

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA  
O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI ALOQA, AXBOROTLASH TIRISH  
VA TELEKOMMUNIKATSIYA TEXNOLOGIYALARI  
DAVLAT QO'MITASI**

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

**A.A. Abduazizov, T.G. Raximov**

# **RADIOTEKNIK TIZIMLAR**

**O'quv qo'llanma**

**2-QISM**

*O'zbekiston Respublikasi oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi  
tomonidan o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

**Toshkent-2015**

**UO'K: 621.396.4**

**KBK: 32.84**

**A15**

***Taqrizchilar:***

**A.M. Nazarov** – TDTU “Radiotexnik qurilmalar va tizimlar” kafedrasini muduru, texnika fanlari doktori, professor

**M.M. Muxitdinov** – O‘zbekiston radiotexnika, elektronika va aloqa ilmiy-texnika jamiyati raisi o‘rinbosari, texnika fanlari doktori, professor

**Y.K. Kamalov** – O‘zR AATT DQ “Telekommunikatsiya infratuzilmasini rivojlantirish boshqarmasi” boshlig‘i, texnika fanlari nomzodi, dotsent

**Abduazizov A.A., Raximov T.G‘.**

Radiotexnik tizimlar: o‘quv qo‘llanma 2-qism / Toshkent axborot texnologiyalari universiteti. Toshkent, 2015.

O‘quv qo‘llanmasining ikkinchi qismida xabarlarni yashirin uzatish usullari; raqamli radioaloqa tizimlarida sinxronizatsiyalash: chastotalar sintezatorlari; radiotexnik tizimlarda elektromagnit moslashuv; ba’zi radiotexnik tizimlar haqida ma’lumotlar; ko‘p stansiyalar orqali aloqa o‘rnatish asoslari. Asinxron manzilli tizimlar; Yer sun‘iy yo‘ldoshi orqali aloqa tizimlari; Yer sun‘iy yo‘ldoshi orqali aloqa tizimlariga ko‘p stansiyalar orqali kirish va signallarni ajratish usullari; Yer sun‘iy yo‘ldoshi orqali aloqa tizimlari energetikasi va ulardan foydalanish; sotali aloqa tizimlari; radioaloqaning rivojlanish bosqichlari; radiorele aloqa liniyalarining tuzilish asoslari, turli chastotalardiapazoni radiorele stansiyalari etarli darajada keng yoritilgan.

O‘quv qo‘llanma oliy o‘quv yurtlarining 5350100-“Telekommunikatsiya texnologiyalari”, 5350700-“Radioelektron qurilmalar va tizimlar” bakalavriat ta’lim yo‘nalishlari va magistratura tegishli mutaxassisliklari talabalari hamda Maxsus fakultetning “Telekommunikatsiya” mutaxassisi kursantlari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, undan soha injener-texnik xodimlari va qiziquvchilar ham foydalanishlari mumkin.

**UO'K: 621.396.4**

**KBK: 32.84**

## KIRISH

XX asr radiotexnik tizimlarning paydo bo'lish va tezkorlik bilan rivojlanish davri bo'ldi. Radiotexnik tizimlarsiz inson faoliyatining va jamiyatning rivojlanishini tasavvur qilib bo'lmaydi. Radiotexnik tizimlardan davlatni boshqarishda, sanoatda, transportda, radioaloqa, radioeshittirish, teleko'rsatuvlar, qishloq xo'jaligida, ta'lim sohasida, ilmiy tadqiqot ishlarida, madaniyatda va boshqa bir qator sohalarda foydalaniladi.

Radiotexnik tizimlarida axborot texnologiyalarini o'rganish radioinjenerlarni tayyorlashda asosiy o'rinni egallaydi. Ammo radiotexnik tizimlar bo'yicha mutaxassislarni tayyorlash ma'lum qiyinchiliklarga duch kelmoqda, bulardan asosiyarlari quyidagilar hisoblanadi. Turli vazifalarni bajaruvchi radiotexnik tizimlar qo'llanish sohasiga qarab tezkorlik bilan kengayib bormoqda. Masalan, axborot uzatish uchun: troposfera, radiorele, sun'iy yo'ldosh orqali aloqa, sotali aloqa, radioeshittirish, teleko'rsatuv, radioteleometriya, radiotelemedisina, radioboshqaruv, radioelektron kurash va boshqalarni keltirish mumkin. Bundan tashqari radiosignallardan foydalanib axborot ajratib olishdan radiolokatsiya, radionavigatsiya, masofadan atrof muhitni tahlil qilish (zondlash), foydali qazilmalarni qidirib topish, yer yuzasi holatini – ko'rinishini aniqlashda, radiotexnik razvedka va boshqa sohalarda ham keng foydalaniladi. Ko'p hollarda ushbu maxsuslashgan radiotexnik tizimlarni alohida-alohida o'rganish unga sarf etilgan vaqt resursini oqlamaydi.

Radiotexnik tizim (RT)larda foydalanilayotgan axborot texnologiyalari so'nggi 20-25 yilda jadallik bilan rivojlanmoqda. Bunda qatoriga signallarga raqamli ishlov berish va ularni shakllantirish, integral va maxsus amallarni bajaradigan – funksional elektronika, gibrid integral sxemalar, radiotexnik tizimlarning imkoniyatlarini yanada kengaytiruvchi qattiq jism – o'ta yuqori chastota qurilmalaridan foydalanish vaqt birligida ishlov berilishi va foydalanishi mumkin bo'lgan axborot hajmining keskin oshirilishi, natijada bungacha yechilishi kerak bo'lgan bir qator masalalarni hal etish imkoniyati yaratildi.

Ohirgi yillarda adaptiv radiotexnik tizimlarning yaratilishi va undan foydalanish natijasida ular tashqi xalaqitlar ta'sirida ishlashga moslashishi, radiototalqinlar tarqalish xususiyatlariga moslashishi va boshqalar asosida qo'yilgan vazifani talab darajasida sifatli bajarish imkoniyati paydo bo'ldi.

Yuqorida keltirilgan turli sohalarda foydalanishga mo'ljallangan radiotexnik tizimlar o'zlarining tuzilishlari bo'yicha bir qator umumiy qismlarga ham ega.

Ushbu qo'llanmada asosiy e'tibor raqamli radiotexnik tizimlarning umumiy tuzilish tarkibi, bajaradigan vazifalar turlariga qarab ularning texnik

ko'rsatkichlari va ushbu ko'rsatkichlarni talab darajasida bo'lishini ta'minlash usullariga alohida e'tibor berilgan.

O'quv qo'llanmasiga kiritilgan mavzularning keng qamrovliligi natijasida hajmi katta bo'lganligini e'tiborga olib, uni qismlarga bo'lishni loyiq deb topdik.

O'quv qo'llanmasining ikkinchi qismi 10 ta bob va 2 ta ilovadan iborat bo'lib, quyidagi mavzularga bag'ishlangan:

- Xabarlarni yashirin uzatish usullari;
- Raqamli radioaloqa tizimlarida sinxronizatsiyalash;
- Chastotalar sintezatorlari;
- Radiotexnik tizimlarda elektromagnit moslashuv;
- Ba'zi radiotexnik tizimlar haqida ma'lumotlar;
- Ko'p stansiyalar orqali aloqa o'rnatish asoslari. Asinxron manzilli tizimlar;
- Yer sun'iy yo'ldoshi orqali aloqa tizimlari;
- Yer sun'iy yo'ldoshi orqali aloqa tizimlariga ko'p stansiyalar orqali kirish va signallarni ajratish usullari;
- Yer sun'iy yo'ldoshi orqali aloqa tizimlari energetikasi va ulardan foydalanish;
- Sotali aloqa tizimlari;
- Radioaloqaning rivojlanish bosqichlari;
- Radiorele aloqa liniyalarining tuzilish asoslari, turli chastotalardiapazoni radiorele stansiyalari.

Ushbu o'quv qo'llanmasi 2-qismining kirish so'zi. 1. 2. 4. 6-10 boblari A.A. Abduazizov va 3, 5 boblari hamda 1-2 ilovalar T.G. Raximov tomonidan yozilgan.

“Radiotexnik tizimlar” o'quv qo'llanmasining qo'lyozmasi bilan tanishib chiqib, unga mazmuniy va uslubiy o'zgartirishlar kiritish haqidagi takliflari uchun TATU “Mobil aloqa texnologiyalari” kafedrasini mudiri t.f.n., dotsent D.A. Davronbekovga, “Teleradioeshittirish tizimlari” kafedrasini mudiri t.f.n., dotsent X.S. Soatovga, TDTU “Radiotexnik qurilmalar va tizimlar” kafedrasini mudiri t.f.d., professor A.M. Nazarovga, t.f.d., professor M.M. Muxitdinovga, t.f.n., dotsent Yu.K. Kamalovga o'z minnatdorchiliklarini bildiradilar. Shuning bilan birga ushbu kitob bilan tanishganlarning ham qo'llanma haqida o'z fikr-mulohazalarini bildirishlarini kutib qoladilar.

;

## 1. XABARLARNI YASHIRIN SHAKLDA UZATISH USULLARI

Radioaloqa tizimlarida xabarlarni yashirin shaklda uzatish uni talab darajasidagi xalaqitbardoshlik bilan uzatish kabi muhim o'rin egallaydi.

Odatda signalni yashirin usulda uzatish radiotizimlarida bergitilganlik deganda, ushbu signalni topilishlikka va uning ko'rsatkichlarini o'lchashlikka imkoniyat bo'lmaslik tushuniladi. Yashirinlik atamasi keng ma'noga ega. Bulardan biri, radiokanal orqali axborot uzatilayotganligini yashirin saqlash qobiliyati yoki radiokanal faoliyat olib borayotganligini aniqlay olmaslik ehtimolligi. Uzatilayotgan signalda uzatilayotgan axborotni ajratib olishni sir saqlash signal tarkibini va uzatilayotgan axborot mazmunini ochish ehtimolligi orqali baholanadi. Shunday qilib, radiokanalning yashirin ishlashi tasodifiy xodisa bo'lib, yashirin ishlash ehtimolligi bilan baholanadi. Agar radioaloqa tizimida qo'shimcha kodlash va shifrlash usullaridan foydalanilmagan bo'lsa, u holda yashirinlik signal energetik ko'rsatkichlari va tarkibiy tashkil etuvchilari orqali belgilanadi.

Hozirda radiouzatishlarni yashirin tashkil etishda quyidagi usullardan foydalaniladi:

- garmonik tebranish shaklidagi tashuvchidan foydalanilgan holda uning spektrini kengaytirish;
- tasodifiy simon signallardan foydalanish;
- informatsiya tashuvchi signalni uni "maskirovka"lovchi (yopuvchi, berkituvchi) signal spektrida uzatish.

Bu usullar ma'lum darajada signalni energetik va tarkibiy yashirin (yashirinlashtirilgan)ligini ta'minlash bilan birga turli xususiyatlarga ham ega. Yuqorida keltirilgan usullar alohida-alohida ko'rib chiqamiz.

### 1.1. Garmonik tebranish shaklidagi tashuvchidan foydalanilgan holda signal spektrini kengaytirish

Garmonik tebranish shaklidagi tashuvchidan foydalanilgan holda signal spektrini kengaytirishning ikki asosiy turi mavjud:

- garmonik tebranish shaklidagi tashuvchining spektriga impulslar ketma-ketligi bilan to'g'ridan-to'g'ri ta'sir etib uning spektrini kengaytirish;
- garmonik tebranish shaklidagi tashuvchisi chastotasini kvazitasodifiy sakratib o'zgartirish orqali u egallagan chastotalar polosasini kengaytirish.

***Tashuvchiga to'g'ridan-to'g'ri impulslar ketma-ketligi bilan ta'sir etib signal spektrini kengaytirish.***

Bu usuldan foydalanib signal spektrini kengaytirishni quyidagicha amalga oshirish mumkin. Birinchi bosqichda, garmonik tashuvchi  $f(t)$  axborot diskret signali  $u(t)$  bilan modulyatsiyalanadi va ikkinchi bosqichda bu  $s_U(t)$  signal nisbatan yuqori chastotalar bilan takrorlanuvchi kvazitasodifiy (keng polosali)

kengaytiruvchi signal  $g(t)$  bilan modulyatsiyalanadi (1.1a-rasm) va natijada spektri kengaytirilgan signal  $s(t)$  hosil qilinadi.

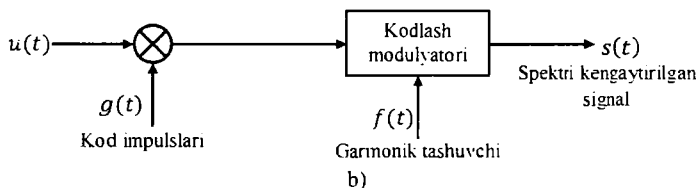
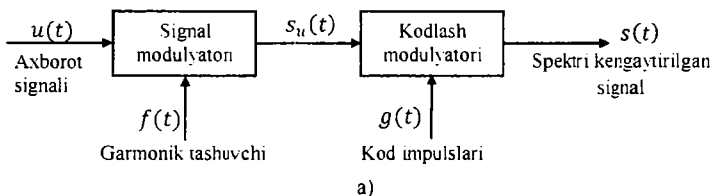
Axborot diskret signali bilan modulyatsiyalangan tashuvchi amplitudasi o'zgarmas bo'lib, uni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$s_U(t) = U_\omega \cos[\omega_0 t + \Delta\varphi[u(t)]], \quad (1.1)$$

bunda,  $U_\omega$  – tashuvchi amplitudasi,  $\omega_0$  – tashuvchi chastotasi va  $\Delta\varphi[u(t)]$  – axborot signaliga mos ravishda o'zgaruvchi faza.

Ushbu (1.1) signal spektrni kengaytiruvchi kvazitasodifiy kengaytiruvchi signal  $g(t)$  bilan modulyatsiyalash natijasida dastlabki faza o'zgarishi  $\Delta\varphi$  ga nisbatan tez o'zgaruvchi  $\Delta\varphi_g$  qo'shiladi, bu esa signal spektrining kengayishini ta'minlaydi.

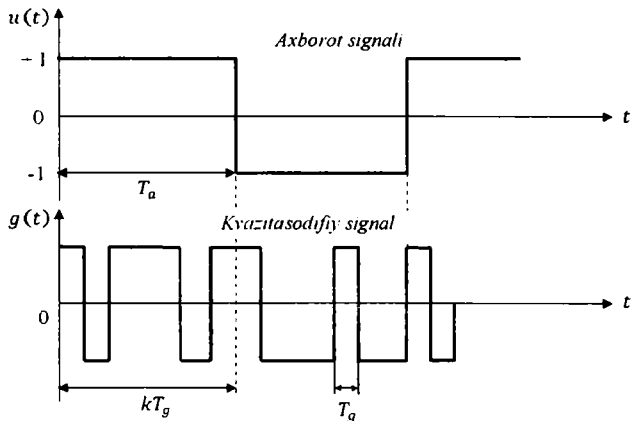
$$S(t) = U_\omega \cos\{\omega_0 t + \Delta\varphi[u(t)] + \Delta\varphi_g[g(t)]\}. \quad (1.2)$$



1.1-rasm. *Tashuvchiga to'g'ridan-to'g'ri impulslar ketma-ketligi bilan ta'sir etib signal spektrini kengaytirish*

Xuddi yuqoridagidek natijani dastlab birinchi bosqichda spektr kengaytiruvchi axborot signali nisbatan katta tezlikdagi kvazitasodifiy impulslar ketma-ketligi bloki bilan almashtirish natijasida  $s_g(t)$  signali hosil qilinadi va ikkinchi bosqichda ushbu  $s_g(t)$  axborot signali yuqori chastotali garmonik tebranish shaklidagi tashuvchi  $F(t)$  ni faza bo'yicha modulyatsiyalash orqali olish mumkin (1.1b-rasm).

1.2-rasmda axborot signali impulslarini kvazitasodifiy impulslar ketma-ketligi bilan almashtirish vaqt diagrammasi keltirilgan.



1.2-rasm. Axborot va kvazitasodifiy signal vaqt diagrammalari

Spektr kengaytiruvchi signal davomiyligi  $T_g$  mikroimpuls deb ataladi va bitta axborot signaliga mos keluvchi mikroimpuls blok – makroimpuls deb ataladi. Makroimpuls blokining mikroimpulsiga nisbati ushbu signal bazasini anglatadi va signal spektrini kengaytirish koeffitsienti deb yuritiladi. Shunday qilib, spektri kengaytirilgan modulyatsiyalangan signal bazasi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\beta_s = \frac{\Delta F_{ms}}{R} = \frac{T_u}{T_g}, \quad (1.3)$$

bunda  $\Delta F_{ms}$  – modulyatsiyalangan spektri kengaytirilgan signal  $S(t)$  spektri polosasi kengligi,  $R$  – axborot uzatish tezligi (bit/sek).

Signal qabullash tomonida demodulyatsiyalash korrelyatsion usul bilan yoki signal spektrini kengaytiruvchi impulslar ketma-ketligi  $g(t)$  bilan sinxron ravishda o'zgaruvchi signal kengaytirish impulslari ketma-ketligi nusxasiga ko'paytirish orqali amalga oshiriladi. Qabul qilish qurilmasi chiqishidagi signal spektri  $B_S$  marotabaga siqilgan bo'ladi. Bu chiqish signalini tashuvchi  $f(t)$  ga yoki  $g(t)$  ga ko'paytirish orqali dastlabki axborot signali  $u(t)$  ajratib olinadi.

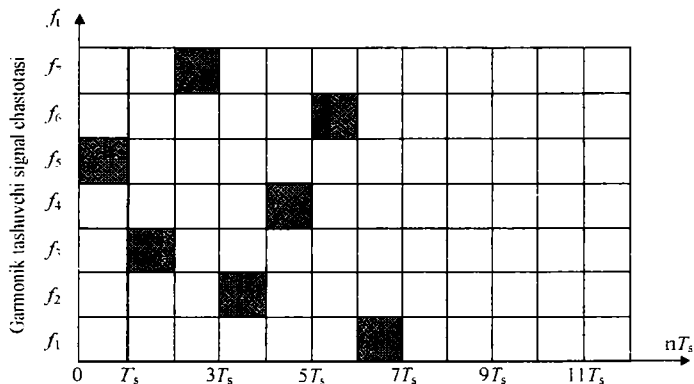
Shunday qilib, axborot signali spektrini nisbatan katta tezlikda takrorlanuvchi impulslar ketma-ketligi yordamida uni uzatishga keragidan ortiqchaga maqsadli kengaytirib, uni uzatish sifati (xalaqitbardoshligi) ta'minlanadi. Qabullash tomonida  $s(t)$  signalga korrelyatsion ishlov berish natijasida uning spektri kengligi modulyatsiyalangan birlamchi signal  $s_u(t)$  yoki  $s_g(t)$  spektriga tenglashtiriladi. Bu usul natijasida  $B_S$  ga teng bo'lgan energetik yutuqqa, ya'ni signal energetik spektri qiymatining kamaytirishga olib keladi. natijada keng polosali shovqinsimon signal (KPSH)dan radioqabullash qurilmasi radiouzatish qurilmasidan uzoq masofada joylashgan bo'lsa, axborot uzatishning yashirinligi (yashirinligi)ni ta'minlaydi. Ammo, dushman

radioqabullash qurilmasi axborotni qabullab olishi mo'ljallangan radioqabullash qurilmasiga nisbatan ancha yaqin joylashgan bo'lsa va uning signal qabullash polosasi kengligi spektri kengaytirib uzatilgan axborot signaliga mos kelsa, u holda dushman qabullagichi radiouzatkich nurlantirgan signalni qabullash ehtimolligi kattalashadi.

**Signal tashuvchisi chastotasini tasodifiysimon ravishda sakratib o'zgartirish usuli orqali signal spektrini kengaytirish.**

Keng polosali signal tashuvchisi chastotasi tasodifiy ravishda sakrab o'zgartirilishiga (ChTSO) asoslangan aloqa tizimlarida ushbu aloqa tizimi uchun ajratilgan chastotalari polosasi ko'p sonli kichik polosalarga bo'linadi. Axborot uzatish har bir vaqt oralig'i uchun ushbu kichik chastotalar polosalaridan kvazi tasodifiy ravishda foydalaniladi va bu kvazishovqinsimon signal ishlab chiqarayotgan generator tomonidan amalga oshiriladi. Uzatilayotgan axborot signali tashuvchi chastotasi qiymati  $f_n$  ning axborot uzatish vaqt birligida sakrab o'zgarishi diagrammasi 1.3-rasmida keltirilgan.

Signal spektrini tashuvchisi chastotasi qiymatini kvazitasodifiy shaklda o'zgartirishga asoslangan aloqa tizimi uzatish va qabullash qismining strukturaviy sxemasi 1.4-rasmida keltirilgan.

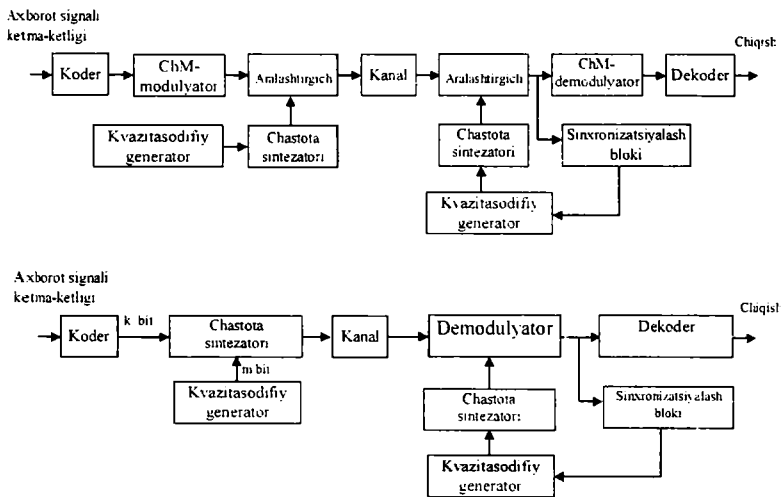


1.3-rasm. Uzatilayotgan axborot signali tashuvchi chastotasi qiymati  $f_n$  ning axborot uzatish vaqt birligida sakrab o'zgarishi diagrammasi

Ushbu tizimlarda odatda, asosi ikkiga yoki  $M$  ga teng bo'lgan chastota manipulyatsiyasidan foydalaniladi. Agar aloqa tizimi asosi 2 ga teng bo'lsa, u holda dastlab radiouzatkich chiqishida "1" yoki "0" ga mos keluvchi chastotalardan biri hosil bo'ladi va ikkinchi bosqichda ushbu ChMp signal kvazitasodifiy generator (KTG) chastotalar sintezatori (ChS) chiqishidagi chastotalardan birini belgilaydi va axborot signali ushbu chastotada radiouzatkich tomonidan efriga tarqatiladi. Misol uchun KTGning  $M$  ta simvoli



$2^m$  – 1ta foydalanishi – sakrab o'zgarishi mumkin bo'lgan chastotalar sonini belgilaydi.

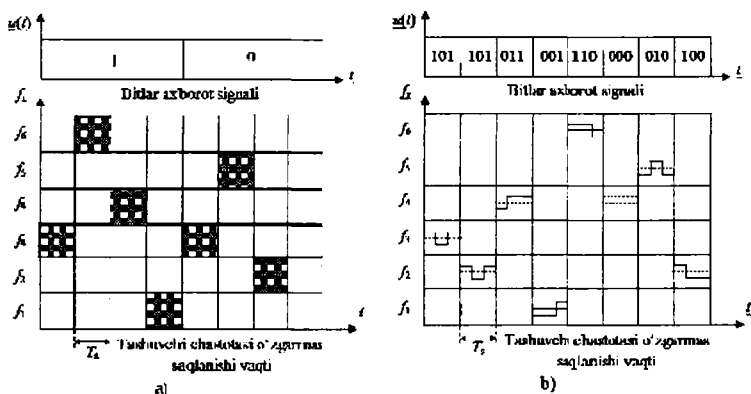


1.4-rasm. *Signal spektrini tashuvchisi chastotasi qiymatini kvazitasodifiy shaklda o'zgartirishga asoslangan aloqa tizimi uzatish va qabullash qismining strukturaviy sxemasi*

Ushbu signalni qabul qilish qurilmasi radiouzatish tomonidagi KTG bilan sinxron ishlovchi holatda bo'lib, u qabullash qurilmasi ChS chiqishidagi chastotaning ushbu onda foydalanilayotganini tanlab oladi. Shunday qilib, uzatilgan kvazitasodifiy chastota qabullash qurilmasi ChS chiqishida signal bilan ko'paytirilishi natijasida qayta tiklanadi. Natijaviy ChMp signaldan demodyator chiqishida axborot signali "1" va "0" lar ketma-ketligi hosil qilinadi va uni dekodlash natijasida axborot signali olinadi. Qabullash tomonidagi KTGni uzatish tomonidagi KTG bilan sinxron ishlashini ta'minlovchi sinxronlash signali umumiy qabul qilingan signaldan ajratib olinadi.

