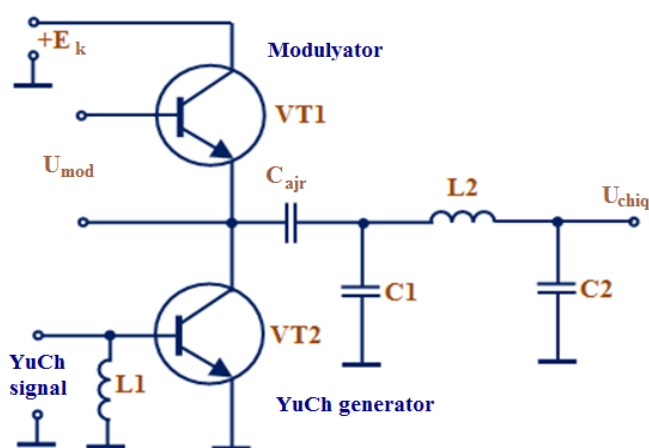
bu yerda m – modulyatsiyalash koefitsienti deyiladigan qandaydir manfiy bo‘lmagan doimiy. (5.1) formula $u_m(t)$ signal bilan m modulyatsiyalash koefitsientili amplituda bo‘yicha modulyatsiyalangan $u_s(t)$ tashuvchi signalni tavsiflaydi.

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.

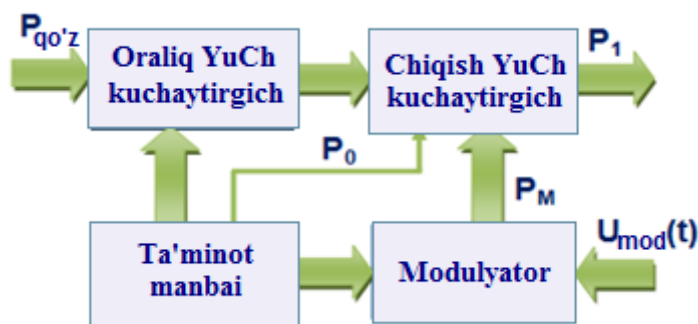
Amplitudaviy modulyatsiyalash o‘z-o‘zidan qo‘zg‘atishli generatorlarda asosan chiqish yoki oraliq kaskadlarda elektron asboblarda bir yoki bir necha elektrodlarda kuchlanishni o‘zgartirish yo‘li bilan amalga oshiriladi. Shunga ko‘ra, tranzistorli generatorlarda kollektorli, bazaviy va emitterli, modulyatsiyalashlarga 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 R_{mod} quvvatli modulyatsiyalaydigan signal YuCh kuchaytirgichga beriladi. R_{mod} ning talab qilinadigan qiymati R_1 yuqori chastotali tebranishlar quvvatiga, m koeffitsientiga va modulyatsiya uslubiga bog‘liq. Shuningdek ta‘minot manbaining R_0 talab qilinadigan qiymati ham, bu parametrlar orqali aniqlanadi.

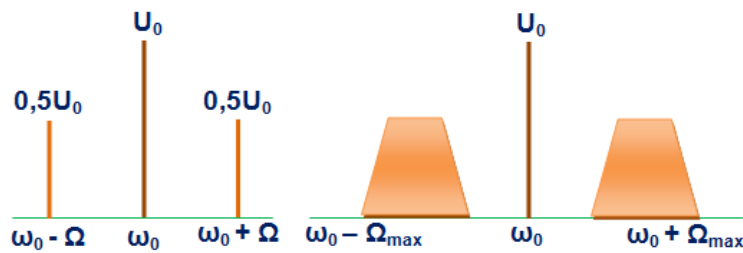


5.2- rasm. Tranzistorli RUQ sxemasi



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 $u_m(t)$ 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 ω_0 tashuvchi chastotasili spektral tashkil etuvchini olib tashlash zarur bo'ladi:

$$S_{BM}(u_m, t) = A_0 M u_m(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (5.3)$$

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

$$S_{OM}(u_m, t) = A_0 M u_m(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \pm A_0 M u_m^*(t) \sin(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (5.4)$$

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

$u_m^*(t)$ – Gilbert bo‘yicha $u_m(t)$ signal bilan moslashtirilgan signal.

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

BM va BPM signallar spektrlari

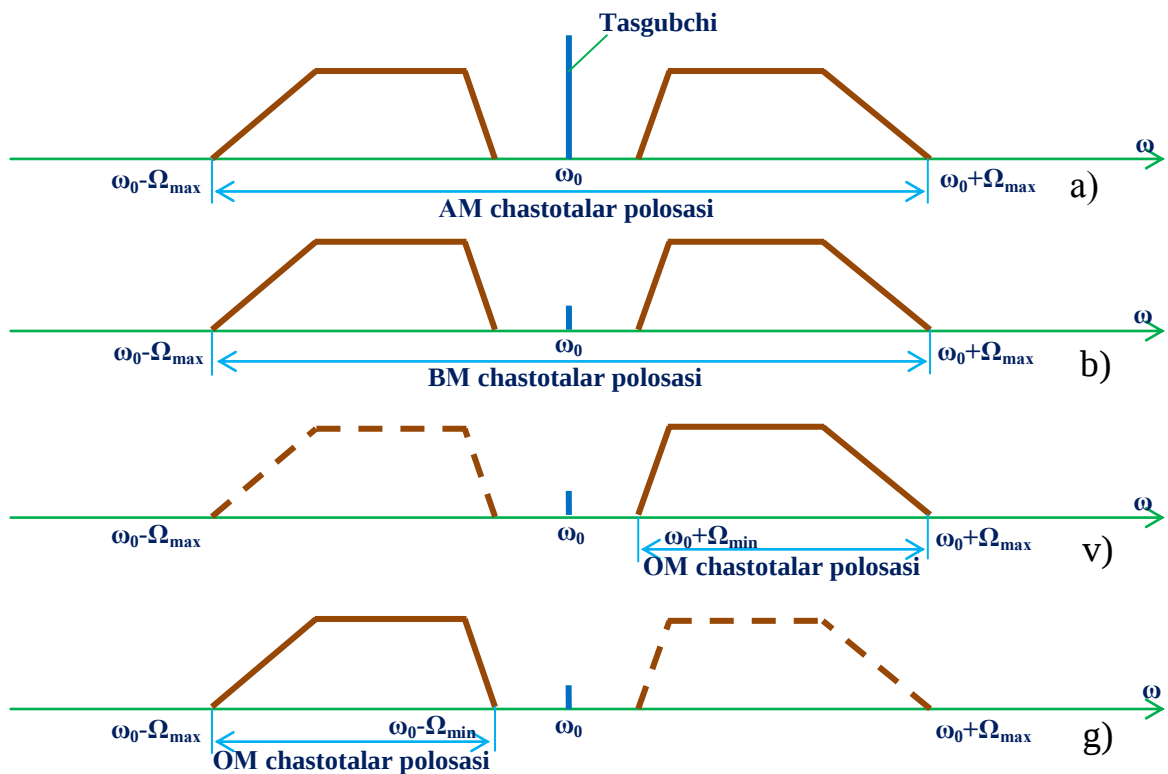
BM va BPM signallarning ma’lum afzalliklari uzatkich quvvatidan foydalanish samaradorligini oshishi va mos ravishda bunday signallarni qabul qilish sifatini oshishi hisoblanadi. BPMda modulyatsiyalangan signal spektrining kengligi ikki martaga kamayadi, bu berilgan chastotalar polosasida uzatiladigan 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).

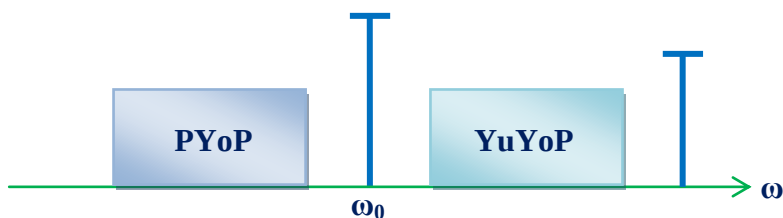
2. Tashuvchisiz, AMli bitta yon polosa.

3. Tashuvchining qoldiqlarili AMli bitta yon polosa.

4. Pilot-signalli BYoP - AM.



5.5- rasm. Bir polosali signallarni olish usullari



5.6- rasm. PYoP va YuYoP signallarni shakllanishi

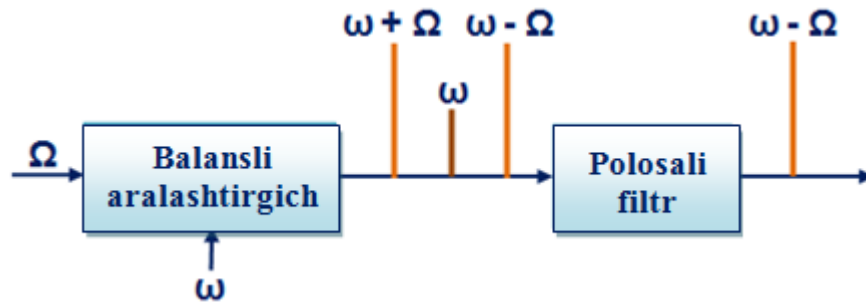
Bitta yon polosali (BYoP) signalni olishning ikkita usuli mavjud:

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.

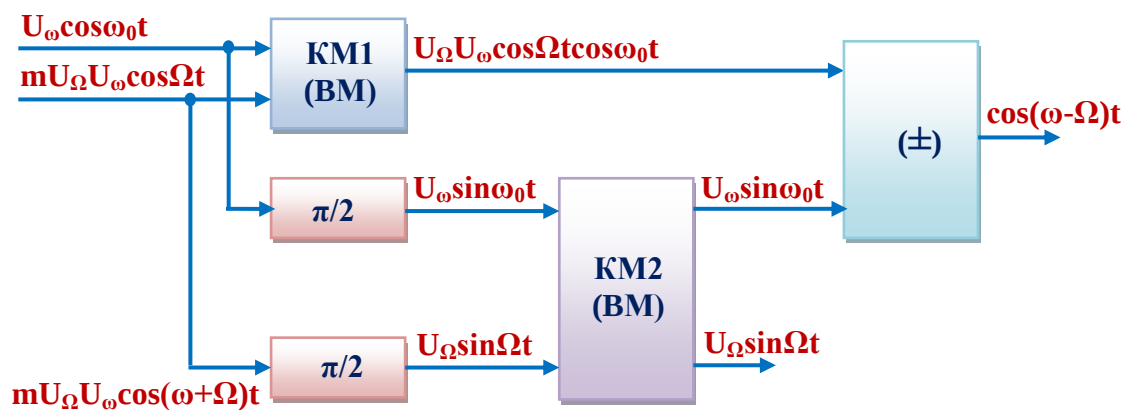
Tashuvchi chastota tebranishi va modulyatsiyalovchi signal balansli modulyator yoi halqali modulyatorga beriladi, uning chiqishida tashuvchisiz ikkita

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.



5.8- rasm. Halqali BYoP modulyatorning tuzilish sxemasi

Kirish signali $u_1 = U_1 \cos \omega_0 t$ va $u_2 = U_2 \cos \Omega t$ bo‘lsin va chiqishda faqat bitta, masalan, pastki yon $u_{chiq} = U_{chiq} \cos(\omega_0 - \Omega)t$ chastotani olish talab qilinsin. Bu ifodani $u_{chiq} = U_{chiq} \cos \omega_0 t + U_{chiq} \sin \Omega t \sin \omega_0 t$ 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 u_1 va u_2 signallarni va 2-KM kirishiga esa faza aylantirgich yordamida faza bo‘yicha 90° ga buralgan u_1 va u_2 signallarni berish bilan (5.8- rasm) har bir ko‘paytirgichning (1-BM va 2-BM) chiqishida ikkita kirish signallarining ko‘paytmasiga proporsional bo‘lgan $U_{1,2-chiq} = a u_{1-kir} u_{2-}$

$_{kir}$ kuchlanishni olamiz. Summatorning chiqishidagi kuchlanish $u_{chiq} = u_{1-kir} + u_{2-kir} = aU_1U_2\cos(\omega_0 - \Omega)t$ 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 marta 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 $\Psi(t) = \omega t + \varphi$ 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:

$$u(t) = U_m \cos(\omega_0 t + m \sin \Omega t) \quad (5.5)$$

bu yerda Ω - modulyatsiyalovchi signal chastotasi;

m - modulyatsiyalash indeksi.

Chastotaviy modulyatsiyalash. Agar ω_0 o‘rtacha qiymatdan $\Delta\omega$ chastota deviatsiyasi (og‘ishi) U_Ω kuchlanishga proporsional bo‘lsa va Ω chastotaga bog‘liq bo‘lmasa, ya‘ni agar m modulyatsiyalash indeksi U_Ω kuchlanishga proporsional bo‘lsa va Ω chastotaga teskari proporsional bo‘lsa modulyatsiyalash chastotaviy modulyatsiyalash (ChM) deyiladi. Shunday qilib, ChM uchun quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$m = kU_\Omega / \Omega = \Delta\omega / \Omega \quad (5.6)$$

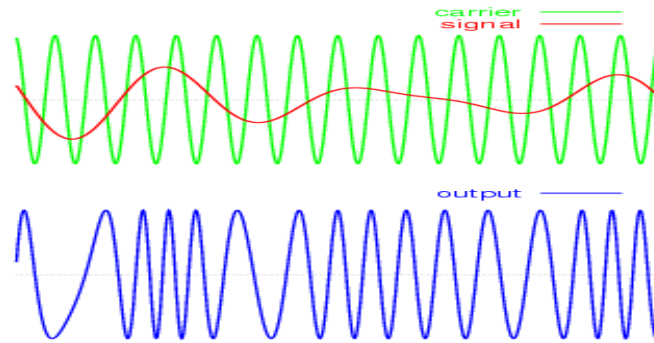
bu yerda k – proporsionallik koeffitsienti.

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

$$\omega = d\varphi/dt = d[\omega_0 t + \Delta\omega \sin \Omega t / \Omega] / dt = \omega_0 + \Delta\omega \cos \Omega t, \quad (5.7)$$

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

ChM radioeshittirishda (UQT diapazonida) ovoz signallarini uzatishda, televizion dasturlar ovozini yuqori sifatda uzatishda, SECAM televizion standartida rang signallarini uzatishda va boshqalarda keng qo‘llaniladi.



5.9- rasm. ChM signalni hosil bo‘lishi

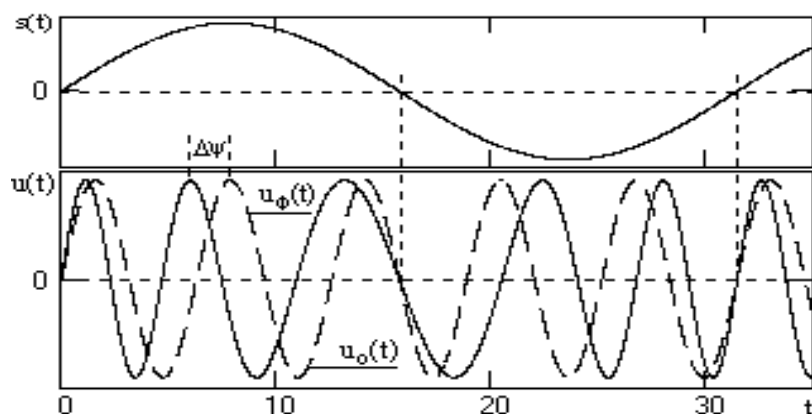
ChM radioeshittirishda (UQT diapazonida) ovoz signallarini, televizion dasturlar ovozini yuqori sifatda uzatishda, SECAM televizion standartida rang signallarini uzatishda va boshqalarda keng qo‘llaniladi.

Fazaviy modulyatsiyalash (FM, ingl. *phase modulation* - *PM*). Fazaviy modulyatsiyalashda o‘zgaras tashuvchi chastotalar tebranishlari fazaviy burchagi ω_o qiymati $s(t)$ modulyatsiyalaydigan signal amplitudasiga proporsional bo‘ladi (5.10- rasm).

Mos ravishda FM – signal tenglamasi quyidagicha aniqlanadi:

$$u(t) = U_m \cos[\omega_o t + k \times s(t)] , \quad (5.8)$$

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

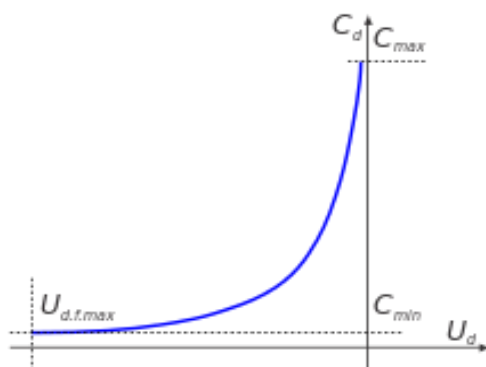


5.10- rasm. FM signalni hosil bo'lishi

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 potentsiallarning kontakt farqiga bog'liq.



5.8- rasm. Varikapning volt-farad xarakteristikasi

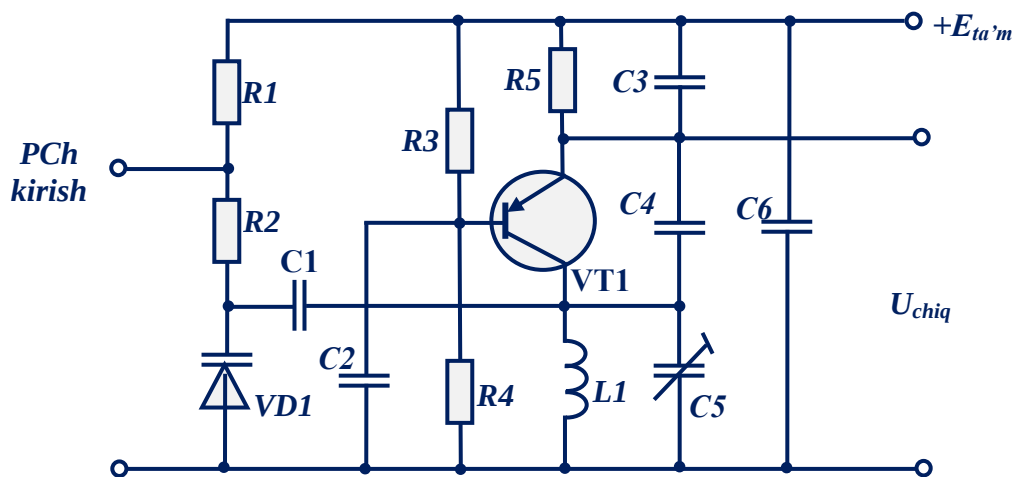
Varikapning normal ishlash rejimi teskari surilishli rejim hisoblanadi. Agar diodga teskari kuchlanish qo'yilsa (ya'ni katod anodga nisbatan musbat potensialga ega bo'lsa), u holda bu potensial to'siqning balandligi ortadi.

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 xizmat 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.

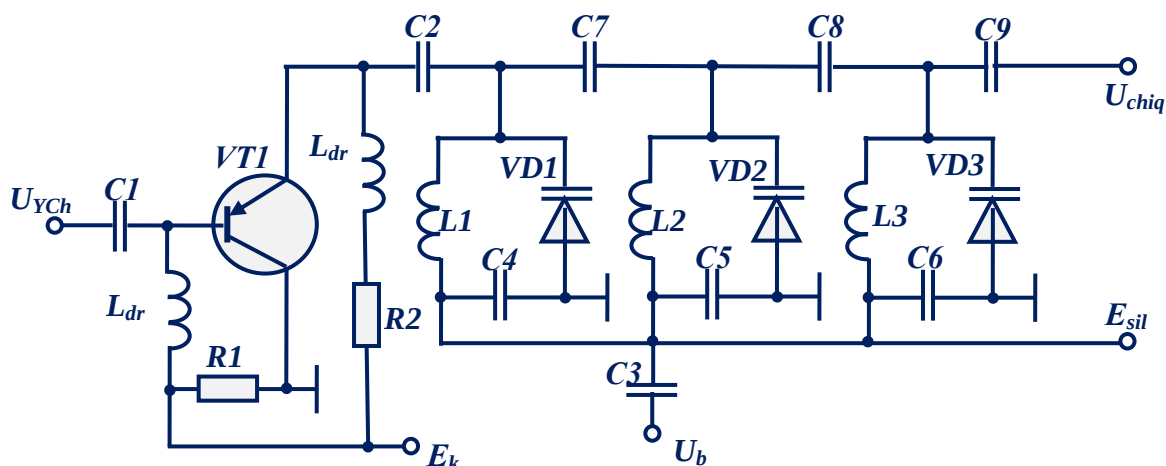
Qaralayotgan sxemada LC -generatorning aktiv elementi $VT1$ tranzistorda yig'ilgan. Bu tranzistor o'zgarmas tok bo'yicha umumiy emitterli sxema bo'yicha, o'zgaruvchan tok bo'yicha esa umumiy bazali sxema bo'yicha ulangan, chunki bazaning elektrodi korpusning shinasiga $S2$ kondensator orqali ulangan. $VT1$ 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.



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‘zgaras 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.



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'ling.
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 rol ni o'ynaydi. O'zining asosiy funksiyasi – simvol–signal o'zgartirishdan tashqari, modulyatsiyalash jarayoni signalni kanalning xarakteristikalar i 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'rlining berilganligiga, ya'ni mavjud chastotaviy rejalar dan foydalanishga bog'liq.

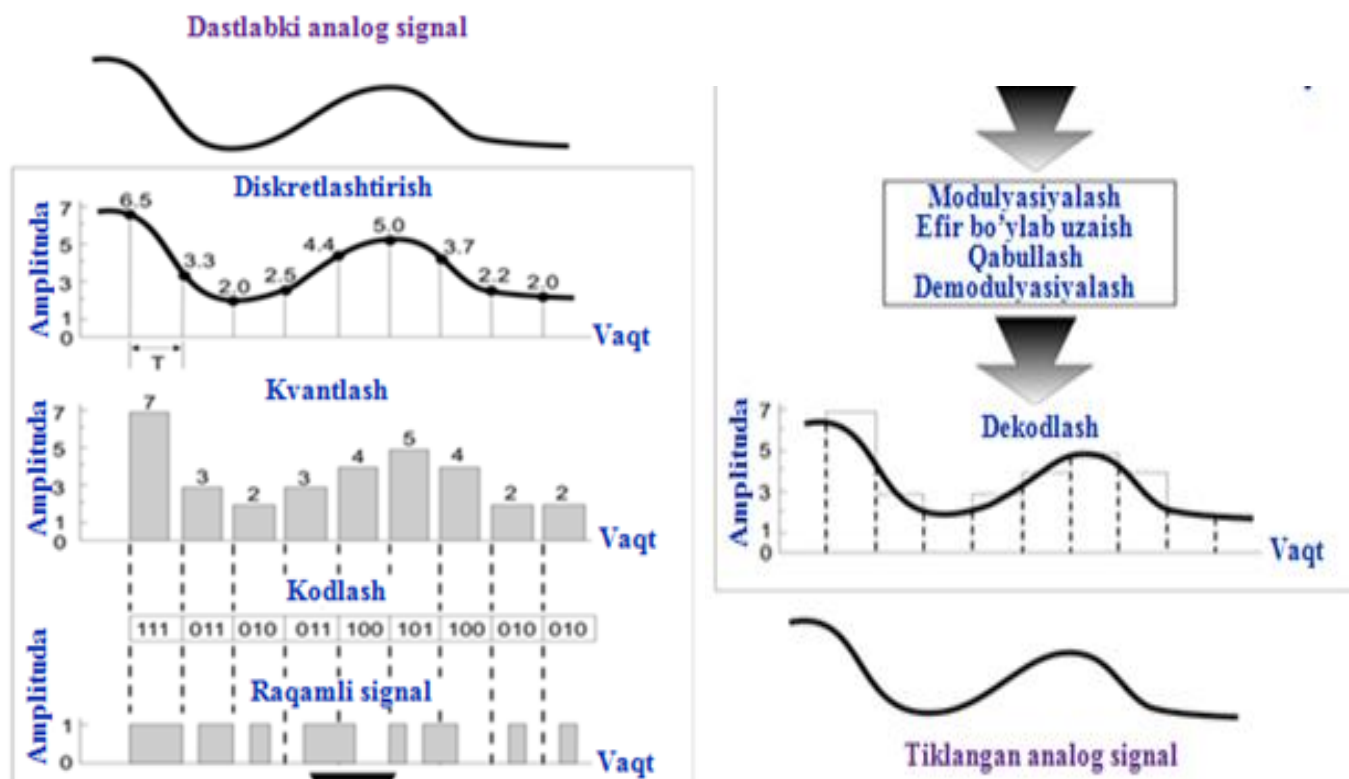
Turli davlatlarda 6, 7 yoki 8 MGs chastotalar polosalar i radiokanallar mumkin hisoblanadi. Bu polosalarda uzatilishi kerak bo'ladigan turli xizmatlar raqamli oqimi normal sharoitlarda turli uzatish tizimlarida 20 Mbit/s va undan yuqorini tashkil etadi.

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.

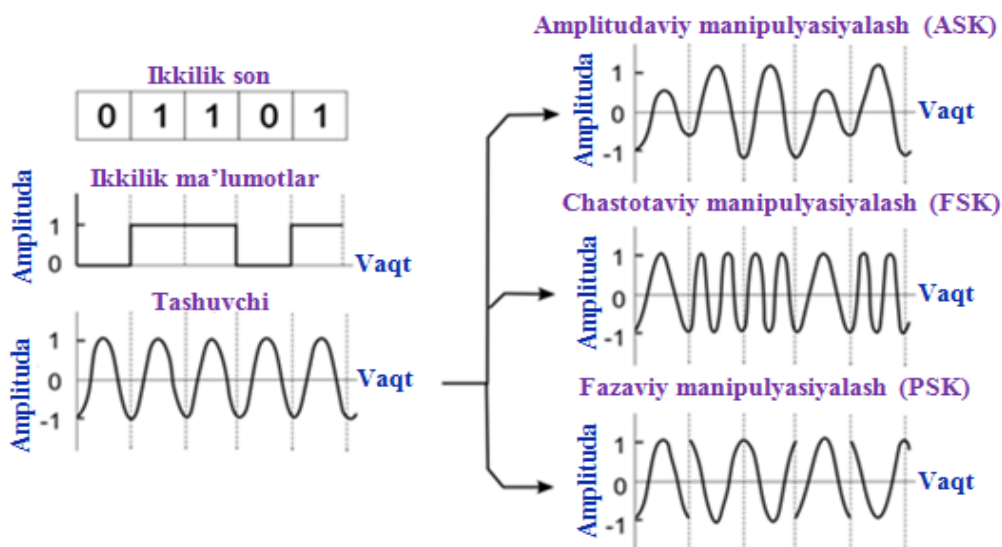


6.1- rasm. Raqamli aloqa tizimlarida analog signallarni o'zgartirish va uzatish prinsipi

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.

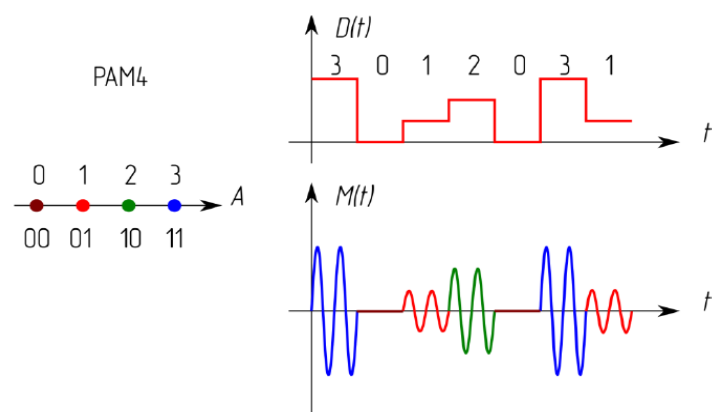


6.2- rasm. Raqamli signalni uchta manipulyatsiyalash usuli

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. *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:

$$M(t) = D(t) \cdot A_0 \sin 2\pi f_0 t + \varphi_0 \quad (6.1)$$

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

$D(t)$ – uzatish uchun ma’lumotlar;

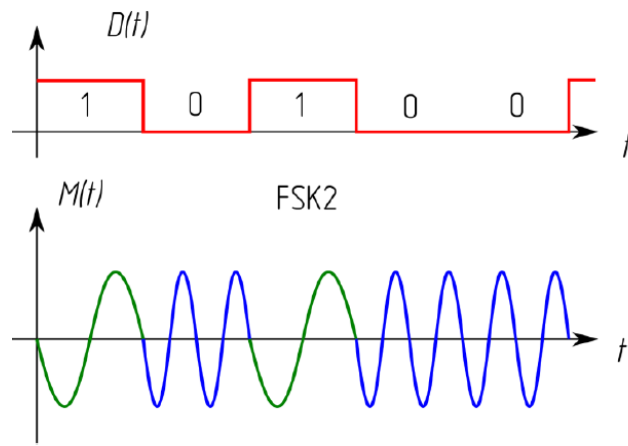
A_0 – tashuvchi tebranish amplitudasi;

f_0 – tashuvchi tebranish chastotasi;

φ_0 – 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:

$$M(t) = A_0 \sin(2\pi f_0 t + 2\pi f_d D(t) \cdot \varphi_0) \quad (6.2)$$

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

A_0 – tashuvchi tebranish amplitudasi;

$D(t)$ – uzatish uchun ma’lumotlar;

f_0 – tashuvchi tebranish chastotasi;

φ_0 – tashuvchi tebranish boshlang‘ich fazasi;

f_d – chastota deviatsiyasi.

6.4. Fazaviy manipulyatsiyalash (FMn)

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

$$\text{If } D(t) = 0 \text{ bo‘lganda } M(t) = A_0 \sin(2\pi f_0 t + \varphi_0) \quad (6.3)$$

$$\text{If } D(t)=1 \text{ bo'lganda } M(t)=A_0 \sin 2\pi f_0 t + \varphi_0 + \pi \quad (6.4)$$

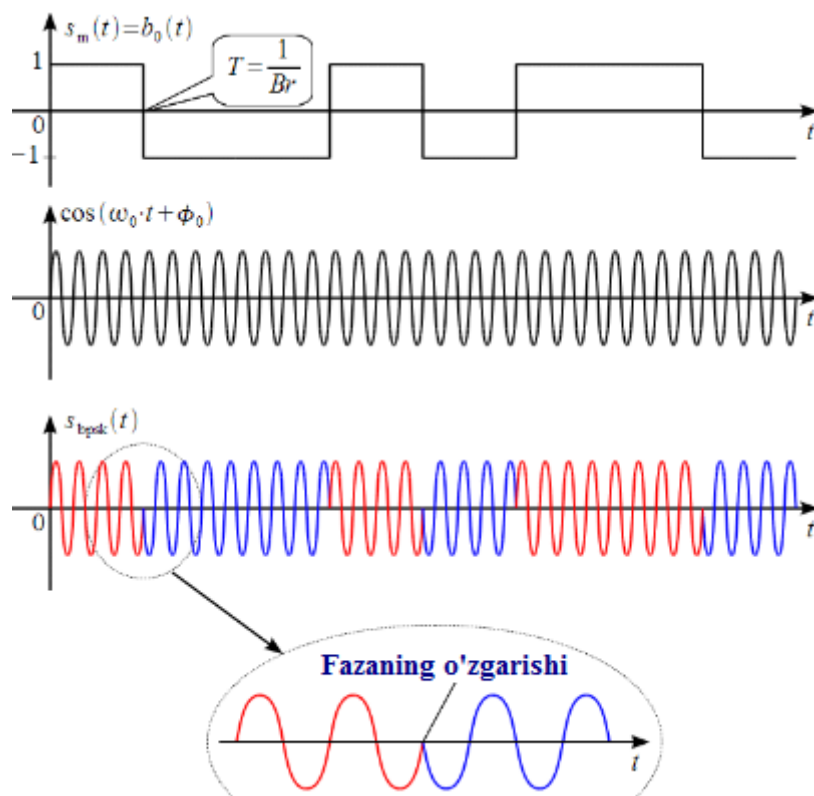
bu yerda $M(t)$ – modulyatsiyalangan signal;

A_0 – tashuvchi tebranish amplitudasi;

$D(t)$ – uzatish uchun ma'lumotlar;

f_0 – tashuvchi tebranish chastotasi;

φ_0 – 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 usullari** deyiladi. Bu usullarning mazmuni shundan iboratki, chiziqli signalning bitta elementi oddiy

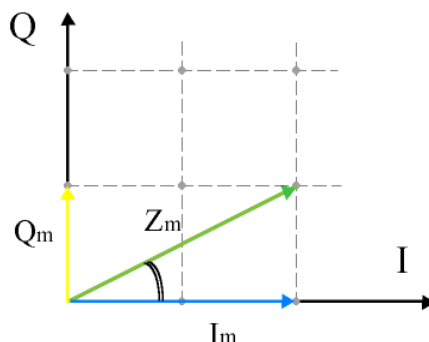
ikki pozitsiyali usullarga qaraganda ko‘proq bitlar soni haqidagi ma’lumotlarni tashiydi. Bu juda oddiy ishlaydi. Masalan, ko‘p pozitsiyali amplitudaviy manipulyatsiyalashda 0 yoki 1 bitlarni kodlaydigan 2 ta amplituda emas, balki 4 ta amplituda beramiz, ular amplitudaning ortishi bilan 00, 01, 10, 11 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 kunda kvadraturali 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. 2,75G (*EDGE*) avlodidan 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 vektorini bilan qo‘shish yo‘li bilan Z natijaviy tebranishlarni shakllantirish

prinsipi tasvirlangan. Z vektor amplitudasi A_m nisbat orqali, bu vektor absissalar o'qi bilan hosil qiladigan burchak esa φ_m nisbat orqali aniqlanadi.



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

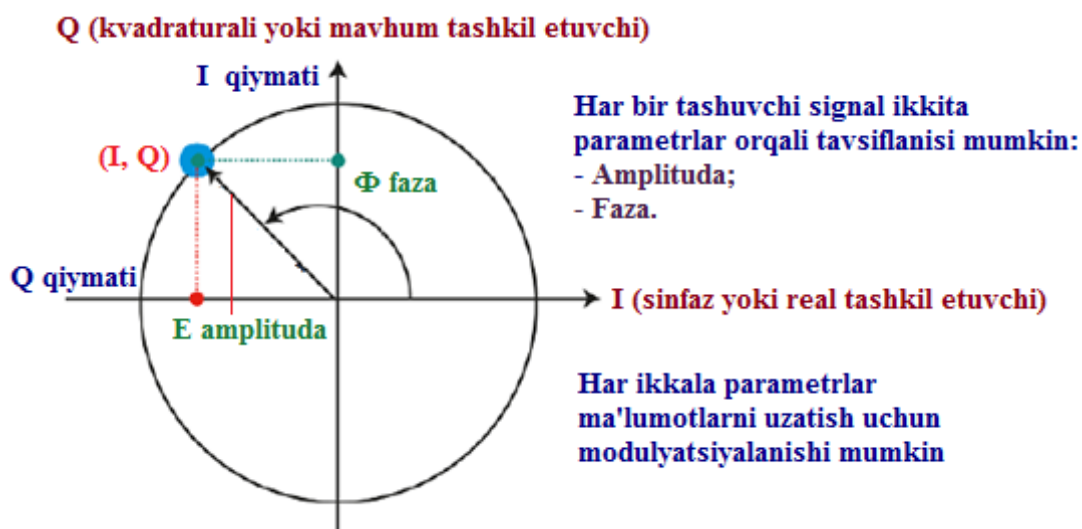
Bu algoritm uchun tashuvchi tebranishning sinfaz va kvadraturali tashkil etuvchilarini modulyatsiyalashda amplitudani o'zgarishi qadamining o'sha bir qiymati ishlatiladi. Shuning uchun modulyatsiyalangan tebranishlar vektorlarining uchlari fazaviy tekislikda modulyatsiyalangan signal vektorining haqiqiy $Re\{Z\}$ va mavhum $Im\{Z\}$ tashkil etuvchilarining 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;

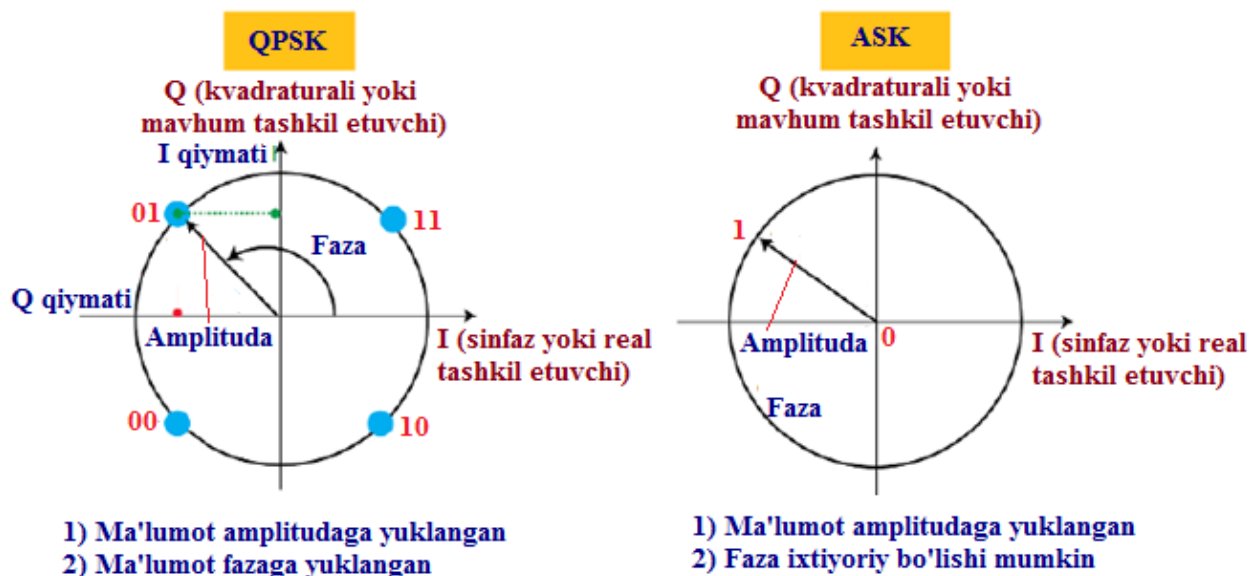
- Q (kvadraturali) tashuvchining boshlang'ich fazaviy surilishi 90° ga teng olinadigan kanalga tegishli bo'ladi (6.7- rasm).