Tashuvchi chastotasi sakrab tasodifiysimon o'zgaruvchi aloqa kanali additiv = normal taqsimot qonuniga bo'ysunuvchi fluktuasion xalqatli bo'lgani sababli, qabullashda sintez qilinayotgan (tiklanayotgan) signal fazasi bilan kogerentligini ta'minlash qiyin, shuning uchun bu aloqa tizimida FMp dan emas ChMp signallardan foydalaniladi. Bunga yana bir sabab, signal chastotasi sakrab o'zgarib turgani va turli chastotali signalning aloqa kanalida tarqali sharoiti turlicha ekanligidir. Shuning uchun keng polosali chastota sintezlanadigan aloqa kanallarida odatda ChMp signalni nokogerent detektorlash usulidan foydalaniladi.

Tashuvchisi chastotasi sakrab o'zgaruvchi aloqa tizimlaridachastotani katta tezlik bilan o'zgartirish va asta-sekin o'zgartirish usullarini qo'llash mumkin. Tashuvchi chastotasi tez o'zgarishini amalga oshirilganda bir bit axborot signali  $u(t)$  davomida tashuvchi chastotasi ko'p marotabaga sakrab o'zgaradi (1.5a-rasm) va tashuvchi chastotasi asta-sekin o'zgarishiga asoslangan aloqa tizimida axborot signali  $u(t)$  bir necha bitga o'zgarishiga chastotaning bitta sakrab o'zgarishi to'g'ri keladi (1.5b-rasm). 1.5a-rasmdan ko'rinadiki bir bit axborot signali  $u(t)$  ga teng vaqt oralig'ida tashuvchi chastotasining to'rt marta o'zgarishi to'g'ri keladi. 1.5b-rasmda esa aksincha axborot signali  $u(t)$  kodlar kombinatsiyasi uzatilishi davomida chastota sakrab o'zarmaydi, faqat axborot signali  $u(t)$  kodlar kombinatsiyasi navbatdagisi bilan almashtirilgandagina sakrab o'zgaradi.



1.5-rasm. Tashuvchi chastotasi tarkibi tez va sekin o'zgarishiga oid diagramma

Tashuvchi chastotasini sakrab tez o'zgarishidan radioaloqa tizimiga maxsus shakllantirilgan foydali signalga salbiy ta'sir etuvchi signal ta'siri vaqtini kamaytirish va foydali signal tashuvchisi chastotasini aniqlash. ushbu chastotada maxsus shakllantirilgan interferensiya signali yaratish imkoniyatini keskin kamaytiradi. Ammo bu turdagi aloqa tizimlarida foydali signallarning ayrim elementlarining energiyasidan unga kogerent ishlov berish imkoniyati yomonlashgani uchun to'liq foydalanilmaydi.

Tashuvchisi sakrab o'zgaruvchi aloqa tizimlari uchun bir necha gigagers chastotalar polosasi ajratiladi. bu polosasi signal spektrini impulslar ketma-ketligi yordamida kengaytirishga qaraganda bir necha marta katta bo'ladi.

## 1.2. Axborot signallarini uni yopuvchi signal spektri ostida uzatish

Axborot signallarini bu usulda uzatish uchun uni yopuvchi signalning spektr foydali signal spektridan kengroq va o'rtacha quvvati nisbatan katta bo'lishi kerak. Yopuvchi signal sifatida radioeshittirish, televidenie signallaridan yoki maxsus shakllantirilgan signallardan foydalanish mumkin. bunday signalni qabul qilish uchun additiv xalaqit va fluktuasion shovqindan signalni ajratib olish masalasini yechish orqali amalga oshiriladi.

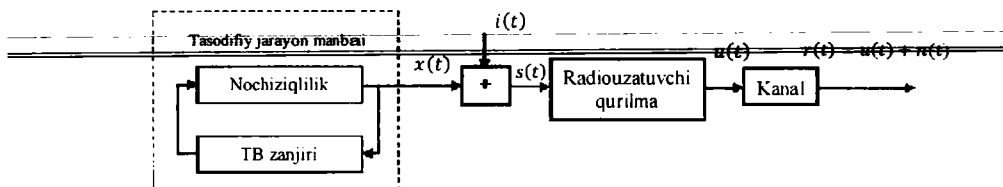
## 1.3. Axborot uzatishda shovqinsimon signallardan foydalanish

Axborotni keng spektrli shovqinsimon signallardan tashuvchi sifatida foydalanishda uchta asosiy ko'rsatkich amplituda, chastota va fazasi bilan ta'riflanadigan garmolik tebranish shaklidagi tashuvchi o'rniga tasodifiysimon o'zgaruvchi ko'p ko'rsatkichlarga ega bo'lgan tashuvchidan foydalaniladi. Bunday tasodifiysimon tashuvchi generatori chiqishidagi signal bir xil statistik ko'rsatkichlar (o'rtacha qiymat, dispersiya, korrelyatsiya funksiyasi)ga ega bo'lib, u turli boshlang'ich shartlarida turli bir-biriga umuman o'xshash bo'lmaydi, bir-biri bilan bog'lanmagan – korrelyatsiyasi nolga teng bo'lib, bu holat ulardan foydalanib ortogonal signallar ansamblini qurish imkoniyatini yaratadi.

Hozirda shovqinsimon signallardan foydalanib axborot uzatishning bir qator usullari ma'lum bo'lib, ular qatoriga quyidagilar kiradi:

- tasodifiy signal bilan yopish (maskirovka);
- ish holatlarini tasodifiy o'zgartirish;
- noxizizliq aralashtirish;
- to'g'ri va teskari (dual) noxizizliq o'zgartirish;
- Puankare kesimini oldinroq boshqarish;
- Tasodifiy tashuvchini chastota bo'yicha modulatsiyalash.

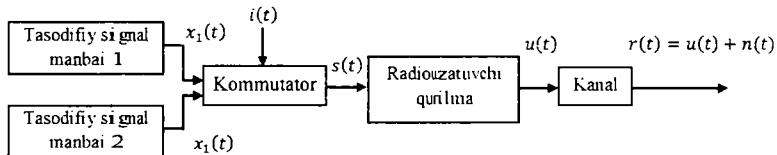
Tasodifiy signal bilan yopish (maskirovka)da axborot signali  $u(t)$  tasodifiy signalni generatsiyalash chiqishidagi signal  $x(t)$  ga qo'shiladi (1.6-rasm).



1.6-rasm. Tasodifiy signal bilan yopish (maskirovka) axborot uzatish tizimi

Natijaviy signal  $s(t) = x(t) + u(t)$  radiosignalga aylantiriladi va radiokanal orqali uzatiladi. Bu usul axborotni tasodifiysimon signal bilan yopish orqali uni uzatishni ma'lum darajada yashirinlashi uchun axborot signali  $u(t)$  quvvati yopuvchi signal  $x(t)$  quvvatiga nisbatan ancha kichik bo'lishi kerak. Bundan tashqari tasodifiysimon yopuvchi signal  $x(t)$  ning ko'rsatkichlari uni ma'lum vaqt davomida kuzatish natijasida aniqlanishi mumkin, shuning uchun bu usul axborotni yetarli darajada yashirin uzatishni ta'minlash imkoniyatini bermaydi.

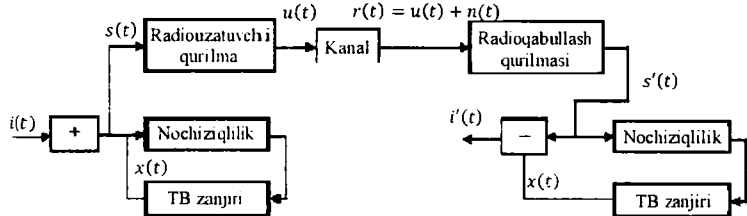
Tasodifiysimon signallardan foydalanib "1" va "0" ni uzatishda ular turli tasodifiysimon statistik ko'rsatkichlari bir-biriga o'xshash signallardan foydalaniladi (1.7-rasm). Tasodifiysimon signallarni almashtirib ("1" va "0" ga mos ravishda) axborot uzatish aloqa tizimi tasodifiysimon impulslar ketma-ketligidan foydalanib radiokanal orqali uzatiladigan spektr kengligini kattalashtirish usuliga qaraganda nisbatan yuqori yashirinlikni ta'minlashi bilan birga, texnik jihatdan nisbatan oson amalga oshirilishi mumkin. Bu usulning asosiy kamchiligi axborot signali  $u(t)$  qiymati o'zgarganda qabullash qurilmasi tarkibiga kiruvchi tasodifiysimon generatori uzatilgan  $x(t)$  tasodifiysimon signal bilan sinxron ish rejimiga kirishi kerak, bu esa ma'lum vaqt o'tishini talab qiladi. Shuning uchun bu aloqa turining axborot signalini uzatish tezligi nisbatan kichik va chastotalar spektridan foydalanish samaradorligi ham uncha katta emas. axborot signali spektrining aloqa kanali polosasi kengligiga nisbati kichik.



1.7-rasm. Tasodifiysimon signallarni almashtirib axborot uzatish tizimi

Nochiziqli aralashtirish usulida (1.8-rasm) axborot signali  $u(t)$  avtotebranish tizimida murakkab tasodifiysimon ishlash holatini shakllantirishda to'g'ridan-to'g'ri qatnashadi. Avtotebranish tizimida axborot signali avtogenerator shakllantirayotgan signal bilan nochiziqli bog'lanishda aralashtiriladi. Axborot signali  $u(t)$  avtotebranish tizimining teskari musbat aloqa zanjirida u shakllantirayotgan signal bilan nochiziqli ravishda aralashtiriladi. Qabullash qurilmasida tasodifiysimon generatori uzatish tomoni generatoriga mos generatorning teskari aloqa zanjirining uzib unga ayiruvchini qo'shish orqali amalga oshiriladi. Xulosa qilib aytganda qabullash tomonida axborot signali  $u(t)$  ni ajratib olish uchun umumlashtiruvchi nochiziqli filtdan uzatish tomonida nochiziqli o'zgartirishni amalga oshirish kabi amalga oshiriladi (1.8-rasm). Ushbu axborot uzatish tizimidan uzatish va qabullashda

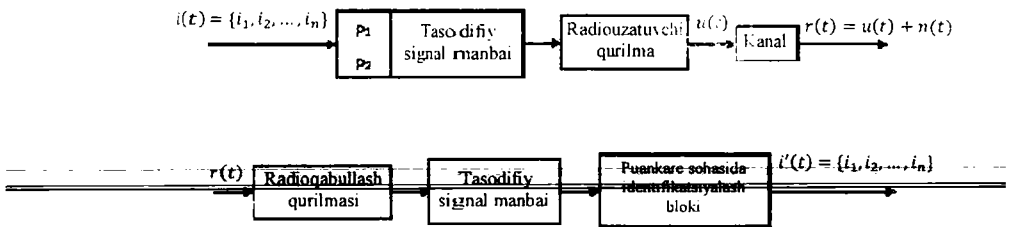
foydalaniladigan tasodifiysimon signal generatorlari bir-biriga to'liq o'xshash bo'lgan holda foydalanish mumkin.



1.8-rasm. Axborotni nochiziqli aralashtirish usulida uzatish tizimi

To'g'ri va teskari (dual) nochiziqli o'zgartirishga asoslangan tizimlarda uzatkich axborot signali  $u(t)$  kiritiladigan tasodifiysimon signal generatoridan iborat. Qabullash qurilmasida uzatkichda bajarilgan amallarning teskarisi bajariladi, teskari va to'g'ri nochiziqli o'zgartirishlardan foydalanishga asoslangan aloqa tizimlari tasodifiysimon signallarni "1" va "0" ga mos ravishda almashtirishga asoslangan aloqa tizimiga nisbatan yuqori tezlikda axborot uzatishni ta'minlaydi, to'g'ri va teskari nochiziqli almashtirishga asoslangan aloqa tizimida generatorlarning sinxron ishlash holati butun axborot uzatish davrida saqlanib qoladi, axborot signali  $u(t)$  bitlari "1" yoki "0" lar almashishida ham saqlanib qoladi. Dual nochiziqli o'zgartirishga asoslangan aloqa tizimlaridan analog va raqamli axborot signallarini uzatishda foydalanish mumkin.

Punkare kesimini oldindan boshqarishga asoslangan aloqa tizimida (1.9-rasm) axborot signalini kodlash va dekodlashda simvollarini tahlil qilishdan foydalaniladi.



1.9-rasm. Punkare kesimini oldindan boshqarishga asoslangan aloqa tizimi

Analog tasodifiysimon aloqa tizimida Punkare kesimini ikki va undan ortiq alohida qismlar taqqoslash asosida ajratiladi va ular axborotni kodlashi uchun ma'lum qiymatlar birlashtiriladi. Masalan, tasodifiy jarayon bir o'zgarishi

iziga shartli ravishda “1”, ikkinchisiga esa “0” birlashtiriladi. Tegishli boshqarish usulidan foydalanib uzatish tizimi fazasi traektoriyasi (oʻzgarishi izi) Puankare kesimlarining biri orqali yoʻnaltiriladi, buning natijasida uzatilayotgan axborot signali izi shakllantiriladi. Misol uchun, boshqarishni statistik avtotebranish tizimining maʼlum parametrlaridan birini uzatilayotgan axborot signali alfavitidagi simvollariga mos ravishda uncha katta boʻlgan darajada oshirish orqali amalga oshirish mumkin.

Qabullash tomonida uzatish tomonidagi tasodifiy tebranishlar tizimiga mos keluvchi tizim bilan qisman sinxronlashtiriladi. Sinxronlashgan qabullash qurilmasida axborot signali  $u(t)$  Puankarening tanlangan kesimlaridagi qiymatlari bilan solishtirish (taqqoslash) natijasida ajratib olinadi. Ushbu aloqa tizimida yashirinlikni taʼminlash uchun Puankare tanlangan kesimlariga albatta aloqasi boʻlishi shart boʻlmagan holatni baxolovchi, aks ettiruvchi funktsiya uzatiladi. Uzatkich Puankare kelgusi kesishishi oldindan bashorat qilish va tizimning tashqi qoʻzgʻatuvchi taʼsirlarga sezgirligidan foydalanib, sathi uncha katta boʻlmagan tasodifiysimonligi deyarli sokin (qoʻzgʻatilmagan) tizimlikiga mos keluvchi signal yordamida uzatish va qabullash tomonidagi tasodifiysimon signal manbalarini sinxron ishlash holatini taʼminlaydi.

Axborot uzatishning yana bir usuli chastotali fazaviy tizim yordamida sozlashga asoslangan. Bunday tizimlarda uzatiladigan axborot  $u(t)$  fazani nazorat qiluvchi past chastotali tasodifiysimon signal oʻtuvchi zanjirga kiritiladi. Fazani avtomatik sozlashga asoslangan aloqa tizimining afzalliklari quyidagilardan iborat: a) past chastotali tasodifiysimon tebranishlar signali spektri tizimda toʻgʻridan-toʻgʻri kengaytiriladi; b) bunday aloqa tizimini radiodiapazonda texnik amalga oshirishning nisbatan osonligi.

Shuni alohida taʼkidlash kerakki, tasodifiysimon signallardan foydalanib axborot uzatish hozirda asosan nazariy tomondan oʻrganilgan boʻlib, axborotni samarali uzatish aloqa tizimlari yaratilmagan. Ammo elektronika va raqamli integral mikrosxemotexnikaning jadallik bilan rivojlanishi yaqin yillarda uni axborot uzatish radiotexnik tizimlari safidan oʻz oʻrnini topishini taʼminlaydi.

#### **1.4. Yashirinlikni baholash**

Turli tarkibli signallarning energetik yashirinligi energetik yashirinlik signal borligini aniqlash ehtimolligi orqali baholanadi. Ammo bir qator adabiyotlarda aniqlash ehtimolligi oʻrganilayotgan tizim yashiriligining oddiy tizim signallarining yashiriligiga boʻlgan nisbat (aloqa oʻrnatish hududining signal borligini energetik qabullagich orqali aniqlash imkoniyati bor boʻlgan masofaga nisbati)  $S_E$  — orqali baholash tavsiya etilgan. Shuning uchun chiziqli funktsiya  $S_E$  dan aloqa tizimining energetik yashirinligi (yashiriligini)ni sifat va miqdor jihatdan baholashda foydalanish mumkin.

Garmonik tebranishlardan tashuvchi sifatida foydalaniladigan spektri kengaytirilgan aloqa tizimlarida energetik yashirinlik qarshi kurashayotgan tomon signal bor yoki yoʻqligi haqida avvaldan maʼlumotga ega emas va uni borligini aniqlash uchun chastotasi sakrab oʻzgaruvchi signal spektriga

moslashgan optimal qabullagich o'rniga polosasi qabullayotgan spektr bazasi  $B_s$  marta katta qabullash qurilmasidan foydalanish kerak bo'ladi (chastotasi sakrab o'zgaruvchi aloqa tizimlari uchun) yoki signalni optimal qabul qilish usuli asosida energetik imkoniyatini talab darajasigacha ko'tara olmaydi (impulslar ketma-ketligi yordamida spetkni to'g'ridan-to'g'ri kengaytirish aloqa tizimlarida).

Keng polosali signallardan foydalanilganda ularning energetik yashirinliklarini baholash uchun quyidagi ifodadan foydalanish mumkin:

$$S_E = \frac{K_1}{K_0} = [L/B]^{1/n}, \quad (1.4)$$

bunda,  $S_E$  – spektri kengaytirilgan tizim yashirinligi koeffitsientining oddiy aloqa tizimi yashirinlik koeffitsientiga nisbati;  $L$  – qo'shimcha yo'qotishlar koeffitsienti (to'g'ri loyihalananayotgan tizimlar uchun  $L \approx 2$  dB), bu qo'shimcha yo'qotishlar signal spektrini kengaytirish va chiqish jarayonida yuz beradi;  $B$  – signal bazasi;  $n$  – radioto'lqin tarqalishidagi so'nishlarni ko'rsatadi.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, keng polosali signallardan axborot uzatishda foydalanish uning yashirinligi uni bor yoki yo'qligini aniqlovchi (dushman) qabullagich axborotni qabul qilishi rejalashtirilgan radioqabullagichga nisbatan qancha uzoq joylashgan bo'lsa shuncha katta bo'ladi. Ammo dushman tomon signal bor yoki yo'qligini aniqlovchi qabullagich asosiy qabullagichga qaraganda radiouzatkichga qancha yaqin joylashgan bo'lsa, shu bilan birga dushman qabullagichining polosasi kengligi spektri kengaytirilgan signal spektriga mos kelsa, u holda energetik maxfylik kattalashmaydi, chunki nurlatilgan signalning hamma energiyasi qabul qilinishi mumkin.

Foydali signal spektrini yopish usulidan foydalanilganda energetik yashirinlik signal va xalaqitning spektri bir-birini yopadi – ustiga tushadi. Bunda xalaqit signali spektri qabullagich xususiy shovqini va maxsus yopuvchi signal spektridan tashkil topgan bo'ladi. Bunday signalni qabullash uchun qabullash qurilmasi tarkibida xalaqitlarni kompensatsiyalovchi (yo'q qiluvchi) aks signalni qayta tiklash talab etiladi. Ideal kompensatsiyalash natijasida, ya'ni kompensatsiyalash natijasidagi qoldiq signal qabullagich xususiy shovqini sathidan katta bo'lmagan holat uchun energetik yashirinlikni quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$S_E = \frac{K_1}{K_0} = [2/\gamma]^{1/n}, \quad (1.5)$$

bunda,  $\gamma$  – aloqa kanalidagi maxsus yopuvchi xalaqit quvvatining, shu kanalidagi **xususiy shovqin xalaqiti quvvatiga nisbati**.

Tasodifiysimon signallardan foydalanishga asoslangan radioaloqa tizimlarida energetik yashirinlikni aniqlashda faqat nochiziqli aralishtirishga asoslangan tizim ko'rib chiqiladi, chunki hozirda ushbu tizim nisbatan ko'proq o'rganilgan bo'lib, undan amaliyotda foydalanilmoqda.

Tasodifiysimon signallarning tarkibi shovqinsimon murakkab signallarning tarkibiga o'xshash, ammo dinamik bo'shliqqa ega bo'lgan

tasodifiysimon signal bazasi spektri kengaytirilgan signal bazasidan katta. Tasodifiy signallarning energetik yashirinligi keng polosali signallarning energetik spektrini aniqlashda foydalaniladigan (1.4) ifoda orqali aniqlanishi mumkin.

Shuni alohida ta'kidash lozimki, tasodifiysimon signal bazasi spektri kengaytirilgan signal bazasidan katta bo'lishiga qaramay, undan foydalanishga asoslangan aloqa tizimi energetik yashirinligi kichik bo'lib, uni kattalashtirish uchun qo'shimcha yo'qotishlarni e'tiborga oluvchi koeffitsient  $L$  ning qiymatini oshirish kerak. Qo'shimcha yo'qotishlar koeffitsienti  $L$  ning qiymatini oshirish hozircha tasodifiysimon signallarni optimal qabul qilishdagi ba'zi murakkabliklarni ijobiy hal etilishiga bog'liq.

### 1.5. Turli tarkibli signallarning yashirinlikni ta'minlash imkoniyatlari

Turli tarkibli signallarning yashirinlikni ta'minlovchi xususiyatlari uni o'ziga o'xshash tuzilishli signallardan vaqt-tarkibiy ko'rsatkichlari bo'yicha aniqlanishiga qarshilik qila olish qobiliyati orqali aniqlanadi. Odatda signalning bu xususiyatiga baho berish unga ekvivalent (mos keluvchi)  $M$  impuls ketma-ketligiga nisbatan baholanadi. Ko'p hollarda ko'rsatkichlari (parametrlari) bo'yicha farqlanuvchi  $A$  ta signallardan biri foydalanish uchun tanlanishi mumkin. Shuning uchun signallarning tarkibiy yashirinligiga baho berganda, ularning  $A$  ta amalda foydalanishi mumkin bo'lganlariga umumlashgan baho beriladi.

Spektri impuls ketma-ketligi yordamida to'g'ridan-to'g'ri kengaytirilgan signallar uchun bu foydalaniladigan signallar to'plami (majmuasi) makrosignalni shakllantirishda foydalaniladigan tasodifiysimon impuls ketma-ketligi to'plami (majmuasi) orqali aniqlanadi. Ushbu signallar yashirinligini baholashda teskari aloqa tizimi orqali surish registrini bir holatdan boshqasiga o'tkazishni ta'minlovchi  $M$ -ketma-ketlikka asoslangan va  $M$ -ketma-ketlik segment (bo'lak)lari asosida shakllantirilgan signallar alohida ko'rib chiqiladi.

Surish registrari orasidagi bog'liqlikni hisobga olgan holda  $M$ -ketma-ketlik shaklidagi signallar yashirinligi quyidagi ifoda orqali aniqlanishi mumkin:

$$S_M = \log(FT) + \log[\varphi(FT)/\log(FT)]. \quad (1.6)$$

bunda,  $\varphi(FT)$  – Eyler  $\gamma$ -funksiyasi.

$M$ -ketma-ketlik segmentlari yordamida shakllantirilgan signallar tarkibiy yashirinligi (bunda  $M$ -ketma-ketlik segmenti deb davomiyligi  $M$ -ketma-ketlik takrorlanish davridan kichik bo'lgan bo'lagi tushuniladi) quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$S_{SGM} = 3 \log(FT) + \log[4\varphi(2F^2T^2)/\log(2F^2T^2)]. \quad (1.7)$$

Shunday qilib, bazasi qiymati bir xil bo'lgan holat uchun segmentli signallar yashirinligi to'liq  $M$ -ketma-ketlik signali yashirinligidan kamida uch marta katta. Shuning uchun makrosignallar bazalari bir xil tanlangan holatlarda



to'liq  $M$ -ketma-ketlik signali o'rniga  $M$ -ketma-ketlik segment (bo'lak)laridan foydalanishga asoslangan signallar afzallikka ega bo'ladilar.

Ishchi chastotasi tasodifiysimon sakrab o'zgaruvchi signallar yashirinligi chastotalarni o'zgartiruvchi mikroimpulslar turli tartib bilan uzatilishi hisobiga amalga oshiriladi. Bunday signallar uchun tarkibiy yashirinlik quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$S_{di} = 0.693FT \log(FT). \quad (1.8)$$

Shunday qilib, tashuvchi ishchi chastotasi tasodifiysimon sakrab o'zgaruvchi signal tarkibiy yashirinligi oddiy ikkilik signallar tarkibiy yashirinligidan taxminan signal bazasi  $B_s$  marta yuqori bo'ladi. Bu signalni tanlashdagi imkoniyat darajasi unda foydalaniladigan ikki o'lchamli vaqt-chastota matrisasi bilan belgilanadi.

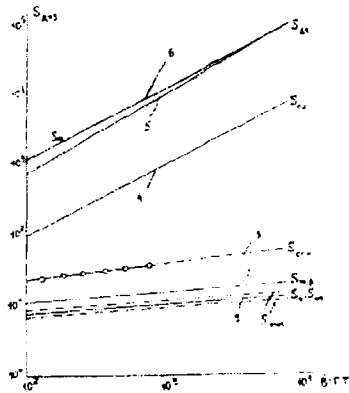
Yopuvchi spektrli signallardan foydalanilganda qabullash qurilmasida shovqin va yopuvchi signal kompensatsiyalangandan so'ng uning chiqishida faqat tor polosali axborot signali hosil bo'ladi. Bu aloqa tizimining yashirin ishlashligi xuddi ordinar (oddiy ikkilik) tizim yashirinligidek aniqlanadi. Shunday qilib, yopuvchi signallardan foydalanish tarkibiy yashirinlikni oshirmaydi.

Tartibsiz signallardan foydalanishga asoslangan aloqa tizimlarida bir-biridan farqlanadigan signallar alfaviti (jamlamasi) bo'laklari bir-birini ustiga tushmaydigan fazalar fazosini tashkil etadigan shovqinsimon jarayondan iborat. Bu tur aloqa tizimining yashirinligi dushman qabullash qurilmasi bir-biridan farqlaydigan shovqin bo'laklari soni bilan aniqlanadi va signallarning tarkibiy yashirinligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$S_0 = FT \left[ \log(2\pi e) + 2 \log \frac{\sigma}{\Delta} \right], \quad (1.9)$$

bunda,  $\sigma$  - tartibsiz signal dispersiyasi,  $\Delta$  - kvantlash oralig'i.

1.10-rasmda turli tarkibli signallarning tarkibiy yashirinligining ular bazasiga bog'liqligi logarifmik masshtabda keltirilgan.



1.10-rasm. Turli tarkibli signallarning tarkibiy yashirinligining ular bazasiga bog'liqligi

Bu rasmda 1-chiziq ortogonal yoki unga yaqin (kvaziortogonal) signallardan foydalanishga asoslangan aloqa tizimiga tegishli. Avval ta'kidlab o'tilganidek, bu turli signallarga tor polosali signallar va yopuvchi signal spektrida uzatiladigan signallar kiradi. Birinchi holatdagi yashirinlikdan biroz yaxshi yashirinlikni  $M$ -ketma-ketlikdan foydalanib shakllantirilgan signal ta'minlaydi (2-chiziq). Undan yuqoriroq yashirinlikni  $M$ -ketma-ketlik segmentlaridan foydalanib shakllantirilgan signaldan foydalanib erishish mumkin (3-chiziq). Bundan ham yuqoriroq signal bazasi kattalashgan sari oshib boradigan yashirinlikni tasodifiy ikkilik signallar ketma-ketligi ta'minlaydi (4-chiziq). 4-chiziq davomiyligi signal bazasiga teng bo'lgan ikkilik signal ketma-ketligidan foydalanishga asoslangan aloqa tizimi chegaraviy yashirinligiga to'g'ri keladi. 5- va 6-chiziqalar ishchi chastotasi psevdotasodifiy ketma-ketlikda sakrab o'zgaradigan axborot uzatish tizimlariga va shovqinsimon (betartib) signallar yashirinligiga mos keladi. Ushbu keltirilgan ikki tur aloqa tizimlarida foydalanilgan signallarning yashirinligi ularning bazasi  $B \approx 4520$  bo'lganda bir-biriga teng bo'ladi.

Ushbu bobda keltirilgan axborotlarni yashirin uzatishda foydalaniladigan usullardan boshqalari ham mavjud bo'lib, hozirgi vaqtda bu usullar boshqalariga nisbatan kengroq o'rganilgan va amaliyotda foydalanishga, ush jumladan simsiz aloqa tizimlarida kelajakda foydalanish uchun tavsiya etilgan. Tabiiyki, ushbu axborotlarni yashirin uzatish usullari bir-biriga nisbatan afzallik va kamchiliklari bo'lib, ulardan qaysi biridan foydalanish radioaloqa tizimi oldiga qo'yilgan texnik va iqtisodiy talablarga bog'liq.

### *Nazorat savollari*

1. *Xabarlarini yashirin uzatish signalning qanday ko'rsatkichlariga bog'liq?*
2. *Birlamchi signal spektrini kengaytirish uning yashirinigiga qanday ta'sir etadi?*
3. *Signal spektrini tasodifiysimon impulslar ketma-ketligidan foydalanib kengaytirish usuli haqida tushuntirib bering.*
4. *Signal spektrini sakratib tasodifiysimon o'zgartirishga asoslanib kengaytirish qanday amalga oshiriladi?*
5. *Signal spektrini tashuvchisi chastotasini kvazitasodifiysimon shaklda o'zgartirishga asoslangan aloqa tizimining uzatish va qabullash qismining strukturaviy sxemasini chizing va undagi qismlarning vazifalarini aytib bering.*
6. *Uzatilayotgan signal tashuvchisi chastotasi sakrab o'zgarishini vaqt diagrammasi yordamida tushuntiring.*
7. *Axborot uzatishda shovqinsimon signallardan qanday maqsadlarda foydalaniladi va u qanday afzalliklarga ega?*
8. *Axborotni tasodifiysimon signal bilan yopish orqali axborot uzatish tizimi haqida tushuncha bering.*
9. *Axborot signallariga tasodifiysimon signalni chiziqli va nochiziqli aralashtirish usuli bilan uni yashirish haqida tushuncha bering.*
10. *Axborot signali yashirinigini baholash usullari haqida tushuncha bering.*
11. *Energetik yashirinlik qanday baholanadi?*
12. *Turli tarkibli signallarning yashirinlik (maxfiy)ni ta'minlash imkoniyatlarini taqqoslang va ularga ushbu ko'rsatkich bo'yicha nisbiy baho bering.*

## 2. RAQAMLI RADIOALOQA TIZIMLARIDA SINXRONIZATSIYA

Raqamli radioaloqa tizimi ko'p hollarda radioaloqa tarmoqlari orqali axborot uzatishni amalga oshiradi. Oddiy holda raqamli radioaloqa tizimi yagona axborot manbaidan birgina iste'molchiga axborotlarni yetkazib beradi.

Umumiy holatda raqamli radioaloqa tizimlarida axborot almashtirish radiotizim axborot uzatish imkoniyatidan sinxron foydalanish asosida amalga oshiriladi. Sinxronizm so'zi grekcha so'z bo'lib, sin – birgalikda + chromos – vaqt tushunchalarini bildiradi va ikki yoki bir necha hodisa va jarayonlarning vaqt bo'yicha bir-biriga mos ravishda ro'y berishini anglatadi.

Radioaloqa tizimlarida radiokanalning chastotalar polosasi, quvvati va boshqalardan abonentlar sinxron ravishda foydalanadilar. Misol uchun radiotizimning uzatish qismidagi bir necha abonentlardan – axborot manbalaridan olingan signallarni zichlashni amalga oshiruvchi – multipleksorlar, qabullash tomonida ushbu zichlashgan signaldan har bir abonentga tegishli axborotlarni ajratib beruvchi, radiokanal uzatish qismidagi koder va modulyator, qabullash qismidagi turli xalaqitlar va buzilishlar ta'sir etgan signal  $x(t) = s(t) + w(t)$  ni demodulyatsiyalash va dekodlash jarayonlari sinxron ravishda amalga oshiriladi. Radiotexnik tizimning sinxronizatsiyalash tizim osti qismining ish sifati – radiotizim orqali axborot uzatish sifatini belgilaydi.

Axborot uzatishning turli bosqichlarida: kodlash, modulyatsiyalangan signalni uzatish, qabullash tomonida demodulyatsiyalash va dekodlash qurilmalarida sinxronlashni ta'minlash, axborot ayirboshlashni tashkil etish va uni axborot oluvchiga yetkazish masalalarini yechish turli algoritmlar asosida amalga oshiriladi.

### 2.1. Radiotizimlarda signallarni sinxronlash. Sinxronlash tizim osti qismining vazifalari, turlari va ish holatlari

Raqamli RTTlarning axborot uzatish va qabullash qurilmalarida uning alohida funksional qismlari: multipleksorlar, kodeklar, kommutatorlar, modemlar va boshqalarni sinxron holatda ishlashini ta'minlash uchun maxsus boshqaruvchi yordamchi signallardan – sinxronlash signallaridan foydalaniladi. Ushbu boshqaruvchi – sinxronlovchi signallarning ko'rsatkichlari (davri, fazasi va chastotasi) axborot tashuvchi signallarning tegishli ko'rsatkichlari bilan funksional bog'liq bo'lishi kerak.

Misol uchun radiotizim orqali uzatilayotgan guruh signallarining chastotasi, fazasi, kadrlari, so'zlari va simvollarini boshlanish vaqtiga mos keluvchi impulslar ketma-ketligi ko'rinishida bo'lishi mumkin. Boshqaruv – sinxronlash signallari axborot simvollarini (so'zlar, kadrlar va h.k.) paydo bo'lgan onlarda: kommutatsiyalash sxemalarini, jarayonlarini, signallarga ishlov beruvchi qurilmalarni ulaydi, natijada bir necha signallarni guruhlarga birlashtirish, guruh signallarini ajratish, kodlash va dekodlash amallari bajariladi va boshqalar.

Ko'p holarda qabullash qurilmasi kirishida qabul qilinayotgan axborot signallarining paydo bo'lish vaqti avvaldan ma'lum bo'lmaydi, ular tasodifiy hisoblanadi. Axborot signallarining boshqa ko'rsatkichlari: tashuvchisi chastotasi va takt chastotasi Dopler effekti va signallarni shakllantirishda foydalaniladigan tayanch generatorlarining chastotalari doimiyliigi darajasi yetarli ma'lum bir oraliqda tasodifiy ko'rinishda o'zgarib turishi sababli axborot tashuvchi signallarning ko'rsatkichlari to'liq aniq emas. Bu hollarda axborot signallari va boshqaruv signallari orasidagi talab etiladigan funksional bog'liqlik, odatda qabul qilinayotgan signallarga maxsus ishlov berish natijasida o'rnatiladi. Bu mutanosiblikni o'rnatish – sinxron ravishda ishlashni ta'minlash RTTning maxsus tizim osti sinxronlash qurilmasi orqali amalga oshiriladi.

Har qanday raqamli axborot uzatish RTTlarida bir necha sinxronlash bosqichlari mavjud. Bunday bosqichlarni shartli ravishda uchga ajratish mumkin:

1. Birinchi bosqichdagi sinxronlash, RTTning alohida abonentlari orasida axborot ayirboshlashni tashkil etish bo'lib, bunda har bir abonentga radiotizim resursi (kanali, chastotasi, quvvati va boshqalar) ma'lum bir vaqt oralig'iga birlashtiriladi;

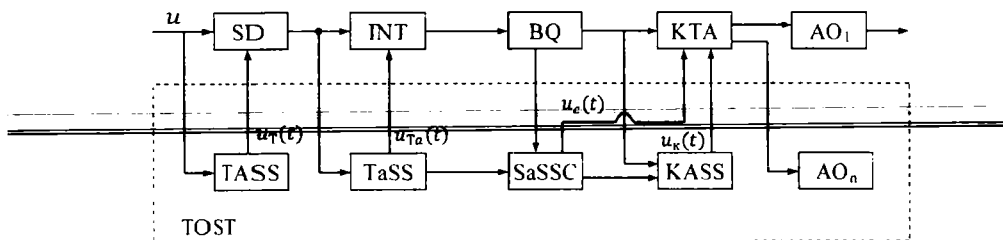
2. Radiotizimning signallarni uzatish va qabullash qismlari (bosqichlari) orasidagi o'zaro sinxronlikni ta'minlash;

3. Radiotizimning to'liq sinxron ishlashini ta'minlovchi tizim osti bosqichi.

Ushbu bobda asosan radiotizimning ikkinchi bosqichiga, radioqabullash qurilmalarining demodulyatorlari, dekoderlari, demultipleksorlari, selektor (tanlovchi)lari va boshqa qismlarini qabul qilinayotgan signal asosida sinxron ish holatini ta'minlash masalalari ko'rib chiqiladi.

RTT bajaradigan vaifa va uning xarakteristikalariga bog'liq ravishda u orqali uzatiladigan signal tarkibi va signalga ta'sir etuvchi xalaqitlarni e'tiborga olgan holda uning tizim osti sinxronizatsiyalash qismi tanlanadi.

Vaqt bo'yicha zichlashgan va ajratiladigan axborot uzatish raqamli RTTning amalda ko'p foydalaniladigan sinxronlash qismining umumiy tuzilishini ko'rib chiqamiz. RTT qabullash qismining axborot kanali va sinxronlash qismlarining funksional sxemasi 2.1-rasmda keltirilgan.



2.1-rasm. RTT qabullash qismining axborot kanali va sinxronlash qismlarining funksional sxemasi

Tashuvchi asosida sinxronlash sxemasi (TASS) chiqishida qabul qilinayotgan signal tashuvchisi chastotasi (oralik chastotasi) va fazasiga mos keluvchi  $u_T(t)$  signalni shakllantiradi. Ushbu sxema chiqishidagi  $u_T(t)$  signal demodulyatorning sinxron detektori (SD) uchun tayanch signali sifatida foydalaniladi.

Takt asosida sinxronlash sxemasi (TaSS) chiqishida chastotasi va fazasi qabul qilinayotgan kod kombinatsiyalari elementar impulslarining tugallanish vaqti (orqa fronti)ga mos keluvchi impulslar ketma-ketligi  $u_{Ta}(t)$  signalni shakllantiradi.

Soʻz asosida sinxronlash sxemasi (SaSS) chiqishida chastotasi va vaqt boʻyicha davomiyligi soʻzlar tugallanish vaqtiga mos keluvchi impulslar ketma-ketligi  $u_s(t)$  signalni shakllantiradi.

Kodlar asosida sinxronlash sxemasi (KASS) chastotasi va fazasi kodlar boshlanish vaqtiga mos keluvchi impulslar ketma-ketligini shakllantiradi. Soʻz va kadr asosida sinxronlash impulslari qabul qilinayotgan kirish signallari  $u_k(t)$  ni vaqt boʻyicha tanlov-ajratish qurilmasini boshqarib, axborotlarni tegishli axborot oluvchilarga ( $AO_n$ ) taqsimlashdan iborat.

Takt asosida sinxronlashdan kanallari vaqt boʻyicha ajratish (KVA)dan foydalanishga asoslangan, masalan sunʼiy yoʻldoshli aloqa (SYA) va sotali aloqa tizimlari (SAT)da radiouzatish qurilmalari maʼlum bir vaqt oraligʻida maʼlum bir kanal signalini shakllantirib uzatadi. Bu SYA va SATlarda sinxronlash holatini taʼminlash uchun retranslyator va harakatdagi abonent orasidagi masofani aniqlash va uning asosida nurlantirilayotgan (tarqatilayotgan) signalga hamma abonentlar uchun yagona boʻlgan vaqt shkalasiga nisbatan kechiktirish kiritiladi. Shunday qilib, tizim hamma abonent terminalarini yagona aniq vaqt tizimiga bogʻlash – soʻz asosida sinxronlash talab qilinadi.

Sinxronizatsiyalashda ikki ish holati mavjud:

- 1) sinxron ish holatiga kirish;
- 2) kuzatuv ish holati.

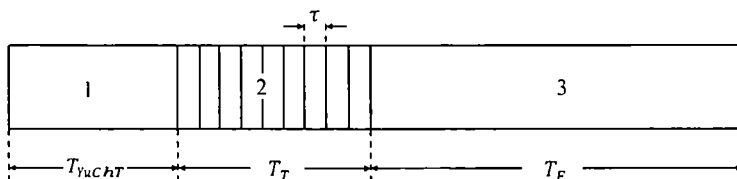
Sinxron ish holatiga kirish signalni qidirish va uni topishdan hamda uning nomaʼlum koʻrsatkichlarini katta xatolik bilan oʻlchashdan iborat. Masalan, signalni paydo boʻlish vaqti, chastotasi va fazasini aniqlash. Bu ish holati signalning nomaʼlum koʻrsatkichlarini kuzatish va uning aniq qiymatiga asta-sekin tenglashish – “egallab olish” amalga oshiriladi. Bunda kam aniqlik bilan oʻlchashdagi xatolik sxemaning “egallab olish polosasi” qiymatidan katta boʻlmamligi kerak.

Kuzatish ish holatida qabul qilinayotgan signalni nomaʼlum koʻrsatkichlarini yuqori aniqlik bilan (kam xatolik) bilan oʻlchash va uni qabullash jarayonida signal koʻrsatkichlarining oʻzgarishlari kuzatib boriladi. Bunda signal koʻrsatkichlarini oʻlchash deganda signalga ishlov berish natijasida sinxronlash sxemasi chiqishida sinxronlash qismi kirishidagi signal koʻrsatkichlarining talab darajasidan katta boʻlmagan miqdorda farqlanuvchi tayanch signali shakllantiriladi.

Sinxron ish holatiga kirish va signal parametrlarining o'zgarishini kuzatishda qabul qilinayotgan signalga ishlov berish algoritmi bir-biridan katta farq qilishi va sinxronlash qismi tarkibiga kiruvchi turli sxemalar yordamida amalga oshiriladi. Ba'zan sinxron ish holatiga o'tishni – uni amalga ishirish jarayoniga mos ravishda “qidirish (izlanish)” ish holati deb ham ataladi.

Signalni qidirishning uchta asosiy turlari mavjud: “parallel” qidirish (izlash); “ketma-ket” qidirish; “parallel” va “ketma-ket” kombinatsiyali qidirish. Sinxron ish holatiga kirish ikki usulda amalga oshiriladi: 1) axborot uzatish sxemasi boshlanishidan avval radiokanal orqali maxus sinxrosignal asosida; 2) axborot signali asosida.

Birinchi usuldan yuqori aniqlik bilan axborot uzatish tizimlarida, axborotni nisbatan qisqa seanslar bilan uzatish, misol uchun sun'iy yo'ldosh orqali aloqa tizimlarida foydalaniladi. Fazasi modulyatsiyalangan signallar yordamida axborot uzatish raqamli radiotizimidagi sinxronlash signali tarkibi 2.2-rasmda keltirilgan. Yuqori chastotali davomiyligi  $T_T$  bo'lgan tashuvchi, tashuvchi signal asosida sinxron ish holatiga kiritish sxemasida foydalaniladi. Tashuvchi asosida sinxronlash sxemasi yordamida ajratib olingan tayanch signali davomiyligi  $\tau$  ga teng bo'lgan axborot tashuvchi impulslar bilan modulyatsiyalangan tashuvchi signal bo'laklaridan iborat bo'lgan davomiyligi  $T_T$  bo'lgan signalni TaSSda demodulyatsiyalashni amalga oshirishda tayanch signali vazifasini bajaradi. SD chiqishidagi davriy (meandr) ko'rinishdagi signal takt sinxronizatsiyalash sxemasi (TSS) ni sinxron ish rejimiga kiritishda foydalaniladi. Buning natijasida axborot adiolkanali ish holatiga o'tkazuvchi davomiyligi  $T_F$  bo'lgan fazani kiritish signali ajratib olinadi. Fazani kiritish signali sifatida davomiyligi va elementar simvollarini soni bo'yicha axborot tashuvchi kodlar kombinatsiyasiga mos keluvchi, ammo axborot tashish uchun foydalanilmaydigan kodlar kombinatsiyasidan foydalanish mumkin.



2.2-rasm. Sinxronizatsiyalash signali tarkibi

### ~~Sinxron ish holatiga kirishning ikkinchi usuli axborot uzatish tomonida~~

axborot signali tarkibiga kiritilayotgan davriy takrorlanuvchi sinxronlash signalini ajratib olishga asoslangan. Bu usuldan foydalanilganda tabiiyki qabullash tomonida sinxronlash signalini ajratib olish va uni shakllantirish, sinxron ish holatiga kirish vaqti davrida bir qism uzatilgan axborot yo'qotiladi (qabul qilinmaydi). Bunday usuldan katta hajmdagi ortiqchaligi ko'p bo'lgan axborotlarni uzatish tizimlarida foydalaniladi. Bunda sinxron ish holatiga o'tishga sarflangan vaqt radiotizim ish sifliga deyarli ta'sir etmaydi. Masalan,

ushbu usuldan foydalaniladigan teleko'rsatuv tizimlarida teletomoshabin sinxron ish holatiga kirishni sezmaydi.

Kuzatuv ish holatida har ikki usuldan foydalaniladi. So'z va kadr bo'yicha sinxronlashda maxsus axborot tashuvchi so'z va kadr impulslari ohirlariga qo'shiluvchi maxsus sinxronlash signallaridan foydalaniladi.

Ko'pgina RTTlarda tegishli sxemalar yordamida axborot signaliga ishlov berish natijasida tashuvchi va takt bo'yicha kuzatuv rejimida sinxron ish holatini ta'minlashdan foydalaniladi.

Ba'zi radiotexnik tizimlarda foydali signalni topish va uni kuzatib borishda RTTning alohida kanali orqali doimiy ravishda uzatib turiladigan – "pilot signal" deb nomlanuvchi signallardan foydalaniladi. Asosiy (uzatuvchi) stansiyada chastotasi yuqori doimiylikka ega generatorlar orqali shakllantirilgan pilot signal tizimdagi boshqa hamma qurilmalarning modellarini sinxron ishlash holatini ta'minlaydi. Bunday usuldan foydalanish foydali signalni chastotasini izlash vaqtini qisqartiradi va qabullash qurilmasining chastotalar polosasini toraytirishni va yana bir qator afzalliklarga erishishni ta'minlaydi.

## 2.2. Sinxronizatsiyalash sxemalarining optimal ishlash algoritmlari

RTTlarda sinxronlash qismining asosiy vazifasi bu uzatilayotgan foydali signalning chastotasi  $\omega_s$ , fazasi  $\varphi_s$  va signalning boshlanish vaqti  $\tau_s$  ni aniqlashdan, ya'ni signal  $s(t, \omega_s, \varphi_s, \tau_s)$  ning noma'lum ko'rsatkichlarini unga ishlov berish natijasida aniqlanadi.

Odatda har qanday radiokanalda xalaqitlar mavjudligi uchun signal va xalaqitning additiv yig'indisi bo'lgan

$$x(t) = s(t, \omega_s, \varphi_s, \tau_s) + w(t) \quad (2.1)$$

signalga qabullash qurilmasida ishlov berib, uning chiqishida  $\omega_s^*$ ,  $\varphi_s^*$  va  $\tau_s^*$  tayanch signallari shakllantiriladi. Bu shakllantirilgan tayanch signallari uzatish tomonidagilaridan farqlanish darajasi radiokanalda xalaqitlar sathi va buzilishlar kattaligiga bog'liq bo'ladi, ularning har biri asl – birlamchi qiymatiga nisbatan  $\Delta\omega_s = \omega_s^* - \omega_s$ ,  $\Delta\varphi_s = \varphi_s^* - \varphi_s$  va  $\Delta\tau_s = \tau_s^* - \tau_s$  larga farqlanadi. Signallarni qabullash va ularga ishlov berishning juda ko'p usullari bo'lib ulardan birigina  $\Delta\omega_s$ ,  $\Delta\varphi_s$  va  $\Delta\tau_s$  lar qiymatlarining eng kichik – minimal qiymatga ega bo'lishini ta'minlaydi. Ushbu algoritm eng maqbul – optimal algoritm deb ataladi. Optimal algoritm sinxronlash tizimida qabullanayotgan signalga ishlov berishni sintez qilishni, ya'ni uni amalga oshirish bilan bog'liq bo'lgan matematik formulalar ketma-ket amalga oshirish orqali erishiladi. Bunda uni amalga oshirishda foydalaniladigan elementlarning haqiqiy qiymatlari e'tiborga olinmaydi. Ba'zi hollarda matematik formuladagi amallarni bajaruvchi elementlar bazasi ham mavjud bo'lmasiligi mumkin. Bunday hollarda ideallashtgan algoritmlar – unga talab darajasida yaqin bo'lgan qiymatlarni ta'minlovchi – kvazioptimal algoritmlardan foydalaniladi.

Optimal yoki kvazioptimal algoritmlar asosida aniqlangan  $\omega_s^*$ ,  $\varphi_s^*$  va  $\tau_s^*$  larning qiymatlari ulardan foydalanishda yuz beradigan yo'qotishlar minimal bo'lishini ta'minlaydi.  $\omega_s^*$ ,  $\varphi_s^*$  va  $\tau_s^*$  lar chastota, faza va signal boshlanish



vaqtining qabul qilish natijasida erishilgan qiymatlari – baholari vazifasini bajaradilar. Agar ushbu kattaliklarni umumlashtirib  $\lambda_s^*$  bilan belgilasak, u holda uning qiymatini aposterior ehtimollik maksimal qiymati asosida  $P(\lambda/x)$ , ya'ni uning hamma qiymatlari orasidan aposterior ehtimolligi eng katta bo'lgan qiymati  $\lambda_s^*$  tanlanadi.

$$\lambda_s^* = \max_{\lambda} P(\lambda/x) = \max_{\lambda} \ln P(\lambda/x). \quad (2.2)$$

Sinxronish holatiga kirishda foydalaniladigan kuzatuvsiz yainxronlash sxemasini sintezlashda vaqtning tasodifiy funksiyasi bo'lgan  $\tau_s(t)$  va  $\varphi_s(t)$  kattaliklarni o'lchashda ularning qiymatlarini diskretlash usulidan foydalanish mumkin. Ammo  $0 \dots T_u$  vaqt oralig'ida mavjud bo'lgan  $x(t)$  ga ishlov berish vaqti  $\tau_s(t)$  va  $\varphi_s(t)$  lar korrelyatsiya oralig'idan kichik bo'lsa, u holda  $\tau_s(t)$  va  $\varphi_s(t)$  lar qiymatlarini ushbu oraliqda tasodifiy va o'zgarmas deb qabul qilish mumkin. Misol uchun signal paydo bo'lish vaqti  $0 \leq \tau_s \leq T_u$  ni  $N$  ta davomiyligi  $\tau_u$  qismlarga bo'linadi, bunda  $\tau_u$  – sinxronlash signali korrelyatsiya oralig'iga teng qilib olinadi.