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

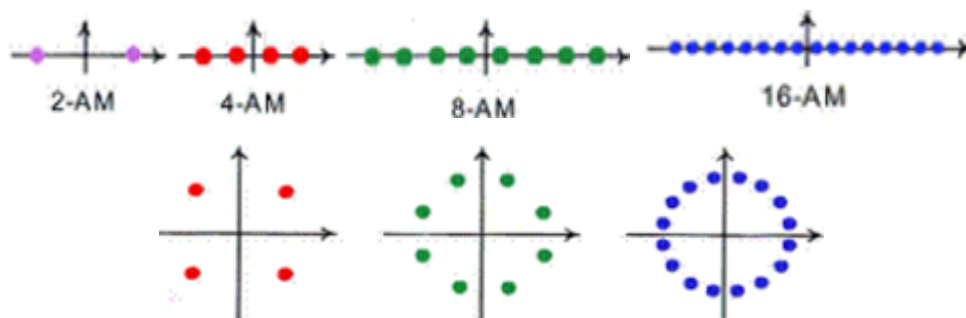
Kvadraturali diagrammaning rasmini soddalashtirish uchun, ayniqsa, zamonaviy ko'p pozitsiyali modulyatsiyalash turlarining signallarini aks ettirishda odatda koordinatalar uchlaridan chiqadigan vektorlarning faqat oxirgi nuqtalari tasvirlanadi, vektorlarning o'zlari esa tushirib qoldiriladi. Ko'pincha 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 signallar 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.

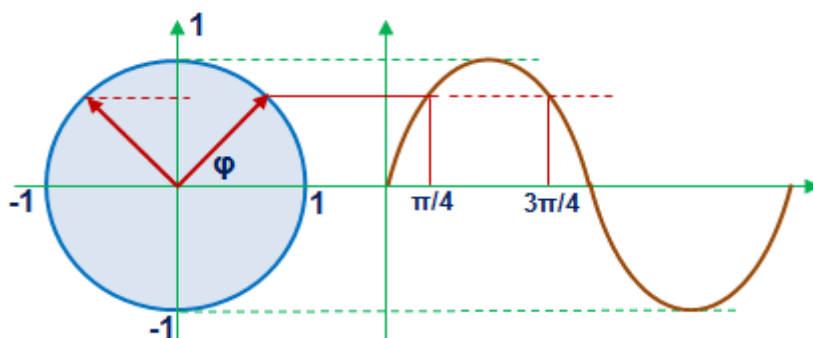


6.9- rasm. Amplitudaviy modulyatsiyalash (AM) uchun bir o'lchamli va fazaviy modulyatsiyalash (FM) uchun ikki o'lchamli bir necha oddiy signallar turkumlari

Bu yerda ta'kidlash kerakki, ko'rsatilgan AM signallar turkumi modulyatsiyalovchi signal sifatida qiymatli sathlari nolinch sathga nisbatan simmetrik bo'lgan bipolyar impulslar ishlatilganida olinadi. Manfiy impuls

bilan modulyatsiyalashda bir vaqtda signal fazasi ham qarama-qarshisiga o'zgaradi. Shuning uchun bunday AMga FMning bir turi sifatida qarash mumkin.

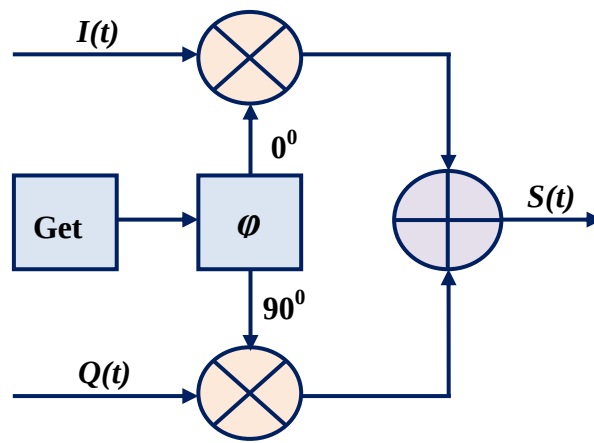
Garmonik signalning signallar turkumi bilan aloqasi 6.10- rasmda keltirilgan.



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 xarakteristikalarini 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.

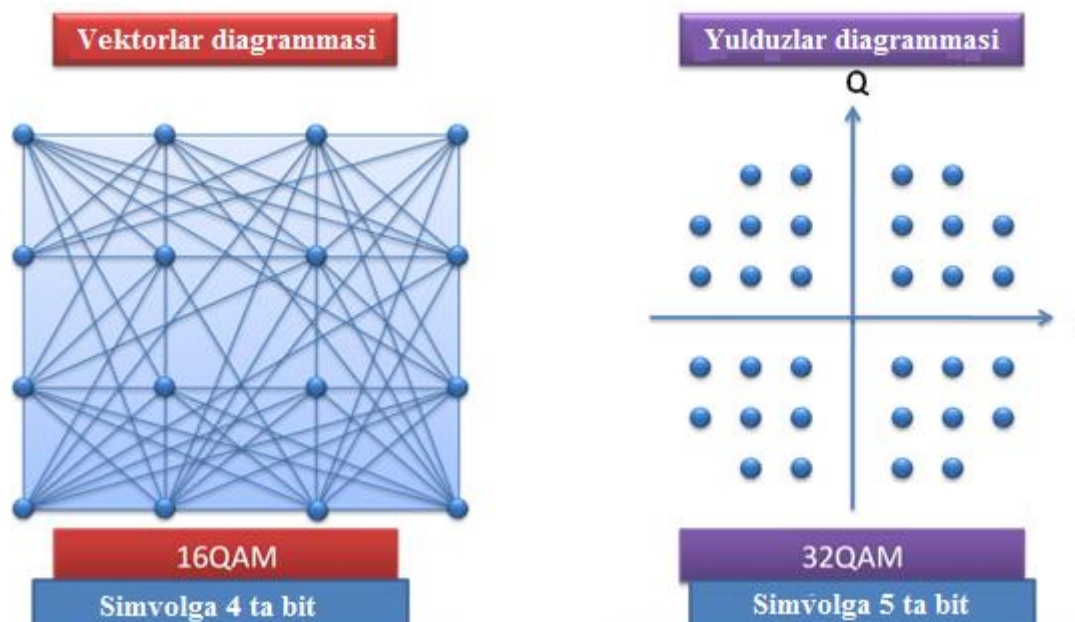
Tor polosali yuqori chastotali (yoki oraliq chastotali) radiosignalni olishga imkon beradigan modulyatorning sxemasi kvadraturali modulyator nomini oldi. Kvadraturali modulyatorning tuzilish sxemasi 6.12- rasmda keltirilgan.



6.12- rasm. Kvadraturali modulyatorning tuzilish sxemasi

Bu sxemada asosiy tugun kvadraturali signalni yuqori chasttaga oʻtkazadigan analog koʻpaytirgichlar hisoblanadi. Natijaviy signal analog summatorida qoʻshilganidan keyin chiqishda berilgan qonun boʻyicha modulyatsiyalangan yuqori chastotali jarayon qoladi.

QAM modulyatsiyalash mikrotoʻlqinli raqamli aloqada, DVB-C (kabelli keng polosali raqamli televideniye) va modemlarda ishlatiladi. 16–pozitsiyali QAMda (16QAMda) 4 ta I qiymatlar va 4 ta Q qiymatlar mavjud boʻladi (6.13- rasm). Natijada bu signalning 16 ta boʻlishi mumkin qiymatlarini beradi. Vaqtning har bir momentida signal simvoli bir holatdan boshqasiga oʻtishi mumkin. $16 = 2^4$ boʻlganligi sababli bitta simvolda 4 bit uzatilishi mumkin (6.1- jadval). QAM I komponentlar uchun 2 bitga va Q komponentlar uchun 2 bitga ega boʻladi. Bu modulyatsiyalash turi katta uzatish spektral samaradorligiga ega. U BPSK, QPSK yoki 8PSK modulyatsiyalashga qaraganda samaradorroq.



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

6.1-jadval

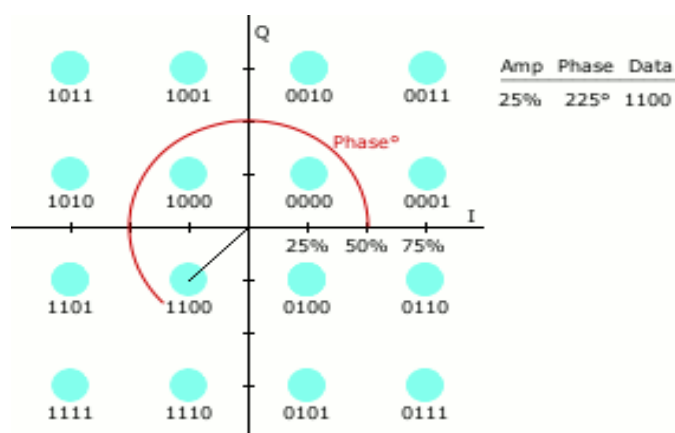
Turli manipulyatsiyalash usullarini taqqoslash

Amplitudaviy (ASK - <i>Amplitude Shift Keying</i>)	Chastotaviy (FSK - <i>Frequency Shift Keying</i>)	Fazaviy (PSK - <i>Phase Shift Keying</i>)	Kvadraturali- amplitudaviy (QAM - <i>Quadrature Amplitude Modulation</i>)
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 90^0 ga fazani surilishi ishlatiladi	“1” uzatilishi uchun katta amplituda va 90^0 ga fazani surilishi ishlatiladi

16QAMning ishlash prinsipi simulyatsiyasi 6.14- rasmda keltirilgan bo‘lib, unda bitta signalda ma’lumotlar 4 biti uzatiladi (masalan, 25% amplitudada va 225° fazada 1100 ma’lumot uzatiladi).

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

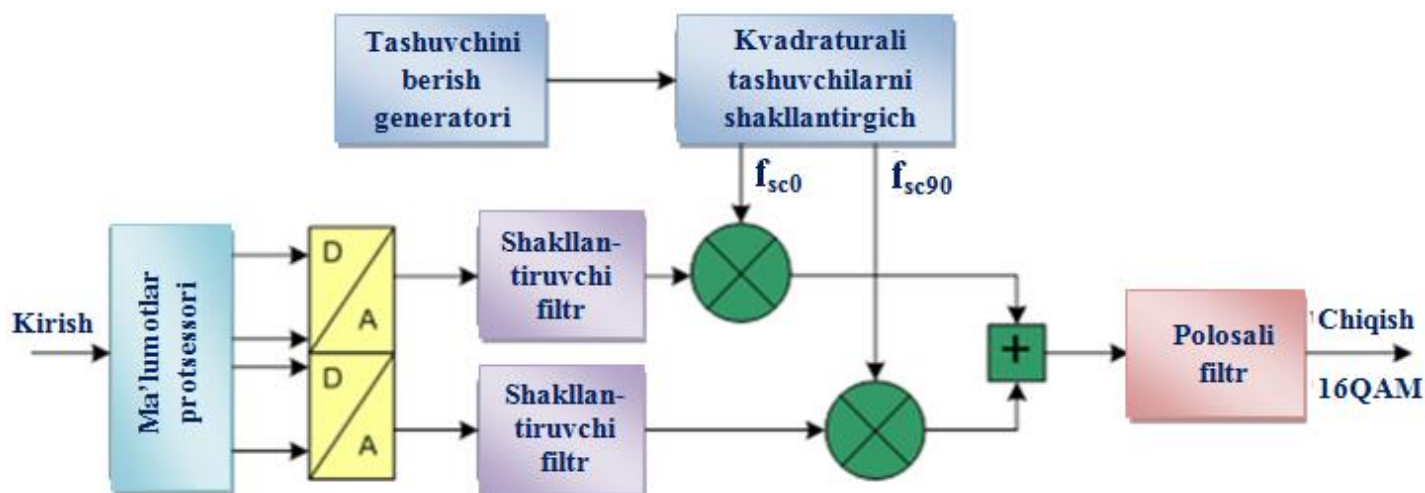
Sxemada kirish ma’lumotlar oqimiga dastlab ma’lumotlar protsessorida zarur raqamli ishlov beriladi. Takt chastotasini ajratish, skremblirlash, differensial kodlash, ketma-ket-parallel o‘zgartirish amalga oshiriladi.



6.14- rasm. QAM-16ning ishlash prinsipi simulyatsiyasi

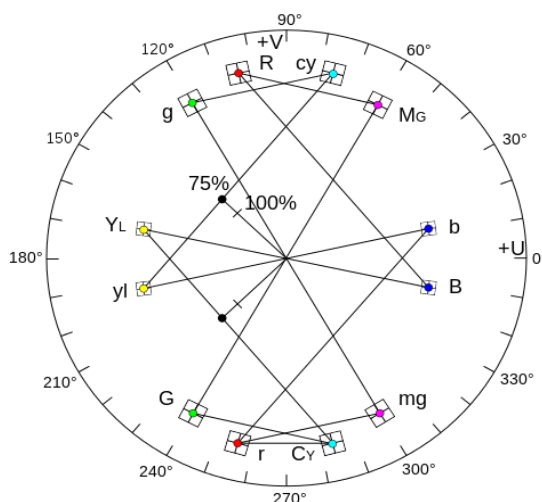
16QAM modulyatsiyalash 4 bit/(s·Gs) solishtirma uzatish tezligini ta’minlaydi, u holda ma’lumotlar oqimiga raqamli ishlov berishda uni keyingi modulyatsiyalash uchun mos ravishda pasaytirilgan tezliklarli 4 ta kichik oqimlarga bo‘linadi. Keyin ikkita ikkilik kichik oqimlarni bir vaqtda RFda spektrini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

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



6.15- rasm. 16QAM 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* va *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.

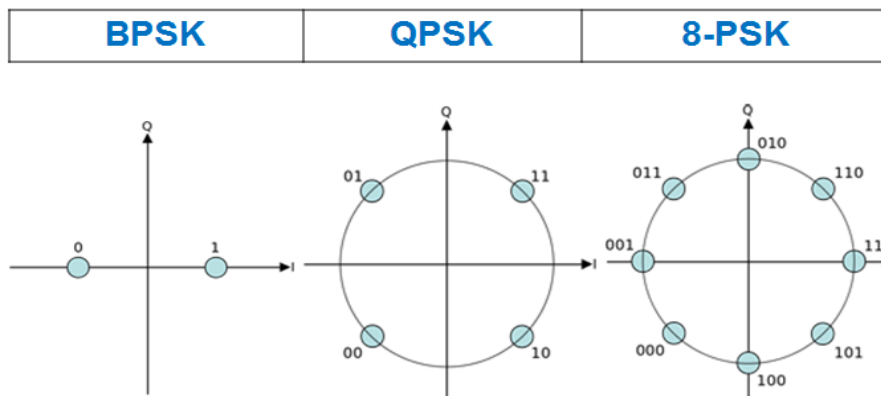
6.2- jadval

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

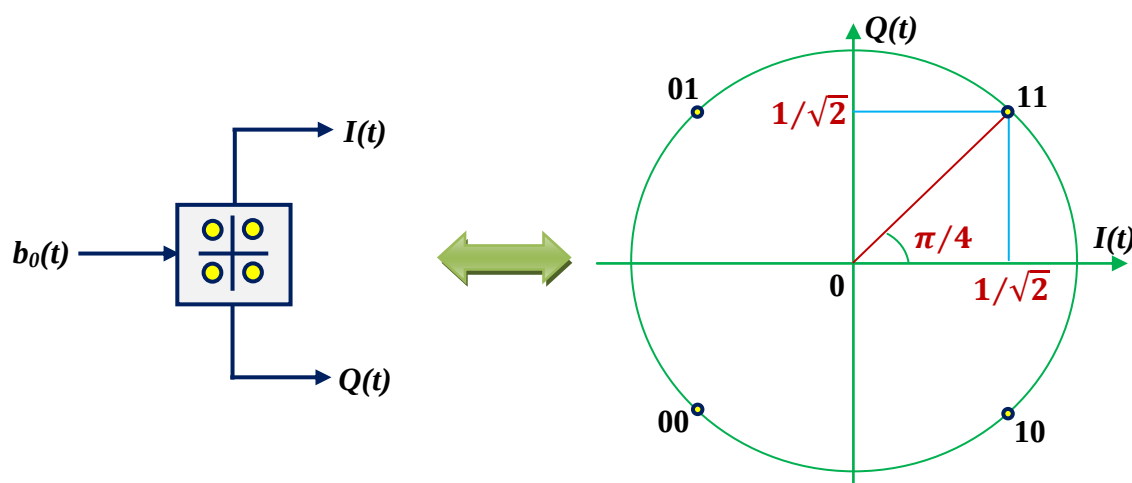
<i>BPSK</i>	<i>QPSK</i>	<i>8-PSK</i>
<i>Binary Phase Shift Keying</i> –oddiy binar fazaviy manipulyatsiyalash hisoblanadi va bitta signalda 1 bit axborotni kodlashga imkon beradi	Kvadraturali fazaviy manipulyatsiyalash (<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>) bo‘lib, 4 fazaga bo‘linadi va bitta signalda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

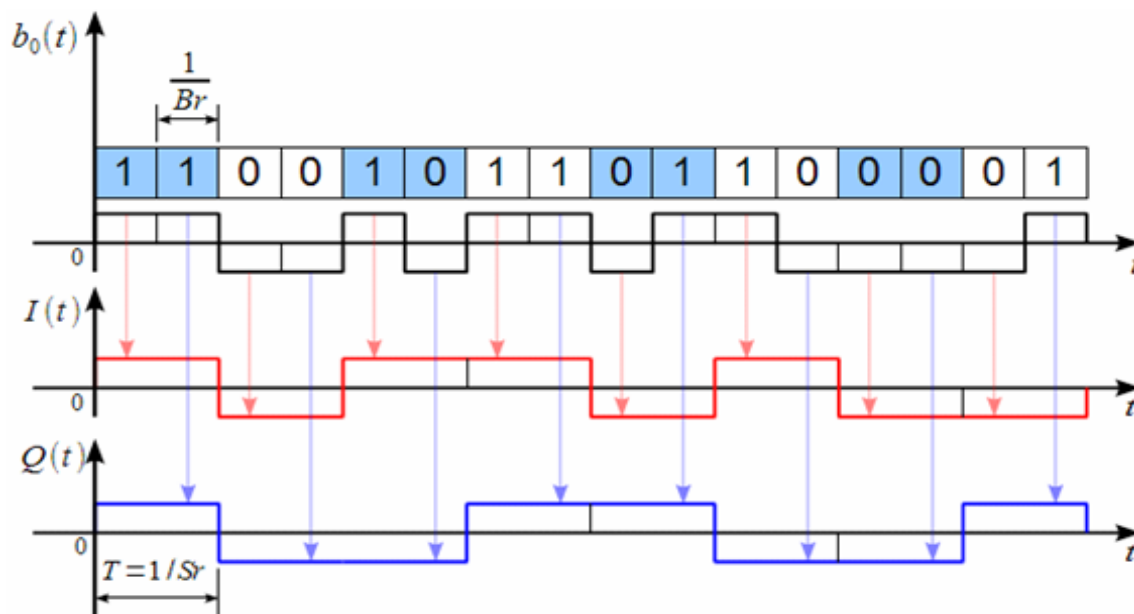


6.18- rasm. QPSK yulduzlar turkumi asosida sinfaz va kvadraturali tashkil etuvchilarni shartli kodlash qurilmasi

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.

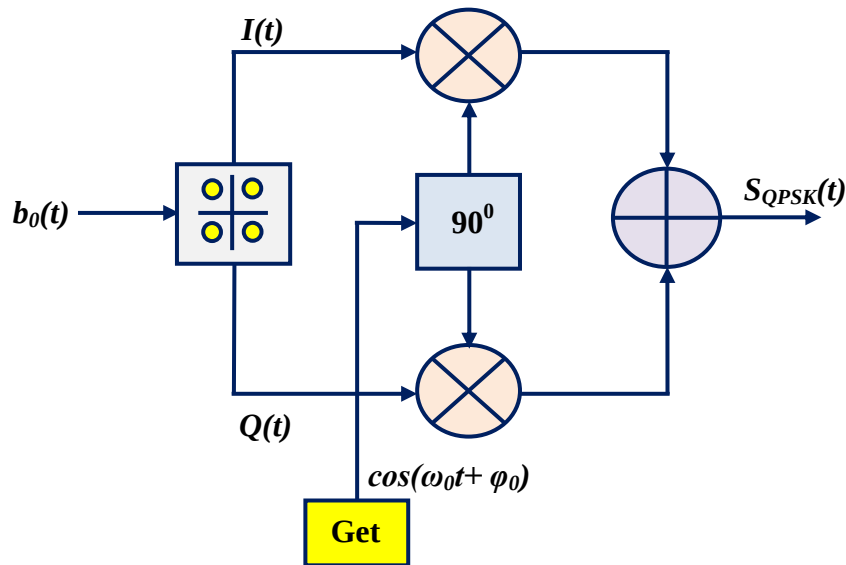
Ma'lumot: «1100101101100001»



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 $b_0(t) < 0$) 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.

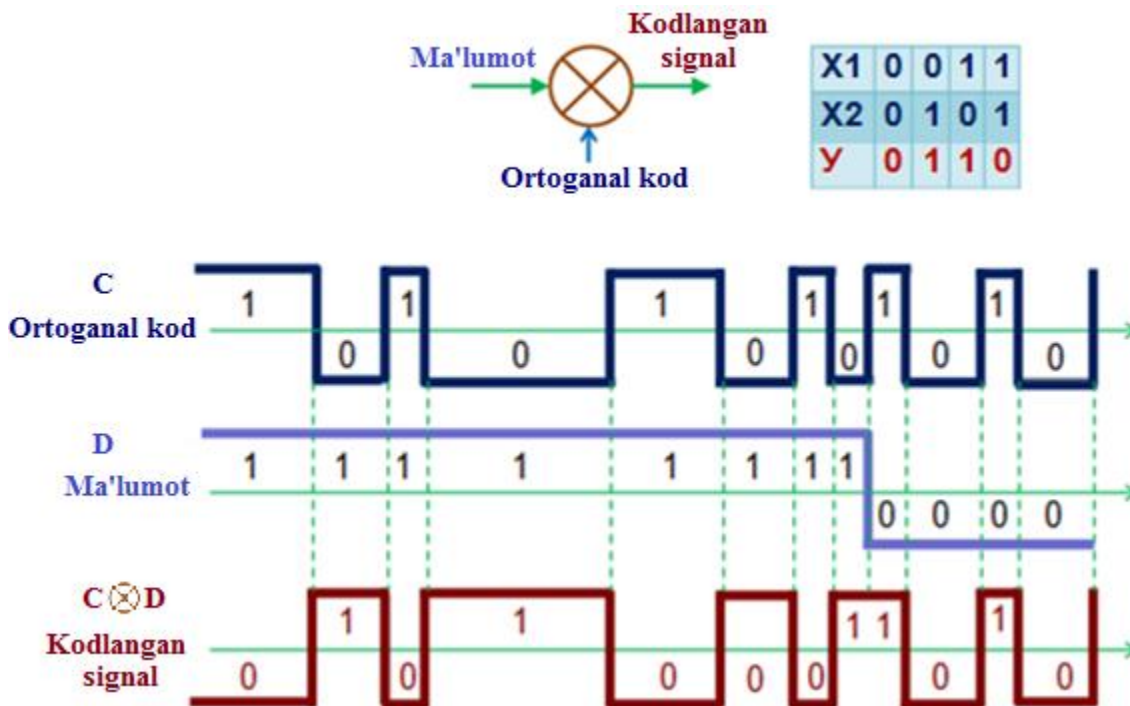
6.21- rasmda QPSK-signalning sinfaz va kvadraturali tashkil etuvchilarini kodlash qurilmasining tuzilish sxemasi keltirilgan.



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

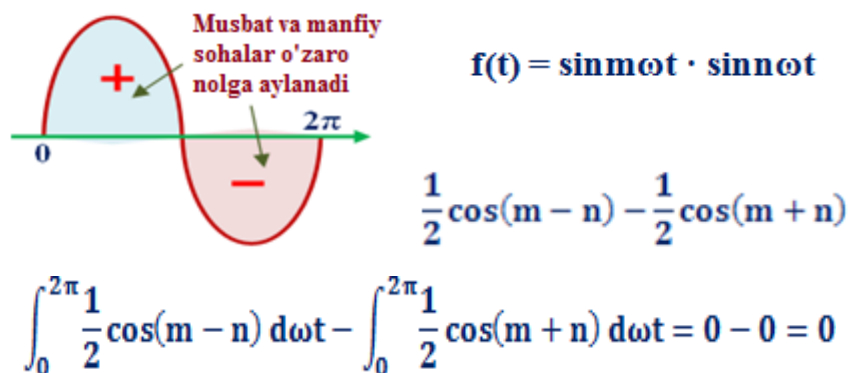
Kirishdagi $b_0(t)$ bitlar juftliklariga bog‘liq ravishda chiqishda bu bitlar juftliklari davomiyliklari chegaralarida doimiy bo‘lgan qiymatlari uzatiladigan ma’lumotlarga bog‘liq bo‘ladigan $I_0(t)$ va $Q_0(t)$ signallarni olamiz.

Kodlangan signalni olinishiga misol 6.22- rasmda keltirilgan.



6.22- rasm. Kodlangan signalni olinishiga misol

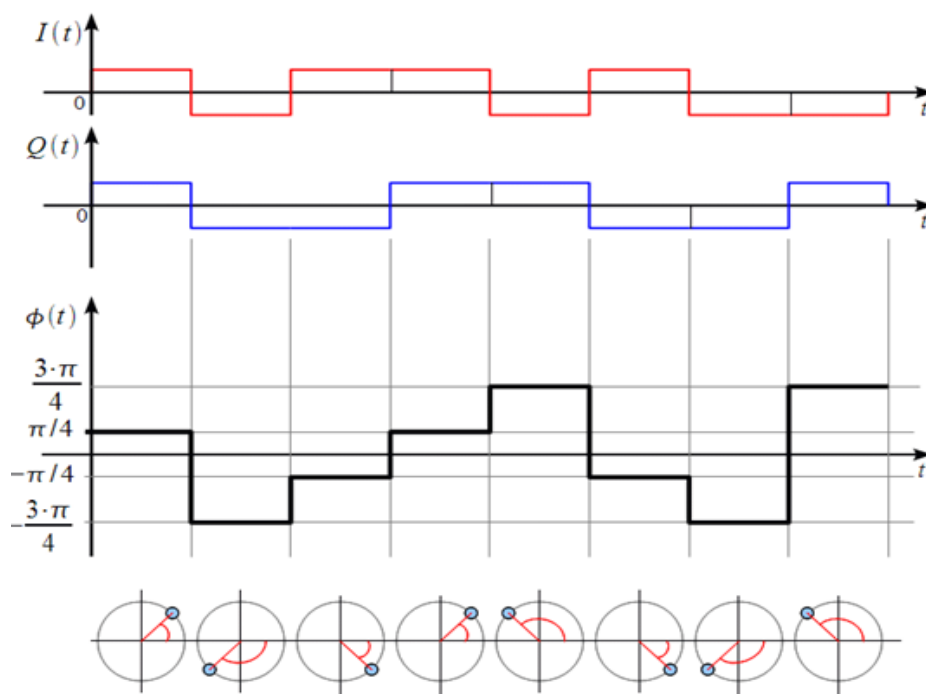
Ortogonallik shartida to'xtalamiz (6.23- rasm).



6.22- rasm. Ortogonallik shartining bajarilishi

«1100101101100001» axborot oqimi uchun $\varphi(t)$ fazaviy ogʻmaning koʻrinishi 6.24- rasmda tasvirlangan. Fazaviy ogʻma QPSK simvolining oʻzgarishi momentlarida keskin oʻzgaradigan vaqt boʻyicha pogʻonasimon funksiya hisoblanadi (aytib oʻtamizki, bitta QPSK simvoli ikkita maʼlumotlar bitini tashiydi). Bunda bitta simvol chegaralarida QPSK vektorlar diagrammasi uchinch

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 $\pm\pi/4$ va $\pm3\cdot\pi/4$ qiymatlarni qabul qilish mumkin.



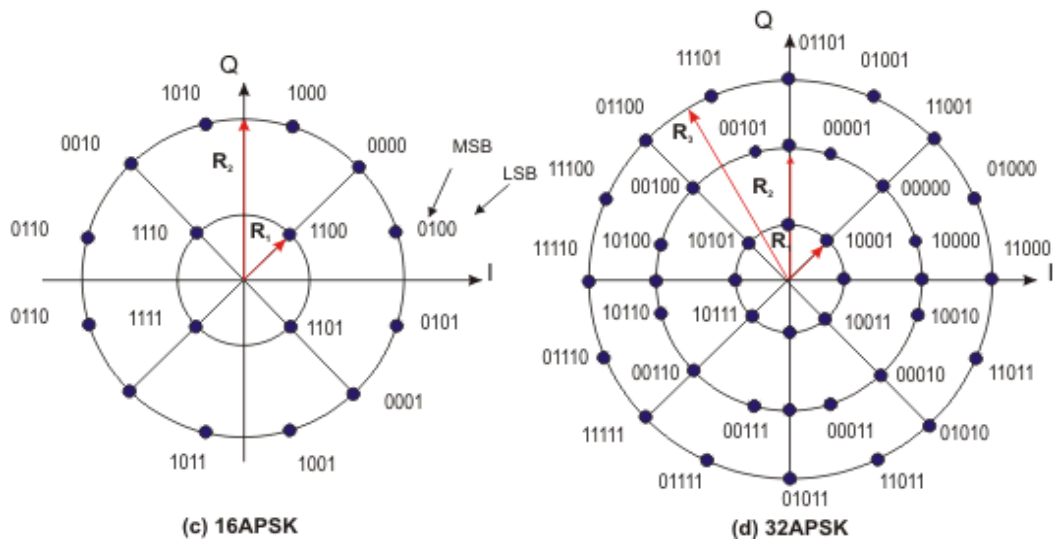
6.24- rasm. QPSK signalning fazaviy o‘zgarishi

QPSK signalning $\phi(t)$ amplitudaviy og‘masi $z(t)$ kompleks og‘madan ham olinishi mumkin:

$$\phi(t) = \sqrt{I^2(t) + Q^2(t)}$$

Ta’kidlaymizki, QPSK signalning $\phi(t)$ amplitudaviy og‘masi uzatiladigan simvollarning o‘zgarishi momentlaridan tashqari, ya’ni fazaning sakrash 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 manipulyatsiyalash jarayonining 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

Televideniye 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.

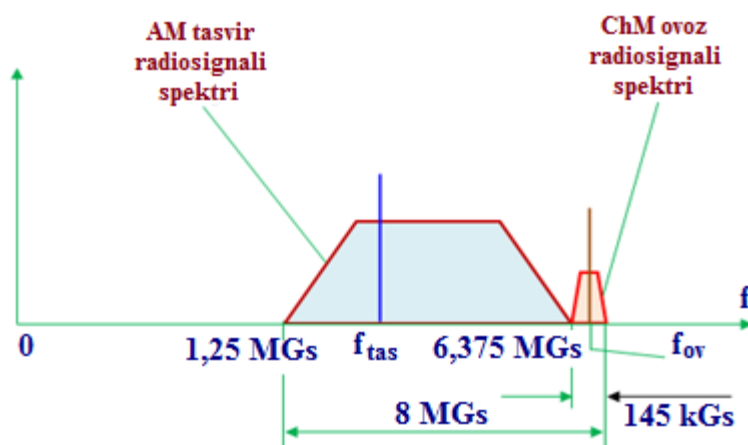
TV uzatish tizimi qanday talablarga javob berishi kerak? Ulardan birinchisi – rangli TV signal egallaydigan polosasi (ΔF_{RTV}) oq-qora televideniye egallaydigan polosaga (ΔF_{OQTV}) teng bo'lishi kerak, ya'ni

$$\Delta F_{RTV} = \Delta F_{OQTV} = 8 \text{ MGs}$$

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

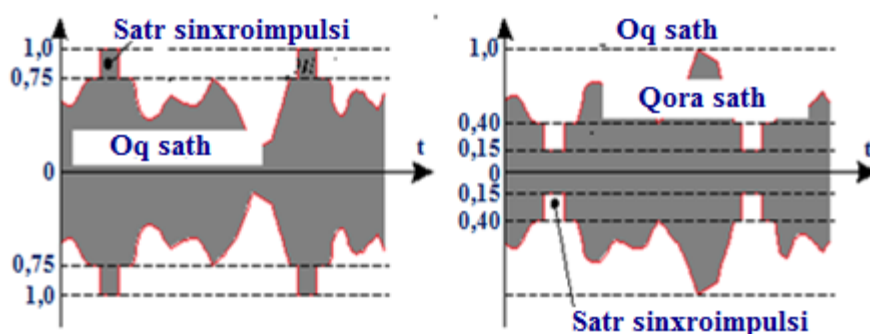
Yer usti uzatishda tasvirlar va ovoz signallarini uzatish televideniye uzatish radiosignallari (TURS) orqali amalga oshiriladi, ulardan har biri tasvir radiosignali (TRS) va ovoz radiosignali (ORS) birligidan iborat bo'ladi. Tasvir radiosignali deb $U_{\Sigma}(t)$ to'liq videosignal yoki $U_{TRVS}(t)$ 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 videosingaldagi o'zgaras 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 videosingal negativ yoki pozitiv qutbda beriladi, natijada negativ yoki pozitiv modulsiyalashli TRS hosil bo'ladi (7.2- rasm).

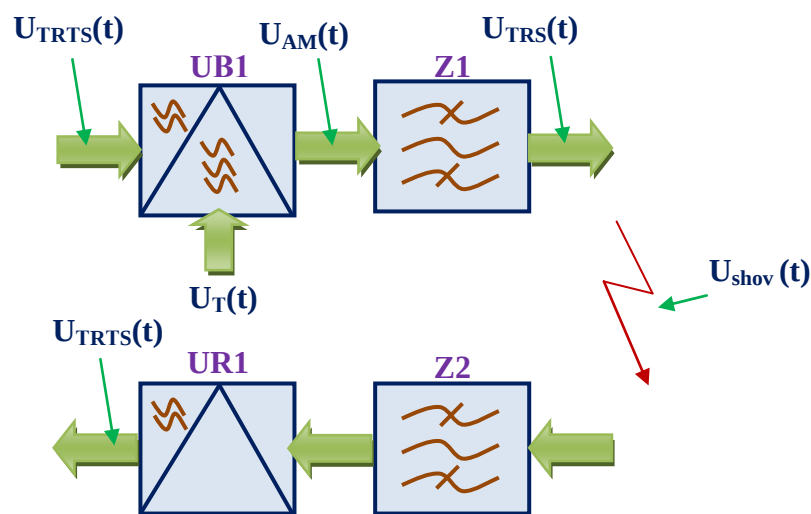


7.2- rasm. Negativ va pozitiv modulyatsiyalashli TRS

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.

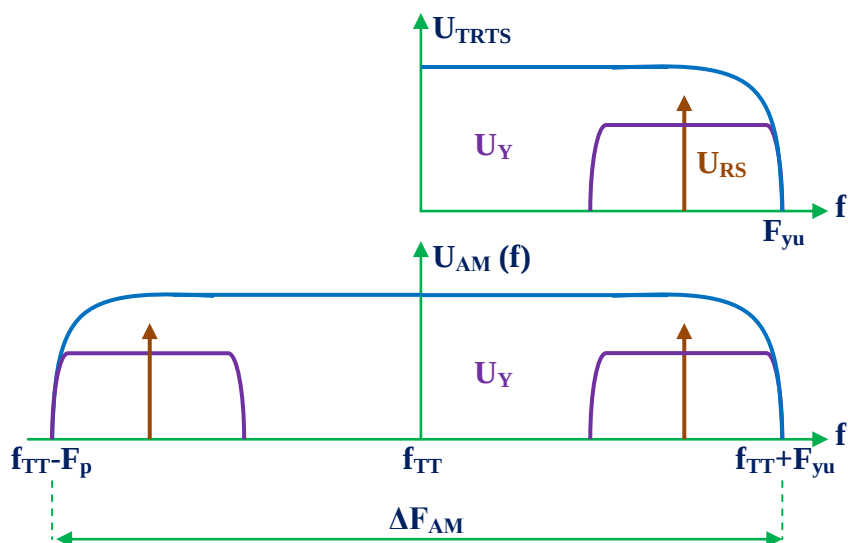
Televizion uzatish radiotraktining umumlashtirilgan tuzilish sxemasi 7.3-rasmda keltirilgan.



7.3- rasm. Televizion uzatish radiotraktining umumlashtirilgan tuzilish sxemasi

Agar UB1 amplitudaviy modulyator kirishiga shartli bir tekis spektrli $U_{TRVS}(t)$ signal berilsa, chiqishda ikkita yon polosalar va f_{TT} tasvir tashuvchi hosil bo‘ladi. $F_{yu} = 6$ MGs videosingnal 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 U_{TRS} tasvir radiosignali hosil bo‘ladi.

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



7.4- rasm TV uzatkich modulyatori kirishidagi va chiqishidagi signallar spektrlari

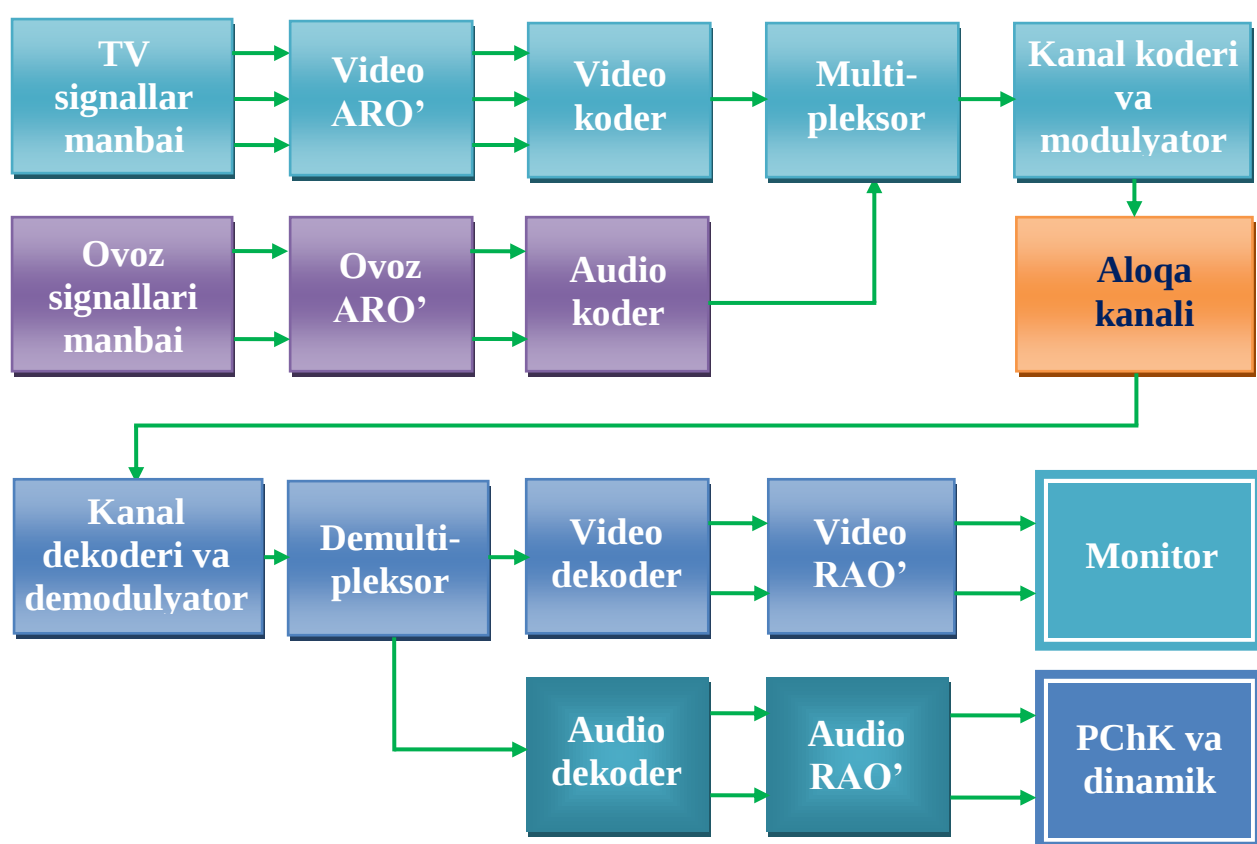
7.2. Raqamli televizion tizimning tuzilish sxemasi

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.

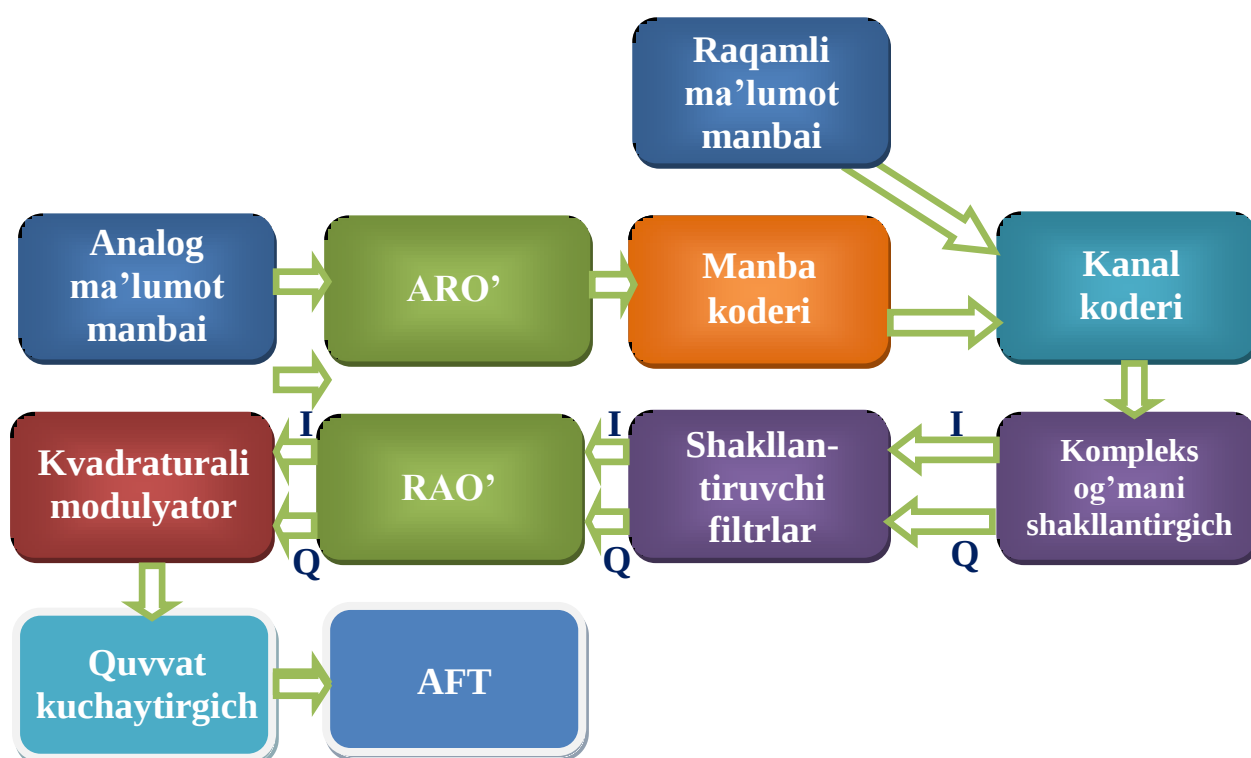


7.5- rasm. Raqamli televizion tizimning tuzilish sxemasi

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 signallari 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.

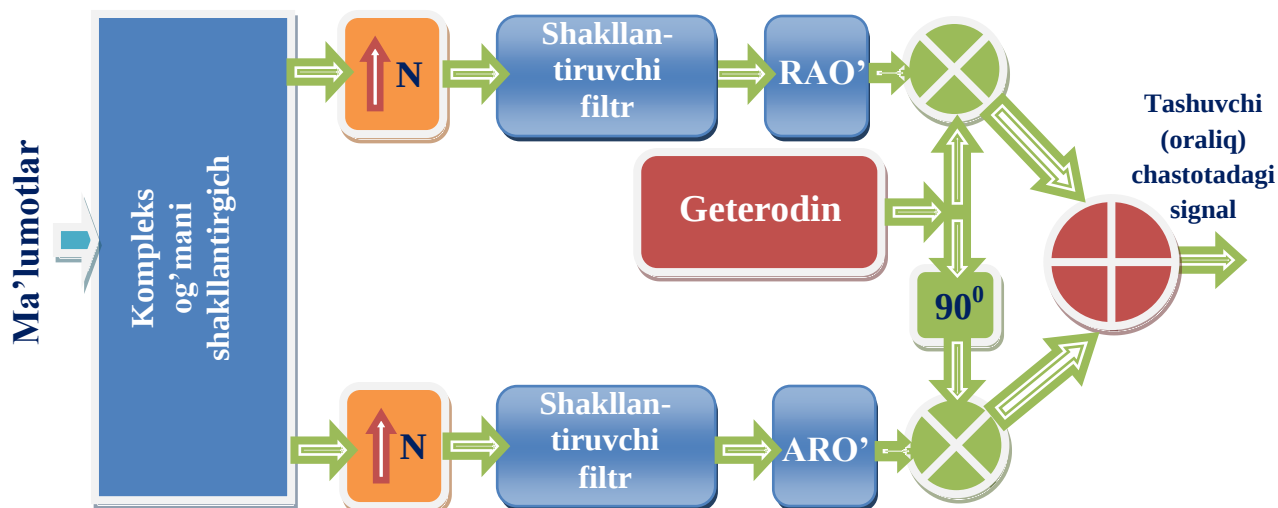


7.6- rasm. Raqamli TV aloqa tizimining uzatish qismi

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.

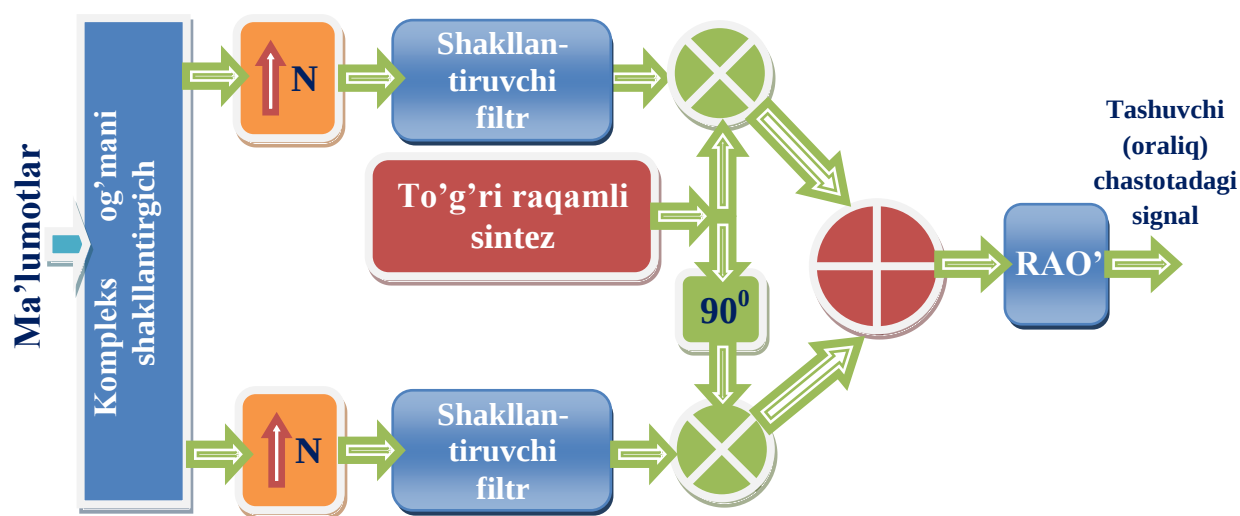


7.7- rasm. Signalga analog kvadraturali ishlov berishli uzatkichning tuzilishi

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 kvadraturali 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.

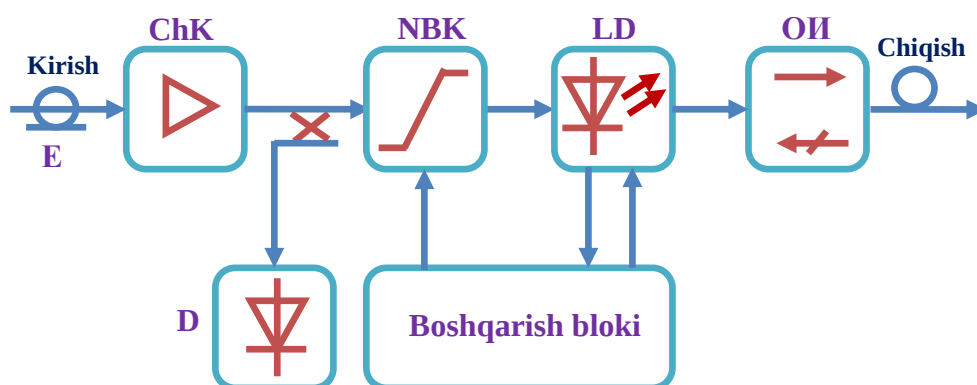


8- rasm. Signalga raqamli kvadraturali ishlov berishli uzatkichning tuzilish sxemasi

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. Korrektsiyalangan 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.



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

Nazorat savollari

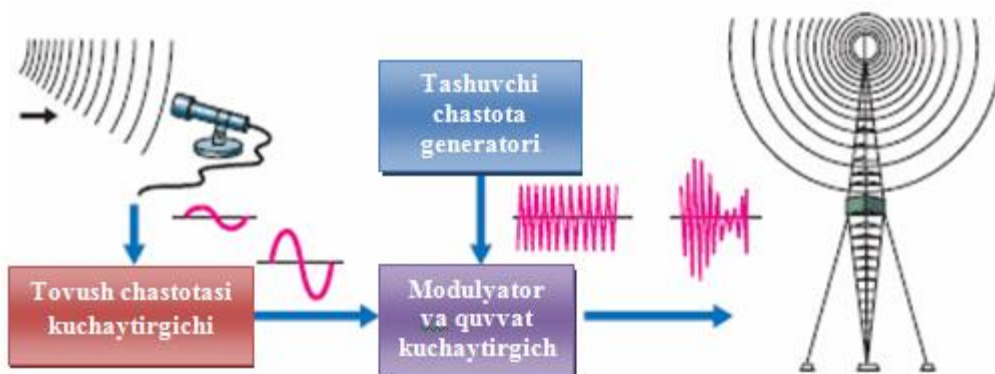
1. Televideniye uzatish tizimiga talablar nimalardan iborat?
2. To'liq televizion signal qanday ko'rinishga ega?
3. Televizion uzatish radiotraktining umumlashtirilgan tuzilish sxemasini tushuntiring?

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 antenναςining kirishiga beriladigan signalni shakllantirish uchun qurilma hisoblanadi (8.1- rasm). Odatda qoʻzgʻatkich (yuqori stabillikli zarur chastotali tebranishlar generatori), quvvat kuchaytirgichi va modulyatordan (tashuvchi tebranishni berilgan qonun boʻyicha modulyasiyalaydigan blok) tashkil topadi. Radiouzatkichlar radioaloqaning barcha turlarida, radiolokatsiya, radionavigatsiya televideniye va radioeshittirish, aniq vaqt xizmatlari va boshqa sohalarda keng qoʻllanadi.



8.1- rasm. Radiouzatishning soddalashtirilgan umumiy tuzilish sxemasi

Radioeshittirish uchun quyidagi chastotalar polosalari, tashuvchi chastotadagi nurlanish quvvati va modulyatsiyalash turi koʻzda tutilgan:

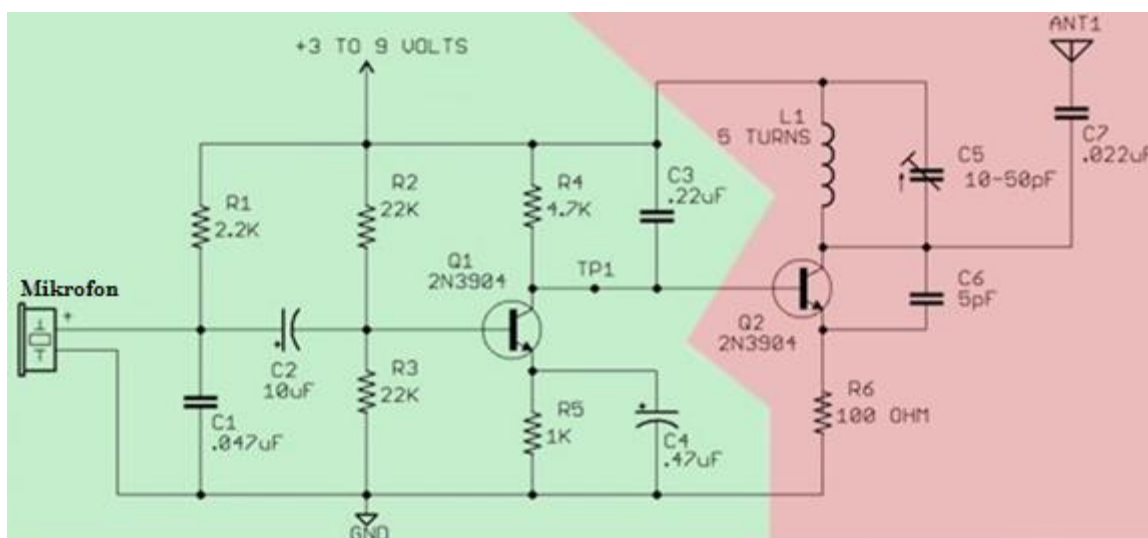
- 150...285 kGs – kilometrli toʻlqinlar diapazonida (boshqa nomi – uzun toʻlqinlar), quvvati - 500 kVt gacha, modulyatsiyalash - amplitudaviy;
- 525...1605 kGs – gektometrli toʻlqinlar diapazonida (oʻrta toʻlqinlar), quvvati - 500 kVt gacha, modulyatsiyalash - amplitudaviy;
- 3,95...26,1 MGs (alohida oraliqlar) - dekametrli toʻlqinlar diapazonida

(qisqa to‘lqinlar, quvvati - 500 kVt gacha, modulyatsiyalash - amplitudaviy;

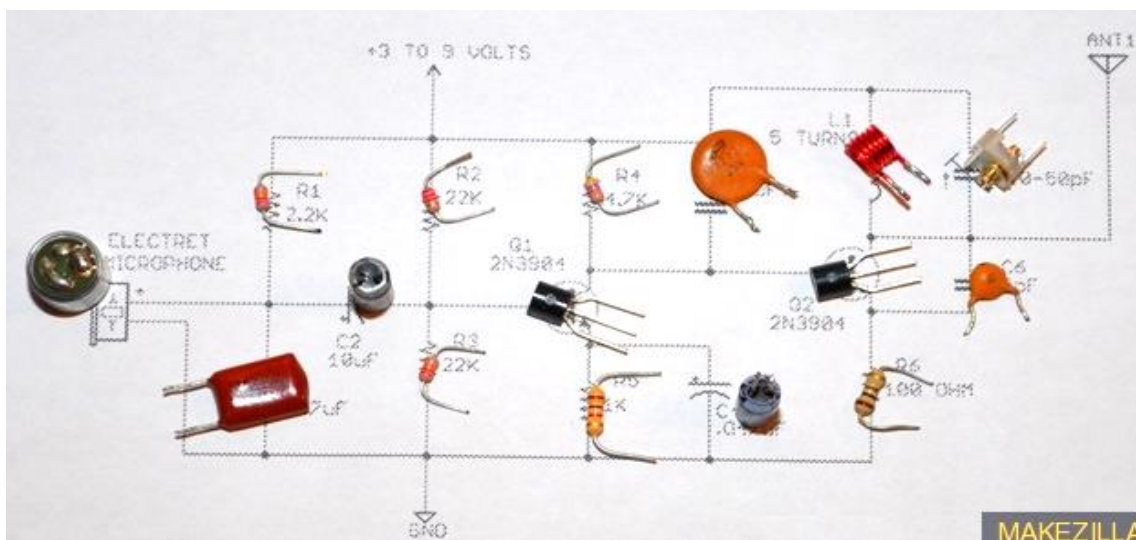
- 66...73 va 87,5...108 MGs - metrli diapazonda (UQT ChM uzatish),
quvvati - 15 kVt gacha, modulyatsiyalash - chastotaviy.

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- rasmda. Past quvvatli uzatkichning prinsipial sxemasi



8.3- rasm. Past quvvatli uzatkichda elementlarning joylashishi

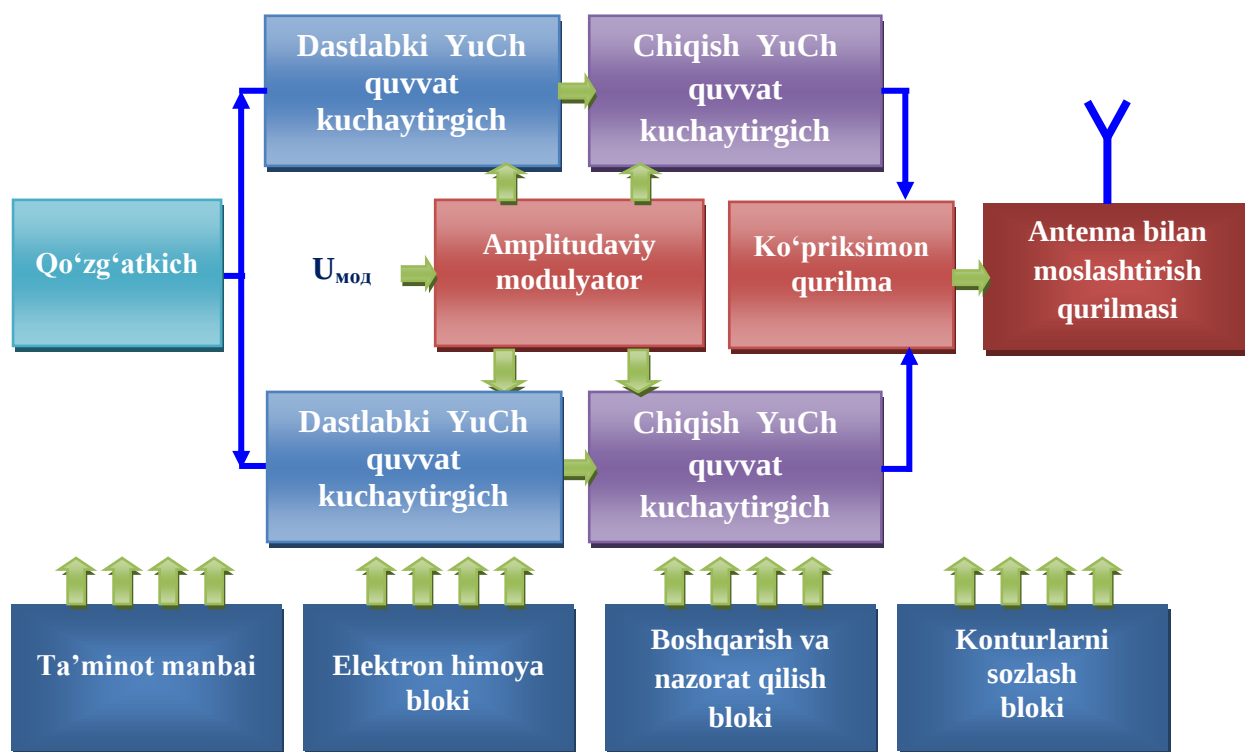
8.2. Uzun va oʻrta toʻlqin analog radiouzatkichining umumlashtirilgan tuzilish sxemasi

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 koʻpriksimon qurilma yordamida qoʻshiladi. Qoʻzgʻatkining chastotasi oʻzgartirilganida qayta sozlashni talab qilmaydigan dastlabki YuCh keng polosali kaskadlarda odatda quvvatli tranzistorlar qoʻllanadi. Chiqish YuCh quvvat kuchaytirgichida quvvatlari parallel yoki ikki taktli sxema boʻyicha qoʻshiladigan bir necha quvvatli generator lampalar ishlatiladi. Chiqish kaskadida va antenna bilan moslashtirish qurilmasida qoʻzgʻatkining chastotasi oʻzgartirilganida konturlarning avtomatik sozlanishi amalga oshiriladi.

RUQda maxsus datchiklar yordamida uning barcha kaskadlari va boʻgʻinlarining normal ishlashini va shtatdagi rejim buzilganida darhol signalizatsiyani avtomatik nazorat qilish amalga oshiriladi. Qoʻzgʻatkichda talab qilinadigan chastotalar toʻrini shakllantiradigan sintezator qoʻllanadi. Qoʻzgʻatkich

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.



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 chastalar polosasi va kichik noxiziqli buzilishlar koeffitsientini ta'minlaydi.

8.3. UQT ChM radioeshittirish uzatkichining umumiy tuzilish sxemasi

UQT ChM radioeshittirish uzatkichi yordamida yuqori minoraga

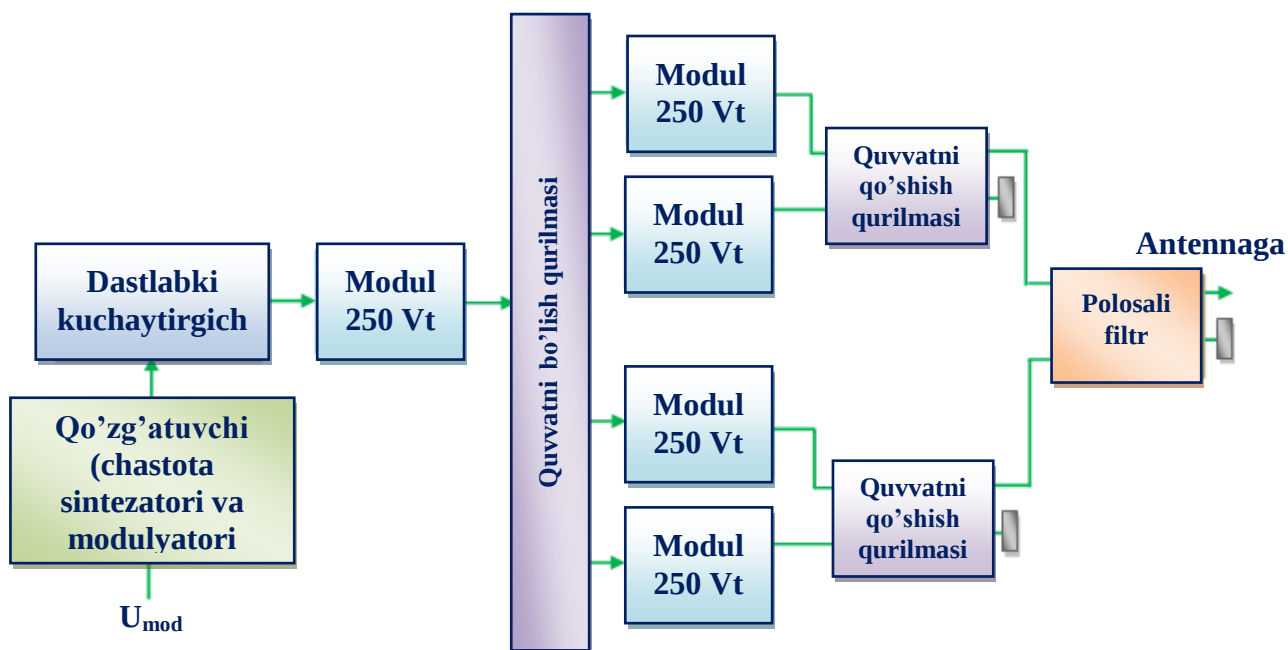
oʻrnatiladigan uzatish antenναςining toʻgʻri koʻrinish zonasida yuqori sifatli radioeshittirish taʼminlanadi. Toʻgʻri koʻrinish zonasining radiusi shar shaklidagi Er ideallashtirilgan modeli uchun quyidagiga teng boʻladi (km da):

$$R = 3,57(\sqrt{h_1 + h_2}) , \quad (8.1)$$

bu yerda h_1 , h_2 – uzatish va qabul qilish antennalarining koʻtarilishi balandligi, metr.

$h_1=200$ m va $h_2=10$ m boʻlganda $R=14,5$ km ni olamiz. UQT radioeshittirishda radiokoʻrinish 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 kengligi keng polosali chastotaviy modulyasiyalash hisobiga taʼminlanadi. 1 kVt gacha quvvatda radiuzatkichni 8.5- rasmda keltirilgan tuzilish sxemasiga muvofiq toʻliq tranzistorlarda yigʻish mumkin.

Radiouzatkichning asosi quvvatlari koaksial turdagi uchta koʻprik qurilmalari yordamida qoʻshiladigan 250 Vtdan quvvatli modullar hisoblanadi. Har bir modul, oʻz navbatida, quvvatlari koʻprik qurilmalari yordamida qoʻshiladigan 50 Vt dan quvvatli sakkizta OʻYuCh tranzistorlardan toʻplam hisoblanadi. Keng polosali chiziqli ChM qoʻzgʻatkichda amalga oshiriladi, uning tarkibiga yana nurlantiriladigan signalning chastotasini oʻzgartirishga imkon beradigan chastotalar sintezatori kiradi.



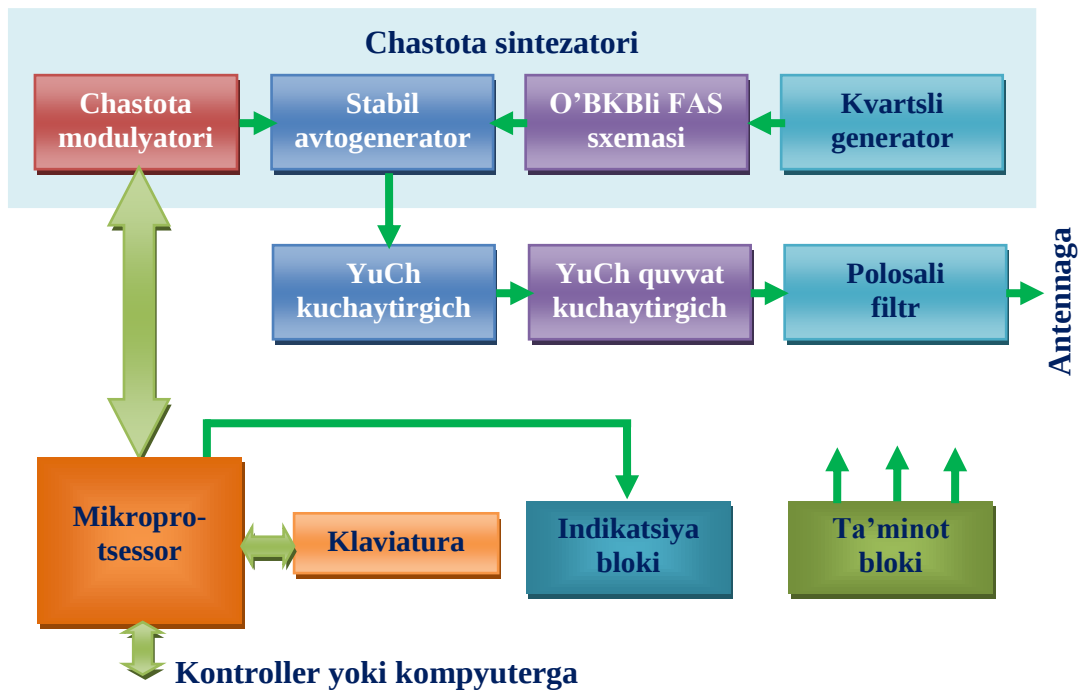
8.5- rasm. UQT ChM radioeshittirish uzatkichining umumiy tuzilish sxemasi

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 va analog 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.



8.6- rasm. Mikroprotsessor orqali boshqariladigan uzatkich sxemasi

Fazaviy avtomatik sozlash sxemasi bo'yicha qurilgan va o'zgaruvchan bo'lish koeffitsientli 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 Δf_{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 koeffitsientli 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.

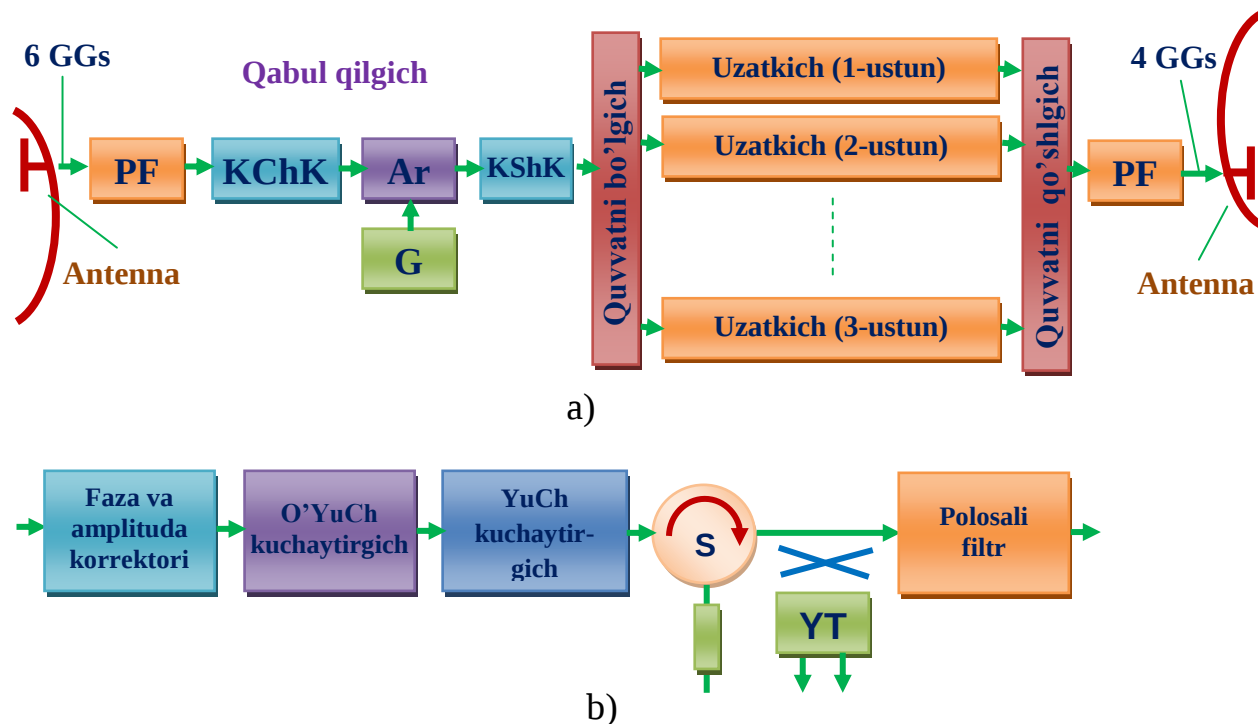
8.4. O‘YuCh diapazon qabul qilgich-uzatkichining tuzilish sxemasi

Sun‘iy yo‘ldoshli qabul qilgich-uzatkich butun chastotalar spektrini signalni demodulyatsiyalashsiz bitta diapazondan boshqa diapazonga, masalan, 6 GGs dan 4 GGs ga yoki 14 GGs dan 11 GGsga o‘tkazish prinsipi bo‘yicha quriladi. Bunday retranslyatorlarda 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 birlashtirish 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 antenنالarga 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.