Sinxronlash signali sifatida shovqinsimon signal (ShSS) lardan foydalanilganda  $\tau_u$  ShSS elementar signali davomiyligi  $\tau_0$  ga teng bo'ladi, ya'ni  $\tau_u = \tau_0$ . Sinxronlash signali sifatida davomiyligi  $\tau$  ga teng bo'lgan to'rtburchaksimon impulslardan foydalanilganda  $\tau_u = \tau$  bo'ladi.

Diskretlashni radiotizim orqali bir-biriga nisbatan  $\tau_u$  vaqtga siljiltirilgan  $N$  ta ortogonal signal uzatilmoqda deb hisoblash mumkin, ya'ni  $\tau_d = g\tau_u$  ( $g = 1, 2, \dots, N$ ).  $0 \dots T_u$  vaqt oralig'ida kirish signali kuzatilganda  $N$  ta ortogonal signaldan bittasi paydo bo'ladi va signal paydo bo'lish vaqtini o'lchash (aniqlash)  $N$  ta ortogonal signaldan davomiyligi  $T$  ga teng bo'lgan bittasini farqlash masalasini yechish talab qilib keladi, bunday algoritmnı amalga oshirishda  $N$  kanalli bir xil quvvat va aprior ehtimollikka ega signallar uchun har biri  $\ln P(\lambda/x)$  aposterior ehtimollikni baholovchi va tegishli yechim

$$\ln P(\lambda_d = i/x) = k \int_0^T x(t, \tau_i) s(t, \tau_j) dt \quad (2.3)$$

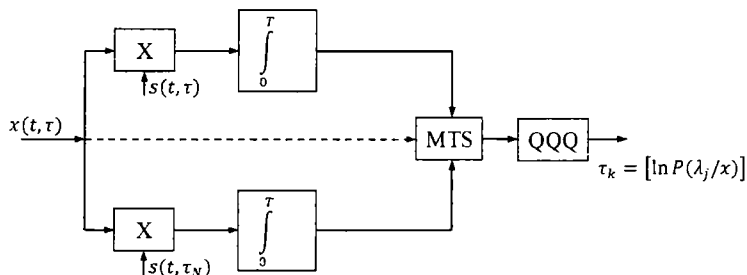
ga keluvchi qurilma funksional sxemasi 2.3-rasmda keltirilgan. (2.3) ifodada  $i, j = 1, 2, \dots, N$ ;  $k$  – proporsionallik koeffitsienti ko'rsatkichi  $\tau_j$  bo'lgan  $s(t, \tau_j)$  signal qabul qilinganligi haqidagi yechimni, kanallar chiqishining qaysi birida aposterior ehtimollik maksimal qiymatga ega ekanligini taqqoslovchi sxema (MTS) quyidagi algoritm asosida amalga oshiradi:

~~$$\int_0^T x(t, \tau_i) s(t, \tau_j) dt > \int_0^T x(t, \tau_j) s(t, \tau_j) dt, \quad (2.4)$$~~

bunda,  $i$  va  $j$  lar  $\gamma$  ning qiymatlaridan biriga teng bo'ladi.

2.3-rasmdagi qaror qabullovchi qurilma (QQQ) kirish signali noma'lum ko'rsatkichini o'lchovchi qurilma tarkibiga kirmaydi. U sinxronlash signali bor yoki yo'qligini, ya'ni MTS chiqishidagi signal tarkibida sinxronlash signali bor yoki uning chiqishidagi signal faqat shovqindan iborat ekanligini aniqlaydi. Ko'rsatkichlari o'lchanayotgan uzluksiz signalni uning  $N$  ta diskret qiymatlari

orqali almashtirish natijasida olingan bahosi  $\lambda^*$  uning optimal qiymati hisoblanmaydi.  $\lambda^*$  ning baholash orqali aniqlangan qiymatiga kirish signali tarkibidagi xalaqitlar va diskretlash natijasida hosil bo'ladigan xatoliklar qo'shilib uning qiymatiga fluktuasion xalaqitlarni qo'shilishiga sabab bo'ladi. Bunda uzluksiz signal diskretlash natijasida aniqlangan qiymatning uning haqiqiy qiymatiga teng bo'lishi ehtimolligi nolga teng. Ammo diskretlash natijasida olinadigan  $N$  ta oniy qiymatlar soni oshgan sari uning o'lchash natijasida olingan bahosi  $\lambda'$  o'zining optimal qiymatiga yaqinlashadi. 2.3-rasmda keltirilgan parallel izlash qurilmasida sinxronlash signalini aniqlash bilan birga uning paydo bo'lish vaqti ham aniqlanadi.

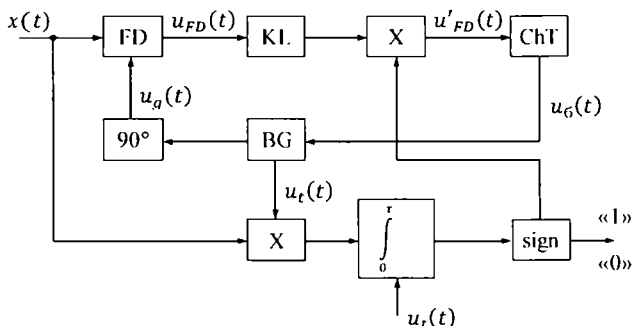


2.3-rasm. Parallel izlash algoritmini amalga oshiruvchi qurilmaning funksional sxemasi

Uzluksiz signalni diskretlash natijasida olinadigan qiymatlari soni  $N$  katta bo'lsa ko'p kanalli signalni parallel izlash usulini qo'llash murakkablashadi. shuning uchun  $N$  katta bo'lgan holatlarda ketma-ket izlash usulidan foydalaniladi. Bunda  $\lambda_d$  ning asposterior ehtimolliklarni hisoblash bitta o'lchash kanali yordamida vaqt bo'yicha ketma-ket amalga oshiriladi va 2.3-rasmdagi qurilmaning bitta kanalidan foydalaniladi. Qurilmada davomiyligi  $T$  ga teng bo'lgan  $N$  ta sikldan foydalaniladi. Bir sikldan ikkinchi siklga o'tganda  $s(t, \tau_j)$  tayanch signali  $s(t, \tau_{j+1})$  signali bilan almashtiriladi. Bu  $s(t, \tau_{j+1})$  signali avvalgisidan  $\tau_u$  ga surilgan bo'ladi. Siklik hisoblashlar natijasida aniqlangan aposterior ehtimolliklar QQQ bo'sag'aviy qiymati bilan taqqoslanadi. QQQ kirishidagi signal uning bo'sag'aviy qiymatidan katta bo'lsa izlash ish holati to'xtatiladi va  $\tau_j$  ning tegishli qiymati o'rnatiladi. Yuqorida keltirilgan algoritim asosida sinxronlash signalini izlash 2.3-rasmdagiga nisbatan sodda bo'lib. sinxron ish holatiga o'tish uchun ko'p vaqt talab qilmaydi.

Davomiyligi  $T$  bo'lgan sinxronizatsiyalash signalining topilganligi xatoligi ehtimolligi  $P_{tx} \ll 1$  va signal bor bo'lgan holatda uni topolmaslik ehtimolligi  $P_{st} \ll 1$  lar kichik bo'lgan holat uchun real RTTlarda parallel izlash uchun sarflangan vaqt  $T_p \approx T$  ga va ketma-ket izlash vaqti esa  $T_{kk} \approx 0,5NT$  ga teng.

Amalda uncha katta bo'lmagan farqlanishlar bilan kuzatish orqali sinxronlash algoritmini 2.4-rasmda keltirilgan fazaviy avtomatik tenglashtirish (FAT) usulida ham bajarish mumkin.



2.4-rasm. FAT usuli asosida kuzatish sxemasi

Bu usuldan foydalanilganda boshqaruvchi generator (BG) chiqish signalini kirish signali  $x(t)$  bilan solishtirish – diskriminator faza detektor (FD) dan foydalaniladi. Misol uchun tashuvchi asosida sinxronlashda chastotasi  $\omega_s$  va amplitudasi  $A_s$  bo'lgan garmonik tebranish shaklidagi tashuvchini  $u_s(t) = A_s \cos(\omega_s t + \varphi_i)$  bo'lgan FM signal FAT qurilmasi kirishiga beriladi. Bunda FM signalning fazasi  $\varphi_i$  uzatilayotgan axborot signaliga bog'liq ravishda  $\varphi_1 = 0^\circ$  yoki  $\varphi_2 = 180^\circ$  ga teng bo'lgan qiymatlardan biriga teng bo'ladi. Bunda boqaruvchi generator chiqishidagi signal  $u_g(t) = A_g \sin(\omega_g t + \varphi_g)$  garmonik tebranish bo'lib, amplitudasi  $A_g$  ga, chastotasi  $\omega_g$  ga va fazasi  $\varphi_g$  ga teng qilib tanlanadi. Xalaqitlar bo'lmagan va sinxronlash qurilmasi ideal ishlagan holda BG chiqishidagi signal  $u_t(t) = A_b \cos \omega_s t$  ko'rinishida bo'lishi kerak. Takt asosida sinxronizatsiyalashda tayanch signali kirish axborot signali impulslari ko'rsatkichlariga mos keluvchi impulslar ketma-ketligidan iborat bo'ladi. FD chiqishidagi shakllantirilgan signal  $u_{FD}(t)$  qiymati va qutblanganligi (+ yoki - ligi) chastotalar farqi  $\Delta\omega = \omega_s - \omega_g$  va fazalar farqi  $\Delta\varphi = \Delta\omega t + \varphi_i + \varphi_g$  ga bog'liq ravishda aniqlanadi. Chiziqli tizim (ChT) chiqishida shakllangan boshqaruvchi kuchlanish  $u_b(t)$  ta'sirida BG chastotasi FD chiqish signali qiymati nolga tenglashguncha yoki qandaydir o'zgarmas kattalikka tenglashguncha davom etadi. Tashuvchi asosida sinxronlashda  $u_{FD}(t)$  signal qutblanishi (+ yoki -) kirishdagi FM axborot signali fazasi  $\varphi_i$  ga mos ravishda o'zgaradi. Ko'paytiruvchi qurilma (X) kirishiga berilgan  $u_{FD}(t)$  signalning fazasi uning chiqishida hosil bo'lmaydi. Ko'paytiruvchi qurilmaning ikkinchi kirishiga kechiktirish vaqti axborot signali davomiyligi  $\tau$  ga teng bo'lib, u axborot kanalidagi integratordan signal o'tishini kechikishni e'tiborga oladi.  $\text{sign}(x)$  qurilmasi chiqishidagi axborot signali ko'paytiruvchi qurilmaning

ikkinchi kirishiga taʼsir qiladi  $\text{sign}(x)$  qurilmasi amalda boʻsagʻaviy kuchlanishi nolga teng boʻlgan QQQ vazitasini bajaradi.

Faza manipulyatsiyasini yoʻqotishning bunday usuli kirish signali  $u_i(t)$  impulslarini axborot kanali integratorini stroblash asosida takt boʻyicha sinxronlashni amalga oshirishda qoʻllaniladi. Agar foydali kirish axborot signali modulyatsiyalangan garmonik tebranishlar shaklida boʻlsa, u holda bu qurilmadagi koʻpaytirgich (X) va kechiktirish liniyasi (KL) kerak boʻlmaydi. Yuqorida koʻrib chiqilgan FAT asosida sinxronlash usuli yuqori aniqlik bilan ishlash holatida chiziqli tizim deb tahlil etilishi mumkin. Bu ish holati uchun  $u_{FD}(t) \cong K_d \Delta\varphi$  boʻladi, bunda  $K_d$  faza detektori - diskriminator uzatish koeffitsienti.

2.4-rasmda keltirilgan FATning oʻziga xos xususiyatlaridan biri uning ikkita barqaror ish holatiga egaligi hisoblanadi. Buni quyidagicha tushuntirish mumkin. Agar FD kirishida shovqin signali boʻlmasa koʻpaytirish qurilmasi (X) va past chastotalar filtri (PChF) dan tashkil topgan FD chiqishidagi kuchlanish quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$u_{FD}(t) = 0,5A_d A_s \sin(\Delta\varphi + \varphi_i), \quad (2.5)$$

bunda,  $\Delta\varphi(t) = \varphi_r - \varphi_s(t)$  va  $\varphi_s(t) = (\omega_s - \omega_r)t$ .

FAT qurilmasi BGi boshqariladigan generatori chiqishidagi kuchlanish fazasining shovqin taʼsirida tasodifiy ravishda  $\varphi_d = 180^\circ$  ga sakrab oʻzgarishini eʼtiborga olib, umumiy holda FD chiqishidagi signalni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$u_{FD}(t) = 0,5A_d A_s \sin(\Delta\varphi - \varphi_i + \varphi_d). \quad (2.6)$$

FAT qurilmasi yuqori aniqlik bilan ishlagan holat uchun QQQ chiqishidagi  $\text{sign}(x)$  signal qutblari (+ yoki -)  $u_F = \cos(\varphi_d - \varphi_i)$  qutblari (+ yoki -) ga mos keladi.

Foydali xabar bilan modulyatsiyalangan FM signalning modulyatsiyasini yoʻqotuvchi koʻpaytirgich (X) chiqishidagi  $u'_{FD}(t) = 0,5A_d A_s \sin \Delta\varphi$  kuchlanishi boshqariladigan generator (BG) fazasi siljishi  $\varphi_d$  ga bogʻliq emas. shuning uchun FAT qurilmasi talab etadigan  $\varphi_d = 0^\circ$  va unga teskari boʻlgan  $\varphi_d = 180^\circ$  da ham barqaror ishlaydi.

Agar  $\varphi_d = 0^\circ$  boʻlsa QQQ chiqishida "I" ga teng boʻlgan  $u_F = \cos(-\varphi_i)$  foydali signal va  $\varphi_d = 180^\circ$  boʻlsa "-I" signal shakllanadi. Agar  $\varphi_d = 180^\circ$  boʻlsa QQQ chiqishida  $u_F = \cos(180^\circ - \varphi_i) = -\cos \varphi_i$  foydali axborot signalidan  $180^\circ$  ga farqlanuvchi signal shakllanadi. Foydali signal fazasining  $180^\circ$  ga oʻzgarishi (teskarisiga almashishi) natijasida bir boʻlak simvollar xato qabullanadi. bu holatni "teskari ishlash hodisasi" deb ataladi. FATning odatdagi qurilmasida uning oʻziga xos holatda ishlashi natijasida paydo boʻladigan

$\varphi_d = 180^\circ$ , xususiy holda kirish signali tarkibidagi shovqin xalaqit quvvatining kattalashishi natijasida yuz beradi, bu holat barqaror saqlanib qolmaydi. uni FAT qurilmasining oʻzi yoʻqqa chiqaradi. FAT qurilmasida fazasi modulyatsiyalangan kirish signali tashuvchisi fazasini yoʻq qilish  $\varphi_d = 0^\circ$  va  $\varphi_d = 180^\circ$  uchun barqaror saqlanib qoladi.

FATga xos bo'lgan bu xususiyat axborot signali tashuvchisi asosida sinxronizatsiyani amalga oshirish uchun FM signal modulyatsiyasini yo'q qilish asosida uning tashuvchisini tiklashning turli algoritmlaridan ham talab qilinadi.

## 2.3. Tashuvchi, takt, sikl va kadrlarni sinxronizatsiyalash

### 2.3.1. Tashuvchini sinxronizatsiyalash

Tashuvchini sinxronlash qurilmasi chastotasi va fazasi qabul qilinayotgan – axborot tashuvchi yoki oraliq chastota signali chastotasi va fazasiga mos keluvchi garmonik tebranishlarni shakllantiradi. Tashuvchini kuzatishga asoslangan sinxronizatsiyalash tizimida axborot signaliga ishlov berish natijasida tayanch signali ajratib olinadi. Optimal kuchzativ algoritmi qabul qilinadigan signal spektridan  $f_0$  chastotali garmonik tebranishni ajratib olish imkoniyatini beruvchi FAT qurilmasi asosida amalga oshiriladi.

Ikkilik axborotlarni uzatishda eng yuqori xalaqitbardoshlikni ta'minlovchi modulyatsiya bu tashuvchi fazasini  $\pm 180^\circ$  ga o'zgartirishga asoslangan faza manipulyatsiyasi hisoblanadi. Bunday modulyatsiya turida radiouzatish qurilmasining hamma quvvati signalning axborot tashuvchi spektr tashkil etuvchilariga taqsimlanadi. FM signal spektri tarkibida  $f_0$  chastotali tashuvchi bo'lmaydi. shuning uchun FAT qurilmani tashuvchini egallab olish va kuzatish ish holatini amalga oshirish imkoniyatiga ega bo'lmaydi.

Bu qarama-qarshi signallarning o'ziga xos xususiyatlarini yengib, sinxronizatsiyalashni amalga oshiruvchi turli usullar mavjud. Misol uchun manipulyatsiya fazasi  $\theta < 180^\circ$  qilib olinadi, natijada FM signali spektrida  $f_0$  chastotali tashkil etuvchi paydo bo'ladi, bu tashkil etuvchi FAT qurilmasi yordamida ajratib olinadi. Bu usuldan foydalanilganda FM signalning axborot tashuvchi spektr tashkil etuvchilari quvvati nisbatan kamayadi, natijada qabullash qurilmasi integratori chiqishidagi signal-xalaqit nisbati kichiklashadi, bu esa o'z navbatida qabullash xatoligi  $P_x$  ning kattalashishiga sabab bo'ladi.

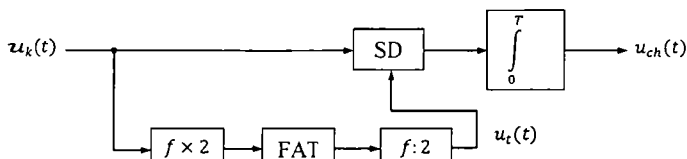
Sinxronizatsiyalashni amalga oshirish uchun ko'rsatkichlari axborot tashuvchi signal ko'rsatkichlari bilan ma'lum bir bog'lanishda bo'lgan garmonik tebranish shaklidagi maxsus "pilot-signal" dan foydalanish mumkin. Bu usuldan foydalanilganda sinxronizatsiyalashni pilot-signalni ajratuvchi keng tarqalgan FAT yordamida amalga oshirish mumkin. Pilot-signalni uzatish RTTning chastotalar polosasini kengaytirishni talab qiladi, bu esa ushbu usulning kamchiligi hisoblanadi. Amalda fazasi qarama-qarshi FM signalning tashuvchisini tiklash usulidan keng foydalaniladi va bu usulning bir necha turi mavjud. Bular: ularni kashf etgan olimlar Kostas, Pistolkors, Petrovich, Siforov, Ageyev nomlari bilan ataladi. Bu usuldan nisbatan soddasi axborot signaliga nohiziqli ishlov berishga asoslangan A.A. Pistolkors usuli hisoblanadi (2.5-rasm).

Qabullanayotgan axborot signaliga nohiziqli ishlov berish chastotasini 2 ga ko'paytirish natijasida undagi tashuvchining fazasi manipulyatsiyasi

yo'qotiladi. Bunda qabul qilinayotgan fazasi  $\varphi_i = 0^\circ$  yoki  $\varphi_i = 180^\circ$  bo'lgan manipulyatsiyalangan signal  $u_s(t) = A_s \cos(\omega_s t + \varphi_i)$  ning  $u_{ch} = ku_k^2$  – kvadratik amplituda xarakteristikali ( $k$  – proporsionallik koeffitsienti) chastotani ikkiga ko'paytirish qurilmasiga ta'siri natijasida uning chiqishida quyidagi signal shakllanadi:

$$u_{ch}(t) = kA_s^2 \cos^2(\omega_s t + \varphi_i) = 0,5kA_s^2[1 - \cos(2\omega_s t + 2\varphi_i)], \quad (2.6)$$

bunda,  $2\varphi_i = 0^\circ$  yoki  $360^\circ$ .



2.5-rasm. Chastotani ikkiga ko'paytirishga asoslangan tashuvchini sinxronlash qurilmasi strukturaviy sxemasi

FAT qurilmasi kirishiga chastotasi ikkiga ko'paytirilgan garmonik tebranishli signal beralida, bu signaldan FAT tarkibidagi boshqariluvchi generator chastotasini rostdash uchun foydalaniladi. FAT chiqishidagi signal chastotasini ikkiga bo'lish natijasida SDga beralidigan chastotasi  $\omega_s$  ga teng bo'lgan, fazasi qabul qilinayotgan signal tashuvchisi fazasiga mos keluvchi tayanch signali  $u_t(t)$  ni shakllantiradi.

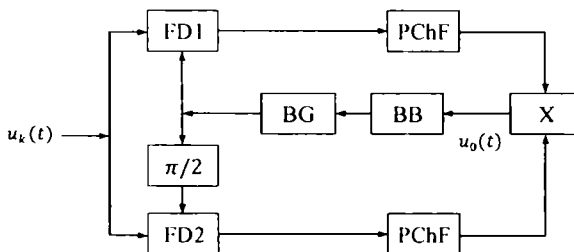
Bu usulning kamchiligi tashuvchini tanlashda nochiziqli qurilmadan foydalanish natijasida uning kirishida signal-xalaqit nisbati kichik bo'lgan holatlarda kuchsiz signalni xalaqit tomonidan yanada kichiklashtirilishi hisoblanadi. Yana bir kamchiligi qurilmadagi kirish signali chastotasini ikkiga bo'lish qurilmasida chastotani ikkiga bo'lishda nazorat qilib bo'lmaydigan boshlang'ich sharoit hisoblanadi, buning natijasida tayanch garmonik tebranishi  $u_t(t)$  boshlang'ich fazasi tasodifiy ravishda ikki qiymatdan birini 0 yoki  $\pi$  qabul qilishi mumkin. Tayanch kuchlanishi  $u_t(t)$  ning fazasi  $\pi$  ( $180^\circ$ ) ga o'zgarishi natijasida SD chiqishidagi axborot signali impulslari o'z qiymatlarini qarama-qarshisiga (plyus minusga yoki aksincha minus plyusga) o'zgartiradi. Buning natijasida bir bo'lak xato qabul qilingan impulslar paydo bo'ladi. Bunday xato qabullash "teskari ishlash natijasi" deb ataladi.

Sinxronizatsiyalashda Kostas usulidan keng foydalaniladi (2.6-rasm). Tarkibida a shovqin bo'lgan kirish isgnali ikkita FDLar kirishiga beriladi. Har ikki FDLarga garmonik tebranish shaklidagi tayanch kuchlanishlari tayanch generator (TG) laridan beriladi. Ulardan biri ikkinchisidan fazasi bo'yicha  $\pi/2$  ga farqlanadi. FDLarining chiqishlarida kirishidagi axborot signali  $\varphi_s$  va TG signali fazasi  $\varphi_\epsilon$  lar orasidagi farq  $\Delta\varphi = \varphi_s - \varphi_\epsilon$  ga proporsional bo'lgan musbat va manfiy impulslar ketma-ketligi hosil bo'ladi. FDLardan birinchisidagi kuchlanish amplitudasi  $\sin \Delta\varphi$  ga va ikkinchisi chiqishidagi kuchlanish amplitudasi  $\cos \Delta\varphi$  ga proporsional bo'ladi.

PChF chiqishidagi signallar ko'paytirish qurilmasi (X) ga beriladi. Uning chiqishida turli qutblangan (musbat va manfiy) impulslar bir-birini yo'qqa chiqaradi, impulslar ketma-ketligi bo'lmaydi. Ko'paytiruvchi qurilma signallar tarkibidagi axborot tashuvchi tashkil etuvchilarni yo'q qiladi, bir-biri bilan yeyishtiradi. Ko'paytirish qurilmasi chiqishidagi kuchlanish

$$u_0(t) = K_0(\sin \Delta\varphi \cos \Delta\varphi) = 0,5K_0(\sin 2\Delta\varphi) \quad (2.7)$$

ga teng bo'lib, uning ta'sirida boshqaruv bloki (BB) boshqariladigan generator (BG) chastotasini  $u_0$  kuchlanish nolga teng bo'lgunga qadar o'zgaradi. Ko'paytirish qurilmasining diskriminatorlik xarakteristikasi  $u_0(t) = 0,5K_0(\sin 2\Delta\varphi)$  ni tahlil etish natijasida  $\Delta\varphi$  ning  $\Delta\varphi = n\pi$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) qiymatlariga bog'liq ravishda tayanch kuchlanishi  $u_0$  o'rnatilgan holatida qilinayotgan axborot signali tashuvchisi fazasiga mos yoki unga qarama-qarshi bo'lishi mumkin.  $u_0$  va axborot signali tashuvchisi fazasi bir-biriga qarama-qarshi bo'lgan ish holatida "teskari ishlash" holati yuz beradi.