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.

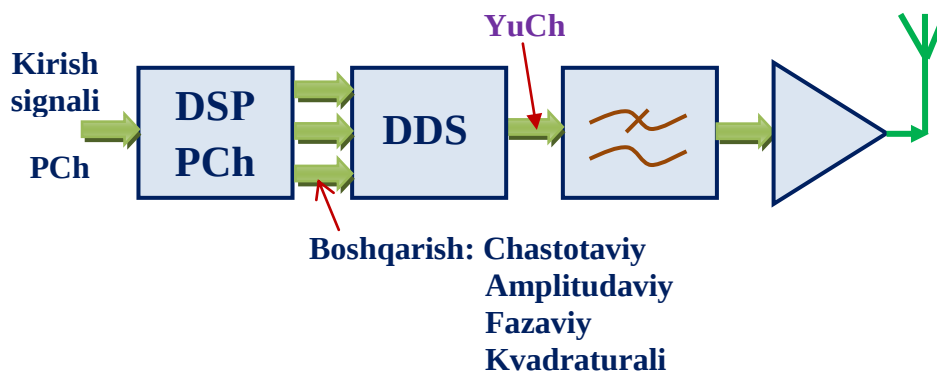
8.5. Yuqori chastotali signallar to‘g‘ridan-to‘g‘ri shakllantiriladigan radiouzatkichlar tuzilish sxemalari

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 *DDSl*arning takt chastotalari yuzlab megagerslardan 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.



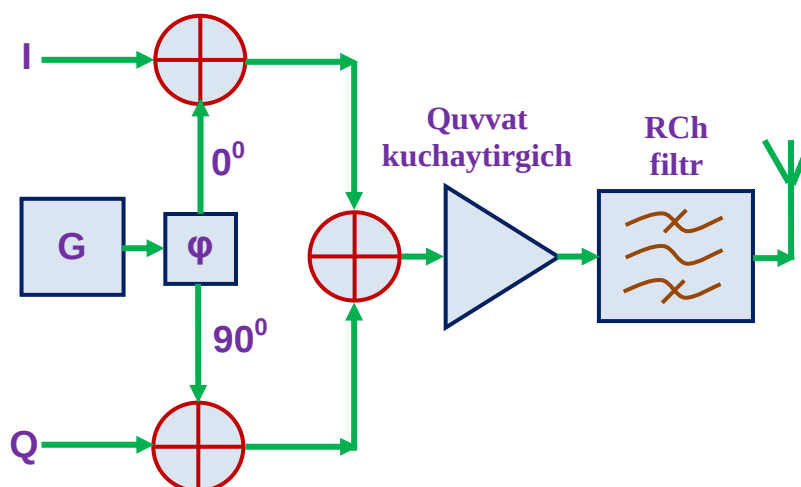
8.8- rasm. YuCh/OChraqamli chiqishli raqamli uzatkichning tuzilish sxemasi

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.

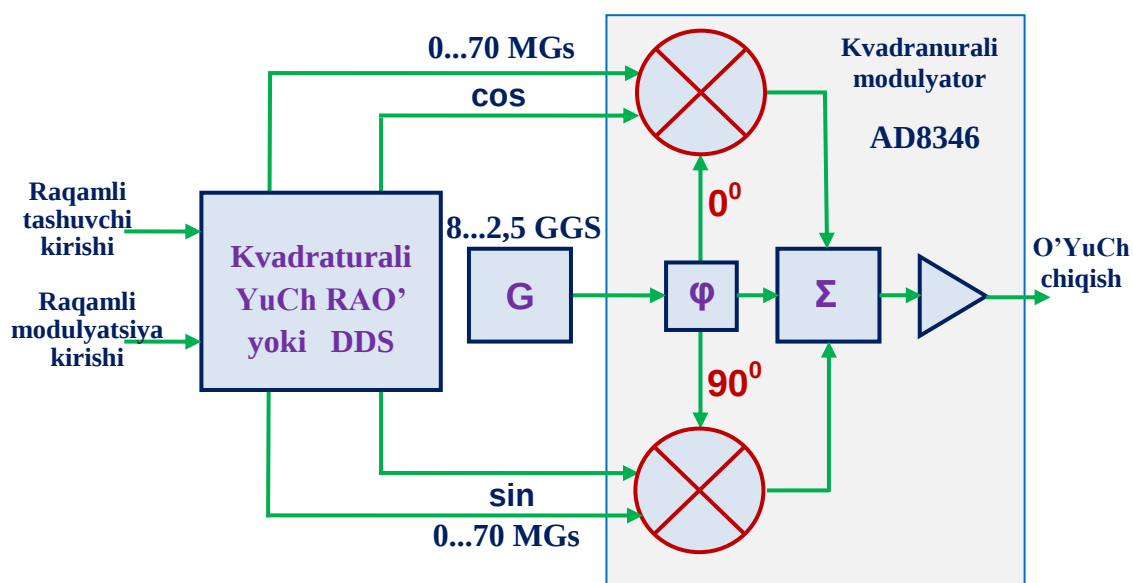
Signal manbai – DDS yoki RAO‘dan I/Q chiqishlar deyiladigan alohida YuCh kvadraturali chiqishlarning bo‘lishi talab qilinadi.

Kvadraturali aralashtirgichning ishlashini quyidagi tarzda tushuntirish mumkin. Bayon etishni soddalashtirish uchun DDS modulyatsiyalanmagan signali holini ko‘rib chiqamiz. Bunda pastki aralashtirgichga $U_{mDDS}\sin(w_{DDSt})$ signal, yuqori aralashtirgichga esa $U_{mDDS}\cos(w_{DDSt})$ signal beriladi. Bu aralashtirgichlarning boshqa kirishlariga keng polosali ichki faza aylantirgichdan

90° fazalar farqiga ega bo'lgan $U_{mLO}\sin(\omega_{LO}t)$ va $U_{mLO}\cos(\omega_{LO}t)$ geterodin tebranishlari beiladi.



8.9- rasm. Kvadraturali aralashtirgichning ichki tuzilmasi



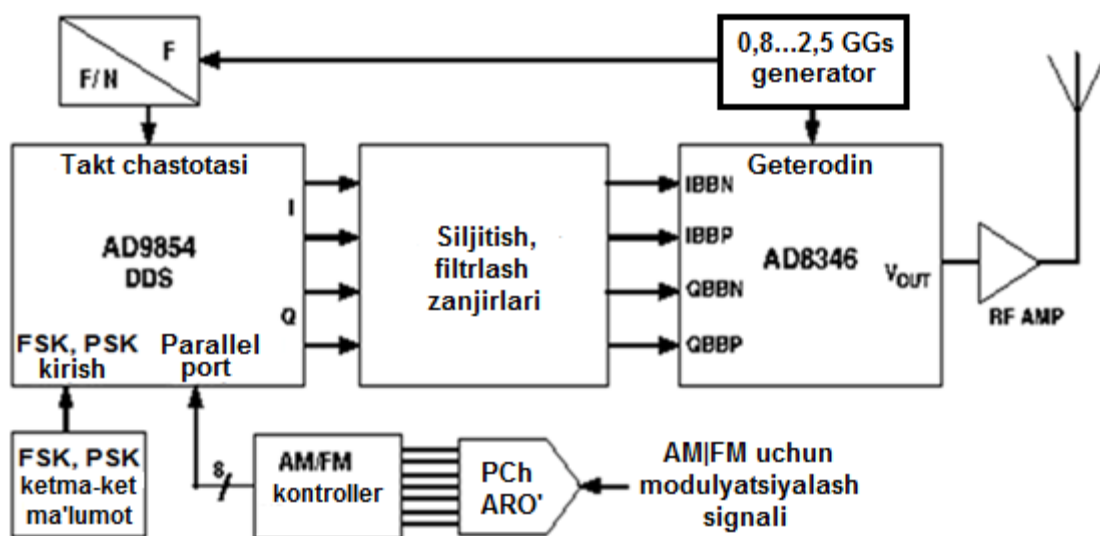
8.10- rasm. Kvadraturali aralashtirgichga modulyatsiyalangan radiosignal manbaini ulanishi usuli

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

$$u_{OUT}(t) = KU_{mDDS}U_{mLO}(\sin(w_{DDS}t)\sin(w_{LO}t) + \cos(w_{DDS}t)\cos(w_{LO}t)) = U_{mOUT}\cos((w_{LO} - w_{DDS})t)$$

Shunday qilib, spektrning yig'indi chastotali tashkil etuvchisi so'ndiriladi. Farq chastotasili tashkil etuvchi so'ndirilishi uchun DDSning kvadraturali modulyatorga (aralashtirgichga) ulangan I va Q chiqishlarining joylarini almashtirish kerak. Integral kvadraturali modulyatorda simmetrik kanalni odatdagi so'ndirish 35 dB atrofida 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.



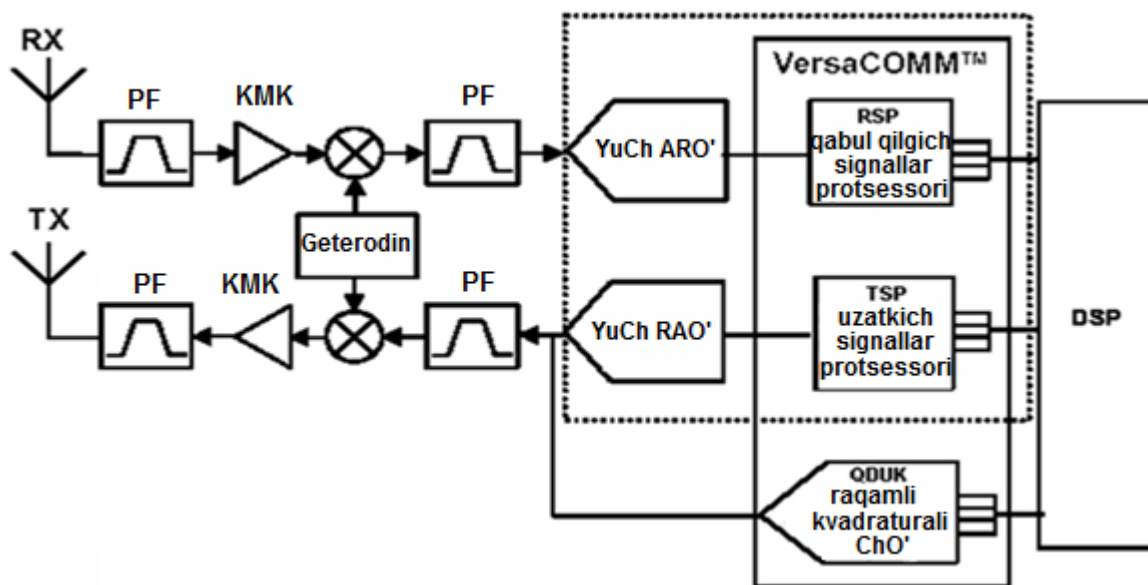
8.11- rasm. Kvadraturali integral modulyatordan foydalanish bilan ishchi chastotani oshirish prinsipini ishlatadigan raqamli uzatkichning tuzilish sxemasi

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.

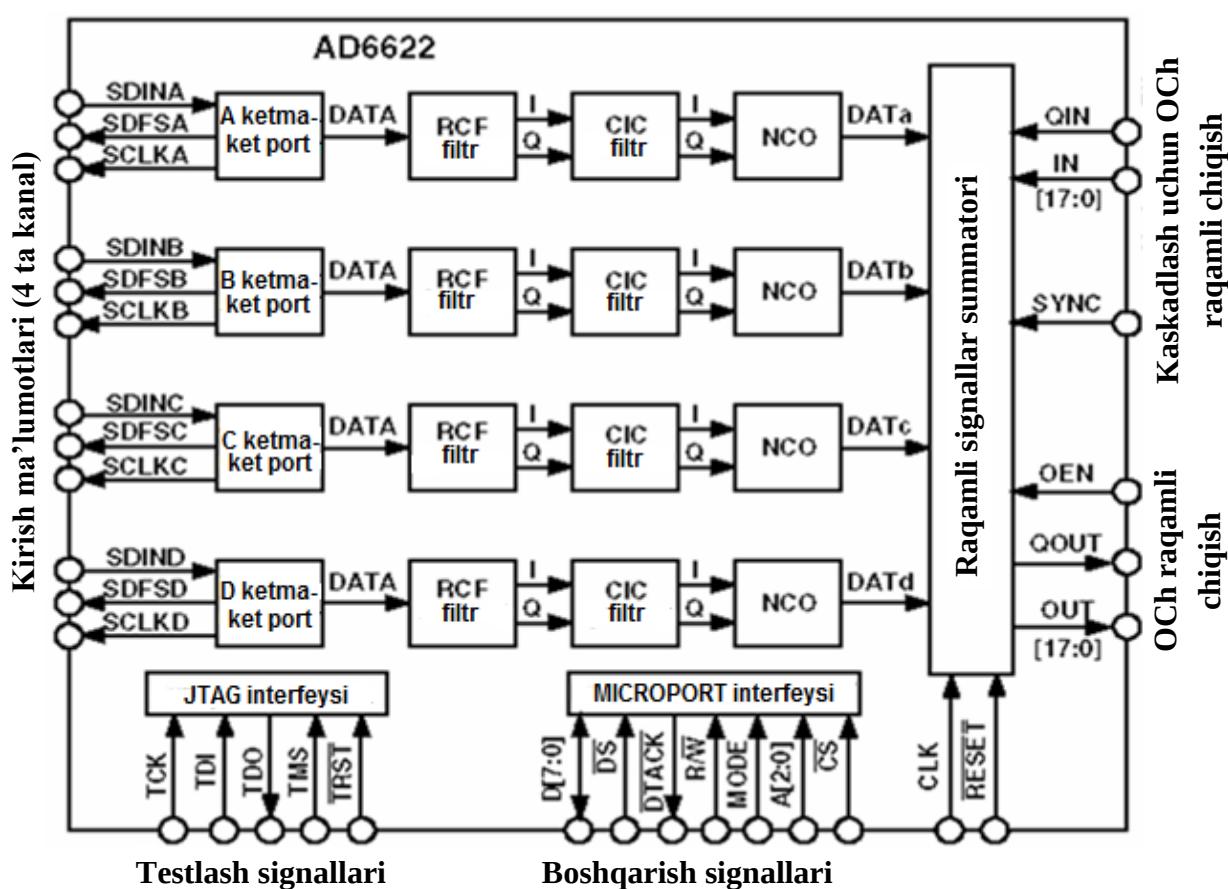
Xususan, raqamli YuCh signallarni shakllantirish yadrosi quyidagilar asosida bajarilishi mumkin:

- 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 sonli 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 interpolasyon filtrlar (*RCF* va *CIC* filtrlar) va *NCO* yordamida chastotani raqamli o'zgartirishli to'rtta bir xil raqamli kanallarga ega. *RCF* filtrlar OXQda saqqlanadigan koeffitsientlarli interpolasyon KIX filtrlar hisoblanadi, bu *TSP* boshqarish porti orqali koeffitsientlar oddiy o'zgartirish yo'li bilan filtrlarning chastotaviy xarakteristikalarini o'zgartirishga imkon beradi.



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

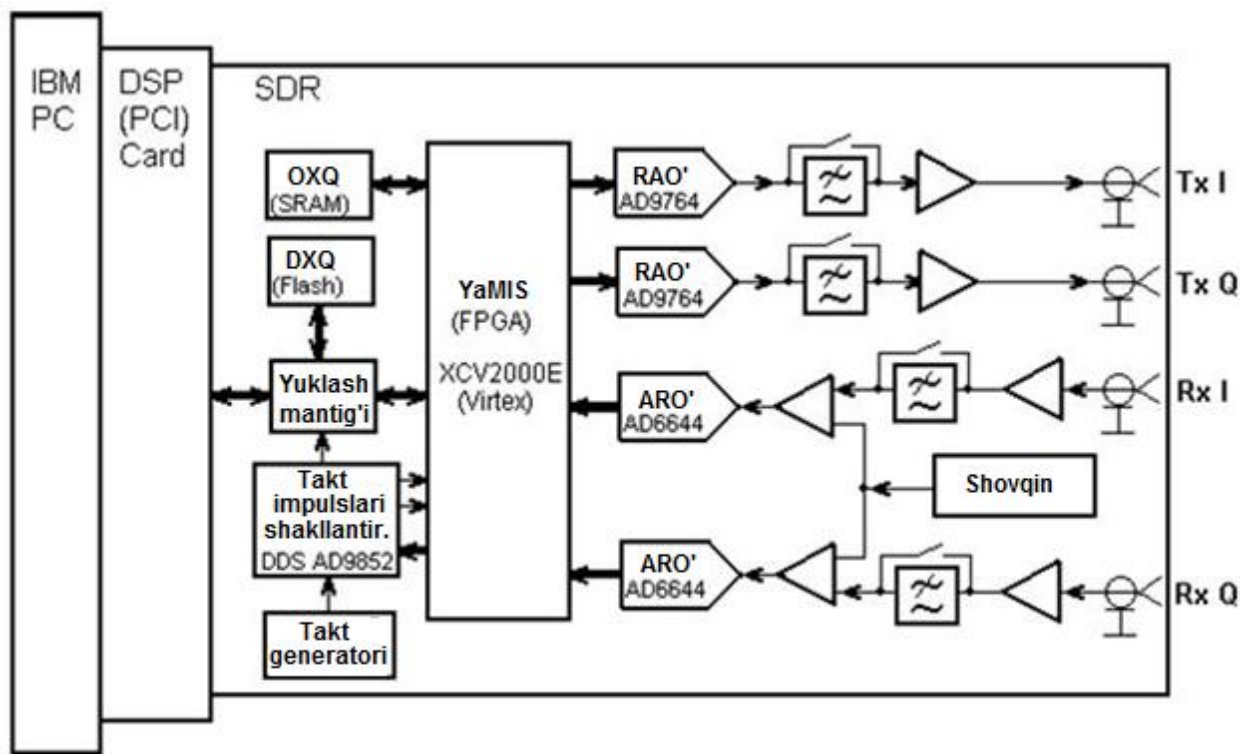
sintezatorlar (*NCO*) raqamli *I/Q* ko‘paytirgichlar-modulyatorlar va kvadraturalarni birlashtirish uchun raqamli summatorlarli kvadraturali bajarilgan. Barcha to‘rtta kanallar signallari raqamli summatorida qo‘shiladi va tashqi YuCh RAO‘ga beriladi.

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.



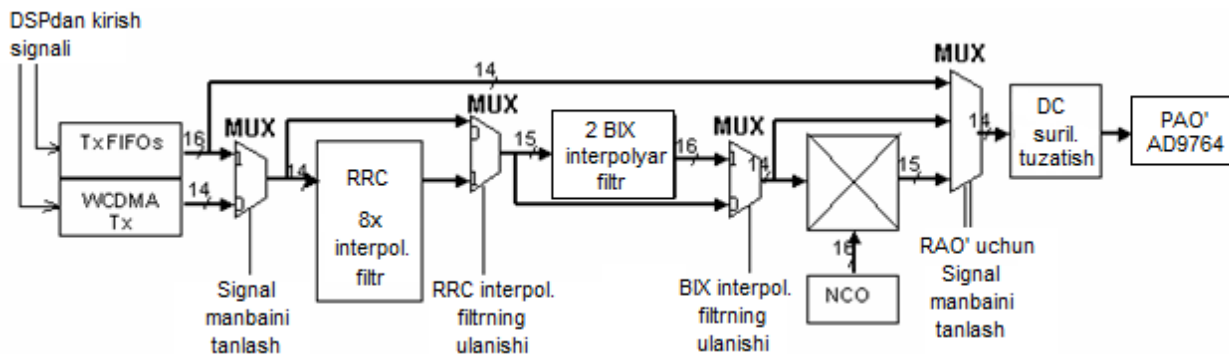
8.14- rasm. Xilinx firmasining Virtex XCV2000E YAO'MISdagi (FPGA) (2 millionta ventillar) EnTegra firmasining «Software Designed Radio» konsepsiyasi raqamli qabul qilgich-uzatkichini (SDR modulini) bajarilishi

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^o 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.

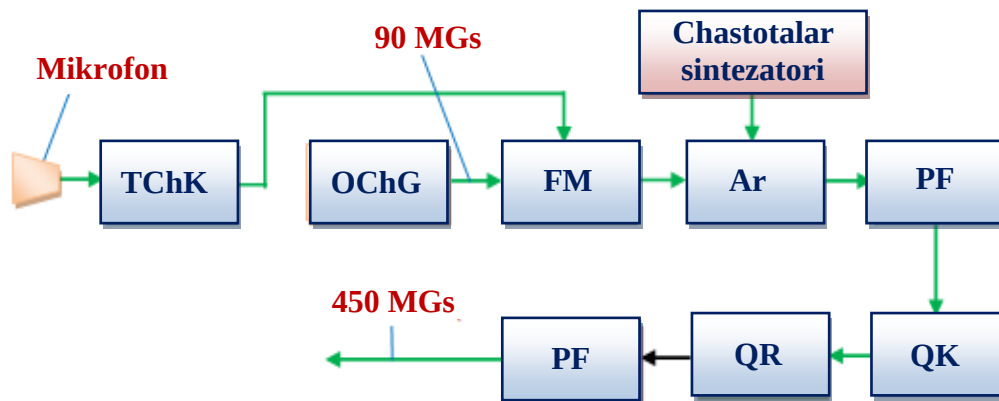
O'rnatilgan dasturlar xotirasi va ma'lumotlar xotirasi ikkinchi va uchinchi avlod turli aloqa standartlari uchun turli xil qo'llanishlarda bunda qabul qilgich-uzatkichdan foydalanishga imkon beradi.

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.

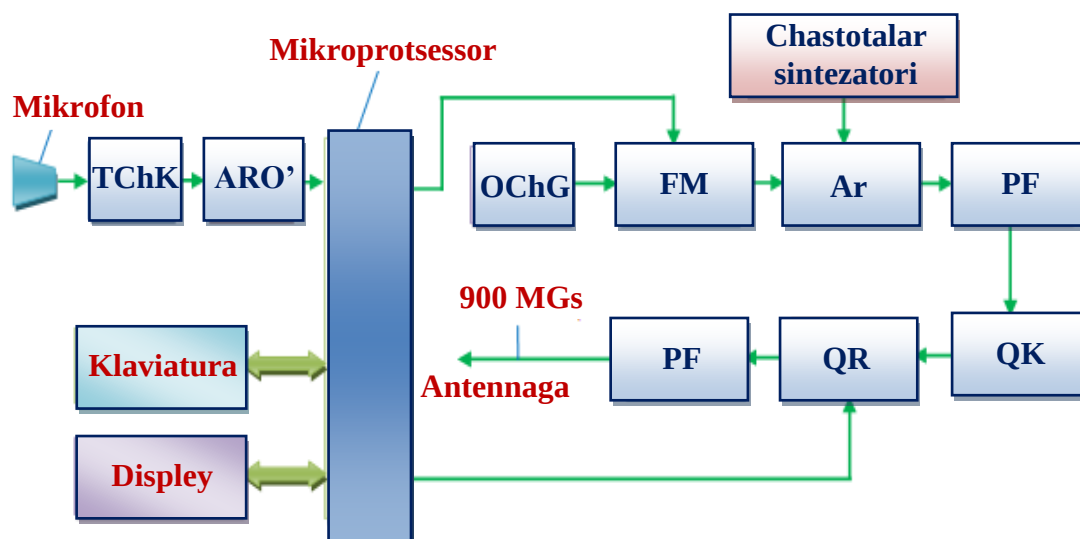


UZCh – ovoz chastotasi kuchaytirgichi, OChG – oraliq chastota generatori (90 MGs), FM - fazaviy modulyator, Ar - aralashtirgich, PF - polosali filtr, QK – O‘YUCh signal quvvat kuchaytirgichi (450 MGs), QR – quvvat rostlagichi

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.



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. Mikroprotessor 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

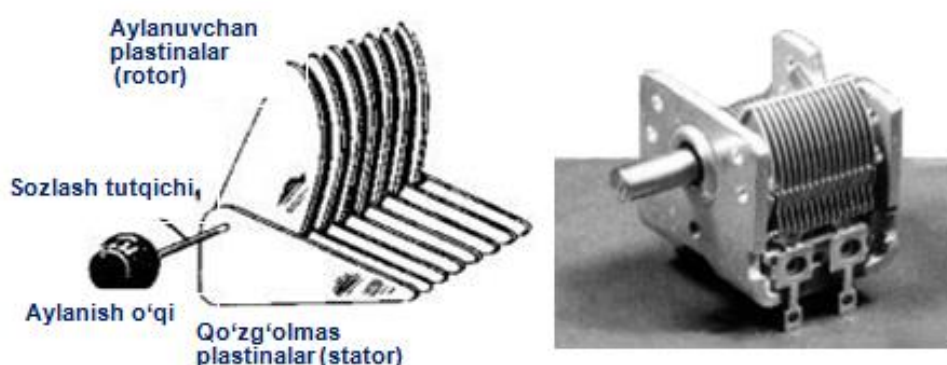
Radioqabul qilish qurilmasi istalgan xabarlarni uzatish radiotexnik tizimining eng muhim va zarur elementlaridan biri hisoblanadi. U quyidagilarni ta'minlaydi:

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

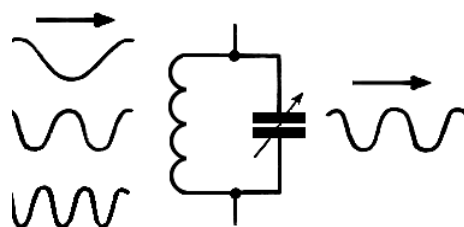
Qabul qilish joyida tabiiy va sun'iy kelib chiqishdagi radiohalaqitlar manbalari hosil qiladigan tashqi elektromagnit maydonlar mavjud. Bu elektromagnit maydonlar foydali signalni buzadi va xabarlarni qabul qilishda xatoliklarni keltirib chiqaradi.

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 stansiyaning 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 xabarlarini 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.

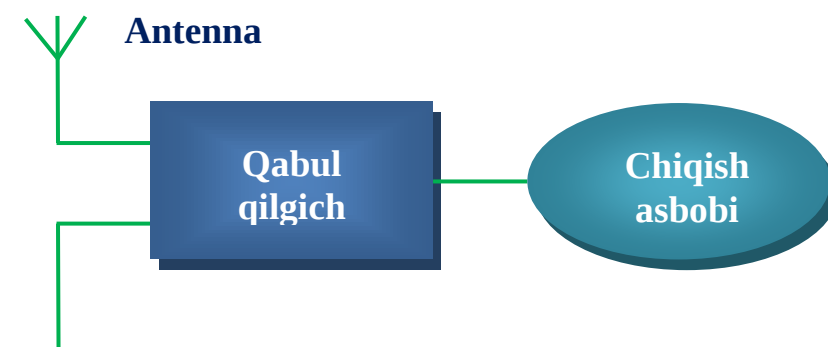
Ko'rsatilganlarga muvofiq istalgan radioqabul qilish qurilmasining tuzilish sxemasi qabul qilish antenasi, qabul qilgich va chiqish asbobidan tashkil topadi (9.4- rasm).

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 xabarlarini 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 amalga oshirilishiga misol kosmik aloqa yoki yerning sun'iy yo'ldoshlari (YSY) orqali aloqa tizimlari hisoblanadi.



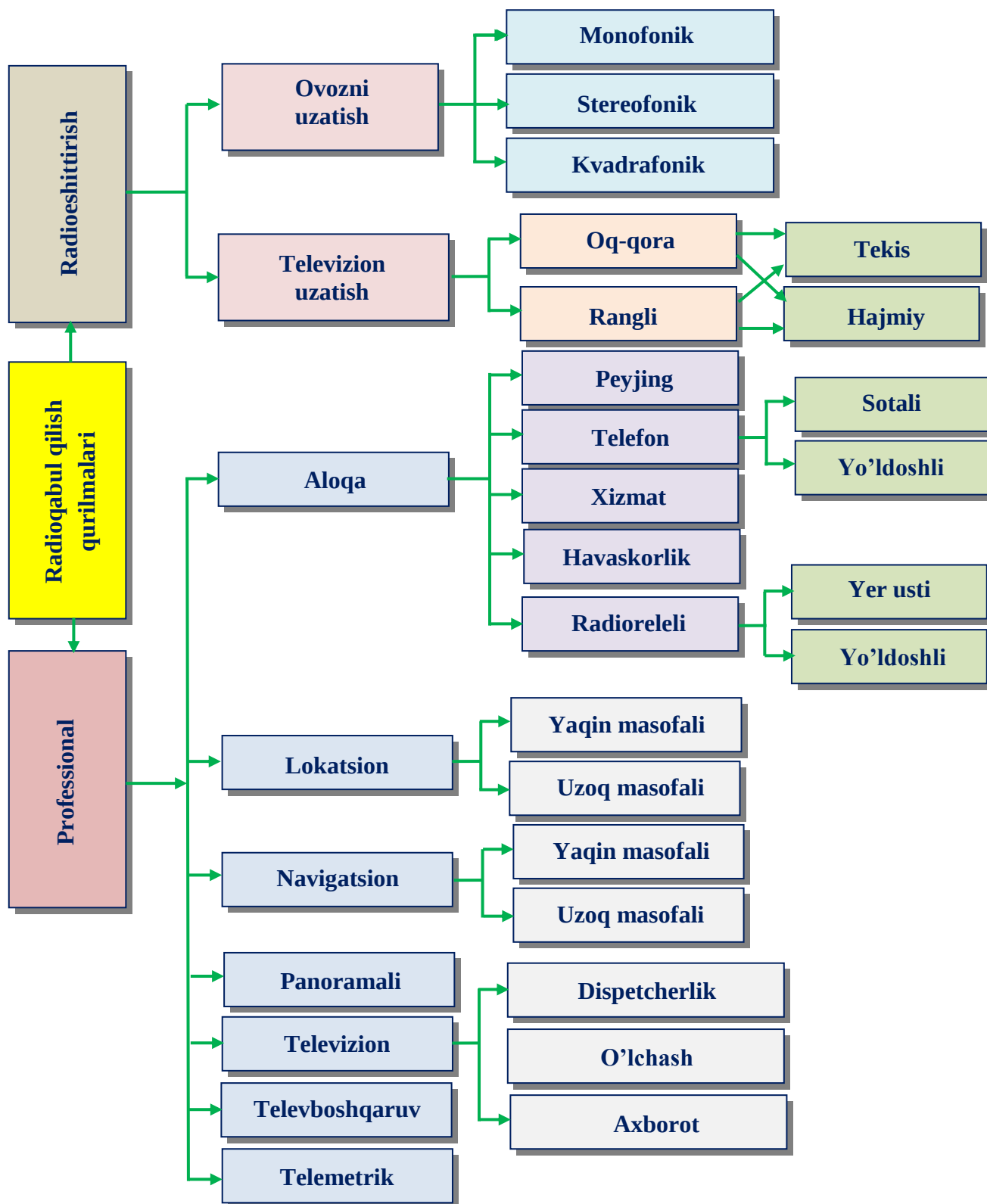
9.4- rasm. Radioqabul qilish qurilmasining umumiy tuzilish sxemasi

9.5- rasmda qabul qilish qurilmalarining tasniflanishi keltirilgan.

Guruhlardan har biri, o'z navbatida, kichik guruhlariga bo'linadi, ulardan har biri yana kichik guruhlariga 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.



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'liqlar diapazoni bo'yicha qabul qilgichlar miriametrli to'liqlar (100-10 km), kilometrli to'liqlar (10-1 km), gekto metrli to'liqlar (1000-100 m), dekametrli to'liqlar (100-10 m), metrli to'liqlar (10-1 m), detsimetrli to'liqlar (100-10 sm), santimetrli to'liqlar (10- 1 sm), millimetrli to'liqlar (10-1 mm), detsimillimetrli to'liqlar (1- 0,1 mm) va boshqa to'liqlar qabul qilgichlariga bo'linadi. Ko'rsatilgan diapazonlardan bir nechtasiga ega bo'lgan qabul qilgichlar ko'p to'liqli 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 $f_{\min}$ va $f_{\max}$ chegaraviy chastotalar va chastota bo'yicha diapazonning qoplanishi ko'effitsienti orqali aniqlanadi.

$$K_f = f_{max}/f_{min}$$

Diapazon chegaralarida qabul qilgich qo'shni chastotalar orasida Δf_{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:

$$N_{RCH} = \frac{(f_{max} - f_{min})}{\Delta f_{RCH}}$$

Radioqabul qilgichning sezgirliги uning kuchsiz signallarni normal qabul qilish qobiliyatini xarakterlaydi. Radioqabul qilgichning sezgirliги miqdoran antennadagi EYuKning E_A minimal qiymati yoki quyidagi nisbat berilganida radioqabul qilgich chiqishidagi signalning talab qilinadgan quvvati ta'minlanadigan radiosignalning antennadagi R_A minimal quvvati orqali baholanadi:

$$q = \frac{U_{s.chiq}}{U_{sh.chiq}} = \sqrt{\frac{P_{s.chiq}}{P_{sh.chiq}}}$$

$$E_A = 2\sqrt{kT\Delta F_{QQ}Nq^2r_A} = 2q\sqrt{kT\Delta F_{QQ}Nr_A},$$

bu yerda $k=1,38 \cdot 10^{-23}\text{J/grad}$ – Bolsman doimiysi;

T – absolyut harorat;

ΔF_{QQ} – qabul qilgichning o'tkazish polosasi;

N – qabul qilgich chiziqli traktining shovqin koefitsienti;

r_A – antennaning qarshiligi.

N shovqin ko'effitsienti 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 U_s/U_{sh} nisbatni qanchalik yomonlashtirishini ko'rsatadi.

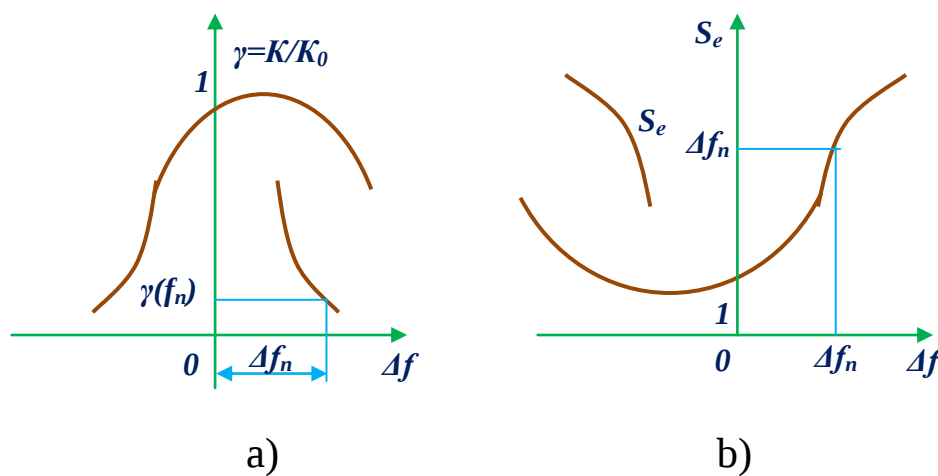
Radioqabul qilgichning tanlovchanligi (selektivligi) radioqabul qilgichning halaqit qiluvchi signallardan foydali signalni ajrata olish qobiliyati hisoblanadi. U foydali va halaqit qiluvchi signallarning u yoki bu farqlari – kelish yo'nalishi (fazoviy tanlovchanlik), ta'sir etish vaqti (vaqt bo'yicha 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 (impulsi 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) chastotaviy tanlovchanlikka ajratiladi. Bitta signalli tanlovchanlik kirishda bitta signal (foydali yoki halaqit qiluvchi) ta'sir qilganida noxiziqli 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 f_n halaqitlar chastotasida sinov signalining sathini uning foydali signal chastotasidagi qiymatiga nisbati, ya'ni mos kuchaytirish ko'effitsientlarining nisbati orqali baholanadi:

$$Se_{f_n} = \frac{K_0}{K(f_n)} = \frac{1}{\gamma_{f_n}}$$

Demak, $\Delta f = f - f_0$ nosozlanish chastotasiga bog‘liq ravishda so‘nish 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 $\Delta f = f - f_0$ nosozlanish chastotalarining qiymatlarini qo‘yilishi qulayroq bo‘lishi hisobga olingan.