2.6-rasm. Kostas usulida tashuvchining chastotasini sinxronizatsiyalash qurilmasining funksional sxemasi

Kostas usuli ko'p hollarda FAT usuliga o'xshash bo'lgani uchun unga ham FAT usulidagi kamchiliklar xos hisoblanadi. Kirishidagi signal-xalaqit nisbati katta bo'lganda Kostas sxemasi kirish signaliga kvadratik o'zgartirish kiritishga mos keladi. teskari ishlash hodisasi tashuvchini qayta tiklash hamma usullariga xosdir. Bu teskari ishlash hodisasini yo'q qilishning bir necha usullari mavjud bo'lib, ulardan eng ko'p tarqalgani oddiy fazasi manipulyatsiyalangan (FM) signal o'rniga fazasi nisbiy manipulyatsiyalangan (NFM) signallardan foydalanish usuli hisoblanadi.

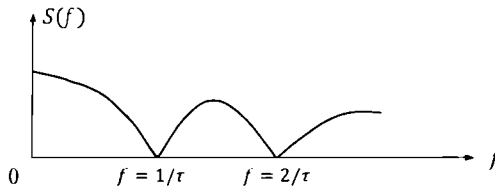
### 2.3.2. Signallarni takt bo'yicha sinxronizatsiyalash

Takt bo'yicha sinxronizatsiyalash qurilmasi qabul qilinayotgan raqamli signal kombinatsiyalari impulslar ketma-ketligidagi har bir impuls oxiri (orqa fronti)  $\tau_{of}$  ga mos keluvchi impulslar ketma-ketligini shakllantiradi. Ko'pgina RTTlarda sinxronizatsiyalash axborot signali asosida shakllantiriladi. ba'zi hollarda esa RTT sinxron ish holatiga kirishi uchun axborot uzatish tomonidan maxsus signal yuqoriladi. Axborot signali asosida sinxronizatsiyalash o'ziga xos

xususiyatlarga ega bo'lib, ular signallarga ishlov berish algoritmi va takt bo'yicha sinxronizatsiyalash (TS) qurilmasi strukturaviy sxemasi tuzilishini belgilaydi.

Takt asosida sinxronizatsiyalash qurilmasi kuzatuv ish rejimida doimiy ravishda qabul qiliyotgan kodlar kombinatsiyalari impulslarining chastota va fazalarini o'lchab borishi kerak. Agar ikkilik impulslar ketma-ketligi uzluksiz ravishda qabul qilinsa va impulslarning davomiyligi  $\tau$  ga teng bo'lsa, u holda takt bo'yicha sinxronlash qurilmasi kirish signali takrorlanishi bir necha garmonikasi, chastotasi  $f = 1/\tau$  bo'lgan  $u_k(t) = A_s \cos(2\pi ft + \varphi_k)$  garmonik tebranishni ajratib olishi va unga ishlov berishi kerak.

Bu usulning o'ziga xosligi shundan iboratki, katta davomiylikka ega bo'lgan elementlari takrorlanish ehtimolligi bir-biriga teng bo'lgan ikkilik impulslar ketma-ketligi spektri tarkibida chastotasi  $f = 1/\tau$  bo'lgan tashkil etuvchisi bo'lmaydi, uni sinxronlash qurilmasida qayta tiklash talab qilinadi. Tashuvchi asosida sinxronlash qurilmasi uchun talab etiladigan tashuvchi ham kirish signali spektri tarkibida mavjud emas.



2.7-rasm. Qabul qilinayotgan axborot signali spektri

Takt bo'yicha sinxronlashning o'ziga xos xususiyatlardan yana biri bu uning kirishiga ma'lum vaqt davomida faqat manfiy yoki faqat musbat impulslar ketma-ketligi ta'sir etishi mumkin. Ushbu takt bo'yicha sinxronizatsiyalash qurilmasi kirishiga nisbatan katta vaqt davomida bir xil doimiy tashkil etuvchining ta'sir etishi uning sinxron ishlash holatidan chiqishiga yetarli sabab hisoblanadi. Takt bo'yicha sinxronizatsiyalash qurilmalarini ularning signalni kuzatish ish holatlarini quyidagi bir-biridan umuman farqlanuvchi turga ajratish mumkin:

1) kirish signali signal-xalaqit nisbati va axborot uzatish tezligi yuqori bo'lgan RTTlarda foydalaniladigan nohiziqli ishlov berishga asoslangan takt asosida sinxronizatsiyalash qurilmasi;

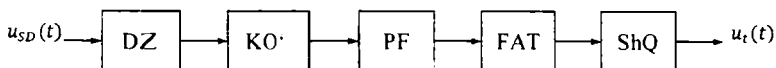
2) kirish signali SXN kichik bo'lgan hollarda RTTlarda foydalaniladigan "fazasi mos - o'rtacha fazali" takt asosida sinxronizatsiyalash qurilmasi.

Takt bo'yicha sinxronizatsiyalashning bu usuli birinchi usulga qaraganda qutblari o'zgarmas impulslar ketma-ketligini qabul qilinganda teskari ishlash effektiga nisbatan barqaror hisoblanadi.

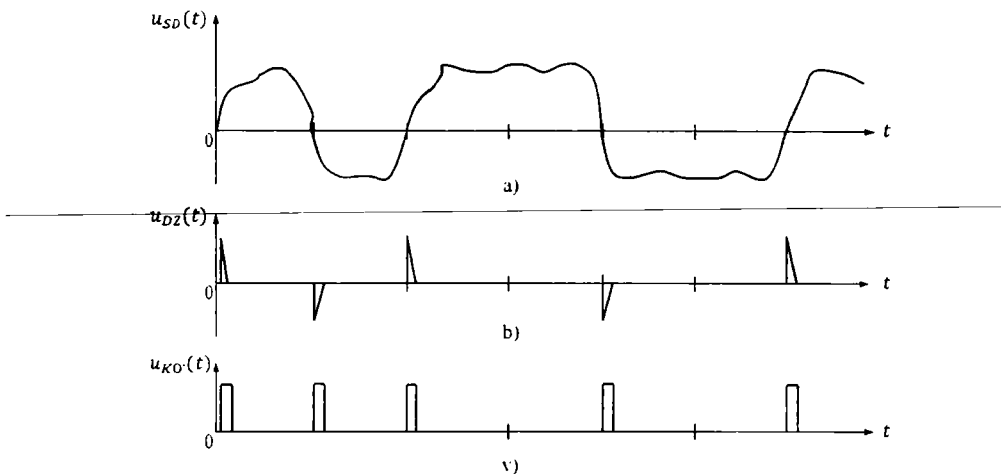
Birinchi turda takt bo'yicha sinxronizatsiyalashni amalga oshiruvchi qurilma strukturaviy sxemasi 2.8-rasmda keltirilgan. Sinxron detektor chiqishidagi xalaqit va PChf dan o'tish natijasida shakli buzilgan signal (2.9a-



rasm), differensiyallash zanjiri (DZ) (2.9b-rasm) va kvadratik o'zgartirish (KO) amali bajaruvchi qurilmadan o'tgandan so'ng (2.9v-rasm) tarkibida takt chastotasi  $f = 1/\tau$  bo'lgan impulslar ketma-ketligi hosil bo'ladi. Bu impulslar ketma-ketligi spektri tarkibida chastotasi  $f = 1/\tau_0$  garmonik tashkil etuvchi mavud bo'ladi. Bu chastotasi  $f = 1/\tau$  bo'lgan spektr tashkil etuvchisi polosali filtr (PF) yordamida ajratib olinadi, so'ngra qo'shimcha FAT yordamida kuzatib tor polosali filtrlash amalga oshiriladi. FAT chiqishidagi garmonik tebranish shaklidagi signaldan shakllantirish qurilmasi (ShQ) yordamida takt sinxronizatsiyasi impulsleri  $u_{\tau}(t)$  shakllantiriladi.



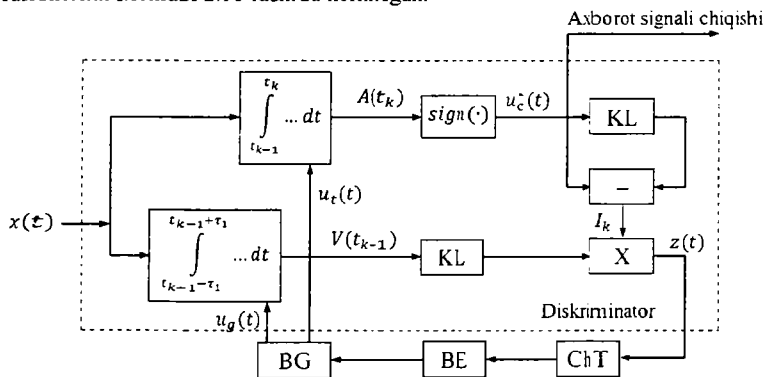
2.8-rasm. Nochiqliq ishlov berish asosida takt sinxronizatsiyalash impulslerini shakllantirish qurilmasi funksional sxemasi



2.9-rasm. Takt sinxronizatsiyasi ish jarayoniga tegishli vaqt diagrammalari

~~2.8-rasmdagi DZ va KO jarayonlari amalga oshirilishi natijasida  $f = 1/\tau$  bo'lgan garmonik signal tiklanadi. 2.8-rasmdagi KV qurilmasi kirishiga qutblari bir xil impulslar ketma-ketligi berilganda uning chiqishida impulslar paydo bo'lmaydi. Buning natijasida PF chiqishida va FAT kirishidagi signal sathi kamayadi yoki umuman bo'lmaydi va FAT ishlash jarayonidagi xatolik kattalashadi, bu esa o'z navbatida FAT kuzatish ish holatining uzulishiga (to'xtashiga) sabab bo'ladi.~~

Sinfaz – oʻrtacha fazani takt sinxronizatsiyasining afzalligi shundan iboratki. uning kirishiga qutblari oʻzgarimas impulslar ketma-ketligi (0 va 1) nisbatan uzoq vaqt davomida taʼsir etgan taqdirda ham shovqin xalaqit taʼsiri ohirgi toʻgʻri qabul qilingan impuls qutbini (0 va 1) oʻzgarimasdan saqlanib qoladi. Bu holat axborot signali simvollarini toʻgʻri qabul qilingan holat uchun oʻrinli hisoblanadi. Sinfaz – oʻrtacha faza takt sinxronlash qurilmasining funksional sxemasi 2.10-rasmda keltirilgan.



2.10-rasm. Sinfaz – oʻrtacha faza takt sinxronlash qurilmasining strukturaviy sxemasi

Bu qurilmani tahlil etishda dastlabki holatda signalni qidirish tugallangan deb hisoblanadi. Takt sinxronizatsiyalashdagi xatolik takt sinxronizatsiyasi impulsi paydo boʻlish vaqti  $t_k$  dan axborot signali impulslari tamom boʻlish vaqti  $t_k$  ningayirmasi  $\varepsilon = t_k - t_k$  ga teng boʻlib, sinxronlash ish holatiga oʻtish vaqti  $\tau_1$  dan kichik, yaʼni  $\varepsilon < \tau_1$  boʻladi. Agar  $t_k > t_k$  boʻlsa xatolik  $\varepsilon > 0$ , musbat boʻladi va  $t_k < t_k$  boʻlsa manfiy boʻladi. Bunda  $\varepsilon > 0$ ,  $u_r(t)$  – takt sinxronizatsiyasi impulsi axborot impulsidan oldi tomonga siljiganda va  $\varepsilon < 0$  holat  $u_r(t)$  signal axborot signali  $u_s(t)$  ga nisbatan kechikkan holatda yuz beradi. Takt sinxronizatsiyasi diskriminatori quyida keltirilgan ifodalarga mos ravishda mos emaslik signali  $z(t)$  hisoblanadi.

$$z(t) = \left\{ \text{sign} \left[ A(t_k) \right] - \text{sign} \left[ A(t_{k-1}) \right] \right\} V(t_{k-1}), \quad (2.8)$$

$$A(t_k) = \int_{t_{k-1}}^{t_k} x(t) dt, \quad A(t_{k-1}) = \int_{t_{k-2}}^{t_{k-1}} x(t) dt, \quad (2.9)$$

$$V(t_{k-1}) = \int_{t_{k-1}-\tau_1}^{t_{k-1}+\tau_1} x(t) dt, \quad (2.10)$$

bunda,  $x(t)$  – sinxron detektor chiqishidagi axborot impulslari ketma-ketligi  $u_s(t)$  va fluktuasion xalaqit  $w(t)$  ning additiv yigʻindisiga teng. Mos emaslik

(farqlanish) signali  $z(t)$  xatolik qiymati va qutblanganligi (+ yoki -) haqidagi ma'lumot bo'ladi.

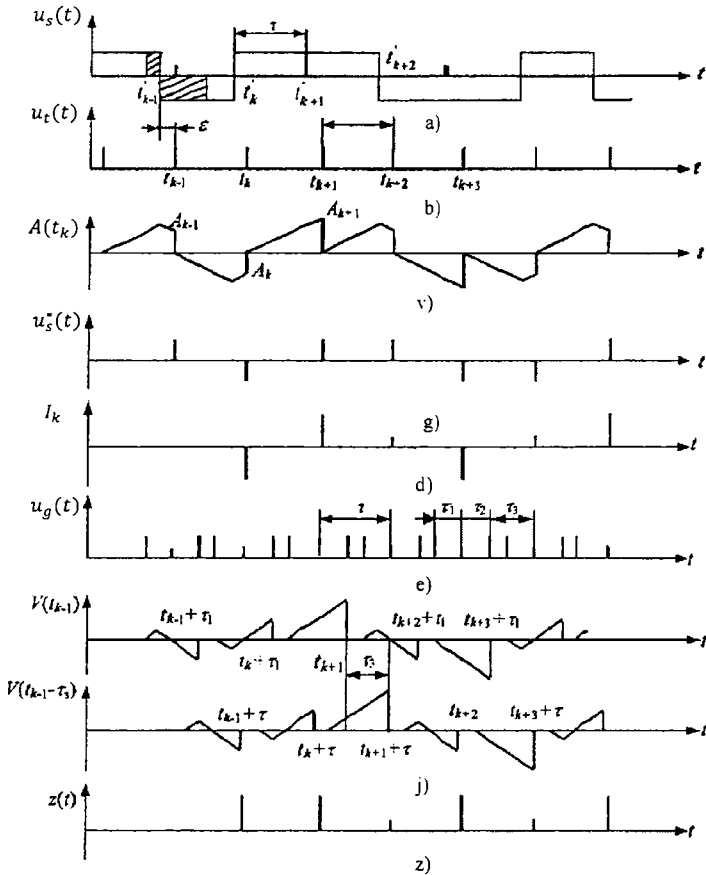
Uzatilayotgan axborot signali  $u_s(t)$  ni ikkilik to'rtburchaksimon impulslar ketma-ketligidan iborat deb qabul qilamiz (2.11a-rasm) qurilmaning ishlashim xalaqatlar va trakt orqali o'tganda signal shaklining buzilishini e'tiborga olmaymiz. Sinxronlash qurilmasining 2.10-rasmda punktir chiziqlar bilan ajratilgan qismi (2.8) formulaning birinchi tashkil etuvchisiga mos keluvchi kuchlanishni shakllantiradi. Integrator chiqishidagi  $\tau$  vaqt oralig'ida yig'ilgan kuchlanish  $u_s(t)$  boshqaruv generatori (BG) (2.11v-rasm) shakllantirayotgan takt sinxronizatsiyasi impulsleri  $u_t(t)$  bilan  $\varepsilon$  xatolik bilan stroblanadi. Amplitudasi yig'ilgan energiyaga proporsional bo'lgan  $A(t_k)$  impulsler bo'sag'a qurilmasi  $\text{sign}(x)$  kirishiga ta'sir etadi, bu qurilma o'zining kirishidagi signalning qutblanganligi (+ yoki - ekanligi)ni qayd etadi (aniqlaydi) (2.11g-rasm).

Xatolik  $\varepsilon = 0$  bo'lsa, integrallash va bo'sag'a qurilmasi chiqishida axborot signali  $u_s^*(t)$  hosil bo'ladi, bu holda kirish signali  $u_s(t)$  ni optimal qabullash orqali regeneratsiya qilish amalga oshirilgan bo'ladi. Agar  $u_s^*(t)$  birlik qiymat (+1 yoki -1) amplitudaga ega bo'lsa, u holda ayirish qurilmasi chiqishidagi farqlanish signali  $I_k = \{\text{sign}[A(t_k)] - \text{sign}[A(t_{k-1})]\}$  quyidagi uchta qiymatlar (-2, 0, +2) dan biriga teng bo'ladi (2.11d-rasm). past kanal o'rtacha - faza integratori chiqishidagi kuchlanishi tayanch generatori shakllantiradigan takt sinxronlash impulslerini  $\tau_1$  vaqt oldin va  $\tau_2$  vaqtga kechikib stroblaydi.

Integrator chiqishidagi kuchlanish  $t = 2\tau_1$  vaqtga signal impulsining musbatdan manfiyga yoki aksincha manfiydan musbatga o'tish chegarasidagi yuzasiga proporsional bo'ladi (2.11a-rasmda shtrixlangan vaqt diagrammasi).  $V(t_{k-1})$  nimg  $t = t_{k-1} + \tau_1$  vaqtdagi qiymatini  $I_k$  ning  $t_k$  vaqtdagi qiymati bilan moslashtirish uchun (2.8) ifoda asosida ko'paytirish amalini bajarish uchun  $V(t_{k-1})$  ni  $\tau_k = \tau - \tau_1$  vaqtga kechiktirish kerak bo'ladi. Quyidagi xulosalarni chiqarish mumkin.  $u_c(t)$  signalning +1 dan -1 ga yoki aksincha -1 dan +1 ga o'tishi natijasida yuzaga keladigan xatolik xatolik signali  $z(t)$  ning shakllanishiga sabab bo'ladi, ya'ni  $z(t)$  signal  $V(t)$  ga bog'liq bo'ladi.  $V(t)$  ning bir xil qutbli impulsler (+1,+1) yoki (-1,-1) lar ta'sirida hosil bo'ladigan  $V(t_{k+1})$ ,  $V(t_{k+3})$  qiymatlari e'tiborga olinmaydi (2.11j-rasmdagi vaqt diagrammalari), chunki (2.8) ifodaga asosan ular  $I_k = 0$  ga ko'paytiriladi.

$V(t_{k-1})$  impulsler qutbi o'zgarishiga mos keladigan yuzalarga proporsional bo'lganligi uchun  $V(t_{k-1}) = k\varepsilon$  bo'ladi.  $V(t_{k-1})$  ning qiymati musbat yoki manfiy bo'lishligi impulsning qutbi +1 dan -1 ga yoki -1 dan +1 ga o'tishi bilan axborot signali impulslerinin moulyatsiyalangan ketma-ketligiga va xatolik qutbi (+1 yoki -1) ekanligi bilan, ya'ni  $u_c(t) -$  takt sinxronlash impulsleri signal impulsiga nisbatan ilgari lab ketgani yoki kechikkanligiga bog'liq.  $V(t_{k-1})$  ni  $I_k$  ga ko'paytirish natijasida shakllanadigan xatolik signali  $z(t) = V(t_{k-1})I_k$  ni axborot signali impulsleriga bog'liqligini yo'qqa chiqaradi va  $z(t)$  impulslerinin qiymati xatolik qiymati  $\varepsilon$  ga proporsional va  $\varepsilon > 0$  holati musbat

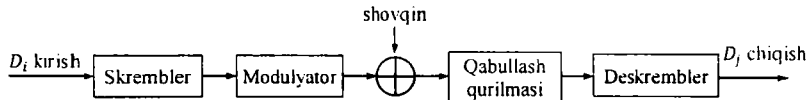
va impulslar musbat qutbli bo'ladi. Agar xatolik  $\varepsilon = 0$  bo'lsa, diskriminator chiqish kuchlanishi nolga teng bo'ladi. Xatolik  $\varepsilon < 0$  bo'lsa impuls qutbi musbatdan manfiyga o'zgaradi va amplitudasi xatolik  $\varepsilon$  qiymatiga proporsional bo'ladi.



2.11-rasm. Takt sinxronizatsiyasi qurilmasi sxemasida signallarni o'zgartirishga oid

Farqlanish signali takt sinxronizatsiyasini ta'minlash qurilmasi (2.8-rasm) dagi chiziqli past chastotalar filtridan o'tib, boshqariladigan elementga, toki boshqariladigan generator chastotasi o'zgarib xatolik  $\varepsilon = 0$  bo'lguncha davom etadi. Ushbu qurilmadagi qismlarning ba'zilar analog elementlar, ba'zilar esa raqamli sxematexnika elementlari asosida amalga oshiriladi.

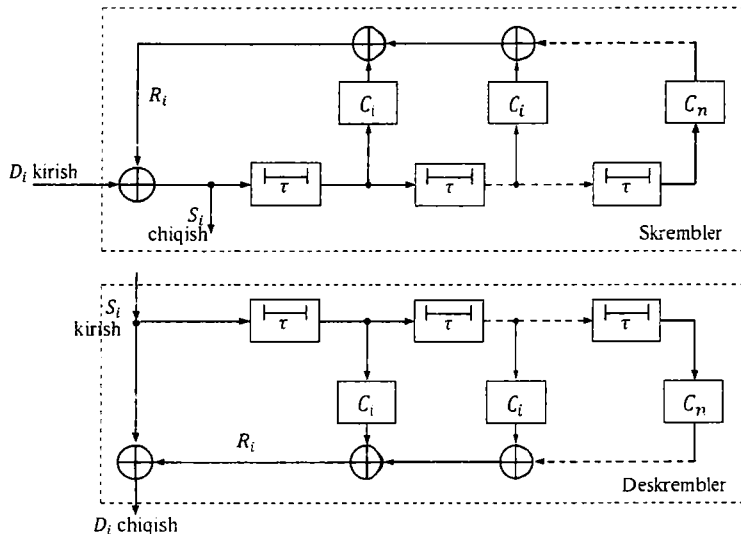
Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, qabul qilinayotgan signal impulslari ketma-ketligida bir necha +1 yoki -1 larning ketma-ket kelishi, takt sinxronizatsiyasining qisqa vaqt orasida uzilishiga sabab bo'ladi. natijada qabul qilinayotgan signallarda xatolik ketma-ket takrorlanishi (xatolik paketi) yuzaga kelishi mumkin. Zamonaviy RTTlarda axborot signallarida +1 yoki -1 larning bir necha marotaba uzluksiz takrorlanishini bartaraf etish uchun axborot uzatish tomonida maxsus skrembler va qabullash tomonida deskremblerlash qurilmalaridan foydalaniladi (2.12-rasm). Skremblerlashni amalga oshirish uchun ikkilik axborot signali impulslari ketma-ketligi  $D_i$  maxsus shakllantirilgan tasodifiysimon impulslar ketma-ketligi bilan ikkilik modul asosida qo'shiladi va RTT modulyatori kirishiga beriladi.



2.12-rasm. Skrembler va deskremblerlarda signalni almashtirish strukturaviy sxemasi

$S_i$  tasodifiysimon impulslar ketma-ketligi  $S_i = D_i \oplus R_i$  amalini bajarish uchun **n yacheykali registr (qayd qilgich) va u bilan teskari bog'lanishda bo'lgan** qo'shuvchi qurilma yordamida amalga oshiriladi. Qayd qilish yacheykalarining miqdor koeffitsientlari faqat 1 yoki 0 ga teng bo'lishi mumkin. Axborot signali impulslari ketma-ketligi  $D_i$  ga tasodifiysimon impulslar ketma-ketligi  $R_i$  ta'siri natijasida axborot signali impulslarining +1 yoki -1 impulslarining ketma-ket bir necha marta takrorlanishi buziladi. Deskrembler qurilmasi (2.13-rasm) teskari bog'lanish zanjirida har biri  $\tau$  vaqtga siljirilgan impulslarni chiqarib olish imkoniyatini beruvchi - ulanish nuqtalari yuqori bo'lgan siljitish qurilmalari va ikkilik modul bo'yicha qo'shish amalini bajaruvchi, skrembler qurilmasiga o'xshash qurilmadan iborat.

Axborot signali  $n$  ta tashkil etuvchilari skrembler chiqishida xatosiz paydo bo'lganlaridan so'ng bu qurilmalarning siljishni ro'yxatga oluvchi qismlari bir xil holatda bo'ladi, deskrembler chiqishidagi signal skrembler kirishidagi  $D_i$  signallar ketma-ketligiga mos bo'ladi, ya'ni skremblerlashga teskari bo'lgan amal bajariladi.



2.13-rasm. Skrembler va deskremblerlarning strukturaviy sxemalari

Ammo ro'yxatga oluvchi qurilmalarning holatlari  $n$  ta impuls uchun bir-biriga moslashtirilgandan so'ng  $S_i$  impuls ketma-ketligini qabullashda radiokanalda ro'y beradigan yakka xato qabullashlik, uning chiqishida  $R_i$  xatoliklar ketma-ketligi paketning paydo bo'lishiga olib kelishi mumkin.