9.4- rasm. Bitta signalli tanlovchanlik xarakteristikalar

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‘yladigan xatolikli o‘rnatish va saqlash qobiliyatini aniqlaydi. U qidirishsiz aloqaga kirish va aloqani sozlashsiz olib borish imkoniyatini aniqlaydi. Miqdoran uzatkichlardagi kabi $\delta_{QQ} = \Delta f_{QQ}/f_s$ nisbiy nostabillik orqali aniqlanadi.

Radioaloqaning ishonchliligini oshirish uchun chastotani oʻrnatilishi xatoligi va uni ishlash jarayonida oʻzgartirish qabul qilgichning oʻtkazish polosasini kengaytirish bilan kompensatsiyalanadi:

$$\Delta F_{O.P} = \Delta F_S + 2\Delta f_{QQ}$$

bu yerda ΔF_S – qabul qilinadigan signal spektri; Δf_{QQ} – qabul qilgichning chastotaviy aniqligi orqali aniqlanadigan uning absolyut nosozlanishi.

Chastotaviy nostabillikni kompensatsiyalash uchun oʻtkazish 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 boʻlinadi.

Nochiziqli buzilishlarni qabul qilish trakti elementlari xarakteristikalarining nochiziqliligi keltirib chiqaradi. Ular birlamchi signal shakllarining buzilishlarida namoyon boʻladi. Miqdoran ular garmoniklar koeffitsienti orqali baholanadi:

$$K_G = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{U_1}$$

bu yerda $U_2, U_3, \dots, U_n$ – qabul qilgich chiqishidagi yuqori garmonikalar amplitudalari; U_1 – qabul qilgich chiqishidagi birinchi garmonika amplitudasi.

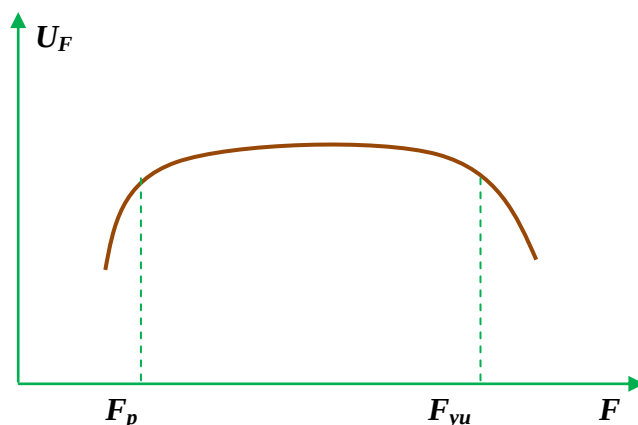
Amplitudaviy-chastotaviy buzilishlar birlamchi signal spektrining turli tashkil etuvchilari uchun kuchaytirish koeffitsientidagi farqlarga bogʻliq. Ular

qabul qilgich chiqishidagi birlamchi signal U_F amplitudasini F chastotaga bogʻliqligi grafigi hisoblanadigan AChX amplitudaviy-chastotaviy xarakteristika orqali baholanadi (9.5- rasm).

Amplitudaviy-chastotaviy buzilishlarni miqdoran baholash uchun koʻpincha AChX oʻrniga chastotaviy buzilishlar koeffitsientidan foydalaniladi:

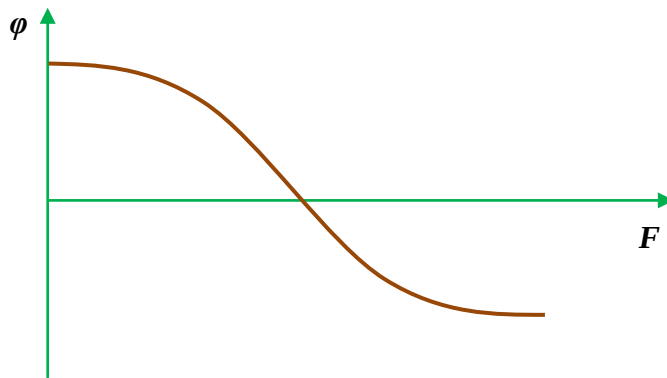
$$M_N = \frac{U_{Fmax}}{U_{Fpast}} \text{ va } M_N = \frac{U_{Fmax}}{U_{Fyuqori}},$$

bu yerda U_{Fpast} va $U_{Fyuqori}$ – qabul qilgich chiqishidagi birlamchi signal spektrining pastki va yuqori chastotalaridagi birlamchi signalning amplitudasi; U_{Fmax} – qabul qilgich chiqishidagi birlamchi signal spektrining oʻrta chastotasidagi birlamchi signal amplitudasining maksimal qiymati.



9.5- rasm. Qabul qilgich chiqishidagi birlamchi signal U_F amplitudasini F chastotaga bogʻliqligi grafigi

Fazaviy-chastotaviy buzilishlar qabul qilgichning fazaviy xarakteristikasining noxizizligiga bogʻliq, qabul qilgichning fazaviy xarakteristikasi qabul qilgich chiqishidagi birlamchi signal φ fazasini F chastotaga bogʻliqligidan iborat (9.6- rasm).



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 noxiziqli 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 radioimpulsi 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 konturi qanday 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 stabil ligi.
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.



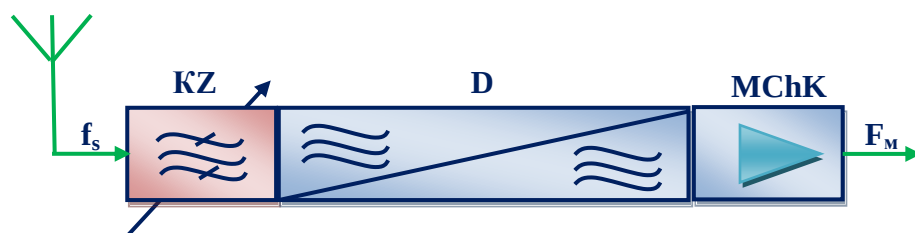
10.1- rasm. Radioqabul qilgichning eng oddiy tuzilish sxemasi

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 sezgirliги 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.

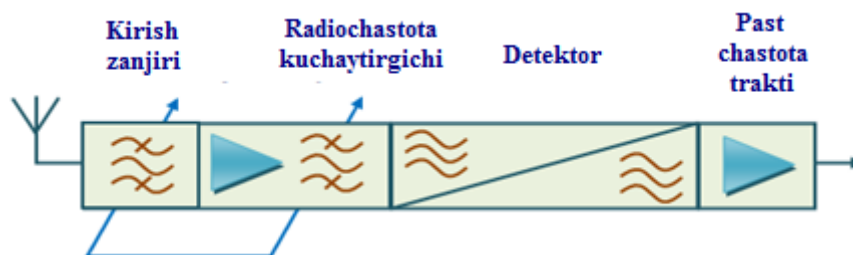


10.2- rasm. To‘g‘ridan-to‘g‘ri detektorlashli qabul qilgichning tuzilish sxemasi

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.



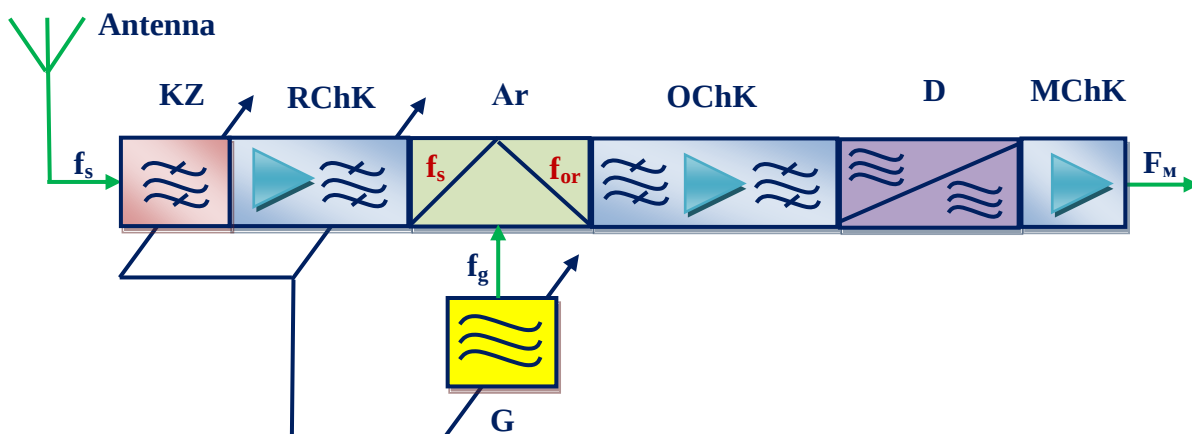
10.3- rasm. To'g'ridan-to'g'ri kuchaytirishli radioqabullash qurilmasining tuzilish sxemasi

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'zgaras 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).

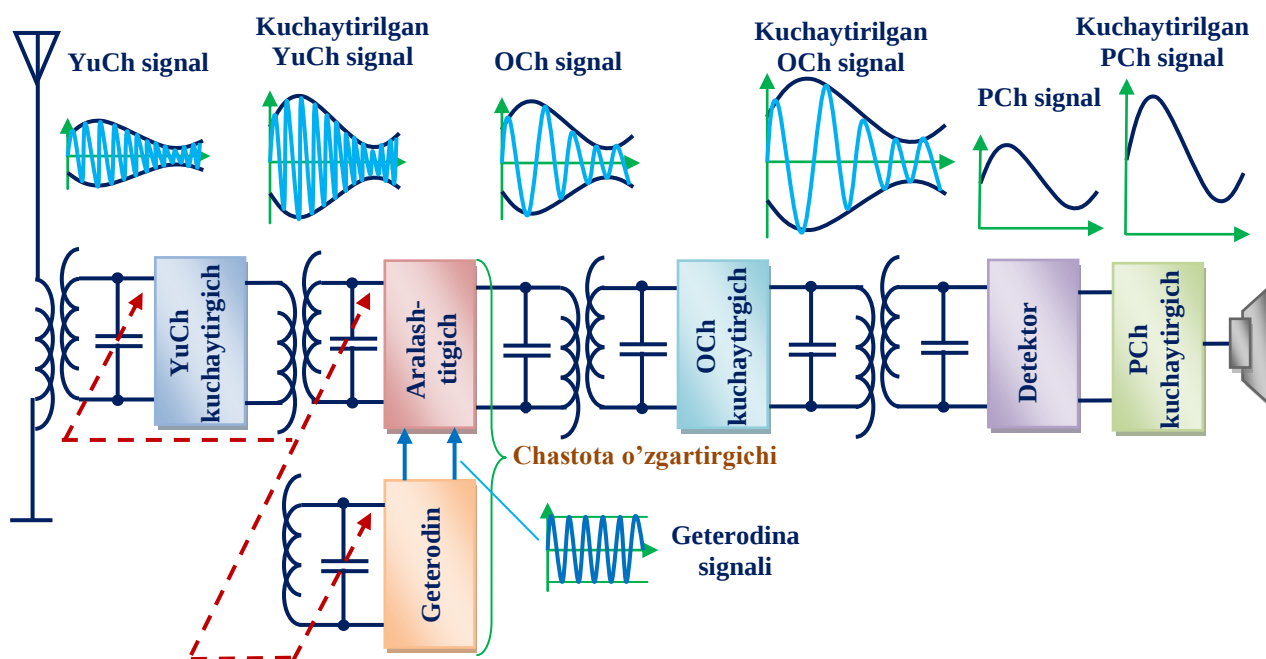
Shunday qilib, qabul qilgichning ko'plab ko'rsatkichlarini sezilarli yaxshilashga qabul qilingan signal chastotasini unga eng katta samaradorlikda ishlov berilishi mumkin bo'lgan chastotalar sohasiga o'tkazish prinsipi asosida erishiladi. Barcha radi diapazonlarda bu prinsip asosida qurilgan supergeterodinli qabul qilgich sxemasi eng keng qo'llanadi. Bunday qabul qilgichda f_s chastota signallari aralashtirgich (Ar) va yordamchi tebranishlar generatori – geterodindan

(G) tashkil topgan chastota o'zgartirgichida (ChO') qayd etilgan f_{or} oraliq chastotaga o'zgartiriladi, bu chastotada asosiy kuchaytirish va chastota bo'yicha tanlovchanlik amalga oshiriladi.



10.4- rasm. Superheterodinli qabul qilgichning tuzilish sxemasi

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



10.5- rasm. Superheterodinli qabul qilgichning blok-sxemasi

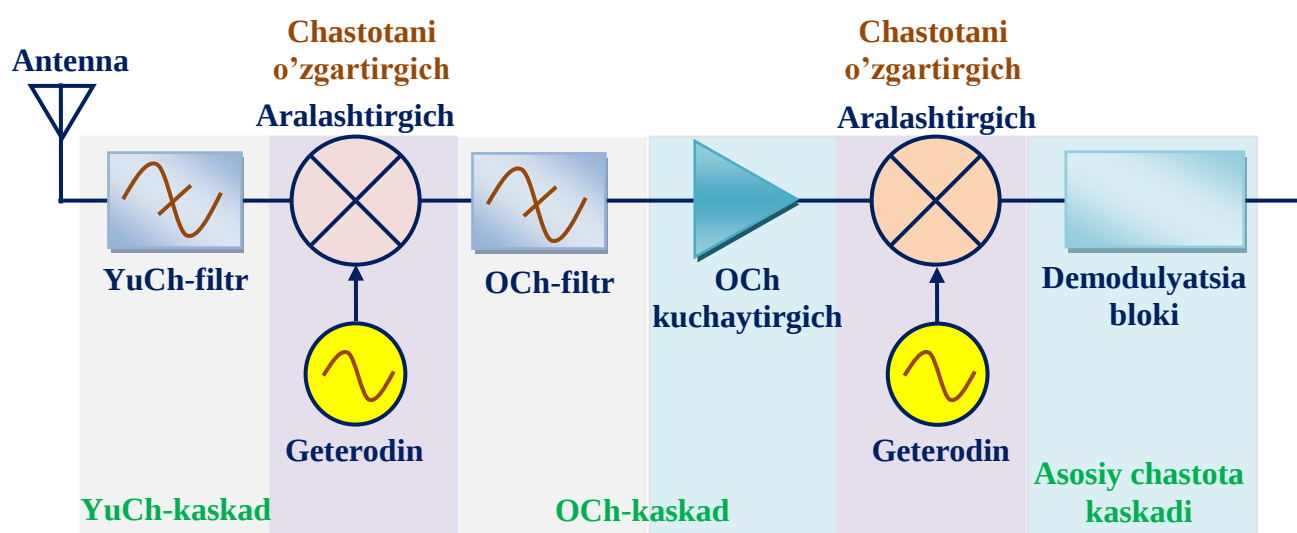
Geterodin – bu kichik quvvatli rostlanadigan generator hisoblanadi. Generator barcha zamonaviy qabul qilgichlarda qoʻllaniladi, lekin uning funksiyalari radiouzatkichlarda generatorlar bajaradigan funksiyalardan farq qiladi. Qabul qilgichda generator keyinchalik radiochastota bilan qoʻshiladigan tebranishlarni ishlab chiqaradi. Binobarin, geterodinning chastotasi kirish konturining sozlanishi bilan birga sinxron (koʻp seksiyali OʻSK yordamida) oʻzgaradi. Bu qoʻshishdan keyin olinadigan signal chastotasi doimo oʻzgarmas boʻlishi uchun kerak. Bu oraliq chastota (OCh) boʻladi. U tanlangan sozlash diapazoniga va radiostansiyaning qabul qilish chastotasiga bogʻliq boʻlmaydi.

Aralashtirgich chiqishida olinadigan Och ning oʻzgarmasligi keraksiz signallarni (qoʻshni 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 qoʻllaniladigan elementlarga (tranzistorlar, mikrosxemalar, filtrlar, kondensatorlarga) unchalik talablarni qoʻymaydi. Ular past chastotali va demak, arzonroq boʻlishi mumkin.

10.5. Chastota ikki marta oʻzgartiriladigan supergeterodinli qabul qilgichning tuzilish sxemasi

Zamonaviy radiostansiyalarning qabul qilish qismida koʻp hollarda murakkabroq supergeterodinli sxema – chastotani ikki marta oʻzgartirishli supergeterodinli sxema qoʻllanadi. Oddiy supergeterodindan u ikkinchi oʻzgartirgich 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.



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

Qabul qilgichning bunday arxitekturasida 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 noxiziqli 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 koeffitsientli 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.

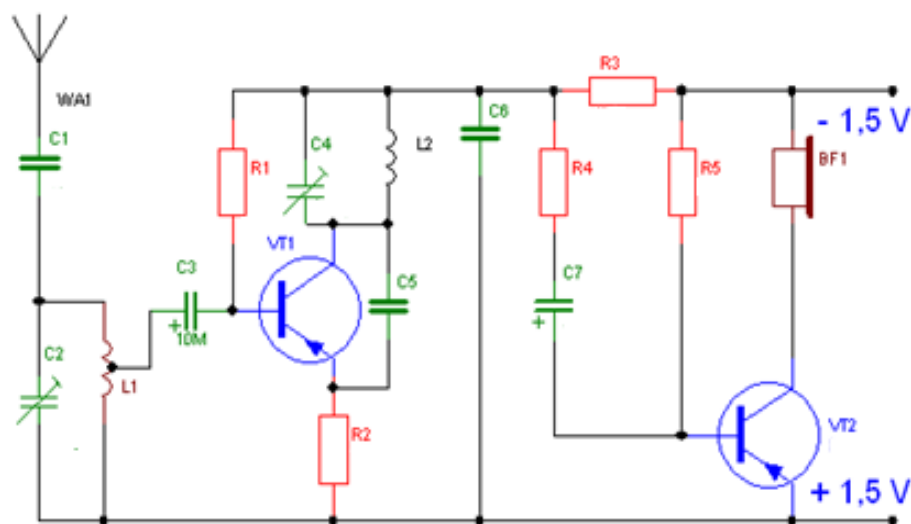
Geterodin aralashtirgichga beriladigan signalning yetarli quvvatini ta‘minlashi kerak. Ayrim hollarda geterodinning chiqishiga bufer kuchaytirgichi qo‘yiladi, u aralashtirgichdagi o‘zgartirishda yo‘qotishlarni kompensatsiyalash uchun yetarli bo‘lgan chiqish signali sathini ta‘minlaydi.

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

10.6. Supergeterodinli qabul qilgichlar oddiy sxemalarini yig‘ilishiga misollar

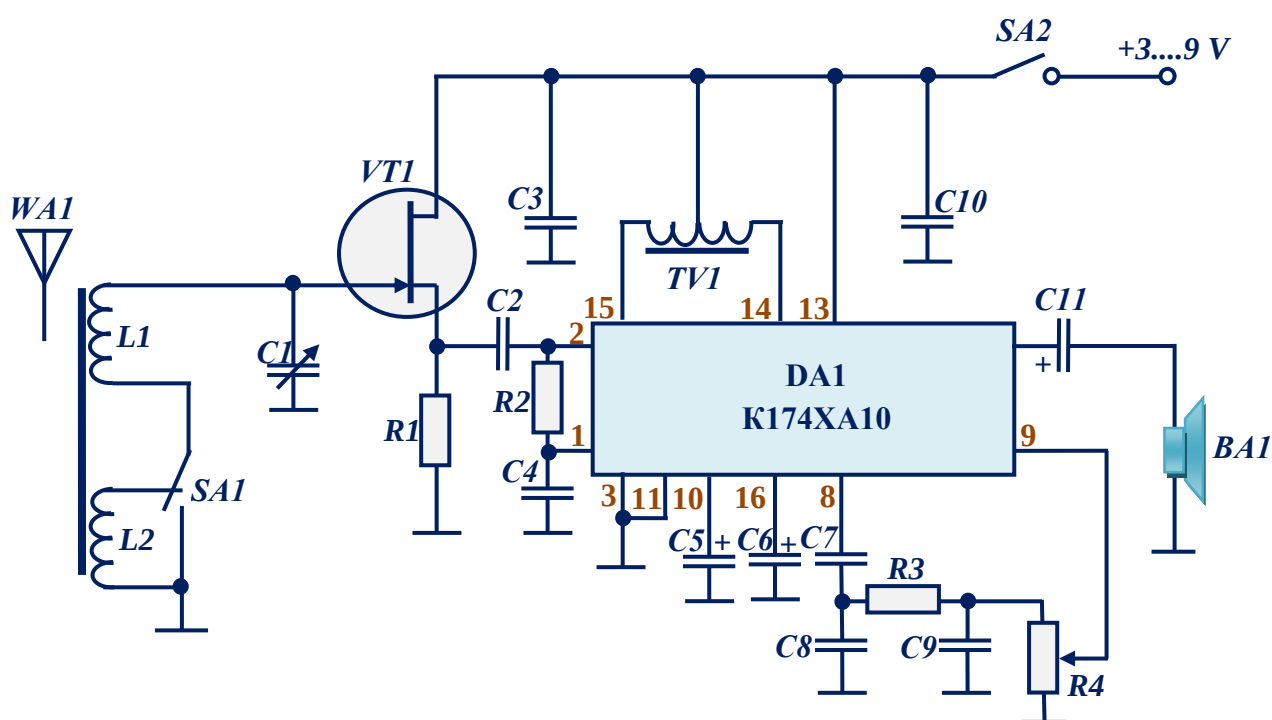
UQT ChM qabul qilgichning prinsipial sxemasi 10.7-rasmda keltirilgan. VT1 tranzistorda chastotani avtomatik sozlashli detektor kaskadi yig‘ilgan. Bu kaskad to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘zgartirishli qabul qilgich hisoblanadi. Kirish konturi qabul qilinadigan radioto‘lqinlar diapazonining o‘rta chastotasiga sozlanadi. 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 yigʻilgan kuchaytirish kaskadiga, undan keyin dinamikka beriladi.



10.8-rasm. 174 turkumdagi IMSda yigʻilgan radioqabul qilgichning prinsipial sxemasi

K174 turkumdagi IMSda yigʻilgan radioqabul qilgichning prinsipial sxemasi 10.8-rasmda keltirilgan. K174 turkumda standart supergeterodinli radioeshittirish qabul qilgichining barcha tugunlari – chastota oʻzgartirgichi, 0,5 Vt gacha chiqish quvvatili OChK va TChKga ega boʻlgan mikrosxema mavjud. Bu 3 dan 9 V gacha taʼminot kuchlanishida ishlay oladigan va 8-10 mA tok isteʼmol qiladigan (past ovoz balandligida) K174XA10 mikrosxema hisoblanadi. Uning tugunlaridan foydalanish bilan oddiy toʻgʻridan-toʻgʻri kuchaytirishli qabul qilgichni yigʻish mumkin. Bu variantda chastota oʻzgartirgichi ishlatilmaydi, OChK RChK sifatida ishlatiladi va TChK esa oʻz vazifasini bajaradi.

Sezgirlikni oshirish uchun VT1 tranzistordagi istokli takrorlagich ishlatilgan. Detektorlangan tovush chastotasi 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. Toʻgʻridan – toʻgʻri detektorlashli qabul qilgichning tuzilish sxemasini tushuntiring.
3. Detektorli qabul qilgichning sxemasi va turli nuqtalaridagi signallarning shakllarini tushuntiring.
4. Toʻgʻridan-toʻgʻri kuchaytirishli radioqabullash qurilmasining blok-sxemasini tushuntiring.
5. Chastota bir marta oʻzgartirilishli 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 superheterodinli qabul qilgichning blok-sxemasini tushuntiring.

11. RADIOQABUL QILISH QURILMALARI RADIOCHASTOTA KUCHAYTIRGICHLARI

11.1. Radiochastota kuchaytirgichlari haqida umumiy tushunchalar

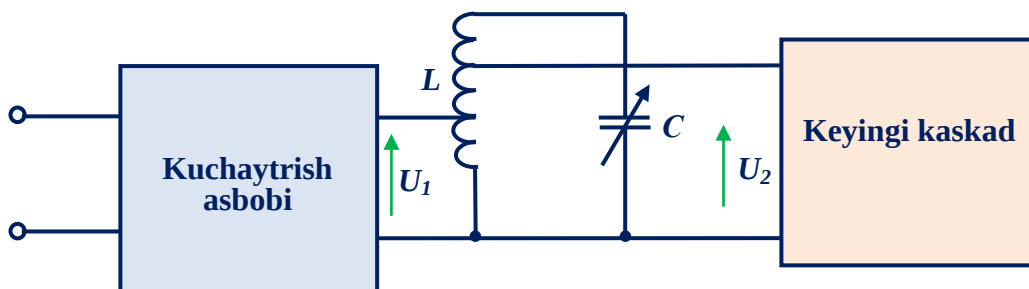
Yuqori chastotali signallarni kuchaytirish uchun xizmat qiladigan elektron qurilmalar radiochastota kuchaytirgichlari deb ataladi. Radiochastota kuchaytirgichlari qabul qilinadigan chastota radiosignalni kuchaytirishni amalga oshiradi. RChK qabul qilgichda eng muhim funksiyalarni bajaradi:

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'liq 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).



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 asboblarning 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 koefitsientini ta'minlash;
- tanlovchanlik koefitsientining 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 asboblari – 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.

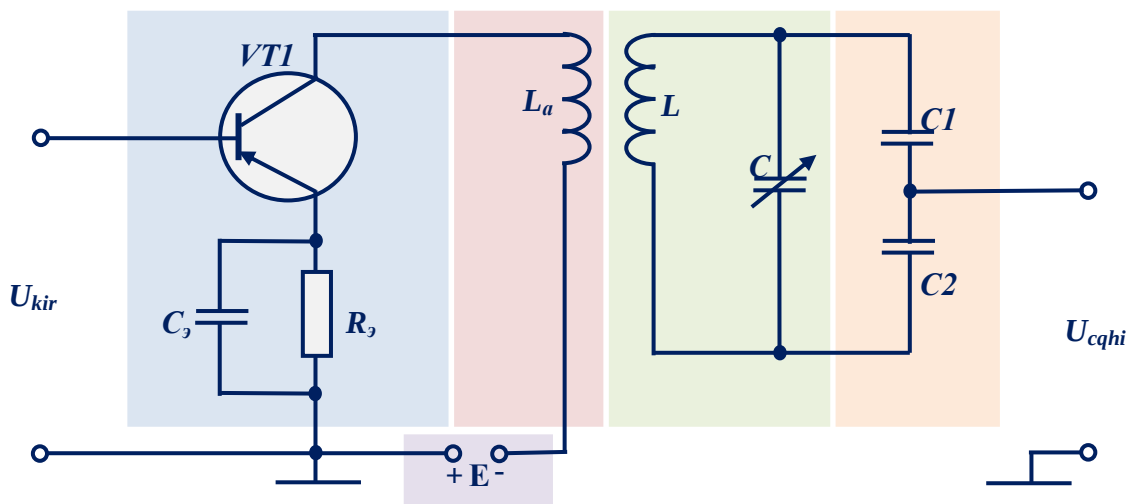
Radiochastota kuchaytirgichi radioqabul qilish qurilmasining kirishi turar ekan, u holda uning shovqin xarakteristikalarini va dinamik diapazoni asosan butun qurilmaning xarakteristikalarini aniqlaydi. Aynan radiochastota kuchaytirgichining shovqin koefitsienti radioqabul qilgichning sezgirligini aniqlaydi.

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 tarqashidagi 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.



11.2- rasm. Rezonans konturli RChKning prinsipial sxemasi

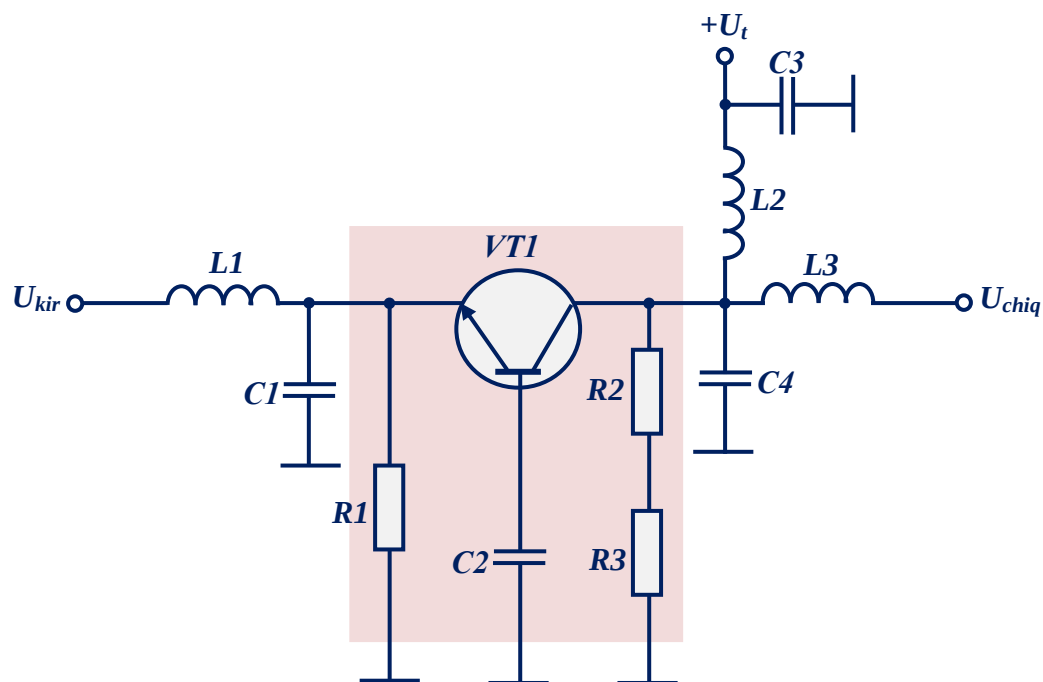
11.5. Aperiodik RCHKning prinsipial sxemasi

Yuklamasi rezistorlardan tashkil topgan kuchaytirgichlar esa aperiodik kuchaytirgichlar deb ataladi. Aperiodik kuchaytirgichlarning kuchaytirish koefitsienti rezonans kuchaytirgichlarning kuchaytirish koefitsientidan 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 sigʻimlari filtrning tarkibiga kiritiladi. Bunday radiochastota kuchaytirgichi sxemasiga misol 11.3- rasmda keltirilgan.



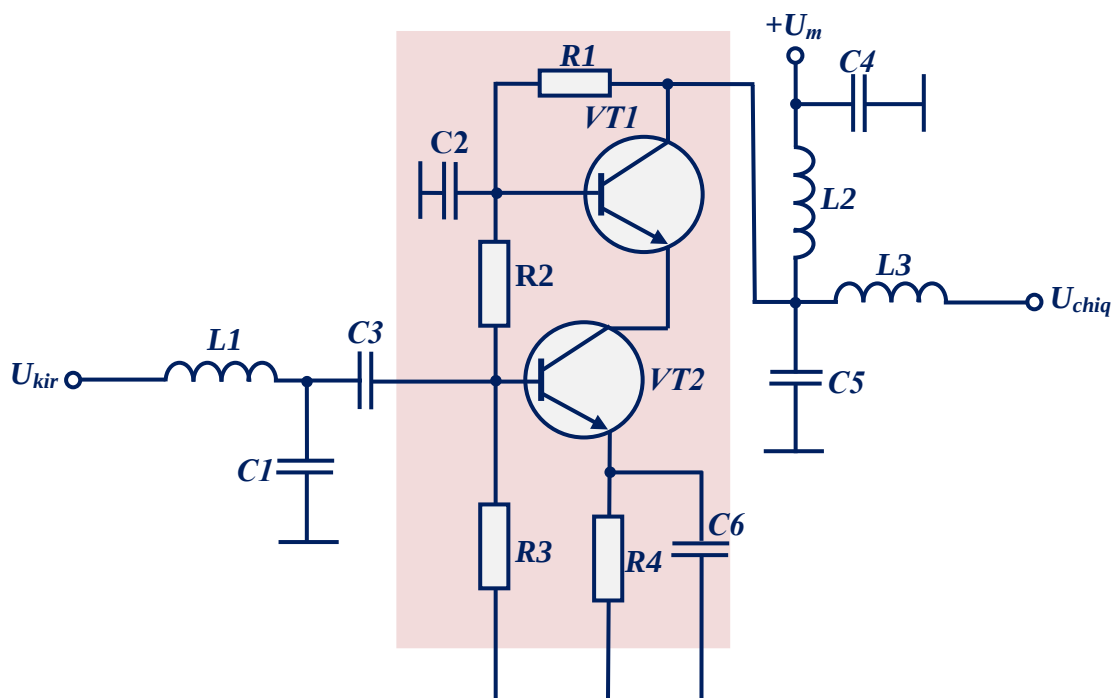
11.3- rasm. Umumiy bazali tranzistordagi 50 Om kirish va chiqish qarshilikli radiochastota kuchaytirgichining prinsipial sxemasi

Bu sxemada $R1 \dots R3$ rezistorlar tranzistorning oʻzgarmas tok boʻyicha emitterli stabillashni amalga oshiradi. $C2$ kondensator tranzistor bazasini yuqori chastota boʻyicha yerga ulanishini taʼminlaydi, $C3$ kondensator esa taʼminot zanjirlarini halaqitlardan himoyalaydi. $L2$ drossel $VT1$ tranzistor kollektorining yuklamasi hisoblanadi. U taʼminot tokini $VT1$ kollektor zanjiriga oʻtkazadi, lekin bunda radiochastota oʻzgaruvchan toki boʻyicha taʼminot manbaini ajratadi. $L1$, $C1$ va $C4$, $L3$ past chastota filtrlari tranzistorning kirish va chiqish qarshiliklarini 50 Omga oʻzgartirilishini taʼminlaydi. Qoʻllanilgan past chastota filtri sxemasi uning tarkibiga kirish yoki chiqish sigʻimini kiritishga imkon beradi. $VT1$ tranzistorning kirish sigʻimi $C1$ sigʻim 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.



11.4- rasm. Kaskadli radiochastota kuchaytirgichining sxemasi

Bu sxemada 11.3- rasmdagi sxemadagi kabi VT2 tranzistor ishchi nuqtasini emitterli stabillash qoʻllangan. C6 kondensator qabul qilinadigan signal chastotasida manfiy teskari aloqani boʻlmasligini taʼminlaydi. Qator hollarda bu kondensator kuchaytirgichning chiziqliligini oshirish uchun va radiochastota kuchaytirgichining kuchaytirish koeffitsientini kamaytirmaslik uchun qoʻyilmaydi.

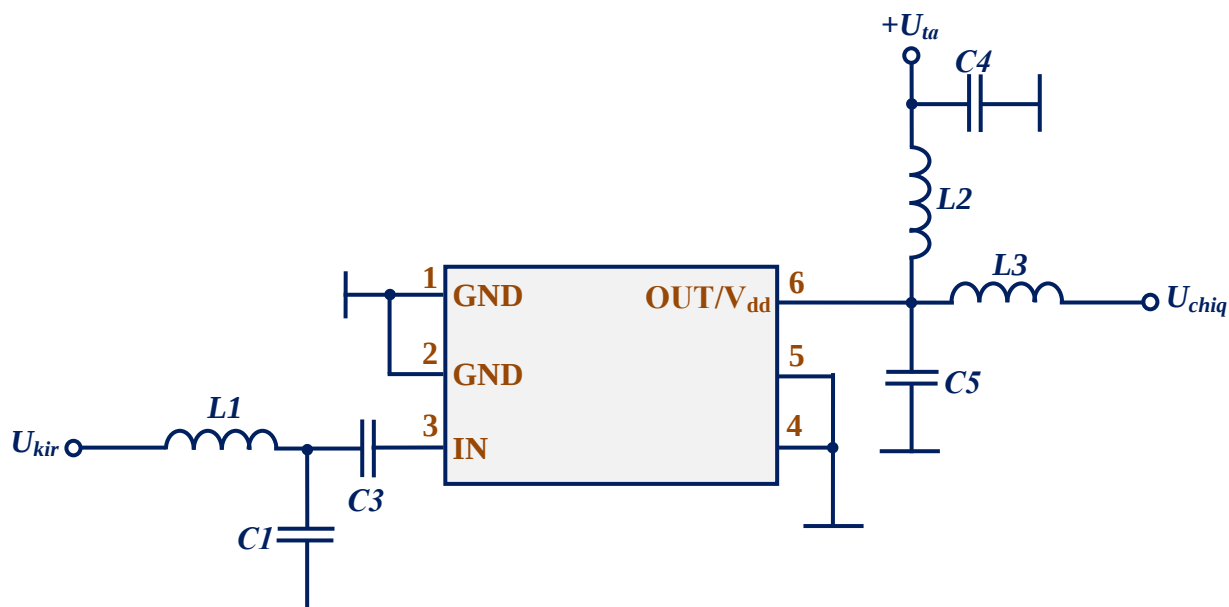
C2 kondensator VT1 tranzistor bazasini oʻzgaruvchan tok boʻyicha yerga ulanishini taʼminlaydi. C4 kondensator taʼminot manbaini oʻzgaruvchan tok boʻyicha filtrlanishini taʼminlaydi. R1, R2, R3 rezistorlar VT1 va VT2 tranzistorlarning ishchi nuqtalarini aniqlaydi. C3 kondensator VT2 tranzistorning baza zanjirini oldingi kaskaddan (kirish polosali filtridan) oʻzgarmas tok boʻyicha ajratadi. Kollektor zanjirining oʻzgarmas tok boʻyicha yuklamasi boʻlib L2 drossel xizmat qiladi. Umumiy bazali radiochastota kuchaytirgichidagi kabi kaskadli kuchaytirgichning kirishi va chiqishida past chastota filtrlari qoʻllangan. Ularning asosiy vazifasi kirish va chiqish qarshiliklarini 50 Om qiymatga oʻzgartirishni taʼminlaydi.

11.7. Integral mikrosxemadagi RChK

Hozirgi vaqtda radiochastota kuchaytirgichlari qator firmalar tomonidan tayyor mikrosxemalar koʻrinishida 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 qoʻllanadi. Yuqori kuchaytiriladigan chastota 3 GGs gacha etishi mumkin. Bunda shovqin koeffitsient 1,2 dan 1,5 dBgacha chegaralarda oʻzgaradi. M/A-COM firmasining

MAALSS0038 integral mikrosxemasi qoʻllangan radiochastota kuchaytirgichining prinsipial sxemasiga misol 11.5- rasmda keltirilgan.



11.5- rasm. MAALSS0038 integral mikrosxema qoʻllangan radiochastota kuchaytirgichining prinsipial sxemasi

11.8. Radiochastota kuchaytirgichlarining koʻrsatkichlari

Radiochastota kuchaytirgichlarining sifat koʻrsatkichlari quyidagilar:

Kuchlanish boʻyicha kuchaytirish koeffitsienti:

$$K_U = U_{chiq}/U_{kir}$$

Quvvat boʻyicha kuchaytirish koeffitsienti:

$$K_R = R_{chiq}/R_{kir}$$

Rezonansli RChKlar tanlovchan zanjirning rezonans chastotasida maksimal K_0 kuchaytirishga ega bo'ladi. Rezonans chastotadan farqli chastotalarda kuchaytirish koefitsienti K_0 kuchaytirish koefitsientidan kichik bo'ladi. Kuchaytirish koefitsientining chastotaga bog'liqligi uning amplituda-chastotaviy xarakteristikasi deyiladi. K_U va K_R kuchaytirish koefitsientlarini chastotalar diapazoni bo'yicha o'zgarmas bo'lishi muhim parametr hisoblanadi.

Shovqin koefitsienti kuchaytirgichning shovqin xususiyatlarini xarakterlaydi. Kuchaytirgichdagi fluktatsion shovqinlar manbalari kuchaytirgichning kirish qarshiligi, tebranish konturlari, elektron va yarim o'tkazgichli asboblari hisoblanadi. Kuchaytirgich kirish qarshiligining shovqinlari kirish shovqinlarini hosil qiladi, kuchaytirgich elementlarida hosil bo'ladigan shovqinlar esa o'z shovqinlari deyiladi. Kichik o'z shovqinlarili ($N_{SH} < 2$) kuchaytirgichlarning shovqin xususiyatlari xarakteristikalarini uchun T_{Sh} shovqin harorati parametri ishlatiladi. T_{SH} shovqin harorati deganda kuchaytirgich kirishi R_{kir} qarshiligi quvvati kuchaytirgichning o'z shovqinlarining quvvatiga teng bo'lgan shovqinlarni hosil qiladigan harorat tushuniladi:

$$T_{Sh} = T_0(N_{Sh} - 1)$$

RChKning tanlovchanligi uning tarkibiga kiradigan rezonans tizimning tanlovchanligi orqali aniqlanadi. Miqdoriy jihatdan σ_U tanlovchanlik berilgan Δf nosozlanishda $K_{\Delta f}$ kuchaytirish koefitsienti K_0 rezonans kuchaytirish koefitsientidan qancha marta kamayishini ko'rsatadigan son orqali xarakterlanadi:

$$\sigma_U = K_0/K_{\Delta f}$$

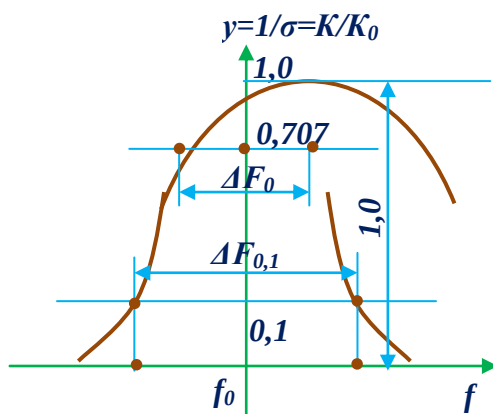
K_{tb} to'g'ri burchaklilik ko'effitsienti 0,707 sathdagi o'tkazish polosasini berilgan a so'nishdagi o'tkazish polosasiga nisbatiga teng. So'nish qiymati odatda o'nga karrali (10, 100, 1000 va h.k. yoki 20, 40, 60 dB) tanlanadi.

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

$$k_{p0.1} = \Delta F_0 / \Delta F_{0.1}$$

Boshqa to'g'ri burchaklilik ko'effitsientlarini ham shunday tarzda aniqlash mumkin:

$$k_{p0.01} = \Delta F_0 / \Delta F_{0.01}; k_{p0.001} = \Delta F_0 / \Delta F_{0.001}$$



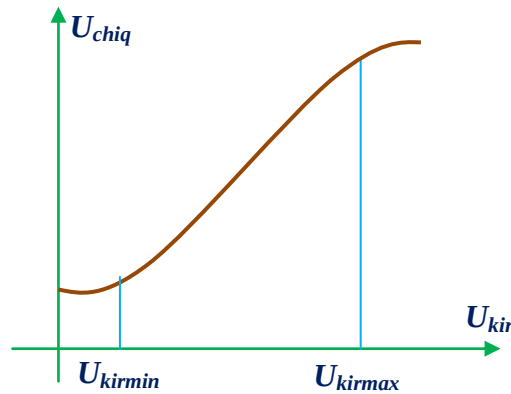
11.6- rasm. 0,707 sathdagi o'tkazish polosasini berilgan 0,1 sathdagi o'tkazish polosasiga nisbati

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 nohiziqli buzilishlar, ular asosan tashqi polosali kuchli halaqit orqali aniqlanadi.

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



11.7- rasm. RChKning amplitudaviy xarakteristikasi

Miqdoran u logarifmik kattaliklarda ifodalanadi:

$$D = 20 \lg(U_{vx.maks}/U_{vx.min})$$

$U_{kir.min}$ – o‘z shovqinlari sathi orqali cheklanadi;

$U_{kir.max}$ – yo‘l qo‘yiladigan nohiziqli 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

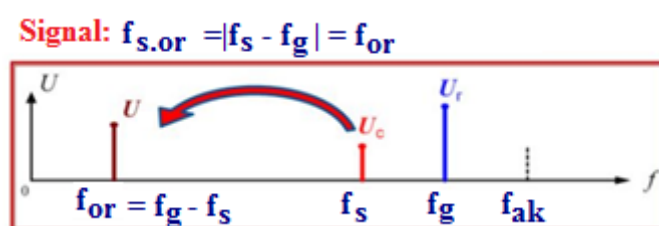
1. Radiochastota kuchaytirgichlariga talablar nimalardan iborat?

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.



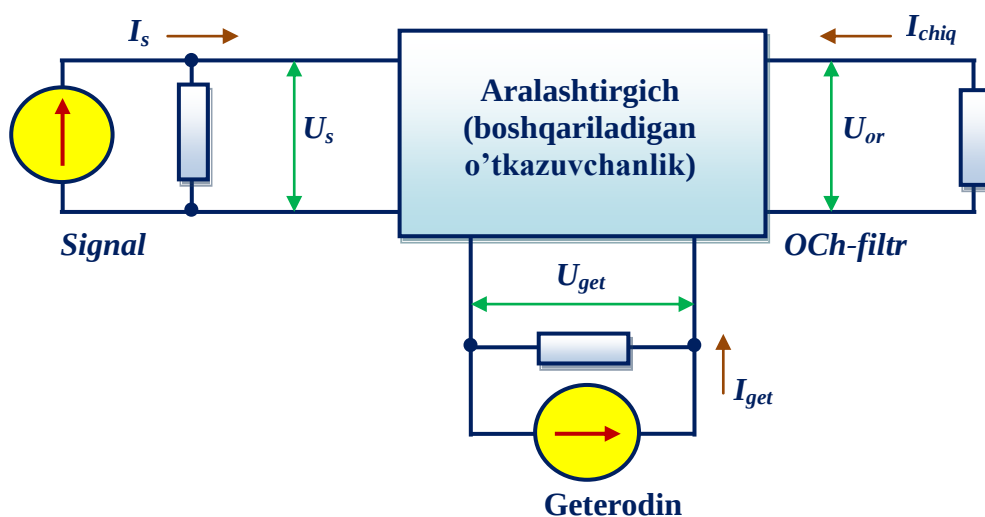
12.1- rasm. Signal chastotasini o'zgartirish

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 asboblarda (selektiv voltmetrlar, spektr analizatorlarida, modulometrlar va deviometrlarda, 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 xarakteristikasi 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 (oltiqtublilikda) bo'lib o'tadi (12.2- rasm). Bunday nochiziqli elementlar sifatida tranzistorlar, varikaplar va diodlar ishlatiladi.



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 $f_1=1800$ kGs va $f_2=1300$ kGs chastotalarli signallar berilsa, u holda bu diodning zanjirida

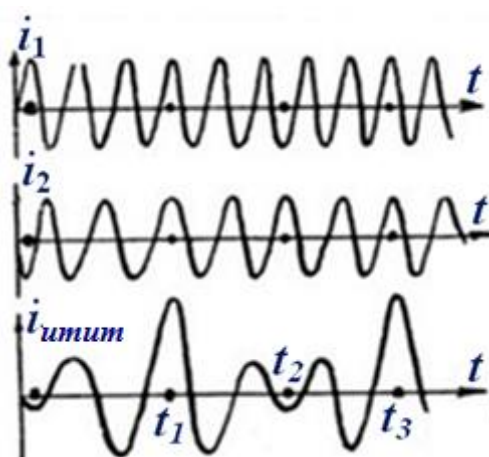
$$f_{or}=1800-1300=500 \text{ kGs}$$

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 f_1 va f_2 chastotalarli i_1 va i_2 o‘zgaruvchan toklar qo‘shiladi. Vaqtning t_1 momentida har ikkala toklar bitta yo‘nalishda oqib o‘tadi va ularning amplitudalari qo‘shiladi. Lekin asta-sekin kichik f_2 chastotali tokning I_2 musbat amplitudasi yanada ko‘proq “kechika” boshlaydi va nihoyat, har ikkala toklar qarama-qarshi yo‘nalishlarda oqib o‘tadigan, umumiy tokning I_{umum} amplitudasi I_1 va I_2 amplitudalarining farqiga teng bo‘ladigan t_2 moment keladi. i_2 tokning keyingi kechikishi t_3 momentda har ikkala toklarning yo‘nalishlari yana mostushadi va umumiy tok ortadi. Shunday qilib, umumiy tokning I_{umum} 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 f_1 chastota 10 Gs ga, f_2 chastota esa 8 Gs ga teng bo‘lsa, u holda har bir sekund davomida ikkinchi tebranish

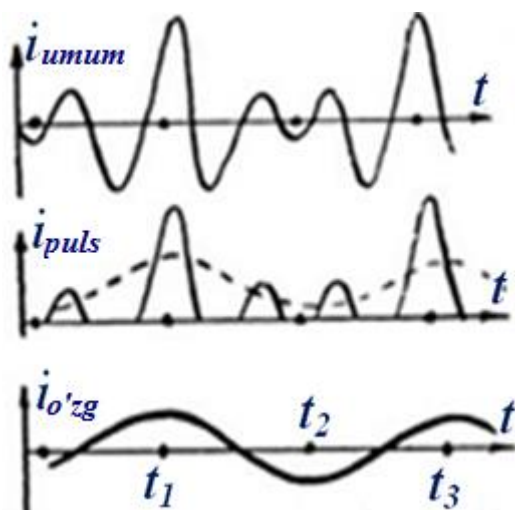
birinchisidan ikkita to‘liq davrga “ortda qoladi”, boshqacha aytganda, har bir sekund davomida ikkinchi tebranish birinchi tebranishdan butun davrga ortda qoladi. Bu har bir sekund davomida i_1 va i_2 tok amplitudalari ikki marta mos tushadi va umumiy tok amplitudasi eng katta qiymatga erishishini bildiradi. Shunday qilib, umumiy tok amplitudasining o‘zgarishi chastotasi 2 Gs ga teng, ya’ni f_1 va f_2 chastotalar farqiga ($10-8=2$ Gs) teng. Ko‘rib chiqilgan misol past chastotalarga tegishli, lekin f_1 va f_2 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 i_{umum} 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 antenasiga tushganda ham radioto'liqinni hosil qila olmas edi va buning ustiga qabul qilgich konturlaridan o'tmas edi. Xuddi shunday noxiziqli elementsiz ikkita generatorlar umumiy zanjiridan yig'indi tok oqib o'tadi, uni filtrlar yordamida faqat i_1 va i_2 tashkil etuvchilarga ajratish mumkin. Bu tashkil etuvchilarga ajratish bilan oraliq chastota signalining hech qanday belgilari aniqlanmaydi. Bu signal faqat zanjirga noxiziqli element kiritilganida paydo bo'lishi mumkin.



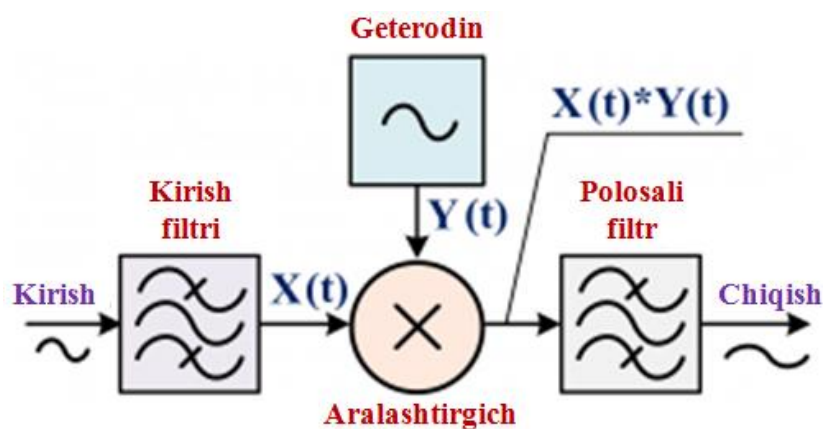
12.4- rasm. Bu zanjirga diodning kiritilishi

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) yigʻindisi keyingi zarur tok spektri tashkil etuvchilari ajratilishi bilan nochiziqli elementga beriladi.

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

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



12.5- rasm. Chastotani klassik oʻzgartirish tizimi

Oʻzgartirgichda kirish filtrining vazifasi kirish signali chastotalar polosasini cheklash hisoblanadi. Soddalashtirish uchun bu signal berilgan

$$X(t) = \sin(2\pi f_1 t + \varphi_1)$$

funksiyali chastotali sinusoidal signal deb olamiz, bu erda f_1 - kirish signali chastotasi, φ_1 - kirish signalining boshlangʻich fazasi, $\pi = 3,141...$

Geterodin f_2 oʻzgarmas chastotali va φ_2 boshlangʻich fazali sinusoidal generator hisoblanadi. Geterodin signalini

$$Y(t) = \sin(2\pi f_2 t + \varphi_2)$$

funksiya orqali tavsiflaymiz.

Aralashtirgich signallar ko'paytirgichi hisoblanadi. Aralashtirgich chiqishida

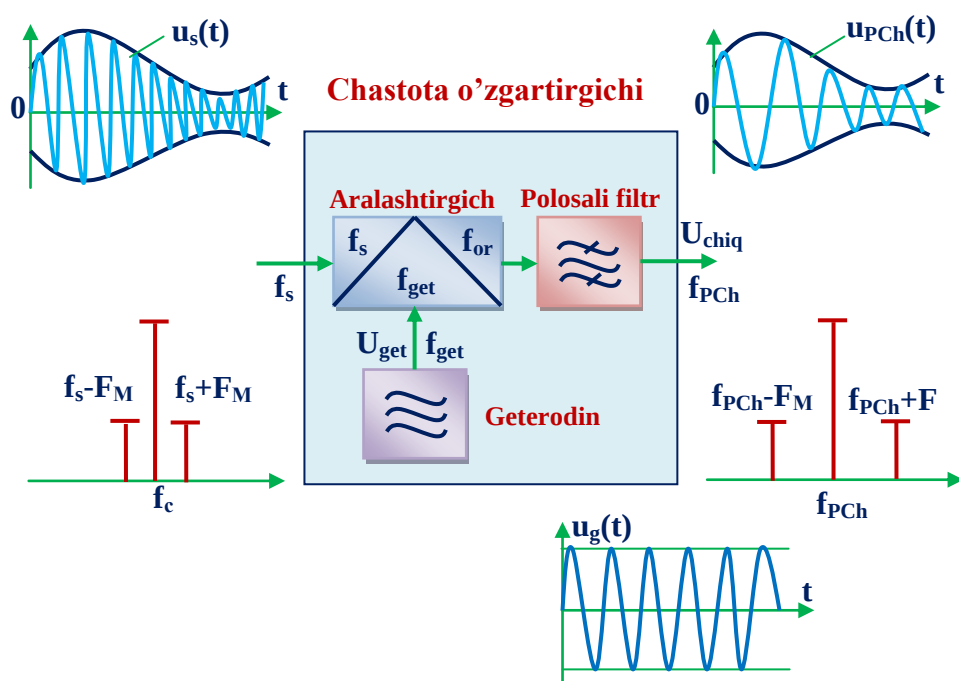
$$X(t) \cdot Y(t)$$

funksiyali murakkab signal hosil bo'ladi.

$$\sin \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} (\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta))$$

trigonometrik nisbat hisobga olinganda, tushunarli bo'lib qoladiki, aralashtirgich chiqishidagi signal $f_1 + f_2$ va $f_1 - f_2$ chastotalarli va mos boshlang'ich fazalarli sinusoidal signallar yig'indisidan iborat bo'ladi.

Oraliq chastota filtri (bu radiotexnikadagi an'anaviy nom) $f_1 + f_2$ yoki $f_1 - f_2$ chastotalar komponentlaridan birini ajratish uchun mo'ljallangan. Agar $f_1 + f_2$ 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 $f_1 - f_2$ 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.



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

Kirish fizik signali bu f_l 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.

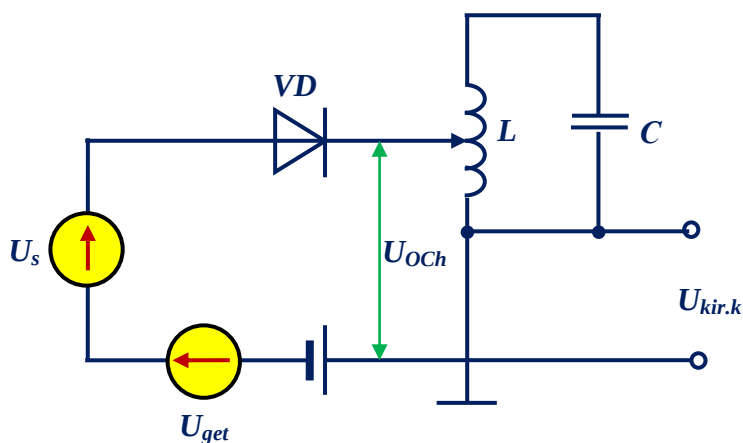
12.2. Diodli signallar aralashtirgichlari sxemalari

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).



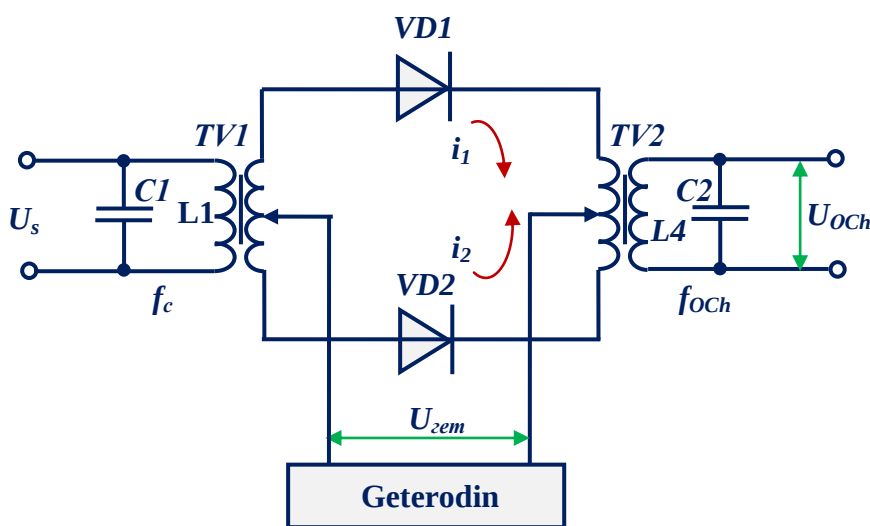
12.7- rasm. Eng oddiy diodli aralashtirgich

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 $U_g(t)$ geterodin kuchlanishi $VD1$ va $VD2$ diodlarga fazada, $U_s(t)$ 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 I_g' va I_g'' 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 I_{shg}' va I_{shg}'' 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;



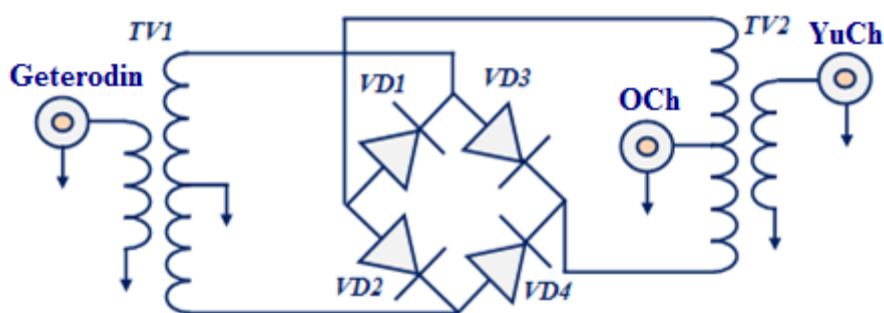
12.8- rasm. Diodli aralashtirgich balansli sxemasi

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.

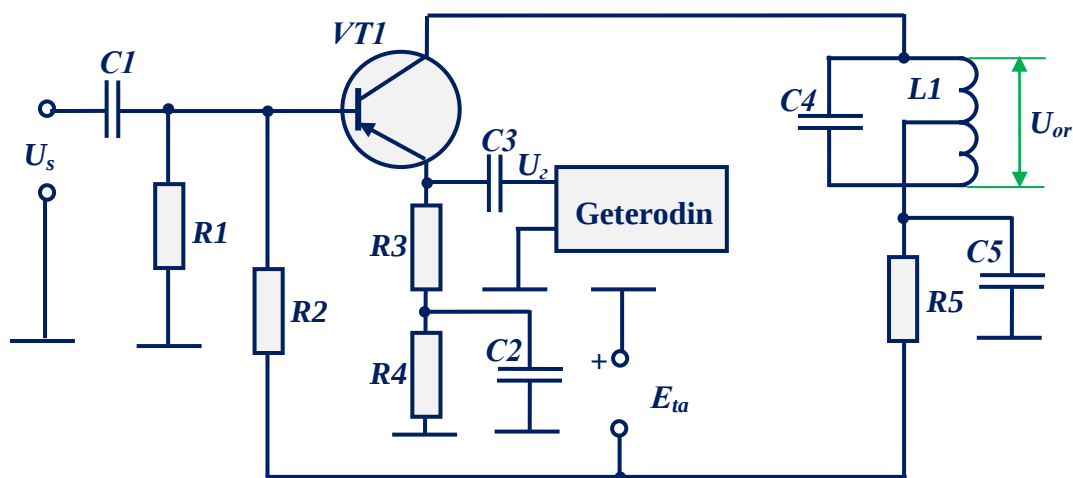


12.10- rasm. Halqali balans aralashtirgich

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 U_c signal umumiy emitter sxemasida ulangan aralashtirgich tranzistorining bazasiga beriladi. Bunday ulanishda signal kuchlanishi uchun aralashtirgichning kirish o‘tkazuvchanligi $UBli$ sxemadagiga qaraganda kichik bo‘ladi.

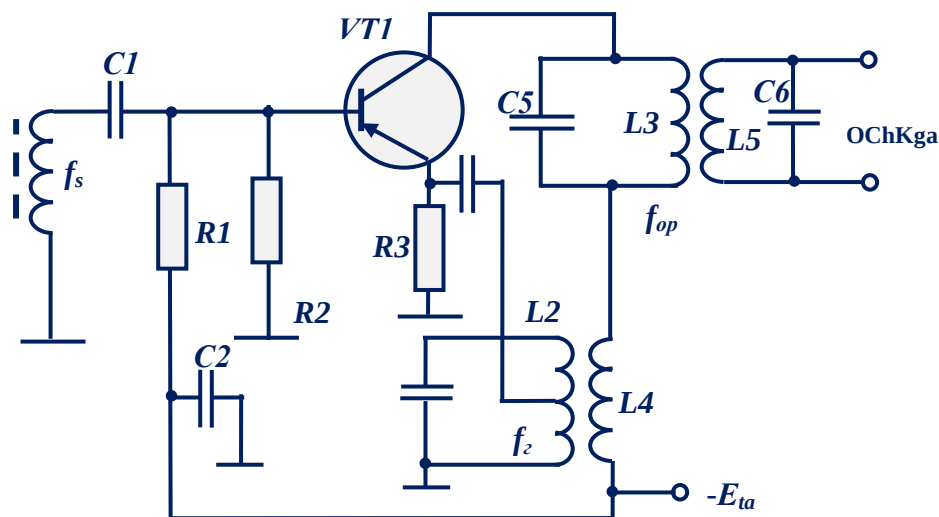
U_G geterodin kuchlanishi aralashtirgich emitteri zanjiriga beriladi va geterodina nisbatan aralashtirgich UB sxemasi bo'yicha ulangan bo'lib qoladi, chunki signal zanjiri geterodin tebranishlari uchun qisqa tutashuv hisoblanadi. Asosiy signal va geterodin signalini turli elektrodlarga berilishi ularning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



12.11- rasm. Bipolyar tranzistordagi tashqi geterodinli 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.



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.

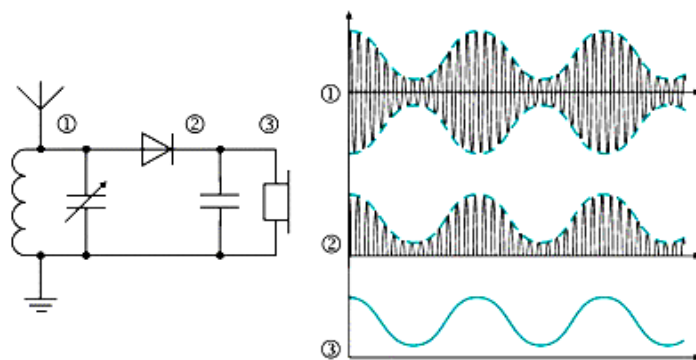
13. RADIOQABUL QILISH QURILMALARIDA SIGNALLARNI DETEKTORLASH

13.1. Detektorlash usullari va detektorlar xarakteristikalar

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.

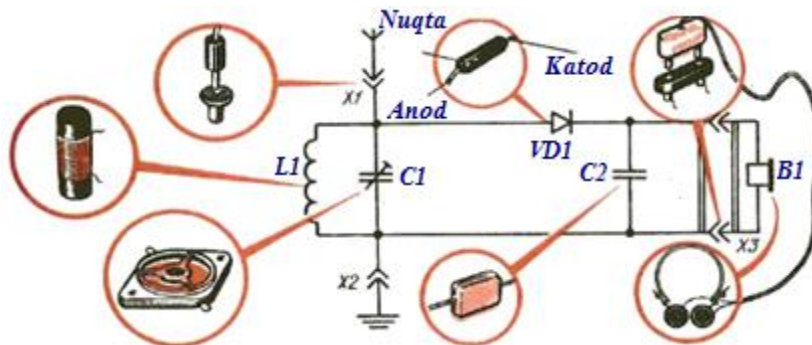


1- rasm. Detektorli qabullagichning sxemasi va turli nuqtalaridagi signallarning shakllari

Detektorlash signallarni **kogerent** va **nokogerent** qabul qilishda amalga oshiriladi.

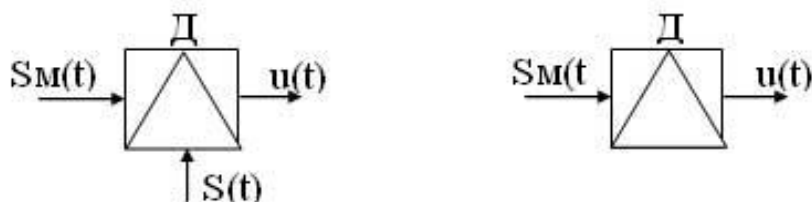
Kogerent qabul qilishda detektorlashda signalning boshlang'ich fazasi haqidagi ma'lumotlar ishlatiladi.

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.



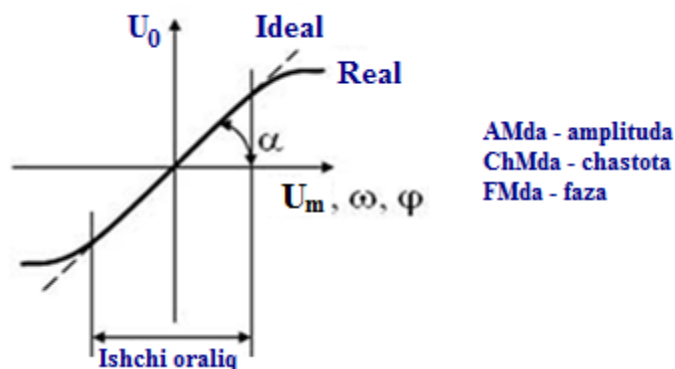
13.3- rasm. Signallarni *kogerent* va *nokogerent* qabul qilishda detektorlash

Detektorning xarakteristikalarini detektorlash, chastotaviy xarakteristikalar va uzatish koeffitsienti hisoblanadi.

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

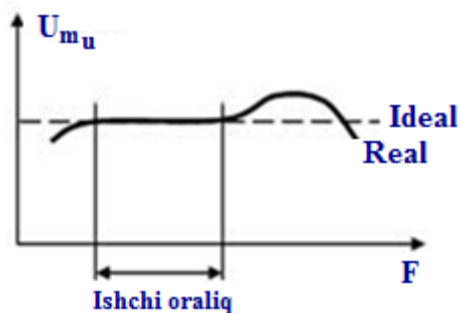
Ideal detektorlash xarakteristikasi koordinatalar boshidan α burchak ostida absissalar o'qiga o'tadigan chiziqli xarakteristika (13.4- rasm) hisoblanadi.

Real detektorlash xarakteristikasi ogʻishga ega, ogʻish modulyatsiyalanadigan signalda nochiziqli buzilishlarga olib keladi.



13.4- rasm. Detektorlash xarakteristikasi

Chastotaviy xarakteristika detektorning chiqish kuchlanishi U_{mu} amplitudasini modulyatsiyalovchi garmonik signal chastotasiga bogʻliqligi hisoblanadi. *Real chastotaviy xarakteristika* chiziqli xarakterga ega va U_{mu} uchun barcha chastotalarda oʻzgarmas (13.5- rasm). Real chastotaviy xarakteristikaning ideal chastotaviy xarakteristikadan ogʻishi modulyatsiyalovchi signalning chastotaviy buzilishlariga olib keladi. Shuningdek modulyatorlar uchun chastotaviy xarakteristika boʻyicha detektorning oʻtkazish polosasi aniqlanadi.



13.5- rasm. Chastotaviy xarakteristika

Detektorning uzatish koefitsienti garmonik modulyatsiyalovchi signal uchun aniqlanadi va garmonik signal U_{mu} amplitudasini tashuvchining axborot parametri oʻzgarishlariga nisbatiga teng:

$$K_d = U_{mu}/\Delta U_m.$$

Detektorning uzatish koefitsientini detektorlash xarakteristikasidan aniqlash mumkin:

$$K_d = k \operatorname{tg} \Delta$$

bu yerda k – masshtabli proporsionallik koefitsienti.

13.2. Amplitudaviy modulyatsiyalangan signallarni detektorlash

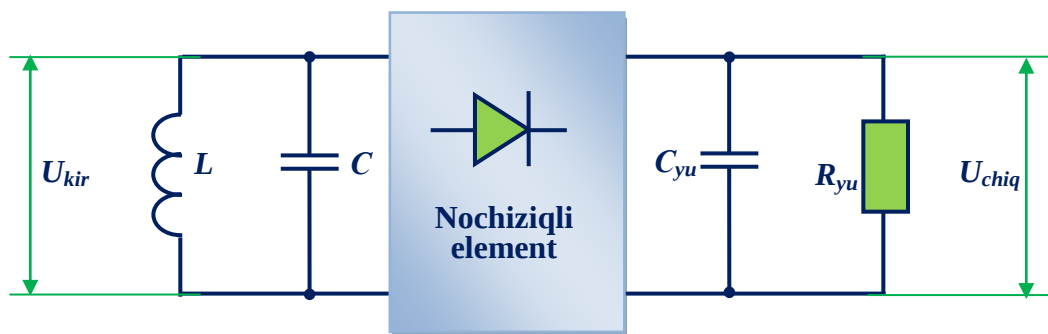
Amplitudaviy detektor foydali ma'lumotga ega bo'lgan amplitudaviy modulyatsiyalangan kirish signalining qonunini takrorlaydigan chiqish kuchlanishini ajratish uchun mo'ljallangan qurilma hisoblanadi. Detektorlash operatsiyasi parametrlar davriy o'zgaradigan zanjirlardan foydalanishda (sinxron detektor) 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):

$$U_{kir} = U_{kirm} \cos(\omega t) = U_{m0} (1 + m \cos(\Omega t)) \cos(\omega t)$$

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

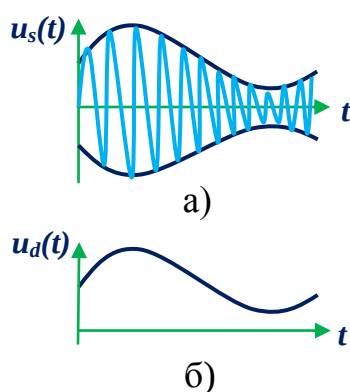
$$\begin{aligned} i_{kir} &= I_{kir} + I_{kirm1} \cos(\omega t + \varphi_1) = I_{kirm2} \sin(2\omega t + \varphi_2) + \dots \\ i_{chiq} &= I_{chiq} + I_{chiqm1} \cos(\omega t + \varphi_1) = I_{chiqm2} \sin(2\omega t + \varphi_2) + \dots \end{aligned}$$



13.6- rasm. Amplitudaviy detektorning umumlashtirilgan sxemasi

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

$$I_{chiq} = I_0 + I_{\Omega m} \cos(\Omega t + \varphi)$$



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:

$$U_{chiq} = U_{chiq} Z = U_0 + U_{\Omega m} \cos(\Omega t + \varphi) = U_0 + U_{chiq}(\Omega)$$

Boshqa murakkabroq signallar uchun ham o'xshash olish mumkin.