### 2.3.3. Kanallarni vaqt bo'yicha ajratishda sinxronizatsiyalash

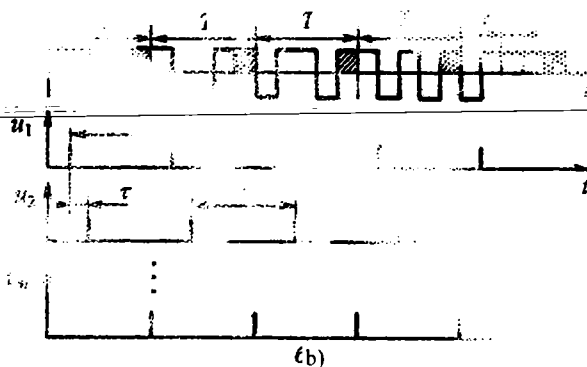
Bir necha axborot signallarini vaqt bo'yicha zichlash asosida uzatishga asoslangan ko'p kanalli RTTlarda kanallarni ajratish uchun maxsus kanallar signallarini bir-biridan ajratish jarayonini boshqaruvchi sinxronlash signallari (KABSS)  $u_{kabss}(t)$  lardan foydalaniladi. Ko'p kanalli vaqt bo'yicha zichlashtirilgan RTTlarda har bir kanal signalining boshlanishi va tugallanganligini belgilovchi maxsus impulsni kanal orqali uzatish talab etiladi. Bu amalni kadr bo'yicha sinxronizatsiyalash (KBS) qurilmasi yordamida amalga oshiriladi. Siklik sinxronizatsiyalash tizimi (SST) mavjud RTTlarda kadr bo'yicha sinxronlash (KBS) ni amalga oshirish uchun uning tarkibiga kiruvchi bitta kodlar kombinatsiyasini uzatish orqali amalga oshiriladi. Bu KBS signali boshqa axborot signallari kodlar kombinatsiyalaridan uni izlash va topish jihatidan afzalliklarga ega bo'lishi kerak.

Agar tizimda siklik sinxronlash nazarda tutilmagan bo'lsa, u holda vaqt bo'yicha zichlashtirilgan kanallarni bir-biridan ajratish uchun kadr bo'yicha sinxronlashni qo'llash kerak bo'ladi. KBS usulini qo'llash uchun axborot signali kadri tarkibidagi simvollarning kamida 10...15 foizi sinxronlashni tashkil etish

uchun ajratilishi kerak. Shuning uchun ko'pincha RTFlarning KBS qurilmasining xalaqatbardoshligiga juda yuqori talab qo'yiladi, chunki KBSning lozilidagi RTFlning har bir kanallari orqali axborot uzatishni to'xtatishga olib keladi.

KBS signallarini RTFlarning qabullash qurilmalarida ajratib olish uchun KBS bilan moslashgan disret filtr (MDF) lardan foydalaniladi. MDF kirishidagi tarkibida KBS signali bo'lgan axborot signalidan KBS signallari sara bo'yiicha ajratish usulidan foydalanib ajratib olinadi. KBS signallarining har bir axborot signali uchun alohida kanalida ulaning o'zgarishini to'plash orqali KBS qurilmasining xalaqatbardoshligini kamaytirish mumkin.

Axborot signali tarkibidagi KBS signallardan foydalanishda, agar ishonchli vaqt bilan ajratib olish uchun uning tuzilishiga va davriy takrorlanishiga alohida ehtiyoj bo'lish kerak. KBSga foydalaniladigan kodlar kombinatsiyasi axborot uzatishda foydalaniladigan kod kombinatsiyalari tarkibida umuman bo'linmasligi yoki bo'linishi ehtimollik juda kichik bo'lishi kerak. Agar axborot uzatishda odatiy — o'rtiqchaigi bo'lingan kodlardan foydalanilsa, u holda KBS ga tegishli simvollar kod kombinatsiyalarining o'zgarishsiz tartibdagi simvoli shaklida davriy takrorlanishi kerak.



2.14-rasm. Sinxronlash signallarini shakllantirish vaqt diapozonlarida

**Agar axborot signali kod kombinatsiyalarining ketma-ket takrorlanishi ehtimolligi katta bo'lsa, u holda KBS signali simvollarini ikki navbat bilan takrorlanuvchi sifatida tanlanadi. Misol uchun birinchi kod kombinatsiyasida tanlangan KBS signali ikkinchisida uning teskarisi ko'rinishidagisi, uchinchisida esa yana birinchi KBS signali uzatilishi talab etiladi.**

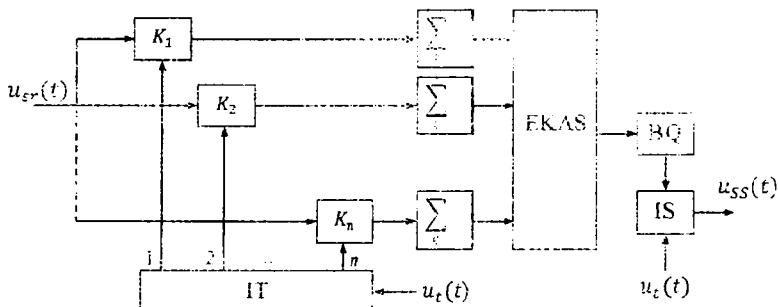
Sinxronlash signali sifatida davriy takrorlanuvchi axborot uzatish uchun foydalanilmaydigan kod kombinatsiyalaridan ham foydalanish mumkin yoki axborot signali kod kombinatsiyalari tarkibida uzatilgan sinxronlash

impulslarini ajratib olib, ularga ishlov berish yo'li bilan ham kombinatsiyalarini sinxron qabullashni amalga oshirish mumkin.

Amalda radioteleometriya tizimlarida keng qo'llaniladigan axborot tashuvchi kod kombinatsiyalari oxiriga qo'shiladigan sinxronlash tizimini ko'rib chiqamiz. Sinxronlash impulsi musbat bir qutbli bo'lib, uni bu o'ziga xos ko'rinishi asosida ikki qutbli (musbat  $+1$  va manfiy  $-1$ ) axborot tashuvchi impulslar oqimidan ajratib olish mumkin.

Kod kombinatsiyalarining boshlanishi va oxirini belgilab beruvchi sinxronlash impulslarini umumiy impulslar oqimida qidirish va topish natijasida amalga oshiriladi. Sinxronlash signalini parallel qidirish va topishga asostalgan usul qidirish vaqtining kichik bo'lishini ta'minlaydi. 2.15-rasmda bu kombinatsiyalarini sinxronlash signalini parallel qidirish qurilmasining strukturaviy sxemasi keltirilgan.

Regeneratsiya qurilmasi chiqishidan signal  $u_{gr}(t)$  (2.14a-rasmi) kalit  $K_i$  sxemalarining bitta kirishiga va ushbu  $K_i$  ning ikkinchi kirishiga impulslarni taqsimlovchi (IT) funksional qismdan bosqichdagi impulslar ta'sir qiladi. IT funksional qismining chiqishlarida davomiyligi  $T_s$  bo'lgan tak sinxronlash impulsi signali  $u_t(t)$  ni  $n$  ga bo'lish asosida shakllantirilgan  $T_s = nT$  bo'lgan kalit sxemalari  $K_i$  larning ikkinchi kirishiga ta'sir qiladi (2.14b-rasmi).



2.15-rasm. Sinxronlash signali parallel qidirish qurilmasining strukturaviy sxemasi

IT qurilmasi chiqishidagi impulslar bir-biridan  $\tau$  vaqtga farq qiladi. Kalit sxemalari uning birinchi kirishidagi  $k$ -chi impuls bilan IT qurilmasi chiqishidagi  $l$ -chi impuls mos kelganda ochiladi va uning chiqishida signal paydo bo'ladi. Navbatdagi  $(k+1)$ -chi kirish signali esa IT  $(l+1)$ -chi impuls bilan taqqoslanadi va h.k. Kalitlar chiqishlaridagi signallar summatore (qo'shish) qurilmasida to'planadi va  $T_{\Sigma} = qT_s$  vaqt davomida kuchaytiriladi, shakllantiriladi va ulardan eng kassani aniqlash sxemasi (EKAS) kufidiga beriladi. Summatarlarga ikki qutbli impulslar to'yali bir xil  $P(+1) = P(-1)$  ehtimollik bilan ta'sir etgani uchun natijaviy chiqish kuchaytirishning aynan  $T_s$  vaqt oralig'ida nolga teng bo'ladi. Faqat kirishida musbat signal



summator chiqishidagi kuchlanish qolgan summatorlar chiqishlaridagi kuchlanishga nisbatan maksimal qiymatga erishadi va ushbu kuchlanish EKAS yordamida ajratib olinadi.

Qabullash qurilmasi doimo axborot signalini kutish holatida bo'lgani uchun uni axborot signali yo'q vaqtlarda shovqinlardan himoyalash EKAS chiqishiga ulangan bo'sag'aviy qurilma (BQ) ulangan bo'lib, u sinxronlash signalini ajratib olish uchun xizmat qiladi.

Bo'sag'aviy qurilma chiqishidagi topilgan signal chiqishida kod kombinatsiyalarini sinxronlash impulslarini shakllantiruvchi impulslarni sanovchi (IS) qurilmani dastlabki holatga (nol) qaytarishda foydalaniladi.

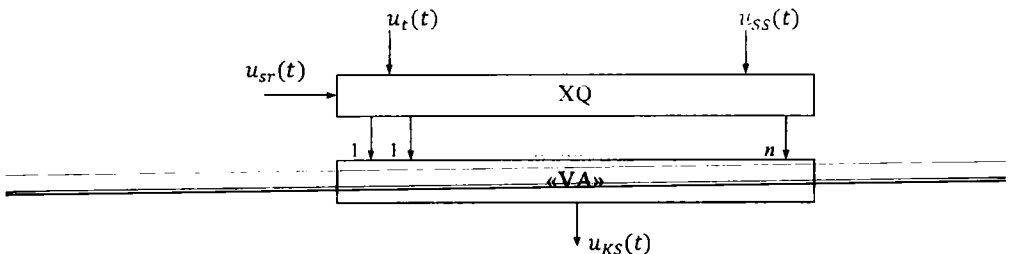
#### 2.4. Kadr bo'yicha sinxronizatsiyalash

Vaqt bo'yicha zichlangan ko'p kanalli radioaloqa tizimlarida kadr bo'yicha sinxronizatsiyalash (KS) signali uzatilayotgan har bir kadr boshlanishida radioaloqa tizimining uzatish qurilmasida shakllantiriladi. Bir kanalli radioaloqa tizimlarida ham axborot uzatish boshlanishidan avval sinxronlash signali yuboriladi. Odatda bu signalni aloqa o'rnatishni boshlash fazasi signali deb ham ataladi.

Oddiy hollarda KS signali sifatida davomiyligi va kod kombinatsiyasidagi impulslari soni axborot signali kod kombinatsiyalari davomiyligiga va impulslari soni teng bo'lgan, ammo axborot signalini uzatishda foydalanilmaydigan kod kombinatsiyasidan, misol uchun kod kombinatsiyalari faqat bir (1) lardan iborat bo'lgan kod kombinatsiyasidan foydalaniladi.

Agar yuqori chastotali signal tashuvchisi, takt va kod so'zi bo'yicha sinxronlash sxemasi kuzatish holatida bo'lsa, kadr bo'yicha sinxronlash signalini axborot oqimi kod kombinatsiyalaridan ularni birma-bir kuzatib axborot signali kod kombinatsiyalaridan farqi asosida ajratib olish mumkin.

Kadr signalini axborot signali kod kombinatsiyalaridan ketma-ket kuzatish asosida ajratib olishga tegishli chizma 2.16-rasmda keltirilgan.



2.16-rasm. Sinxronizatsiyalash signalini ajratib olishga tegishli chizma

Qabullash qurilmasidagi signallarni regeneratsiyalash (qayta tiklash) qismi chiqishidagi  $u_t(t)$  - takt bo'yicha sinxronizatsiyalash signali xotira

qurilmasi (XQ) ga kiritiladi, navbatdagi soʻz boʻyicha sinxronlash impulsi XQga taʼsir etishi bilan kod kombinatsiyasining  $n$  ta simvoli XQsidan tarkibi kadr signali tarkibiga mos keluvchi “VA” (I) sxemasi kirishiga parallel ravishda (bir vaqtda) kiritiladi. Kadr sinxronizatsiyalash signali topilishi bilan sinxronlash signalini qidirish jarayoni toʻxtatiladi, “VA” qurilmasi chiqishida kadr sinxronizatsiyasi signali  $u_{KS}(t)$  signali shakllantiriladi.

### *Nazorat savollari*

1. *Axborot RTTlarda sinxronizatsiya nima uchun kerak?*
2. *Sinxronizatsiyalash qismi qanday sinxronlash sxemalaridan takshil topgan?*
3. *Sinxronizatsiyalash signallaridan RTTning qaysi qurilmalarida foydalaniladi?*
4. *Sinxronlash sxemalari shakllantiradigan qanday koʻrsatkichlari qabul qilinadigan signal koʻrsatkichlari bilan bogʻliq?*
5. *Sinxronlash ish holatiga kirish qanday ketma-ketlikda amalga oshiriladi?*
6. *Sinxronizatsiyalashda signal chastotasi, fazasi va impulslar davomiyligini qidirish qanday amalga oshiriladi?*
7. *RTTlarda sinxronlash signalarini qabullash qurilmasiga yetkazib berishni qanday usullar orqali amalga oshiriladi?*
8. *Sinxronlash signali tarkibi qanday signallardan iborat?*
9. *Qabul qilinadigan signal koʻrsatkichlarini optimal oʻlchash usuli haqida qisqa tushuncha bering.*
10. *Signal paydo boʻlish vaqtini kvazioptimal oʻlchash algoritmini sintezlash haqida qisqacha tushuncha bering.*
11. *Sinxronlash signalini parallel izlash usuli haqida qisqacha tushuncha bering.*
12. *Sinxronlash signalini ketma-ket izlash usuli haqida qisqacha tushuncha bering.*
13. *Sinxronlash signali va axborot signali asosida signal koʻrsatkichlarini kuzatish qanday amalga oshirilishini tushuntiring.*
14. *FM demodulyatorida teskari ishlash hodisasi yuz berishi qanday natijalar berishini tushuntiring.*
15. *Qarama-qarshi qutbli signallarni demodulyatsiyalash tayanch tebranishlarini shakllantirish qanday amalga oshiriladi?*
16. *Tashuvchi chastotasini ikkiga koʻpaytirishga asoslangan Kostas usulida tashuvchi tayanch signali qanday shakllantiriladi?*
17. *Kostas usulidan foydalanib raqamli FM signallarni qabullashda sinxronlashda “teskari ishlash”ning sababi nimada?*
18. *Takt sinxronizatsiyasi qurilmasining ishlash jarayonini tushuntiring.*
19. *Takt sinxronizatsiyasi qurilmasida tayanch signali qanday shakllantiriladi?*

20. Skrembler va deskremblerlar qurilmalaridan qanday maqsadlarda foydalaniladi?

21. "So 'z" bo'yicha sinxronlash qurilmasida sinxronlash signalini qidirish qanday amalga oshiriladi?

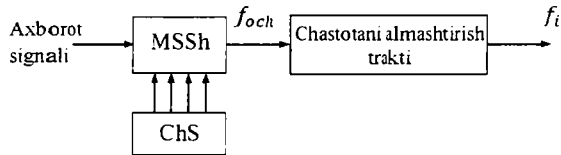
22. Kadr bo'yicha sinxronizatsiyalash qanday amalga oshiriladi?

23. Sinxronlash qurilmasi shakllantirayotgan sinxronlash signali ko'rsatkichlari qabul qilinayotgan axborot signali ko'rsatkichlari bilan qanday bog'liqlikka ega?

### 3. CHASTOTALAR SINTEZATORLARI

#### 3.1. Umumiy tushunchalar

Har qanday zamonaviy RTT, shu jumladan radiouzatish va radioqabullash qurilmalari tarkibiga turli chastotali garmonik tebranishlar, chastota va impulsni shakllantiruvchi murakkab va qimmatbaho qism – chastotalar sintezatori (ChS) kiradi. ChS bir vaqtda o'z chiqishida bir necha talab qilinadigan chastotalarda kogerent tebranishlarni, belgilangan tashuvchi chastotasi  $f_t$  da turli modulyatsiyalangan signallarni shakllantirish, shakllantirilgan signal spektrini RUQga ajratilgan ishchi chastota  $f_i$  ga ko'chirish; raqamli signallarga tegishli chastota va davomiylikdagi turli sinxronlash signallarini qo'shish (3.1-rasm); RQQda esa uni kerakli qabullash chastotalariga sozlash; raqamli signallarni qabullash uchun talab qilinadigan sinxronlash signallarini shakllantirish vazifasini bajaradi.



3.1-rasm. RUQda modulyatsiyalangan ishchi chastota  $f_i$  ni shakllantirish soddalashtirilgan strukturaviy sxemasi

Faqat avvaldan ma'lum bir yoki bir necha chastotalarda foydalanishga mo'ljallangan radiouzatish qurilmalarida chastotalar sintezatori o'miga bir yoki bir necha kvarsli avtogeneratorlardan foydalanish mumkin.

Chastotalar sintezatori quyidagi asosiy ko'rsatkichlari bilan xarakterlanadilar: tebranish chastotalari diapazoni  $f_{min} \div f_{max}$ ; ishchi chastotalarning o'zgarish xarakteri (uzluksiz yoki diskret); belgilangan ishchi chastotalarning umumiy soni yoki ikki qo'shni chastotalar orasidagi farq; shakllantirilayotgan tebranish chastota va fazasi qiymatining barqarorligi; ikkilamchi spektral tashkil etuvchilar sathi; ChSni boshqarish usuli bo'yicha: to'g'ridan-to'g'ri yoki masofaviy; yuklamaning belgilangan qiymatidagi chiqish kuchlanishi qiymati; ChSda shakllantirilishi mumkin bo'lgan modulyatsiya turlari; ChS chiqishida shakllantirilgan modulyatsiyalangan signallarning texnik (sifat) ko'rsatkichlari; ChSidan texnik foydalanish shartlari.

Zamonaviy ChSlar odatda 20...30 ming va undan ko'p diskret chastotalarni  $10^{-6} \dots 10^{-7}$  tartibdagi nisbiy barqarorlikka ega bo'lgan ishchi chastotalarni shakllantirish imkoniyatiga ega bo'ladi.

RUQlarida foydalaniladigan ChS tebranish chastotalari barqarorligiga talab RUQsidan qanday chastotalar diapazonida va qanday maqsadlarda foydalanishga bog'liq. Turli maqsadlarda foydalaniladigan RUQlarining chastotalari barqarorligiga bo'lgan talablar 3.1-jadvalda keltirilgan bu jadvalda

keltirilgan RUQlari chastotalari barqarorligiga talablar asosan radioelektron vositalarning elektromagnit moslashuvi muammosiga bog'liq.

Umumiy holda ChS chiqishidagi signalni amplitudasi  $U(t)$  va fazasi  $\varphi(t)$  tasodifiy o'zgaruvchi kvazigarmonik (garmoniksimon) tebranish shaklida ifodalash mumkin, ya'ni

$$u(t) = U(t) \cos[\omega_0 t + \varphi(t)] = [U_0 + \Delta U(t)] \cos \Psi(t),$$

bunda  $U_0$  – ChS chiqishidagi tebranish amplitudasi o'rtacha qiymati;  $\Delta U(t)$  – chiqish signali amplitudasining uning o'rtacha qiymatidan farqlanishi;  $\Psi(t) = [\omega_0 t + \varphi(t)]$  – kvazigarmonik tebranishning to'liq fazasi.  $\Delta U(t)$  va  $\Psi(t)$  ChS chiqishidagi haqiqiy tebranish chastota va fazasining tasodifiy o'zgarish qiymatlari. Chiqish signali tebranishining haqiqiy oniy chastotasi, ya'ni

$$\omega t = d\Psi/dt = \omega_0 + \Delta\omega(t) \text{ ga teng bo'lib, bunda } \Delta\omega(t) \text{ signal chastotasi oniy qiymatining uning o'rtacha chastotasi } \omega_0 \text{ dan farqlanishi.}$$

### 3.1-jadval

*RUQlari chastotalarining barqarorligiga bo'lgan talablar*

Chastotalar polosasi diapazoni ( $f_{min} \div f_{max}$ ), kHz	Radiouzatish qurilmasidan foydalanish sohasi	RUQsi ishlayotgan chastotaning unga birlashtirilgan chastotadan ruxsat etilgan farqlanishi qiymati, Hz
10...535	Radioeshittirish	10
535...1605	Radioeshittirish	10
1605...4000	Harakatdagi qutqaruv suv kemalari	30
	Harakatdagi uchish apparatlari (kemalari)	20
$(4 \dots 29,7) \cdot 10^3$	Radioeshittirish	10
	Quruqlik qirg'oq stansiyalarini quvvati:	
	500 Vt va undan kichik	50
	500 Vt dan 5 kVt gacha	30
$(29,7 \dots 100) \cdot 10^3$	Radioeshittirish	10
	Radioeshittirish quvvati:	
	50 Vt va undan kichik	50
	50 Vt dan katta	20
	Televidenie (tasvir va tovush) quvvati:	
	1000 Vt va undan kichik	40
1000 Vt va undan katta	100	
	Kosmik aloqa	30

Chastota farqlanishining jadalligi (faolligi)  $\Delta\omega(t)$  funksiyaning dispersiyasi orqali aniqlanadi:

$$\sigma_{\omega}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_{\omega}(\omega) d\omega, \quad (3.1)$$

bunda,  $S_\omega(\omega)$  – chastota tasodifiy o'zgarishi (funktsiyasi) energetik spektri.

ChS chiqish signali fazasi fluktuatsiyasi (o'zgarish)ning jadalligi  $\varphi(t)$  funksiyaning dispersiyasi orqali aniqlanadi:

$$\sigma_\varphi^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_\varphi(\omega) d\omega, \quad (3.2)$$

bunda,  $S_\varphi(\omega)$  – faza fluktuatsiyasining energetik spektri.

Chiqish signali chastotasi fluktuatsiyasi energetik spektrini hamma vaqt ham uning fazasi fluktuatsiyasi spektri orqali aniqlanishi mumkin:

$$S_\omega(\omega) = \omega^2 S_\varphi(\omega). \quad (3.3)$$

$S_\omega(\omega)$  ning spektri zichligining yuqori chastotali qismi uning chastotasining tez o'zgarishini va past chastotali qismi uning sekin o'zgarishini bildiradi. Ba'zi hollarda  $S_\omega(\omega)$  ning qiymati  $\omega \rightarrow \infty$  da kichiklashmaydi va  $\omega \rightarrow 0$  da cheklanmagan miqdorda kattalashadi. Bunday holatlarda chastotaning o'zgarishini baholash uchun (3.1) ifodadan foydalanib bo'lmaydi, chunki bu integralning chegaraviy qiymati mavjud emas. Xuddi shuningdek (3.2) ifoda orqali faza fluktuatsiyasi fazasini ham aniqlash mumkin emas.

Ammo aloqa tizimi ChSda chastotasi fluktuatsiyasi  $\Delta\omega(t)$  va fazasi fluktuatsiyasi  $\Delta\varphi(t)$  qiymatlarini  $\omega_p$  va  $\omega_{yu}$  chastotalar polosasida albatta e'tiborga olish kerakligi uchun, chastota va faza o'zgarishlarini baholashda ushbu  $\omega_p \div \omega_{yu}$  chastotalar polosasidagi chastota va faza fluktuatsiyalari dispersiyalaridan foydalaniladi, ya'ni

$$\tilde{\sigma}_\omega^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{\omega_p}^{\omega_{yu}} S_\omega(\omega) d\omega, \quad \sigma_\varphi^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{\omega_p}^{\omega_{yu}} S_\varphi(\omega) d\omega. \quad (3.4)$$

Ko'p hollarda chastotaning o'rtacha kvadratik farqlanishi  $\tilde{\sigma}_\omega$  ChS shakllantirayotgan tebranishlar chastotasining absolyut nobarqarorligi sifatida qabul qilinadi. Fazaning o'rtacha kvadratik farqlanishi  $\tilde{\sigma}_\varphi$  uning tebranishlari fazasi nobarqarorligini xarakterlaydi. Misol uchun, magistral radioaloqa tizimi 1.5...60 MHz diapazoni RUQ 1-klass chastotalar sintezatori uchun GOST ga asosan 300...3400 Hz chastotalar polosasida  $\tilde{\sigma}_\omega \leq 3$  Hz,  $\tilde{\sigma}_\varphi \leq 3^\circ$  va 2-klass ChS uchun  $\tilde{\sigma}_\omega \leq 6$  Hz,  $\tilde{\sigma}_\varphi \leq 10^\circ$ . ChSning chiqishidagi 300...3400 Hz chastotalar polosasidagi chiqish signali ikkilamchi spektr tashkil etuvchilarining sathi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$D = 20 \lg(U_{efchp}/U_{ef}), \quad (3.5)$$

bunda,  $U_{efchp}$  – belgilangan chastotalar polosasidagi ikkilamchi spektr tashkil etuvchilarning umumiy kuchlanishi effektiv qiymati;  $U_{ef}$  – chiqish signali hamma spektr tashkil etuvchilari kuchlanishi yig'indisining effektiv qiymati. Misol uchun, 2-klass ChS uchun 3000 Hz kengidagi chastotalar polosasida uning ishchi chastotasidan 20 dan 200 kHz gacha farq qiluvchi chastotalarda ikkilamchi spektr tashkil etuvchilar sathi 80 dB dan katta bo'lmashligi kerak.