AM-signal detektorining asosiy texnik xarakteristikalarini quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- garmonikalar koeffitsienti orqali baholanadigan modulyatsiyalash qonunini qayta tiklash aniqligi:

$$K_G = \frac{\sqrt{U_{2\Omega t}^2 + U_{3\Omega t}^2 + \dots}}{U_{\Omega m}}$$

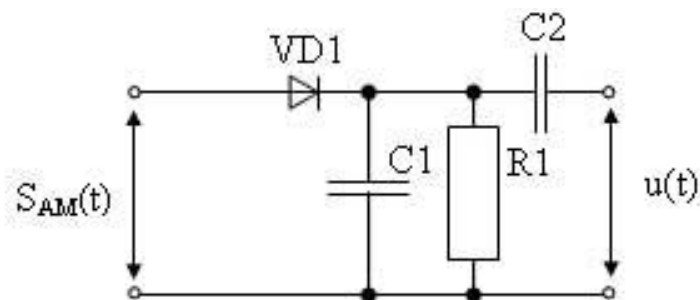
- detektorlash samaradorligi (uzatish koeffitsienti):

$$K_D = S_{dx} = dU_{chiq} / dU_{kirm} = \Delta U_{chiq} / \Delta U_{kirm}$$

modulyatsiyalanmagan signal uchun $K_D = \Delta U / \Delta U_{m0}$, AM-signal uchun $K_D = U_{\Omega m} / \omega U_{m0}$.

- AChXning notekisligi;
- detektor qarshiligini oxirgi OChK kaskadining texnik xarakteristikalariga ta'siri.

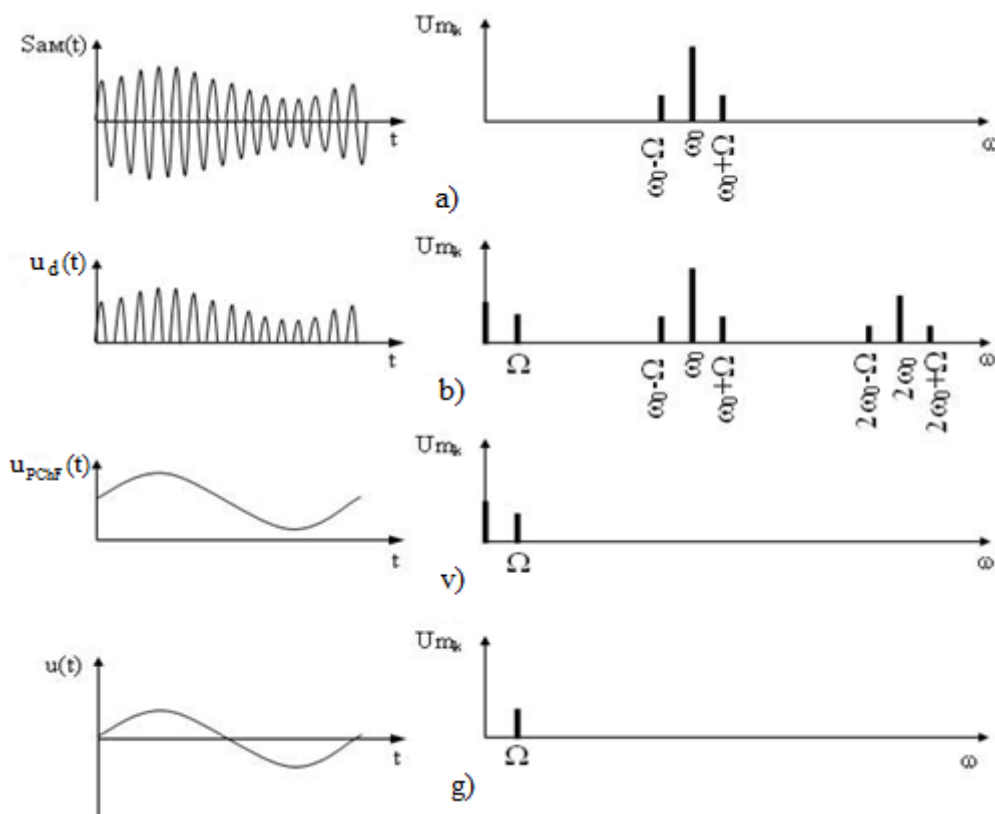
Nokogerent amplitudaviy detektorning sxemasi 13.8- rasmda keltirilgan.



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 $S_{AM}(t)$ 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 $u_d(t)$ 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 $u_{PCHF}(t)$ 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.

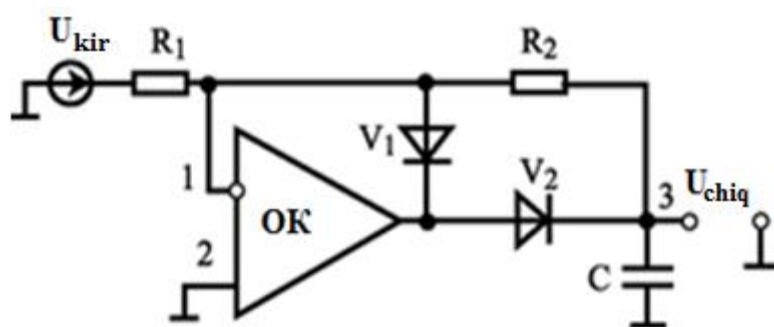
Kvadratik rejimda signallarni detektorlash uchun diod VAXining nochiziqli oralig‘i ishlatiladi (13.10- rasm). Bu rejimda kichik amplitudali kirish signallari ishlatilishi mumkin, lekin bunda signalning nochiziqli buzilishlari vujudga keladi.

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'ldirida ishlaydi. Bu qurilmaning aniqligini oshiradi.

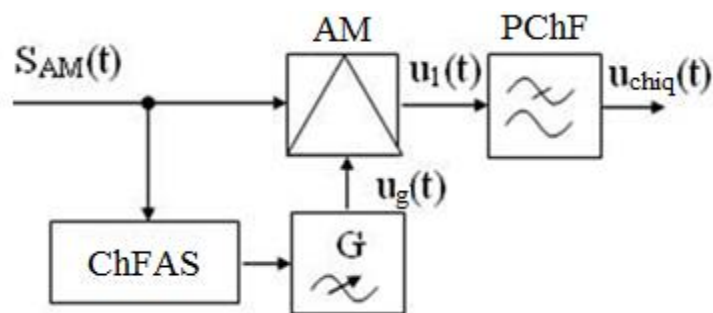
13.3. Sinxron detektorlash

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 $S_{AM}(t)$ signal va generatoridan $u_g(t)$ tebranish beriladi:

$$S_{AM}(t) = U_m(1 + m_{AM} u(t)) \cos(\omega_0 t + \varphi_0);$$

$$u_g(t) = U_{mg} \cos(\omega_0 t + \varphi_0).$$



7- rasm. Sinxron detektorning tuzilish sxemasi

Modulyator chiqishida $u_1(t)$ signal shakllanadi:

$$\begin{aligned} u_1(t) &= S_{AM}(t) \cdot u_g(t) = U_m (1 + m_{AM} u(t)) \cos(\omega_0 t + j_0) \cdot \\ &\cdot U_{mg} \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = 0,5 U_m U_{mg} (1 + m_{AM} u(t)) \cdot \\ &\cdot (1 + \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_0)) \end{aligned}$$

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

$$U_{chiq}(t) = 0,5 U_m U_{mg} m_{AM} u(t)$$

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.

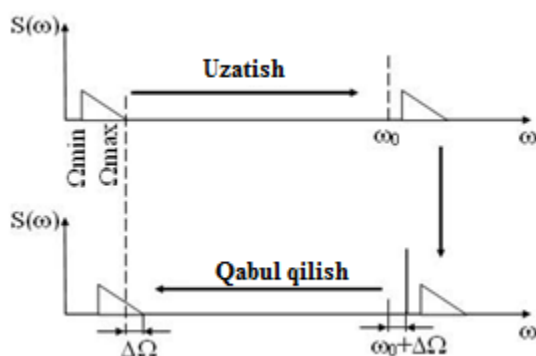
Sinxron detektorning xususiyati va asosiy afzalligi detektor chiqishida signal-halaqit nisbatini saqlash hisoblanadi. Bu bilan tushuntiriladiki, bu detektor signal shakli o'zgartirilmasdan va spektrning tashkil etuvchilari orasidagi nisbat

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

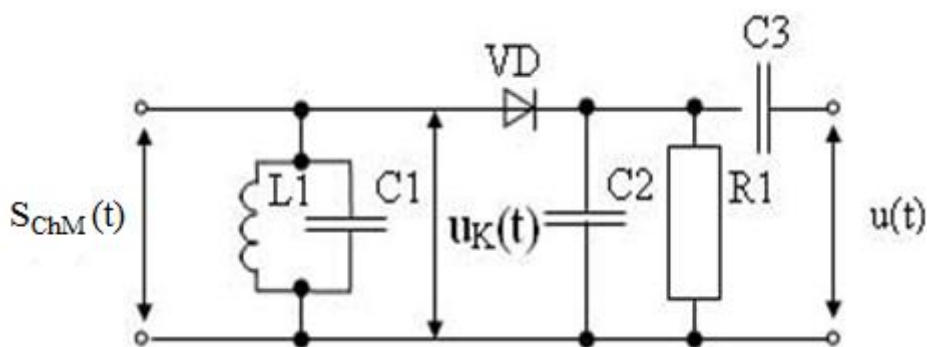
13.4. Chastota bo'yicha modulyatsiyalangan signallarni detektorlash

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.

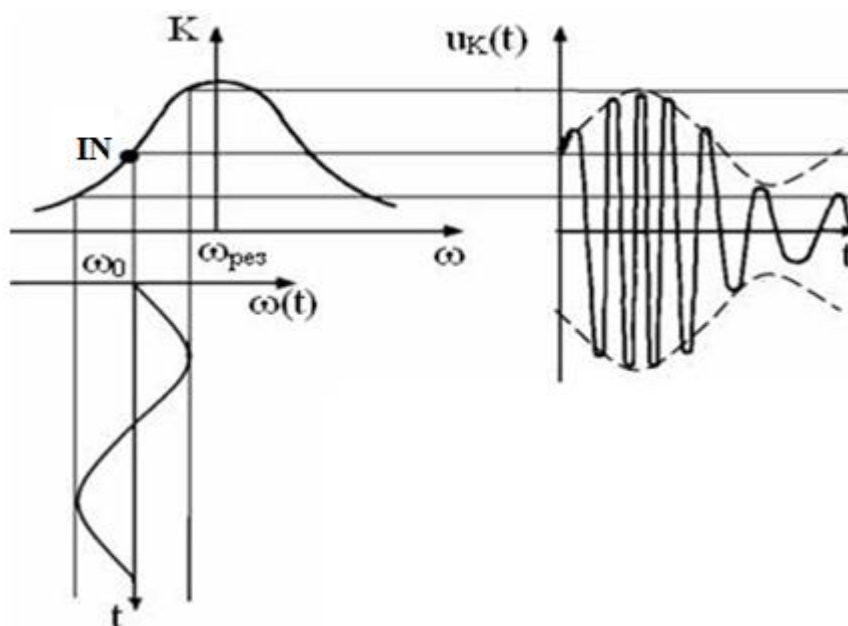
ChM signal chastotasi ortganida, u konturning ω_{rez} rezonans chastotasiga yaqinlashadi va $u_K(t)$ tebranish amplitudasi ortadi. ChM signal chastotasi kamayganida konturning ω_{rez} rezonans chastotasidan uzoqlashadi va $u_K(t)$ tebranish amplitudasi kamayadi. Shunday qilib, konturning chiqishidagi 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 prinsipial sxemasi

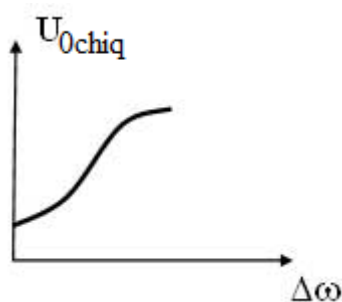
Bu detektorda ChM signalni AChM signalga o'zgartirish $L1C1$ tebranish konturi yordamida amalga oshiriladi. Kontur tashuvchi chastotaga nisbatan

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



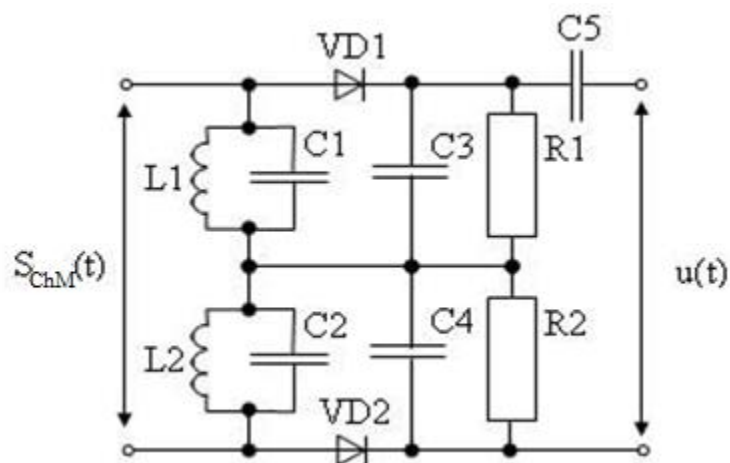
13.15- rasm. ChM signallarni detektorlash vaqt diagrammalari

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).

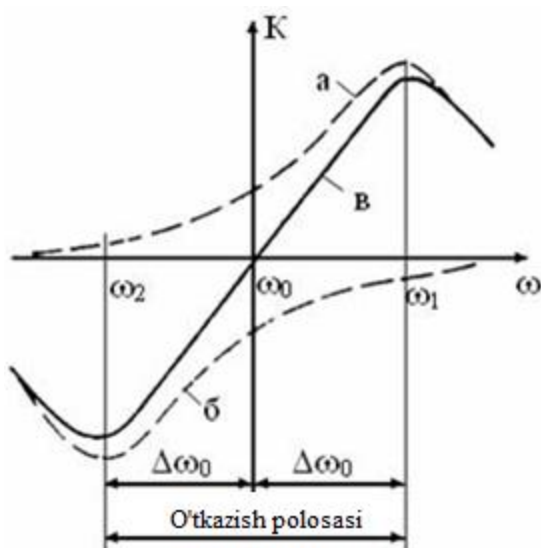


13.17- rasm. Balansli CHD sxemasi

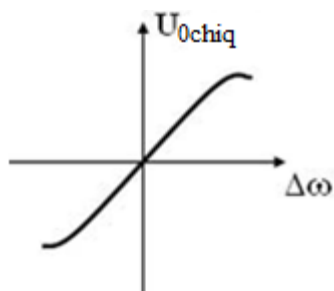
Bu detektorda har ikkala tebranish konturlari tashuvchi chastotaga nisbatan o‘zaro sozlanmagan va turli ω_{rez1} va ω_{rez2} rezonans chastotalarga ega, konturlarning xarakteristiklari 13.18- rasmda keltirilgan.

Natijada ω_{rez1} va ω_{rez2} 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



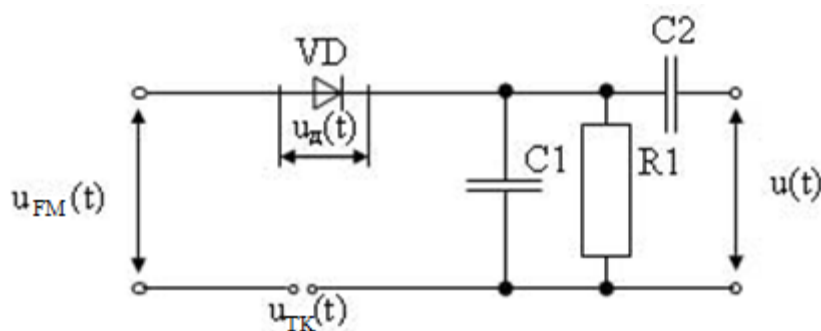
13.19- rasm. Balansli detektorning chastotaviy xarakteristikasi

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.

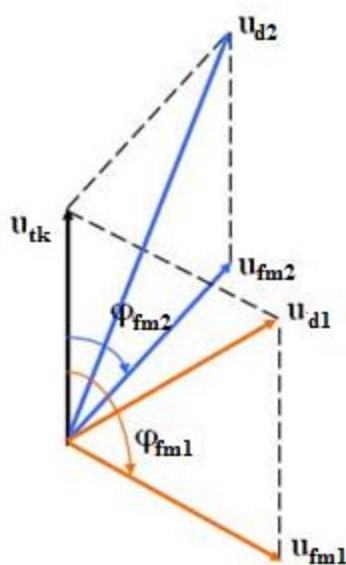


13.20- rasm. Bir taktli fazaviy detektorning prinsipial sxemasi

U tayanch tebranishi ishlatiladigan amplitudaviy detektor hisoblanadi. FM signalni AFM signalga o'zgartirish VD diod orqali amalga oshiriladi. Diodning kirishiga ikkita kuchlanishlar - $\varphi = 0$ fazali $u_{tayanch}(t)$ tayanch tebranishi va $u_{fm}(t)$ FM signal beriladi. Diodning kuchlanishi bu kuchlanishlarning yig'indisi orqali aniqlanadi:

$$u_d(t) = u_{tayanch}(t) + u_{fm}(t)$$

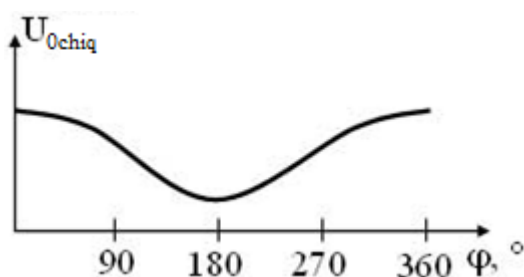
Diodda kuchlanishning shakllanishi vektorlar diagrammasi orqali tushuntiriladi (13.21- rasm). Qandaydir vaqt momentida FM signal u_{fm1} vektor og'ishiga mos bo'lgan φ_{fm1} faza qiymatiga ega bo'lsin, u holda dioddagi kuchlanish u_{d1} vektorga mos keladi. Keyingi vaqt momentida FM signal fazasi o'zgaradi va u_{fm2} vektorning φ_{fm2} og'ishiga mos keladi (bunda vektorning uzunligi u_{d1} vektorning uzunligiga mos keladi, chunki FM signal amplitudasi o'zgarmaydi). Dioddagi kuchlanish bu vaqt momentida u_{d1} vektorga mos keladi. Diagrammadan ko'rinib turibdiki, u_{d1} va u_{d2} 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

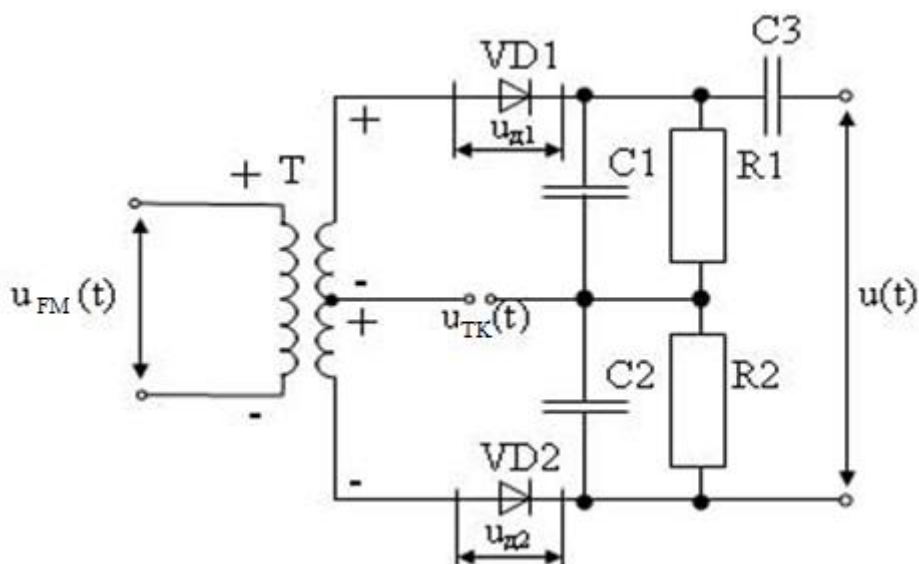
nochiziqli xarakterga ega, bu modulyatsiyalovchi signalni buzilishlariga olib keladi.



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. $U_{tayanch}(t)$ tayanch kuchlanishi transformator (T) ikkilamchi cho'lg'aming o'rta nuqtasi va R1R2 rezistorlar va S1S2 kondensatorlarning o'lanishi nuqtalari orasiga beriladi. $u_{fm}(t)$ FM signal kuchlanishi transformatorning birlamchi kuchlanishi orqali beriladi.



13.23- rasm. Balansli fazaviy detektorning prinsipial sxemasi

Qandaydir vaqt momentida detektorning kirishiga $\varphi(t)$ fazali va 13.23-rasmda ko'rsatilganga mos kuchlanishlar qutbliliklaridagi $u_{fm}(t)$ signal kelsin. Bu holda diodlardagi kuchlanish quyidagicha aniqlanadi:

$$u_{d1} = u_{op} + 0,5u_{fm};$$

$$u_{d2} = u_{op} - 0,5u_{fm}.$$

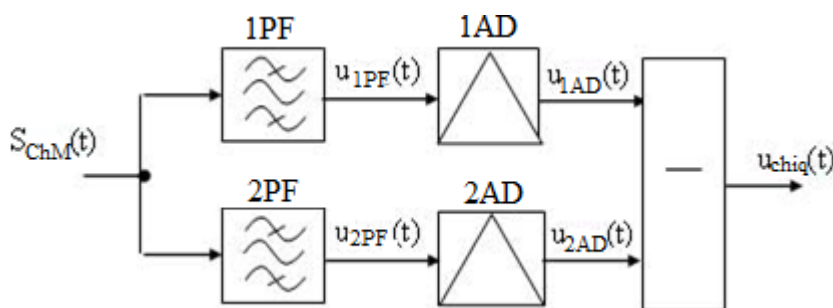
13.6. Raqamli manipulyatsiyalangan signallarni detektorlash

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.

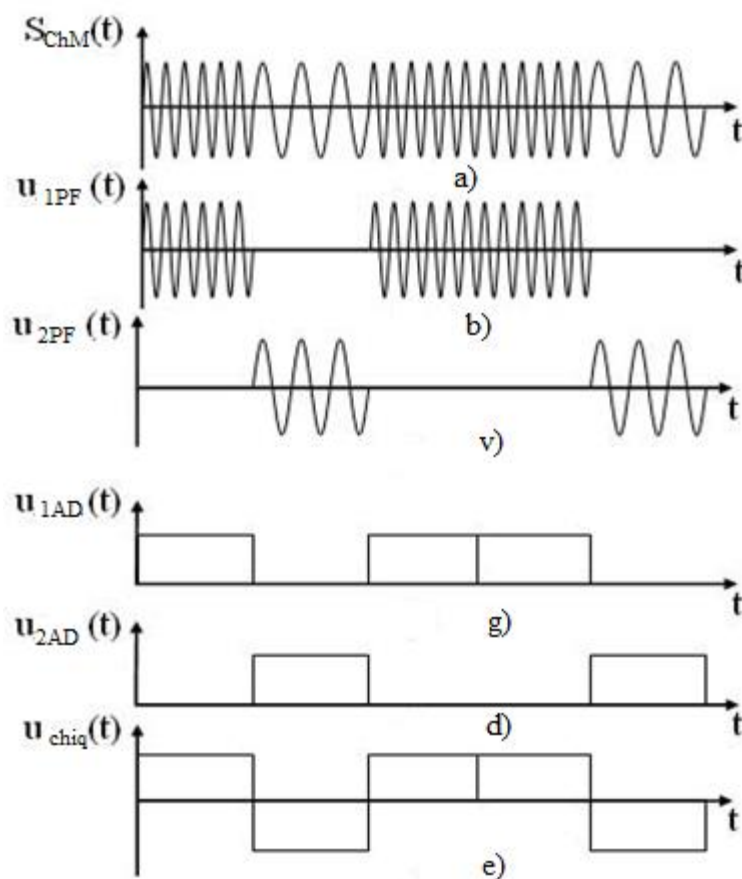


13.24- rasm. ChMn signallarni detektorlash tuzilish sxemasi

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, $u_{AD2}(t)$ signal negativ qutbda beriladi. Ayirish qurilmasida chiqish signalini shakllantirish (13.25,e- rasm) bo‘lib o‘tadi:

$$U_{chiq}(t) = u_{1-AD}(t) - u_{2-AD}(t)$$



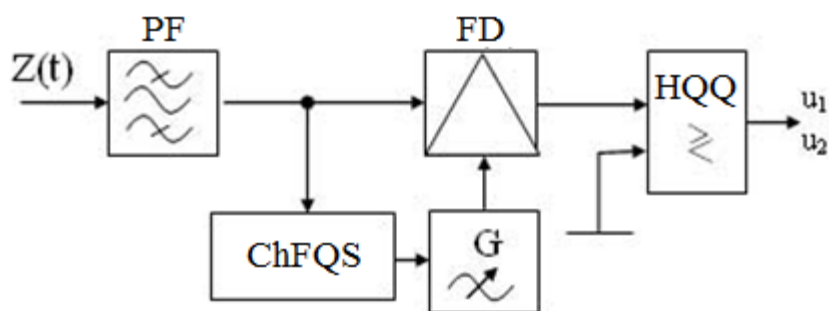
13.25- rasm. Chastotaviy-manipulyatsiyalangan signallarni detektorlash jarayoni

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 generatoridan tayanch kuchlanishi beriladi. Tayanch tebranishlarining chastotasi va fazasini sozlash ChFACHS chastotani

fazaviy avtomatik qayta sozlash tizim orqali amalga oshiriladi. Tayanch tebranishlarining chastotasi va fazasi $S_1(t)$ yoki $S_2(t)$ signallardan birining chastotasi va fazasi bilan mos tushishi kerak.



13.26- rasm. FM signallar qabul qilgichining tuzilish sxemasi

FD chiqishidan olingan signal u_1 yoki u_2 signallardan qaysini birini qabul qilishni aniqlaydigan hal qiluvchi qurilmaga beriladi. Signalni aniqlash FDdan beriladigan diskret elementning amplitudasini korpusdan olinadigan nolinch sath bilan taqqoslash yo‘li bilan aniqlanadi. Agar FDdan beriladigan diskret elementning amplitudasi kichik bo‘lsa, u holda u_2 («1») musbat qutbli element qabul qilinadi, agar FDdan beriladigan diskret elementning amplitudasi katta bo‘lsa, u holda u_1 («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 S_1 yoki S_2 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 u_1 signalni u_2 signal bilan yoki aksincha almashtirilishidan iborat. Teskari ishlash generator tayanch tebranilarinig fazasi qarama-qarshisiga o‘zgarganida vuudga keladi. Bu

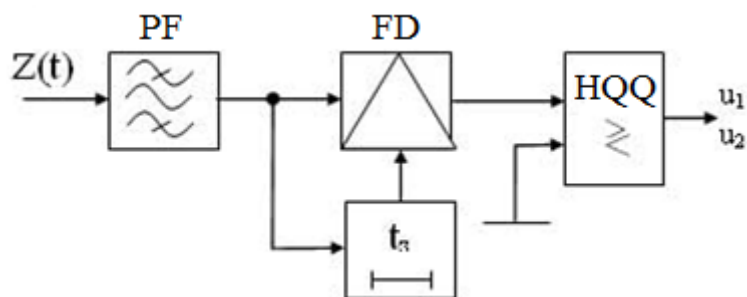
bir-birlaridan faza bo'yicha 180° ga farq qiladigan S_1 va S_2 teng ehtimollikli signallarda qabul qilishda qaysi signalning fazasi tayanch signali fazasi sifatida qabul qilinganligini aniqlash mumkin bo'ladigan hech qanday belgilar bo'lmaganida vujudga keladi.

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

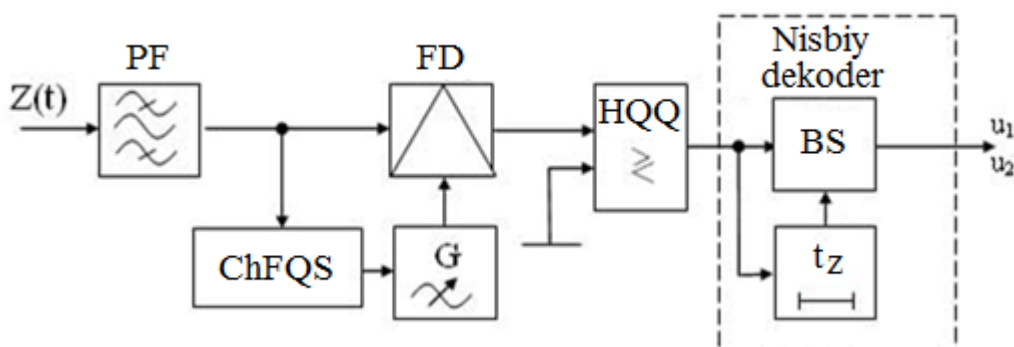
NFMn signallarni detektorlash ikkita usullarda – fazalarni taqqoslash usuli (nokogerent qabul qilishni ta'minlaydi) va qutblarni taqqoslash usulida (kogerent qabul qilishni ta'minlaydi) amalga oshirilishi mumkin.

Fazalarni taqqoslash usulida teskarish ishlash manbalari generator va ChFAQS kechiktirish liniyasiga almashtiriladi, u bitta diskret elementning davomiyligiga signalni kechiktirishni amalga oshiradi (13.27- rasm). Fazaviy 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 u_2 («1») signal shakllanadi, agar qutblar mos tushmasa, u

holda manfiy qutbli u_1 («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

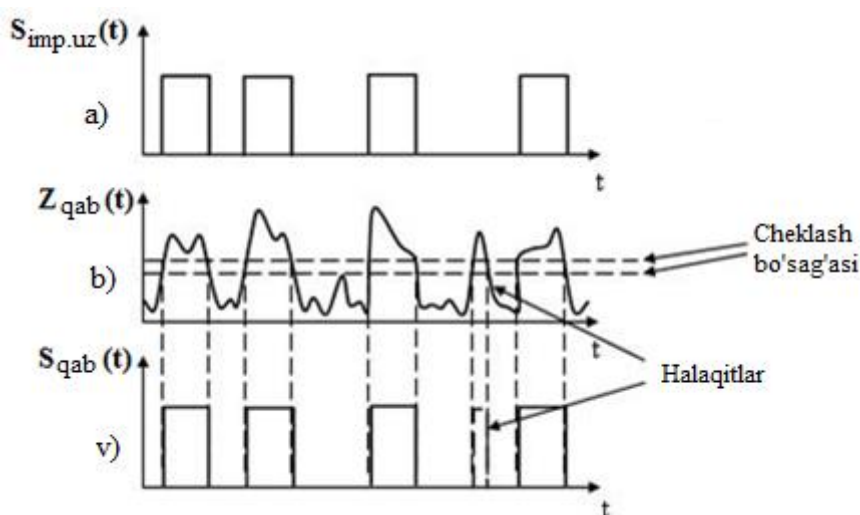
Impulsli-modulyatsiyalangan signallarning o'ziga xos xususiyati ularning spektrida modulyatsiyalovchi signalning past chastotali tashuvchisini borligi hisoblanadi. Shuning uchun bunday signallarni detektorlash uchun nochiziqli element ishlatilmaydi. Detektorlash filtr orqali amalga oshiriladi, uning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

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

Pik detektor deb chiqish kuchlanishi impulsar amplitudasiga proporsional o'zgaradigan va impulsning 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 $S_{im.uz}(t)$ impulsli modulyatsiyalangan signal tasvirlangan. 13.29b- rasmda qabul qilingan $Z_{qab}(t)$ 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 impulsning 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 impulsning amplitudalari cheklash amalga oshiriladi, u holda AIM signallarni regeneratsiya qilish mumkin emas, chunki bu signallarning amplitudasi axborot parametri hisoblanadi.



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.

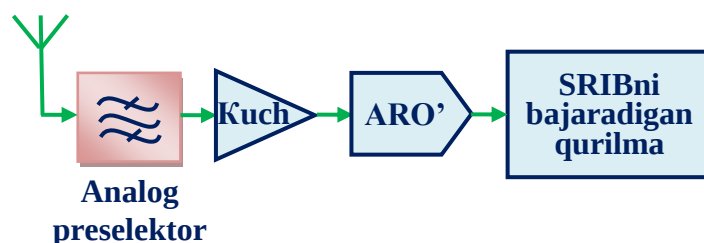
14. RADIOQABUL QILISH QURILMALARIDA SIGNALLARGA RAQAMLI ISHLOV BERISH

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 raqamlashtirish 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

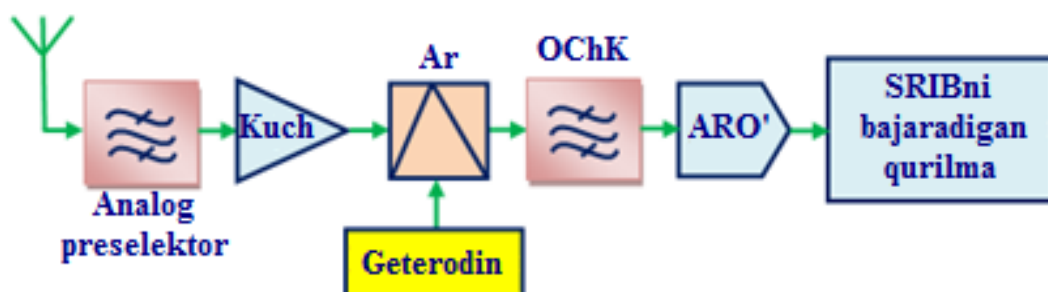
Qabul qilinadigan signalning chastotasi va spektri kengligiga bog'liq ravishda qabul qilgichda raqamli ishlov berish ham radiochastota bo'yicha, ham signal qayd etilgan chastotaga o'tkazilganidan keyin oraliq chastota bo'yicha ishlatilishi mumkin. Radiochastota bo'yicha SRIBli qabul qilgich tuzilmasi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



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 oʻnlab megagerslardan ortiq boʻlgan chastotalardagi signallarga ishlov berishda zamonaviy AROʻlarning tezligi Kotelnikov teoremasiga muvofiq klassik diskretlashtirish prinsipini ishlatishga imkon beradi. Bu teoremaga muvofiq tanlanmalar chastotasi diskretlashtiriladigan signal spektrida yuqori chastotadan minimum ikki martaga katta boʻlishi kerak. Bunda oʻzgarmas tashkil etuvchidan diskretlashtirish chastotasining yarmigacha chastotalar dipazoni raqamlashtiriladi va AROʻ chiqishida spektrlarning ustma-tushishidan himoyalash uchun analog PChFni ishlatish yetarli boʻladi.

Yuqori chastotali signallar uchun polosali diskretlashtirish (under sampling) ishlatiladi, u spektr kengligi markaziy chastotaning absolyut qiymatidan koʻp martaga kichik boʻlgan tor polosali signallarga ishlov berish uchun Kotelnikov teoremasi qoʻyadigan cheklashni chetlab oʻtishga imkon beradi. Bu shartga deyarli barcha radiosignallar mos keladi. Bu holda Kotelnikov teoremasi quyidagicha yangraydi: signal haqidagi maʼlumotlarni saqlanishi uchun uni diskretlashtirish chastotasi uning ikkilangan polosasi kengligiga teng yoki undan katta boʻlishi kerak. Diskretlashtirish chastotasi bajarishi kerak boʻlgan matematik shart quyidagi ifoda orqali tavsiflanadi:

$$(2f_c - B) / m \geq f_s \geq (2f_c + B) / m + 1$$

bu yerda f_c — signal spektridagi markaziy chastota;

f_s — diskretlashtirish chastotasi;

B — signal spektri kengligi;

$m - f_s \geq 2B$ 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 filtrlardan 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.