ChSning chiqish signali tarkibidagi diskret ikkilamchi spektr tashkil etuvchilari sathi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$D_d = 20 \lg(U_{efd}/U_{ef}), \quad (3.6)$$

bunda  $U_{efd}$  – chiqish signali ikkilamchi diskret tashkil etuvchisi kuchlanishi effektiv qiymati;  $U_{ef}$  – ushbu chiqish signali jami spektr tashkil etuvchilarining umumiy kuchlanishi effektiv qiymati. Zamonaviy ChSda  $D_d = 80 \dots 90$  dB.

ChSda uni elektr energiyasi manbaiga ulash-uzish, chiqish signali chastotasini kerakli qiymatini o'rnatish, tanlangan modulyatsiya turini shakllantirish kabi boshqarish turlarini amalga oshirish mumkin. ChSni boshqarish operator tomonidan to'g'ridan-to'g'ri yoki masofadan turib amalga oshirilishi mumkin. ChSning asosiy ko'rsatkichlaridan biri uni chiqish signali chastotasini boshqa chastotaga almashtirishga ketadigan vaqt – ChSning inersionligi hisoblanadi. ChS chastotasining yangi qiymatini o'rnatish uchun talab qilinadigan vaqt deganda ChSning chastotasini o'zgartirish uchun masofadan berilgan ko'rsatma (komanda) yoki chastotani to'g'ridan-to'g'ri almashtirish (boshqaruv organlarining holatini qo'lda bir holatdan boshqasiga almashtirish) haqida komanda berilgandan so'ng, uning chiqish signali chastotasi uning o'rnatilgan chastotasidan ChSga ruxsat etilgan zararli chastota farqlanishining uchdan biridan katta bo'lmagan qiymati shakllanguncha ketgan vaqt hisoblanadi.

Chastota sintezatorlari chiqish kuchlanishi effektiv qiymati odatda qarshiligi 50...75 Om bo'lgan yuklamada 0.5...1 V oraliqida bo'ladi. ChSning asosiy qismlaridan biri uning chastotasi yuqori barqarorlikka ega bo'lgan yuqori chastotali garmonik tebranishlarni shakllantiruvchi – avtogenatori hisoblanadi. Ushbu tayanch avtogenatori ChS shakllantiradigan turli chastotalarning umumiy barqarorligini belgilaydi.

~~ChSda chiqishdagi turli chastotali tebranishlar, uning avtogenatori chiqishidagi kogerent tayanch tebranishlarga turli o'zgartirishlar asosida shakllantiriladi. ChSlari chiqish tebranishlari bevosita (to'g'ridan-to'g'ri) va bilvosita sintez qilish asosida shakllantiriladi. Chastotani bevosita sintezlash asosida shakllantirishda etalon – tayanch chastota generatori chiqish tebranishlari chastotasini ko'paytirish, bo'lish, qo'shish va ayirish jarayonlarini amalga oshirish orqali erishiladi. Quyida chastotalar sintezatorlarinin bir necha turlari bilan tanishib chiqamiz.~~

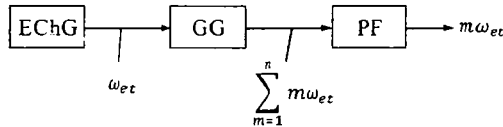
### 3.2. Chastota sintezatorlarining turlari

#### 3.2.1. Garmonikalar generatoridan foydalanishga asoslangan chastotalar sintezatori

Garmonikalar generatoridan foydalanishga asoslangan ChSda (3.2-rasmi) tayanch (etalon) chastota generatori (TChG, EChG) chiqish signali tebranishlaridan garmonikalar generatori (GG) yordamida qisqa davomiylikka ega bo'lgan impulslar shakllantiriladi.

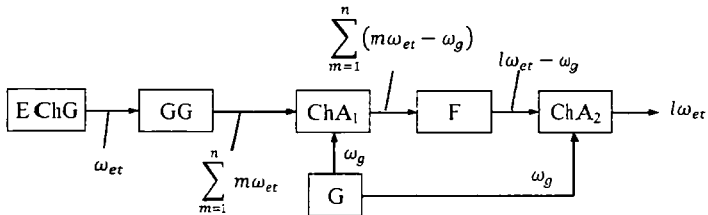
GG chiqishidagi impulslar etalon chastota garmonikalariga boy bo'ladi. GG chiqishidagi bo'yigan spektrdan polosa filtri (PF) yordamida kerakli ishchi

chastota  $m\omega_{et}$  ajratib olinadi. ChS chiqishidagi keraksiz tashkil etuvchilarning sathi uning tarkibidagi PF chastota tanlovchanlik xususiyati bilan belgilanadi. ChS chiqishida ko'p sonli ishchi chastotalarni shakllantirish talab qilinsa, PFni keng chastotalar polosasida bir chastotadan boshqasiga sozlash kerak bo'ladi. buni amalga oshirish bir qator qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi.



3.2-rasm. *Garmonikalar generatoridan foydalanishga asoslangan chastotalar sintezatori*

PFga bo'ladigan talablarni yengillashtirish uchun maxsus ikki marta chastota almashtiriladigan yoki xatolikni ayirish strukturaviy sxemasi asosida qurilgan ChSlaridan foydalaniladi (3.3-rasm).

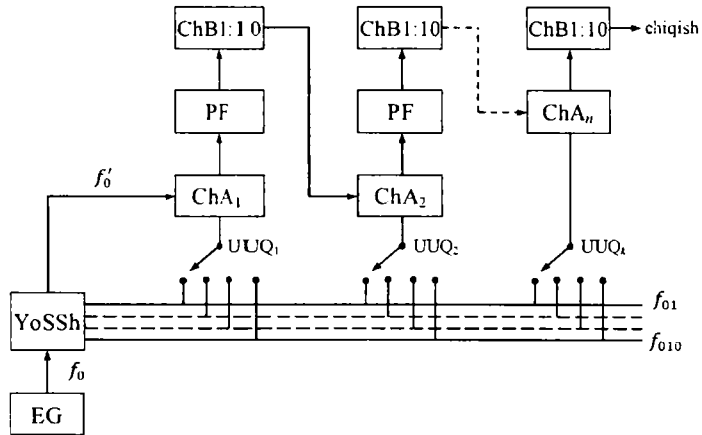


3.3-rasm. *Chastota "xatoligini ayirishga" asoslangan chastotalar sintezatori*

Birinchi chastota almashtirgich ( $ChA_1$ ) da GG chiqishidagi hamma chastotalar qiymati yordamchi generator ( $G$ ) yordamida  $\omega_g$  chastotaga kichiklashiriladi. Tor polosali filtr o'zining kirishidagi signallardan biri chastotasi ( $l\omega_{et} - \omega_g$ ) ga sozlangan bo'ladi. PF kirish signalining qolgan hamma spektr tashkil etuvchilarini o'tkazmaydi. Ikkinchi chastota almashtirgich ( $ChA_2$ ) chiqishida signalning  $l\omega_{et}$  tashkil etuvchisi shakllanadi. Yordamchi generator ( $G$ ) chastotasining farqlanishi  $\Delta\omega_g$  filtr ( $F$ ) ning chastota o'tkazish polosasi kengligini belgilaydi va  $ChA_2$  ning chiqish signaliga ta'sir qilmaydi. Ushbu "xatolikni ayirishga" asoslangan ChS chiqish signali chastotasini o'zgartirish uchun  $G$  chastotasini o'zgartirish orqali erishiladi.

"Bevosita sintez" usuliga asoslangan nisbatan murakkab ChSlarda "bir turli dekada"lardan foydalanish asos qilib olingan. 3.4-rasmida ushbu "bir turli dekada"lardan foydalanishga asoslangan chastotalar sintezatorining strukturaviy sxemasi keltirilgan.





3.4-rasm. "Bir turli dekada"lardan foydalanishga asoslangan chastotalar sintezatori strukturaviy sxemasi

Etalon generatorning  $f_0$  chastotali signali asosida yordamchi signallarni shakllantirish (YoSSh) qurilmasida o'nta  $f_{01}, \dots, f_{010}$  tayanch chastotalari va chastotasi  $f'_0 = f_{01}/9$  ga teng chastotali signallar shakllantiriladi. O'nta tayanch chastotali  $f_{01}, \dots, f_{010}$  bir-biri bilan quyidagicha bog'liqlikka ega:

$$f_k = f_{01} + (n - 1)\Delta f, \quad (3.7)$$

bunda,  $n = 1 \dots 10$ ;  $\Delta f$  - yordamchi chastotalar orasidagi farq. Dekadali uzib-ulgich qurilmalari ( $UUQ_1, \dots, UUQ_k$ ) yordamida  $f_{01}, \dots, f_{010}$  chastotalardan birini chastota almashtirgichdan bohlagan bittasi kirishiga berish mumkin. Polosa filtrlari (PF) ikki signal chastotalari yig'indisiga teng bo'lgan chastotali tashkilotuvchisini ajratadi va bu ajratib olingan signal chastotani bo'lish (ChB) qurilmasi yordamida 10 ga bo'linadi (ohirgi dekadada 10 ga bo'lish qismi bo'lmaydi).

ChS chiqish chastotasi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$f_{chiq} = 10f'_{01} + \Delta f (n_k + n_{n-1}/10 + \dots + n_1/10^{k-1}), \quad (3.8)$$

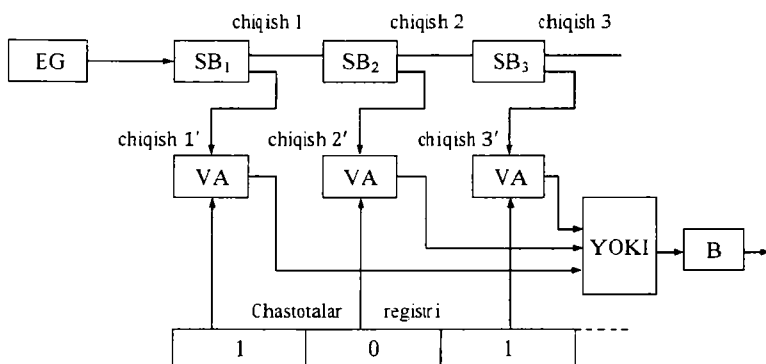
bunda,  $n_k$  - dekadaning ohirgi chastota bo'luvchisi yo'q qilmasi;  $k$  - dekadalar soni;  $n_k$  - UUQ holati tartib raqami (0.1...9). Agar dekadalar soni  $k = 1$  bo'lsa, u holda  $f_{chiq} = 10f'_{01} + \Delta f n_1$ ;  $k = 2$  bo'lsa, u holda  $f_{chiq} = 10f'_{01} + \Delta f (n_2 + n_1/10)$  va h.k.

**Shuni alohida ta'kidlash kerakki, bu usulda shakllantirilgan chastotalar orasidagi farq yordamchi tayanch chastotalari  $f_{01}, \dots, f_{010}$  lar orasidagi farq  $\Delta f$  dan  $10^{k-1}$  marotaba kichik bo'ladi. Dekadalar sonini oshirish hisobiga chiqish signali chastotalari orasidagi farqni kichiklashtirish mumkin. Bu usulni amalga oshirilganda PF chastotalar polosasini o'zgartirish talab qilinmaydi. Bu usulda qurilgan ChSning kamchiliklari, bu ko'p sonli chastota almashtirgich (ChA) va PFlardan foydalanish kerakligi, buning natijasida ChSdan talab qilinadigan**

chiqish signali tarkibidagi zararli (ikkilamchi) spektr tashkil etuvchilari sathini 60...80 dB ga kamaytirishga bo'lgan talabni amalga oshirishni qiyinlashtirishi hisoblanadi.

### 3.3. Raqamli chastota sintezatorlari

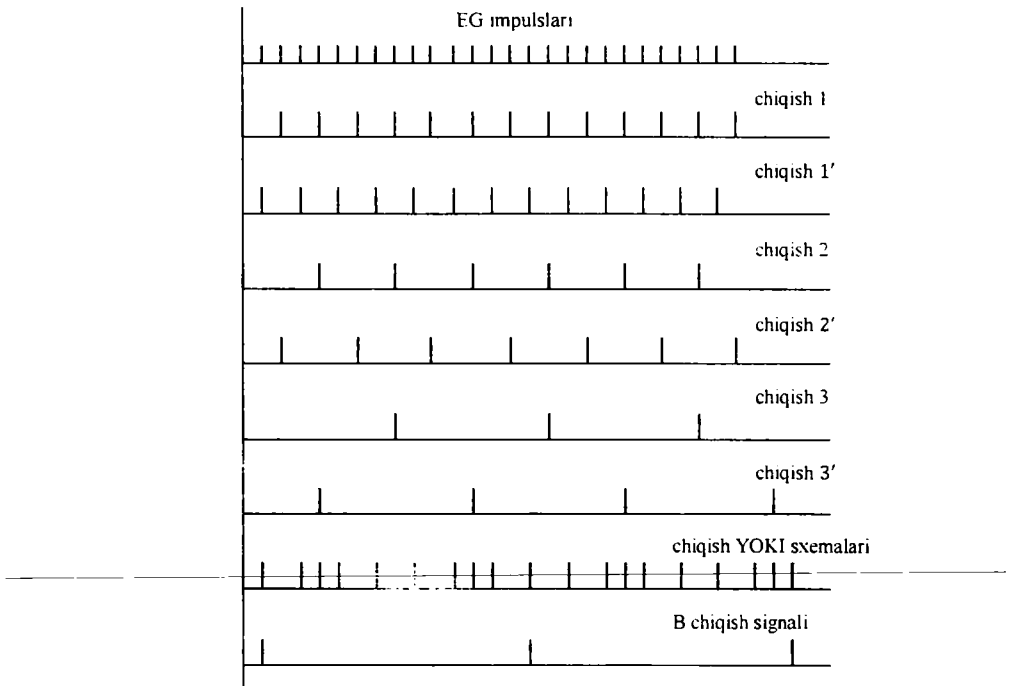
Keyingi yillarda bevosita sintezlash asosida ChSlari raqamli sxematexnikadan keng foydalanib yaratilmoqda. Quyida impulsar ketma-ketligini ko'shishga asoslangan ChSning strukturaviy sxemasi bilan tanishib chiqamiz. Bunday ChS to'liq integral mikrosxemalardan foydalanib yaratilgan (3.5-rasm).



3.5-rasm. Impulsar ketma-ketligini qo'shishga asoslangan raqamli chastotalar sintezatori

ChS funksional sxemasi turli nuqtalaridagi impulsar ketma-ketliklarining vaqt diagrammalari 3.6-rasmda keltirilgan. Yuqori barqarorlikka ega bo'lgan etalon generator (EG) chiqish signali  $n$  ta ikkilik razryadlardan iborat bo'lgan sanoqchi-bo'luvchi (SB) triggerga beriladi. 3.6-rasmda sanovchi-bo'luvchi (SB)ning uchta razryadi aks ettirilgan. Har bir  $D_1, D_2, D_3$  razryad sanovchi-bo'luvchilari (SB) chiqishlari 1 va 1' da ikkita bir-biriga nisbatan  $T/2$  vaqtga siljirilgan ikki impulsar ketma-ketligi shakllanadi (bunda,  $T$  – impulsar ketma-ketligining takrorlanish davri). Har bir SB qurilmasining chiqishidagi impulsar ketma-ketligi chastotasi ularning kirishidagi impulsar ketma-ketligi chastotasiga nisbatan 2 marta kichik. SBlarning 1', 2' va 3' kabi chiqishlaridan impulsar ketma-ketligi "VA" sxemasi kirishlaridan biriga beriladi. Bu mantiqiy sxemaning ikkinchi kirishiga chastotalar registridan 1 va 0 impulsari ta'sir qiladi. Agar chastota registriga 1 yozilgan bo'lsa (3.6-rasmda SB<sub>1</sub> va SB<sub>2</sub> sxemalar chiqishidagi impulsar ketma-ketligi) YOKI sxemasiga ta'sir qiladi, agar registrga 0 yozilgan bo'lsa, u holda YOKI sxemasi yopiladi va uning chiqishida impulsar ketma-ketligi bo'lmaydi (3.6-rasmda SB<sub>2</sub> sxemasi chiqishidagi impulsar ketma-ketligi). Natijada YOKI sxemasi chiqishida

berilgan chastota kodlariga mos keluvchi impulslar ketma-ketligi yig'indisi shakllanadi.

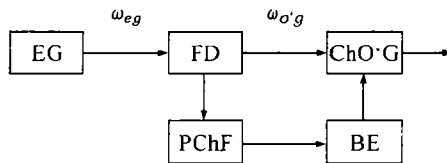


3.6-rasm. Raqamli chastotalar sintezatoridagi impulslar ketma-ketligi vaqt diagrammalari

YOKI sxemasi chiqishidagi impulslar ketma-ketligining vaqt bo'yicha taqsimlanishi bir tekis bo'lmaydi (3.6-rasmda YOKI sxemasining chiqish signali), bu impulslar ketma-ketligining takrorlanish o'rtacha chastotasi registr xotirasiga yozilgan (kiritilgan) boshqaruvchi kodlar ketma-ketligi orqali aniqlanadi. **YOKI sxemasining chiqishidagi impulsning notekis takrorlanishini kamaytirish uchun YOKI sxemasi chiqishiga bo'lish koefitsienti  $N$  ga teng bo'lgan bo'lish (B) sxemasi ulanadi (3.5-rasmdagi B sxemasi).** Bu chastota bo'lgich chiqishidagi impulsning takrorlanishi chastotasi nisbatan bir xil bo'ladi. Chastota bo'lgich (B) ning bo'lish koefitsienti qancha katta bo'lsa, uning chiqishidagi impuls takrorlanishi chastotasi shuncha tekislashadi, shu bilan birga ChS chiqish signali tarkibidagi ikkilameli (zararli, keraksiz) chastotali tashkil etuvchilar sathi shuncha kichik bo'ladi. Ammo bu holda tanlangan EG chastotasida ChS chiqishidagi chastota qiymati shuncha kichik bo'ladi.

### 3.4. Bilvosita usul asosida qurilgan chastotalar sintezatori

Amaliyotda bilvosita, baʼzan tahlil deb ataladigan usul asosida qurilgan chastotalar sintezatorlaridan ham foydalaniladi. Bu usulda qurilgan ChSlar tarkibida chastotasini fazaviy avtomatik sozlash (ChFAS) teskari bogʻlanish zanjiri orqali oʻzgartirish imkoniyatiga ega boʻlgan avtogenerator ham boʻladi. ChFAS tizimining soddalashtirilgan strukturaviy sxemasi 3.7-rasmda keltirilgan. Bu sxemada etalon generator (EG) va chastotasi oʻzgartiriladigan – sozlanadigan avtogenerator chiqish signali chastotalari  $\omega_{eg}$  va  $\omega_{o'g}$  faza detektori (FD) ning kirishlariga beriladi. FDning chiqishida uning kirishidagi signallar fazalari farqiga proporsional boʻlgan kuchlanish hosil boʻladi.



3.7-rasm. Chastotani fazaviy avtomatik sozlash qurilmasining strukturaviy sxemasi

FDning chiqish kuchlanishi past chastotalar filtri (PChF) orqali boshqaruvchi element (BE) ga, misol uchun varikapga taʼsir qilib chastotasi oʻzgartiriladigan generator (ChOʻG) chastotasini EG chastotasiga yaqinlashtiradi.

Bir holatdan ikkinchi holatga oʻtish jarayoni tugagan – stasionar ish holatida EG va ChOʻG signallari fazalari orasidagi farq va FD chiqishidagi kuchlanish oʻzgarish qiymatga ega boʻladi. FD chiqishidagi ushbu oʻzgarish kuchlanish BEga taʼsir qiladi, aks holda stasionar ish holati taʼminlanmaydi. Shuning uchun FD va BE orasida oʻzgarish tokni oʻtkazuvchi element boʻlishi shart. Bu element sifatida FD chiqishidagi turli zararli – keraksiz spektr tashkil etuvchilar sathini keskin kamaytiruvchi PChFdan foydalaniladi. FD chiqishidagi kuchlanish tarkibidagi zararli – keraksiz spektr tashkil etuvchilari BEga taʼsir qilib EG chiqish kuchlanishida zararli chastota (faza) modulyatsiyasi hosil boʻlishiga olib keladi.

ChFAS tizimi turli ish holatlarida boʻlishi mumkin. Misol uchun, agar ChOʻG va EG chastotalari teng boʻlsa va ChOʻGning chastotasini belgilovchi ChOʻG parametrlarining sekin oʻzgarishi ChFAS tizimining ish faoliyati natijasida toʻliq kompensatsiya qilinadi (qoplanadi). Bunda ChFAS tizimi oʻrnatilgan chastotani saqlab qolish ish holatida boʻladi. ChFAS tizimining chastotani saqlab qolish tushunchasi bilan chastotani saqlab qolish polosasi tushunchasi bir-biriga chambarchas bogʻliq. Chastotani ushlab qolish polosasi ish holati EG va ChOʻG chastotalarining boshlangʻich farqlanishi qiymatiga bogʻliq. Chastotani saqlab qolish polosasi kengligi FDning eng katta va eng

kichik chiqish kuchlanishiga mos keluvchi ChO'G chegaraviy chastotalari farqlari orqali aniqlanadi.

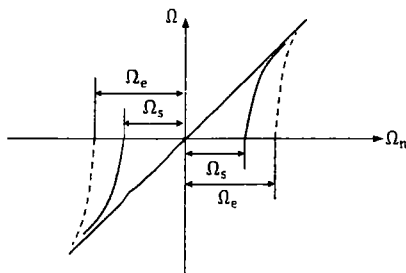
ChFAS tizimining boshqacha ish holati ham, ya'ni EG va ChO'G chiqish signallari chastotasi o'rtacha qiymati nolga teng bo'lib, ushbu chastotalar fazalari orasidagi farq davriy ravishda o'zgarib turadi. Bu kam foydalaniladigan ish holati ChFAS tizimining kvazisinxron ish holati deb ham ataladi. Odatda, ChFAS tizimini loyihalashda uning kvazisinxron ish holatida bo'lmisligiga alohida e'tibor beriladi.

ChFAS tizimining uchinchi ish holati – tepishish (bienie) holati bo'lib, bu ish holatida ChO'G va EG chiqish signallari fazalari farqi o'rtacha qiymatining uzluksiz kattalashib borishi holati kuzatiladi. ChFAS tizimida tepki (bienie) ish holati ChO'G va EG chastotalari orasidagi farq chastotasini tutib qolish polosasidan katta bo'lgan holatda, ya'ni chastotalar farqi FD chiqish kuchlanishi nolga teng bo'lgan holatda yuz beradi. Ba'zan bu ish holati EG va ChO'G chastotalarining boshlang'ich farqi chastotani tutib qolish polosasidan kichik bo'lganda ham yuz beradi. Tepki (bienie) ish holatida ChO'G chastotasining o'rtacha qiymati EG chastotasiga teng bo'lmaydi.

ChFAS tizimining ma'lum vaqt oralig'ida tepki (bienie) ish holatidan kvazisinxron ish holatiga o'tish holati – tutib qolish ish holati deb ataladi. EG va ChO'G chiqish signali chastotalari farqining har qanday qiymatlarida va ChFAS tizimi qanday ish holatida bo'lishidan qat'iy nazar chastotani saqlab qolish yoki kvazisinxron ish holati ta'minlanadigan chastotalar oralig'i – chastotani egallab olish polosasida deb ataladi. Odatda, EG va ChO'G elektr energiyasi manbaiga ulangan vaqti boshida, ularning chiqish kuchlanishlari chastotalari bir-biriga teng bo'lmaydi. Bunda ChO'G chiqish signali chastotasi tepki (bienie) kuchlanishi ta'sirida modulyatsiyalangan bo'ladi. Bunda tepki (bienie) kuchlanishi oniy qiymatlarida g' musbat yoki manfiylikiga mos ravishda EG va ChO'G chiqish signali chastotalari farqi g'oh kattalashadi, g'oh kichiklashadi. Natijada tepki (bienie) kuchlanishlarining musbat va manfiy yarim to'liqlari davomiyliklari turlicha bo'ladi, FD kirish va chiqishidagi kuchlanishlarda o'zgarmas – doimiy tashkil etuvchi paydo bo'ladi. Kuchlanishning o'zgarmas – doimiy tashkil etuvchisining paydo bo'lishi o'z navbatida chastotalar tepkisini chastotalar boshlang'ich farqiga nisbatan o'zgarishiga sabab bo'ladi. Agar EG va ChO'G chastotalari farqi chastotani saqlab qolish (egallab olish) polosasidan kichik bo'lsa, u holda FD chiqishidagi kuchlanish doimiy tashkil etuvchisi chastotalar tepkisi (bienesini) nolgacha kichiklashtiradi va chastotani saqlab qolish (egallab olish) ish holatiga o'tadi.