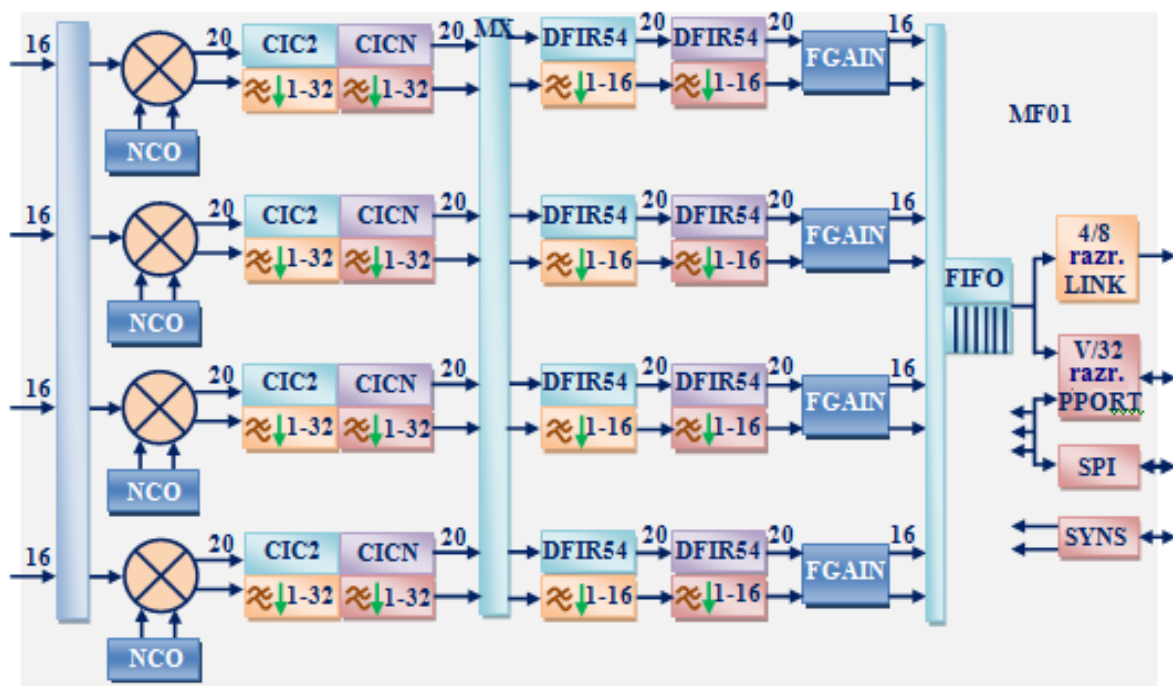
Radioqabul qilgichda raqamli qurilmalar quyidagi vazifalarni bajaradi:

- 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 xarakteristikalarini (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, istiqbolida "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.

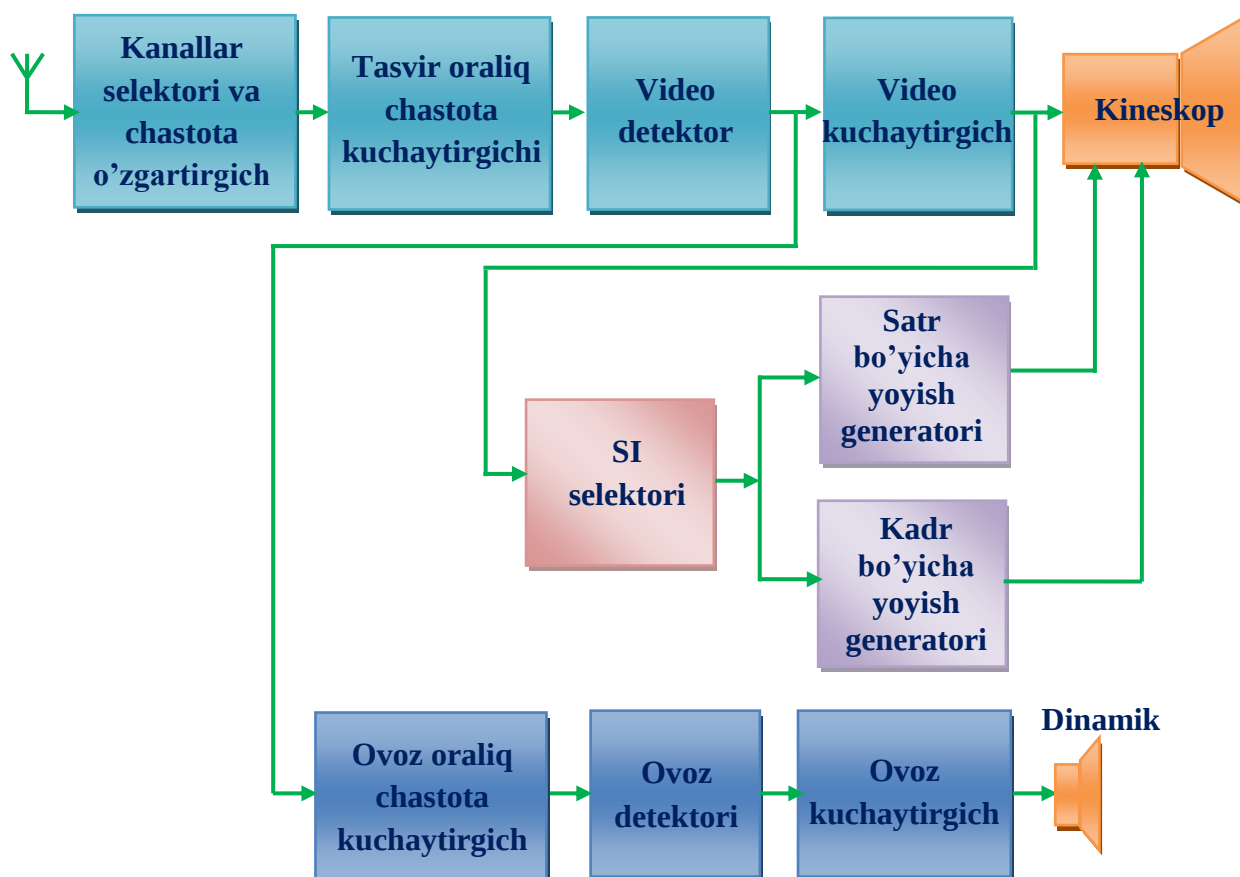
Nazorat savollari

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.



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:

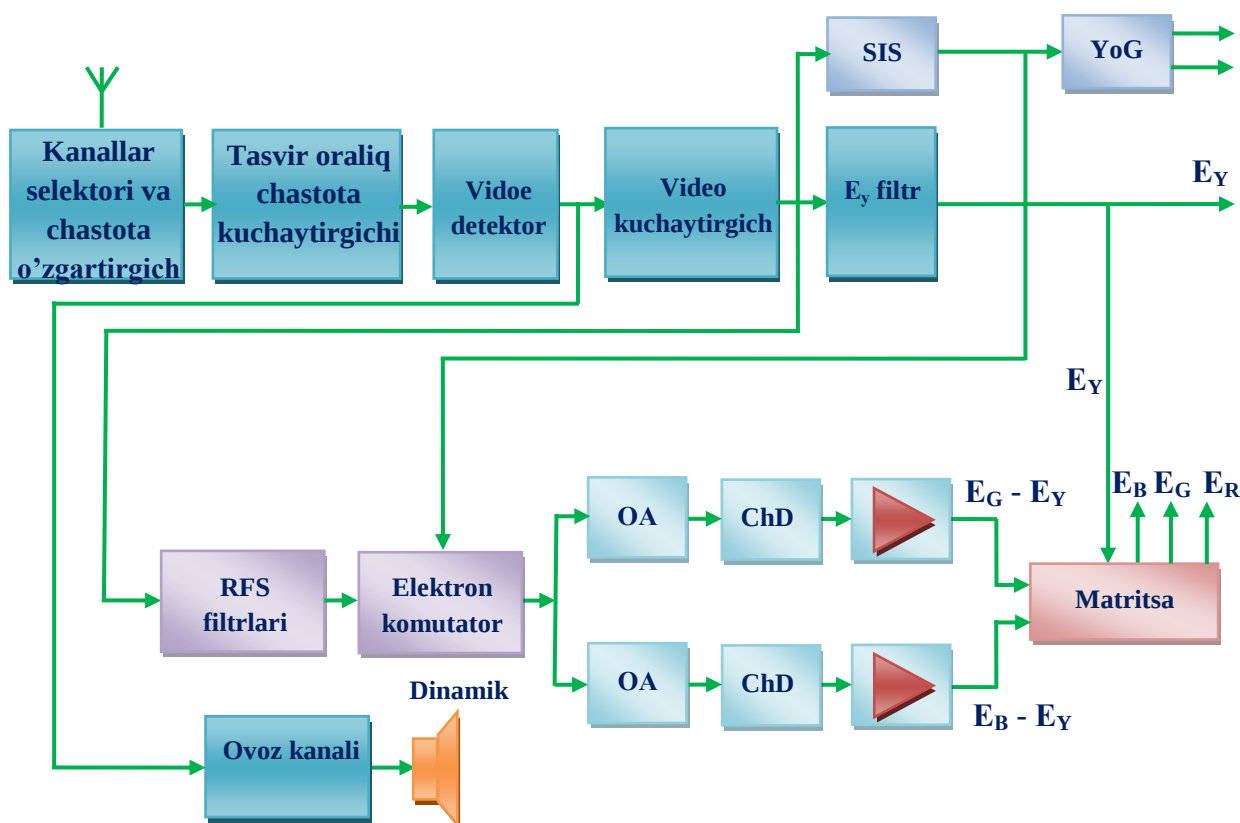
- kadrlarni o‘tish chastotasi - 25 Gs ;
- satr oralatib yoyishda maydonlarning almashishi chastotasi - 50 Gs ;
- kadrda satrlar soni - $Z=625$;
- satrlarni kelishi chastotasi - 15 625 Gs ;
- satrdagi yoyish elementlari soni - 33 ;
- kadrda yoyish elementlari soni - 521 000 n ;
- teskari yo‘lli satrni 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 E_G , E_R va E_V ranglilik signallarini shakllantiradigan ranglilik blokining mavjudligi hisoblanadi.

Videokuchaytirgichning chiqishiga qo'yilgan 6,5 MGs polosali E_Y filtr yorqinlik signalini ajratadi.

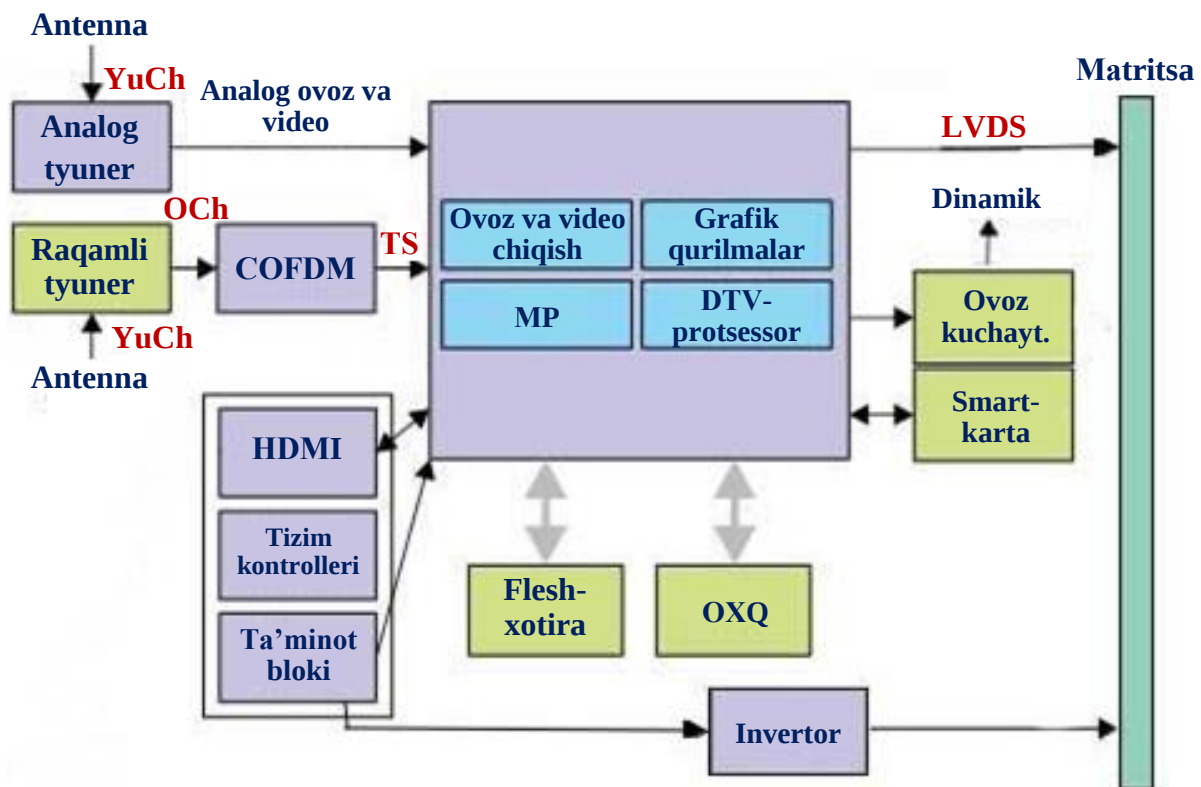


15.2-rasm. Rangli televizion qabul qilgichning tuzilish sxemasi

Videokuchaytirgichning chiqishidan E_Y signal ranglar farq signallari (RFS) filtrlariga ham beriladi, ular $f_{OCh.V}$ va $f_{OCh.R}$ tashuvchi chastotalarli ChM ranglar farq signallarini ajratadi. Satrlar sinxroimpulslari orqali boshqariladigan elektron kommutator yordamida ranglar farq signallari ChDga beriladi. Kuchaytirgichlar chiqishlaridan detektorlangan $E_G - E_Y$ va $E_R - E_Y$ ranglar farq signallari E_Y yorqinlik signallari bilan birga matritsaga beriladi, uning chiqishidan E_G , E_R va E_V ranglilik signallari olinadi. Bu signallar E_Y yorqinlik signallari bilan birga rangi kineskopga beriladi va ekranda rangli tasvirni shakllantiradi.

15.3. SK televizorning tuzilish sxemasi

15.3-rasmda *LVDS* texnologiyadagi zamonaviy SK televizorning tuzilish sxemasi keltirilgan. Bu yerda asosan signalga raqamli ishlov berish ishlatiladi. Masalan, *COFDM* televideniya 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.



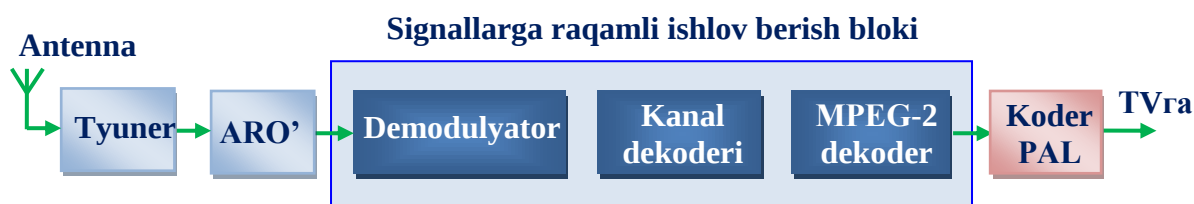
15.3-rasm. SK televizorning tuzilish sxemasi

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.

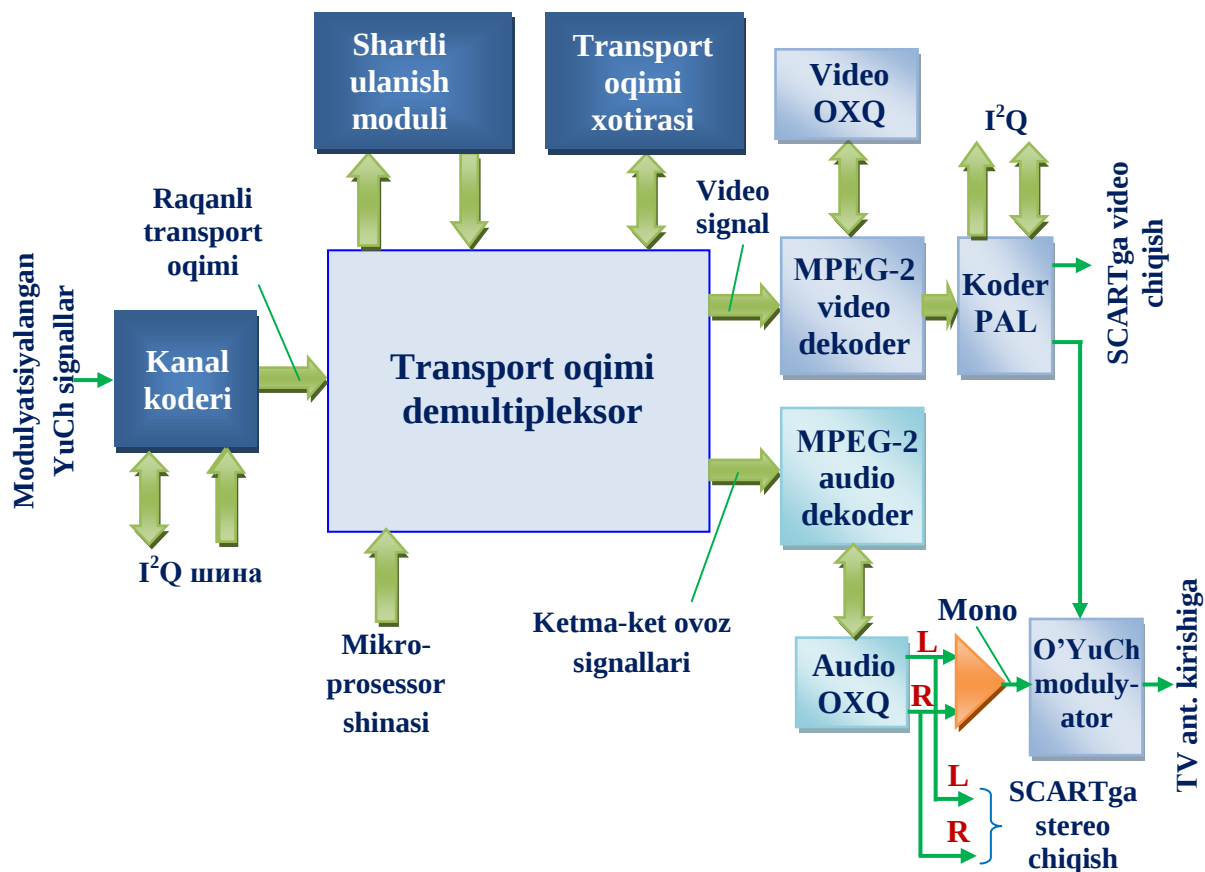


15.4-rasm. Raqamli televideniye abonentlar qabul qilgichining funksional sxemasi

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.



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 E_Y yorqinlik va E_G , E_R va E_V ranglilik signallariga o'zgartiradi. Video OXQ katta xotirasi bir necha kadrlar haqidagi ma'lumotlarni bir vaqtda saqlash uchun zarur bo'ladi.

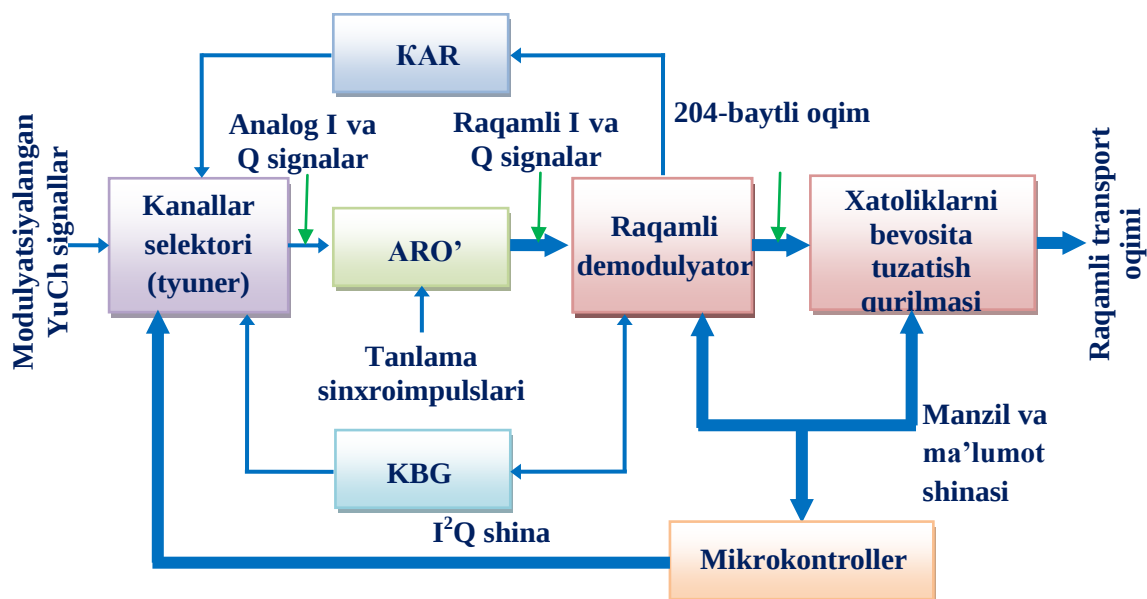
Raqamli E_Y yorqinlik va E_G , E_R va E_V ranglilik signallari *PAL* koderiga beriladi, u bu signallarni to'liq analog televizion signalga o'zgartiradi. Bu signal keyin UYuCh-modulyatorga beriladi.

Ovoz kanali *MPEG* dekoderiga 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 antennalar 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.



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 I^2C 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* texnologiyadagi zamonaviy 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 dekodeerining 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.

Televideniyeining 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 zonalarini bilan farqlanadigan bir necha xizmatlar ishlatiladi. Efir bo‘yicha radioeshittirish mavjud tizimlarining asosiy xarakteristikalarini 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).

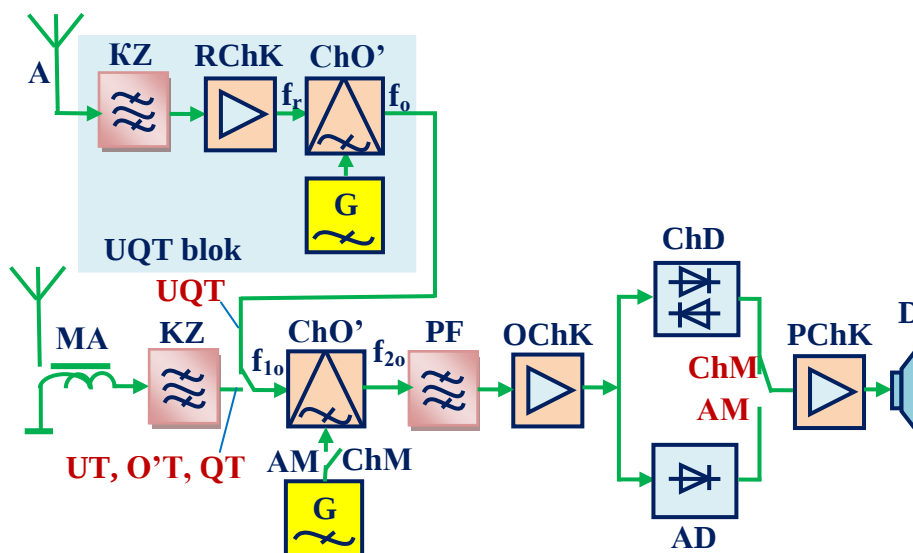
16.1- jadval

Efir bo‘yicha radioeshittirish mavjud tizimlarining asosiy xarakteristikalari

To‘lqin diapazoni/ xizmat	Tarqatish zonalari	Ovoz dasturlari soni	Ovoz chastotalari, 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-sinfidagi 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-sinfidagi qabul qilgichlar AM signallarga qabul qilishga mo'ljallangan. 3-sinfidagi statsionar qabul qilgichlarda chastotaviy modulyatsiyalashli (ChM) UQT stansiyalarni qabul qilish ko'zda tutiladi. 3-sinfidagi statsionar qabul qilgichning tuzilish sxemasi 16.1-rasmda tasvirlangan.



16.1-rasm. 3-sinfidagi statsionar qabul qilgichning tuzilish sxemasi

Sxema ikkita radiochastota traktidan va umumiy OChK traktidan tashkil topgan. Qabul qilgich ikkita UQT diapazoni antennisasi va UT va O'T diapazonlari antennisiga ega. UQT va QT to'lqinlar uchun tashqi teleskopik antenna, UT va O'T to'lqinlar uchun ichki magnit antennisasi 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'liqlariga aylantiriladi.

16.3. Stereofonik radioeshittirish qabul qilgichlari

Ovoz (musiqqa) 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.

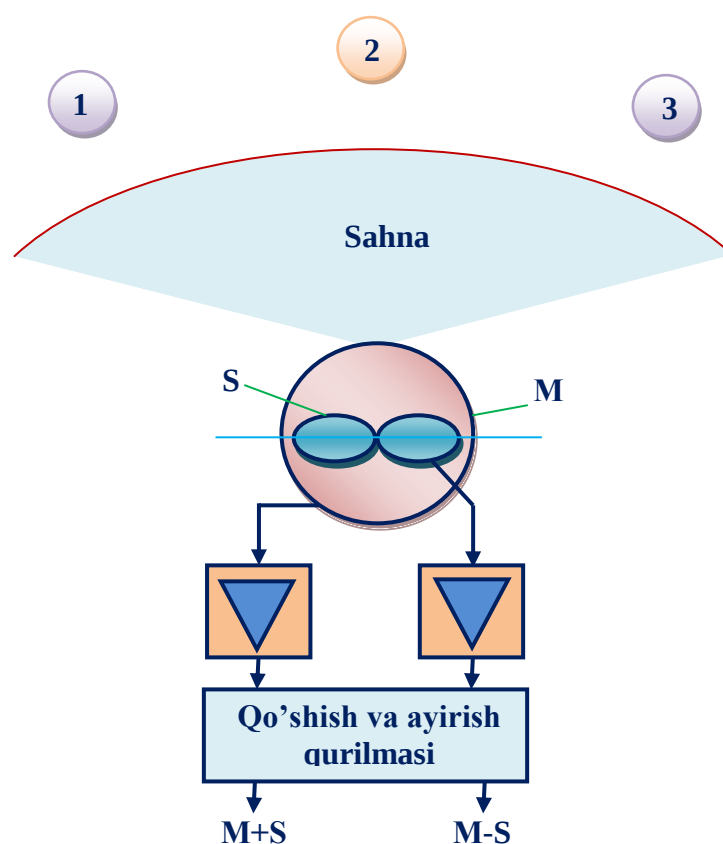
Lekin ikkita mikrofon, ikkita kuchaytirgich va ikkita akustik tizim qoniqarli darajada stereosamara hosil qila oladi. Bunday tizim ikki kanalli stereofoniya deb ataladi.

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 yoʻnalish diagrammasi aylana shaklida boʻladi.

Ikkinchi mikrofon sahnaning ikki chetidagi tovushlarni qabul qilishi kerak, uning yoʻnalish diagrammasi «sakkiz» shaklida boʻladi. S mikrofondan hosil boʻluvchi signallar maxsus qoʻshib — ayiruvchi sxemaga beriladi. Stereosignal hosil qilishning bu usulini $L/5$ sistemi deb ataladi.

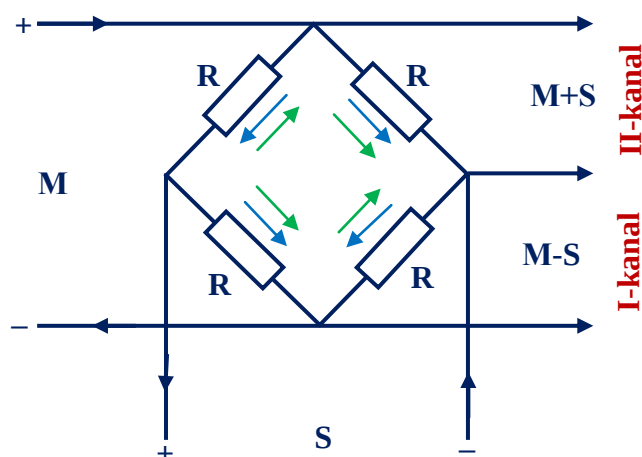
16.2-rasmda MS — Mittel-Seite (Oʻrta-chekka) sistemi asosida stereosignalni hosil qilish sxemasi berilgan.



1, 2, 3 ovoz manbalari; M — sahnadan toʻliq ovoz axborotni oluvchi mikrofonning yoʻnalish diagrammasi; S — sahnaning ikki chekkasidan ovoz qabul qiluvchi mikrofonning yoʻnalish diagrammasi

16.2- rasm. MS — Mittel-Seite (Oʻrta-chekka) sistemi asosida stereosignalni hosil qilish sxemasi

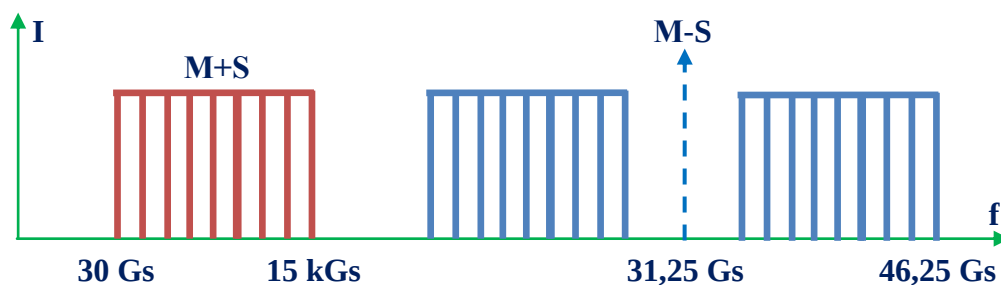
16.3- rasmda ko‘prik sxemasi asosida mikrofonlarda hosil bo‘luvchi kuchlanishlarni qo‘shish va ayirish qurilmasining sxemasi keltirilgan. Signallarning yo‘nalishi bir xil bo‘lganda ular qo‘shiladi, yo‘nalish qarama-qarshi bo‘lsa, ayiriladi. Mikrofonlar bir nuqtada o‘rnatiladi, natijada, tovushlarning fazasi bir xil bo‘lib, 1 kanalda ularning doimiy yig‘indisi, 2 kanalda ularning doimiy ayirmasi paydo bo‘ladi.



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.

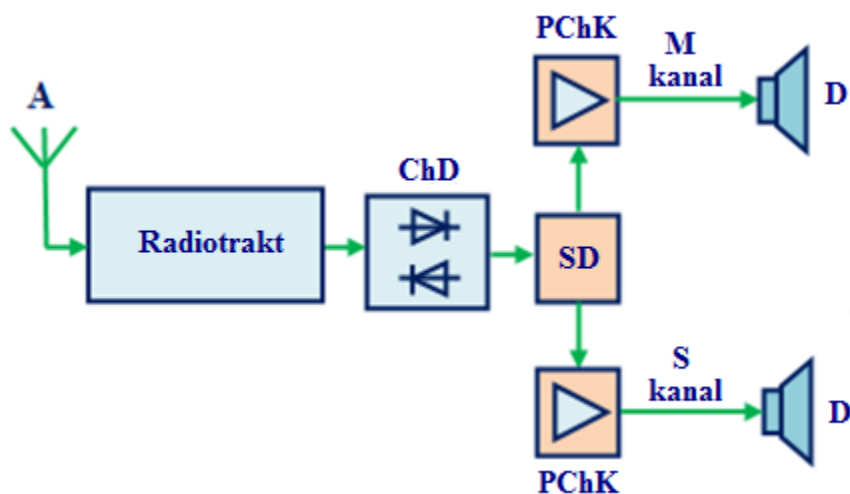


16.4-rasm. Stereosignalning chastotalar spektri

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 16.5-rasmda keltirilgan.



16.5-rasm. Stereofonik qabul qilgichning soddalashtirilgan tuzilish sxemasi

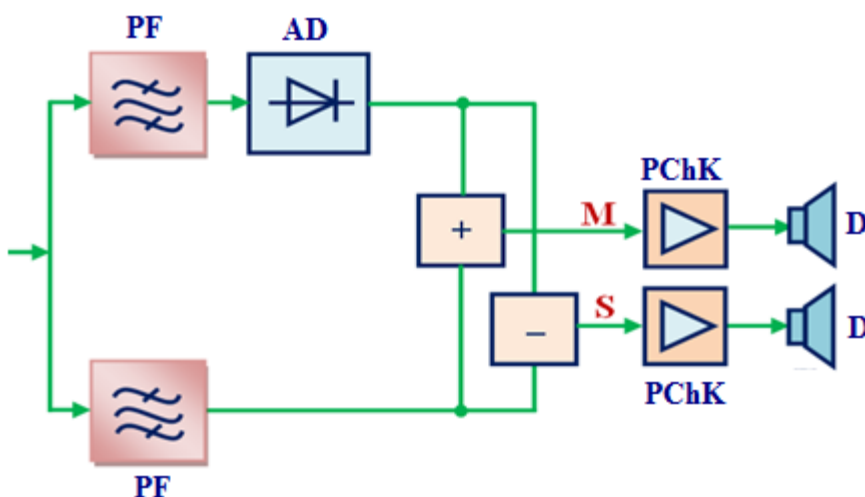
Bu yerda chastotaviy detektorning chiqishidan olingan signal stereodekoderga (SD) beriladi, u stereojuftlikning chap (*M*) va o‘ng (*S*) kanallari

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

Метод модуляции, при котором слегка изменяется частота несущего сигнала, за счет чего осуществляется представление информации способом, подходящим для

(FSK)

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 (f_d) и определяется как $1/f_d$. 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 (f_d) bog'liq bo'ladi va $1/f_d$ 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 xabarlarini 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 - soylanish

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 reliefi 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**

Метод модуляции, при котором сигналы в синфазном и квадратурном каналах сдвинуты на $T/2$ (T – длительность

**uz - siljishli kvadratura-
fazaviy manipulyasiya**

**en - Offset Quadrature Phase-
Shift Keying (OQPSK)**

**(син. Staggered Quadrature
Phase-Shift Keying – SQPSK)**

символа), а фаза манипулированного сигнала изменяется в пределах $\pm \pi/2$. 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 $\pm \pi/2$ 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 90° .

Kirish signalining fazasi tayanch signalnikiga nisbatan 90° ga siljirilgan 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, yoʻldoshli, kabelli va optik tolali liniyalar yigʻindisi.

Поддиапазон

**uz - quyi diapazon
(poddiaazon)**

en - subband

Часть диапазона рабочих частот, в пределах которого обеспечивается работа радиостанции.

Ishchi chastotalar diapazonining bir qismi boʻlib, uning chegarasida radiostansiyaning ishi taʼminlanadi.

помехозащищенность

**uz - xalaqitdan
himoyalanganlik**

en - error performance

Показатель, характеризующий степень устойчивости работы аппаратуры при появлении ошибок в принятых символах.

Qabul qilingan simvollarda xato paydo boʻlganida apparatura ishining barqarorlik darajasini tavsiflovchi koʻrsatkich.

**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 oʻrtasidagi tafovutdan foydalanishga asoslangan, bir yoki bir necha turdagi signallarning seleksiyasidan foydalanish evaziga taʼminlanadi. Fazoviy seleksiya eng samarali boʻlib, unda antenning yoʻnalganlik diagrammasida xalaqitlar manbaiga moʻljallangan botiqlik hosil boʻladi.

Преобразование

uz - oʻzgartirish

en - transformation

Замена одного сигнала другим, получаемым из первого по определенным правилам.

Birinchi signalni undan maʼlum qoidalar boʻyicha 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 xossalriga 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 xossalari 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

Радиоприемное устройство, в котором входной сигнал с помощью смесителя

радиоприемник

**uz - supergeterodinli
radioqabulqilgich**

en - superheterodyne receiver

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 тахрири остида. Мобил алоқа тизимларига оид атамаларнинг русча- ўзбекча изохли 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” kafedrası mudiri, t.f.n.,
dots. A.A. Yarmuxamedov

TATU, “Teleradioeshittirish” kafedrası
mudiri, t.f.d., dots. B.N. Raximov

Korrektor:

“O‘zbek va rus tillar” kafedrası mudiri, f.f.n.,
dots. S.X. Abdullayeva

Ma’sul muharrir:

“Mobil aloqa texnologiyalari” kafedrası
mudiri, t.f.n., dots. Sh.U. Pulatov