Agar EG va ChO'G chastotalar farqi chastotani saqlab qolish (egallab olish) polosasidan katta bo'lsa, u holda FD chiqishidagi kuchlanish ChO'G chastotasini saqlash (egallab olish) polosasiga to'liq olib kirishga yetarli bo'lmaydi va tizimda tepki (bienie) ish hoati yuz beradi. Umuman saqlab qolish va egallab olish polosalari kengligi bir-biriga teng emas (3.8-rasm). 3.8-rasmda EG va ChO'G lar chastotalari farqining  $\Omega_n$  ning eng katta qiymatidan eng kichigigacha o'zgaranda EG va ChO'G chastotalari farqining ChFAS tizimi ta'siri natijasida o'rtacha qiymatining barqaror o'zgarishi uzluksiz chiziq bilan

ko'rsatilgan. Chastotalar farqi  $\Omega_n$  ning kichik qiymatidan katta qiymatiga o'zgarib borishi EG va ChO'G chiqish signallari chastotalari farqining barqaror o'zgarishligi uzun chiziqlar bilan aks ettirilgan. Ushbu 3.8-rasmda chastotalar farqi  $\Omega_n$  ni ChFAS yopiq tizimida  $\Omega_n$  ga bog'liqligi ingichka uzluksiz to'g'ri chiziq orqali aks ettirilgan. Chastotani saqlab va egallab olishni aks ettiruvchi egri chiziqlar 1 va 3 choraklarda simmetrik joylashganligi uchun, odatda ularning yarim qiymatlari saqlab qolish ( $\Omega_s$ ) va egallab olish ( $\Omega_e$ ) chastotalari polosalari qabul qilingan.

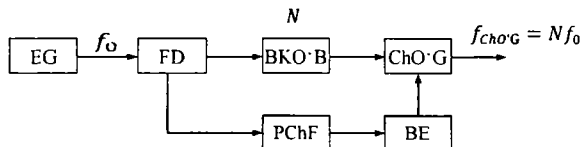


3.8-rasm. ChFAS saqlab qolish va egallab olish polosalari kengligini aniqlashga oid

$\Omega_s$  va  $\Omega_e$  lar orasidagi bog'liqlik ChFAS tizimining boshqarish zanjiri inersionligi darajasiga bog'liq. Agar boshqarish zanjirida PChF qismi bo'lmasa, u holda tizim inersiyasiz bo'ladi va  $\Omega_s = \Omega_e$  ligi ta'minlanadi. Bu holda ChFAS tizimining filtrlash (sarlash) qobiliyati yomon bo'ladi va FD chiqishidagi xalaqit ChO'G chiqish signali chastotasiga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir qiladi.

PChF chastotalar polosasining torayishi ChFAS tizimining chastotani egallash polosasi chastotani ushlab turish polosasidan kichiklashadi. Bunga sabab boshqarish elementi kirishidagi kuchlanishning kichiklashishi va ChFAS tizimi yopiq zanjiridagi PChF ning qo'shimcha faza siljishini kiritish hisoblanadi. Agar oddiy PChF sifatida integrallovchi RC zanjirdan foydalanilsa u holda chastotani saqlab (ushlab turish) qolish va egallab olish orasidagi bog'lanish  $\Omega_e T > 3$  (bunda  $T = RC$  filtr vaqt doimiyligi) holat uchun  $\Omega_e / \Omega_s = 1,27\sqrt{T\Omega_s}$  ifoda orqali aniqlanadi. Yuqorida keltirilgan ifodadan ko'rinadiki, PChF vaqt doimiyligi  $T = RC$  ning kattalashtirish ChFAS tizimining chastotani egallash polosasining torayishiga olib keladi. Ammo bu holatda tashqi xalaqitlarni filtrlash sifati yaxshilanadi va EG xususiy shovqinlari sababli paydo bo'ladigan ichki xalaqitlarni filtrlash sifati yomonlashadi. Amaliyotda chastotaning o'zgarishini boshqarish zanjirining inersionligi ChFAS tizimining chastotani egallash polosasining iloji boricha keng bo'lishini ta'minlash va unga teskari bo'lgan tashqi xalaqitlarni filtrlash sifatini ta'minlash nuqtai nazaridan tanlanadi. Shu sababdan ChFAS tizimining chastota o'zgarishini boshqarish zanjirida nisbatan murakkab PChFdan foydalaniladi.

ChFAS tizimining ishlash asosini bilgan holda chastotani bilvosita sintezlashga asoslangan ChS ishlash asosini tushunish qiyin emas. Bu bilvosita – tahlil asosida ishlaydigan ChSning strukturaviy sxemasi 3.9-rasmda keltirilgan. Bo‘lish koeffitsienti o‘zgaruvchi bo‘luvchi (BKO‘B) chiqish signali va EG shakllantirayotgan  $f_0$  chastotali signal FDga ta‘sir qiladi. FD chiqish kuchlanishi xuddi avval tahlil qilinganidek ChFAS tizimidagidek PChF orqali ChO‘Gning boshqaruvchi element (BE)ga ta‘sir qiladi va uning chastotasini mos ravishda o‘zgartiriladi. Odatda ChO‘G sifatida sig‘imli uch nuqta sxema asosida qurilgan tebranish konturiga varikap – chastotani boshqarish elementi (ChBE) parallel ulangan tranzistorli avtogeneratordan foydalaniladi. EG va ChO‘G chiqish signali chastotalari bir-biriga teng va sinxron ish holatida FD chiqish kuchlanishi nolga teng va ChO‘G chastotasining uzoq vaqt davomidagi qiymati EG chastotasiga teng bo‘ladi ( $f_0 = f_{ChO‘G}/N$ , bunda  $N$  – BKO‘B sxemasining bo‘lish koeffitsienti).



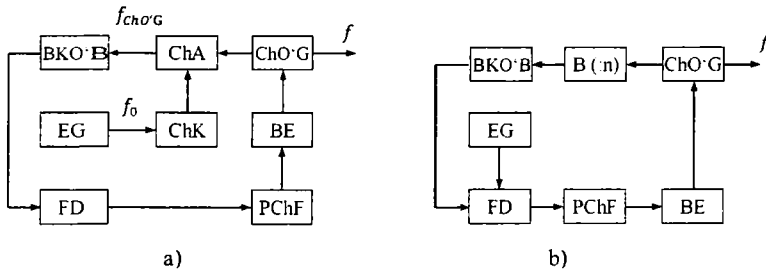
3.9-rasm. Bilvosita – tahlil asosida ishlaydigan ChSning strukturaviy sxemasi

Tashqi boshqaruvchi element orqali ChS chiqishida shakllantirilishi kerak bo‘lgan chastotaning ko‘p bo‘lish orqali bo‘lish koeffitsienti  $N$  ning qiymatini o‘zgartirish mumkin, natijada ChS chiqish tebranishlari chastotasi  $f_{ChO‘G} = N f_0$  ga teng bo‘lishiga erishiladi. Bunda ChSning chiqish signali chastotalari orasidagi eng kichik farq  $f_0$  ga teng bo‘ladi. BKO‘B sifatida o‘rtacha va yuqori darajada integratsiyalashgan integral sxema asosida qurilgan impulslar hisoblagichidan foydalaniladi. Raqamli BKO‘B qurilmalari kirish signali chastotalari 1.5...2.0 GHz gacha bo‘lgan hollarda barqaror ishlaydi. Agar  $f_{ChO‘G} > 1,5 \dots 2,0$  GHz bo‘lsa, u holda BKO‘B kirish signali chastotasini pasaytirish uchun chastotalarni ayirish (3.10a-rasm) yoki bo‘lish (3.10b-rasm) usullaridan foydalaniladi. Agar BKO‘B kirish chastotasini kichiklashtirish uchun ayirish usulidan foydalanilsa ChO‘G chastotasi  $f_{ChO‘G} = (N - K) f_0$ , bunda  $K$  – chastota ko‘paytirgich (ChK) ning ko‘paytirish koeffitsienti. Bu ChS chiqish signali chastotalari orasidagi farq  $\Delta f$  ga tengligi saqlanib qoladi.

Agar BKO‘B kirishidagi signal chastotasi kichiklashtirishda bo‘lish koeffitsienti  $m$  o‘zgarmas bo‘lgan chastota bo‘lgich yordamida amalga oshirilsa, u holda ChS chiqishidagi chastotalar orasidagi eng kichik farq – chastotalar farqi  $m f_0$  ga teng bo‘ladi.

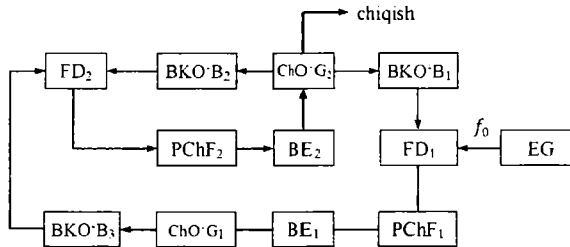
Shuni ta‘kidlash kerakki, qo‘shimcha chastota bo‘lish qurilmasidan foydalanilganda (3.10b-rasm) chastotalarni ayirish usulidan foydalanib kichiklashtirish usuliga (3.10a-rasm) qaraganda ma‘lum atzalliklarga ega

bo'ladi, chunki birinchi usuldan foydalanilganda qurilma tarkibida chastota almashtirgich (ChA) va chastota ko'paytirish (ChK) sxemalari bo'lmaydi. ChA va ChK sxemalari o'z ish faoliyatlari natijasida ChS chiqish signali tarkibida deyarli ikkilamchi spektral tashkil etuvchilar sathi katta bo'ladi.



3.10-rasm. Bo'lish koeffitsienti o'zgaruvchi chastotalar sintezatori a) chastotalarni ayirish usuli b) chastotalarni bo'lish usuli

BKO'B qurilmasi chiqish signali chastotalari orasidagi farq kichik bo'lishini ta'minlash uchun EG chastotasi  $f_0$  kichik bo'lishi talab qilinadi. FDga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir chiluvchi  $f_x$  chastotali xalaqit ta'sirida ChS chiqish signali spektridagi keraksiz – ikkilamchi tashkil etuvchilar sathini kichiklashtirish uchun ChFAS yopiq zanjiri inersionligini kattalashtirish kerak. Ammo buning natijasida ChO'G ichki shovqinlari shakllantiradigan ichki xalaqitlarni filtrlash sifati yomonlashadi. Ushbu bir-biriga qarama-qarshilikni bartaraf qilish uchun ChSda ikki yopiq zanjirlarga ega bo'lgan ChFAS tizimidan foydalaniladi (3.11-rasm).



3.11-rasm. Ikki yopiq zanjirli chastota sintezatori

Bunda ChFAS tizimining bir yopiq zanjiri yetarli darajada inersiyali qilib (ChO'G<sub>1</sub>, BE<sub>1</sub>, PChF<sub>1</sub>, BKO'B<sub>1</sub>) tanlanadi va natijada chastotasi  $f_x$  bo'lgan xalaqitlarni sifatli filtrlash ta'minlanadi. ChSning ikkinchi ChFAS yopiq xalqasi (ChO'G<sub>2</sub>, BE<sub>2</sub>, PChF<sub>2</sub>, BKO'B<sub>2</sub>) dan tashkil topgan bo'lib. ChO'G<sub>2</sub> ning xususiy shovqinlari sathini sezilarli darajada kichiklashtirishga erishiladi. BKO'B<sub>1</sub>, BKO'B<sub>2</sub>, BKO'B<sub>3</sub> larning bo'lish koeffitsientlarini tanlash asosida ChS ishlash



chastotalari o'zgarish diapazoni qiymatlari berilgan bo'lsa ( $\text{ChO} \cdot \text{G}_2$ )  $\text{ChO} \cdot \text{G}_2$  ning chastotasini kichik oraliqda o'zgarishini ta'minlash mumkin. Bunda EGdan  $\text{ChO} \cdot \text{G}_1$  sifatida foydalanish imkoniyatini beradi. Bu o'z navbatida ushbu  $\text{ChO} \cdot \text{G}_1$  ning xususiy shovqinlarini  $\text{ChO} \cdot \text{G}_2$  chiqish signali spektri xarakteristikasiga ta'sirini bartaraf etishga imkoniyat yaratadi. BKO'bli ChSni ko'p hollarda chastotalar raqamli sintezatori deb ham ataladi, chunki bu qurilmada raqamli sxematexnikadan keng foydalaniladi. Chastotalar raqamli sintezatori (ChRS) lari boshqa usulda qurilgan ChSga nisbatan o'zining geometrik o'lchamlari va massasining kichikligi, texnologik jihatdan qulayligi va mastahkamligi kabi afzalliklarga ega.

Raqamli chastota sintezatorlarini EHM va mikroprotessorlar bilan ulashda ularni moslashtirish oson. EHM va mikroprotessorlardan BKO'Blar bo'lish koeffitsientlarini o'zgartirish va  $\text{ChO} \cdot \text{G}$ larning chastotalarini dastlabki o'rnatishda foydalaniladi.

Radiouzatish qurilmalari tarkibiga kiruvchi ChSdan chastotasi barqaror tebranishlarni shakllantirish bilan birga, RUQlarida foydalanishi rejalashtirilgan modulyatsiyalangan signallarning bir necha turini shakllantirishda ham keng foydalaniladi (3.1-rasm). Burchak modulyatsiyasi (ChM va FM) signallar yordamida axborot uzatish yuqori chastotali signal chastota (fazasi)ni o'zgartirish bilan bog'liq bo'lgani uchun modulyatsiya jarayoni to'g'ridan-to'g'ri ChSda o'tkaziladi. Umuman boshqa tur murakkab modulyatsiyalangan signallarni ham ChSda shakllantirish mumkin. ChM va FM signallarni shakllantirishda bevosita va bilvosita usullardan foydalanish mumkin. ChM signallarni bevosita shakllantirishdan foydalanilganda uni chastotasini o'zgartirish xususan avtegoregulyatsiya o'zida amalga oshiriladi. ChM (FM) signallarni bilvosita shakllantirish yuqori chastotali tebranishlar fazasini past chastotali modulyatsiyalovchi signal orqali boshqarish orqali amalga oshiriladi.

Amplitudasi modulyatsiyalangan signallar RUQlarida ko'p hollarda energetik nuqtai nazardan qurilma foydali ish koeffitsientini oshirish maqsadida modulyatsiya RUQning ohirgi yoki ohirgidan oldini kaskadida amalga oshiriladi. Shunga qaramasdan ko'pgina ChSlarda A3 yoki A1, A2 rejimlarida modulyatsiyalangan signallarni shakllantirish imkoniyati bor. A1 rejimi ChSning modulyatsiya turlarini shakllantirish qismi antenyuatorini elektronli raqamli boshqarish orqali amalga oshiriladi. Bir polosali keraksiz yon chastotalar polosasi umuman yoki qisman so'ndirilgan AM signal filtrlar usulidan foydalanib chastotalar sintezatori chiqishida amalga oshiriladi.

#### **BKO'bdan foydalanishga asoslangan ChSda ChMni axborot signalini**

bevosita boshqaruvchi element kirishiga berish orqali amalga oshiriladi.

Zamonaviy RUQlarida kerakli modulyatsiya turi asosiy nurlatish chastotasiga nisbatan ancha kichik bo'lgan  $f_{och}$  – oraliq chastotada shakllantiriladi. Chastotani o'zgartirish traktida  $f_{och}$  li modulyatsiyalangan signal spektri asosiy nurlatiladigan ishchi chastotaga  $f_i$  ga ChSda shakllantiriladigan  $f$  chastotali tebranish yordamida amalga oshiriladi.

### *Nazorat savollari*

1. *Chastotalar sintezatorining soddalashtirilgan sxemasini chizing va uning qismlari bajaradigan vazifalarni aytib bering*
2. *ChSning asosiy texnik ko'rsatkichlari haqida qisqacha ma'lumot bering.*
3. *ChS lari bajaradigan vazifalar haqida ma'lumot bering.*
4. *ChSda ChFAS qanday amalga oshiriladi?*
5. *ChS tarkibidagi BE, ChO'G, FD va PChF qanday vazifalarni bajaradi?*
6. *"Chastotani saqlash" qanday amalga oshiriladi va uning polosasi kengligi qanday aniqlanadi?*
7. *"Chastotani egallash" deganda nimani tushunasiz va u ChSda qanday amalga oshiriladi?*
8. *ChSning qanday ish holatida uning D chiqish kuchlanishi nolga teng bo'ladi?*
9. *ChSda qanday hollarda ikki halqali ChFAS tizimidan foydalaniladi?*
10. *Qanday ChS raqamli chastota sintezatori deb ataladi?*
11. *BKO'BDan nima maqsadda foydalaniladi?*
12. *ChS chiqishidagi chastotalar odimi uning EG chiqish chastotasi bilan qanday bog'liqlikka ega?*
13. *ChS qo'shimcha qanday vazifalarni bajarishi mumkin?*
14. *ChSdagi etalon generator sifatida qanday avtogeneratordan foydalaniladi?*

## 4. RADIOTEKNIK TIZIMLARDA ELEKTROMAGNIT MOSLASHUV

### 4.1. Asosiy tushunchalar

Har qanday radiotexnik vositalar ularga turli radioxalaqitlar ta'sir etadigan sharoitda ishlaydilar. Radioxalaqitlarni ularning yuzaga kelish xususiyatiga qarab ikki turga: maxsus shakllantirilgan va maxsus shakllantirilmagan radioxalaqitlarga ajratiladi. Maxsus shakllantirilgan radioxalaqitlar u yoki bu radiotexnik vositaning oldiga qo'yilgan vazifasini bajarish sifatini yomonlashtiradi. ba'zan uni umuman axborot qabullash imkoniyatini yo'q qiladi. Maxsus shakllantirilmagan xalaqitlar radiotexnik qurilmaning ish faoliyatini yomonlashtirish uchun maxsus (atayin) shakllantirilmaydi. Bunday xalaqitlar tashqi va ichki turlarga bo'linib, bular turli radiotexnik va elektrotexnik vositalar tomonidan ularning talab darajasida ishlamasliklari, radioelektron vositalar (REV) ba'zi funksional qismlarining ishlash jarayonini to'liq e'tiborga olinmaganligi sababli hosil bo'ladi. Maxsus shakllantirilmagan xalaqitlarning sathi keyingi yillarda uzluksiz kattalashib bormoqda. Bunga sabab xalq xo'jaligi va boshqa sohalarda foydalanilayotgan REVLar sonining keskin ko'payganligidir. Keyingi davrda har 5 yilda foydalanilayotgan turli REVLarning soni ikki marta oshmoqda. Maqsadli maxsus shakllantirilmagan radioxalaqitlar manbalarining soni bundan ham tez ko'paymoqda. Shu jumladan, harbiy – mudofaa maqsadlarida foydalanilayotgan REVLar soni ham ko'payib bormoqda. Misol uchun, zamonaviy samolyotda 25...30 ta turli REVLar o'rnatilgan bo'ladi. Xuddi shuningdek dengiz va okeanlarda suzuvchi kemalarda o'rnatilgan va turli maqsadlarda foydalaniladigan REVLar soni samolyotdagidan kam emas. Jang maydonlarida bir km<sup>2</sup> hududda o'nlab radioelektron vositalar bo'lishi mumkin.

REVLar sonining ko'payib borishi "efirda tanglik" muammosini keltirib chiqarmoqda, bu esa o'z navbatida maxsus shakllantirilmagan radioxalaqitlar sathining kattalashishiga olib kelmoqda. Har qanday REV murakkab xalaqitli sharoitda faoliyat ko'rsatadi, chunki hozirda o'zlashtirilayotgan radiochastotalar diapazonidan foydalanadiganlar shu darajada ko'pki, agar maxsus chora-tadbirlar ko'rilmasa REVLarning loyihalash bosqichidagi talablarga javob beradigan sifat bilan ishlashi mumkin emas.

Turli REVLarning hududda zich joylashishi va ularning texnik ko'rsatkichlari talab darajasida emasligi elektromagnit moslashuv (EMM) muammosini keltirib chiqardi.

---

**REVLarning elektromagnit moslashuvi** deb uning yuzaga kelgan elektromagnit muhitda boshqa REVLar bilan bir vaqtda talab etiladigan sifat ko'rsatkichi bilan ishlash va boshqa REVLarga ruxsat etilganidan katta sathli radioxalaqitlar bilan ta'sir etmaslik qobiliyatiga (xususiyatiga) aytiladi.

REVLar EMMni ta'minlash radioelektron kurash (REK) umumiy muammosining muhim tarkibi hisoblanadi. O'z REVLarining yuqori ishonchlik bilan ishlashini ta'minlamasdan, axborot kurashida ustunlikka erishish mumkin

emas. Ammo hozirgacha, ko'p hollarda REK masalasini yechishda EMMning tutadigan o'rmini noto'g'ri baholash yuz bermoqda.

**Radioelektron himoya (REH)** bu REVlar va tizimlarning dushman tomonidan radioelektron kurash olib borilganda, turli REVlar o'zaro ta'sir etadigan muhitda ishonchlilik bilan ishlashini ta'minlashga yo'naltirilgan tadbirlardan asosiy hisoblanadi. REH radioelektron kurashning asosiy qismi hisoblanadi. REH radioelektron vositalarni dushman tomonidan tashkil etiladigan turli xalaqitlardan, shu jumladan yadro va boshqa qurollarning ionlovchi va elektromagnit nurlaridan himoyalash, shu bilan birga REV EMMni ta'minlash.

REH tadbirlarining samaradorligi miqdoran REV tomonidan o'z vazifasini maxsus shakllantirilgan va maxsus shakllantirilmagan sharoitda bajara olish ehtimolligi bilan baholanadi, ya'ni

$$P_{REH} = P_{MshX} \cdot P_1 + (1 - P_{MshX})P_2, \quad (4.1)$$

burda,  $P_{MshX}$  – REVga maxsus shakllantirilgan xalaqitlarning ta'sir etish ehtimolligi;  $P_1$  va  $P_2$  – REV tomonidan o'z vazifasini foydali signal bilan bir vaqtda maxsus shakllantirilgan va maxsus shakllantirilmagan xalaqitlar yoki faqat maxsus shakllantirilmagan xalaqitlar ta'sir etgan sharoitda bajarish ehtimolliklari.

(4.1) ifodadan ko'rinadiki REHning samaradorligi uning xalaqitlardan himoyalanganligini ko'rsatadi va o'z navbatida REVning (maxsus shakllantirilgan xalaqitlar mavjud bo'lgan yoki bo'lmagan) xalaqitbardoshligini miqdoriy baholash ko'rsatkichi va shu bilan birga REVning yashirin ishlash va dushmanning radiotexnik razvedka (RTR) vositalarining ishlash samaradorligini baholash ko'rsatkichi hisoblanadi.

Quyida EMM muammosini yechishning ba'zi texnik va tashkiliy muammolari, faqat radiotexnik qurilmalar tomonidan maxsus shakllantirilmagan xalaqitlar uchun ko'rib chiqamiz.

## **4.2. Maxsus shakllantirilmagan xalaqitlar va radioelektron vositalar elektromagnit moslashuv muammosi**

**Maxsus shakllantirilmagan xalaqitlar** quyidagi turlarga bo'linadilar: o'zaro xalaqitlar, sanoat xalaqitlari, kontakt (ulanish) xalaqitlari.

*O'zaro xalaqitlar* bu REVsining nafaqat o'z ishchi chastotalar diapazonidan, shu bilan birga o'z ishchi chastotalar diapazonidan tashqari chastotalardagi nurlanishlar hisoblanadi. "O'zaro xalaqit" deganda bir REVning boshqa REVga va teskari o'zaro ta'siri tushunilishi kerak. Ammo, ba'zan "o'zaro xalaqit" deganda faqat bir tomonlama bir REVni ikkinchisiga ta'siri nazarda tutiladi.

*Sanoat xalaqitlari* turli elektrotexnik va radioelektron vositalari tomonidan ishlash jarayonida hosil qilinadi. Katta quvvatli sanoat xalaqitlari marabai qatoriga turli generatorlar, dvigatellar, yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalari, elektr transportlari kiradi.

*Kontakt xalaqitlari turli nurlatkichlar hosil qilgan elektromagnit maydonning nohiziqli nostasionar yuklamalarda o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladi.* Misol uchun, yuzasida metal oksidi bo'lgan metal jismlarni elektromagnit maydon bilan nurlatganda metaldan aks etib qaytgan elektromagnit maydon spektri birlamchi maydon nozichiqli o'zgarish sababli bo'lydi. xuddi yarim o'tkazgich kristallariga ta'sir etgan holatdagidek bo'lydi. Kontakt xalaqitlari sathi REV o'rnatilgan transport vositasi tezligi oshgan sari kattalashadi.

Har qanday REV. shu jumladan radioqabulash qurilmalari ham o'z ishlash jarayonida maxsus shakllantirilmagan xalaqitlar kelib chiqishiga sabab bo'lishi mumkin. Amalda REVlarning EMMiga asosan o'zaro xalaqitlar sabab bo'ladi. shuning uchun quyida sanoat va kontakt xalaqitlarini ko'rib chiqmaymiz.

EMM nuqtai nazaridan quyidagi masalalarni hal qilish muhim hisoblanadi:

- o'zaro xalaqitlarning paydo bo'lish sabablarini o'rganish;
- REVlarning xalaqitlardan ta'sirlanishi. bu muammo haqida ilmiy-texnik izlanish olib borish va tajriba-konstruktorlik ishlarini bajarish. ommaviy chiqarishdan oldingi nusxalarini yaratishda. texnik foydalanish va harbiy holatlarda qo'llash vaqtlarida aniqlash:
- REVlarning EMMini avvaldan bashorat qilish;
- REVlarni o'zaro xalaqitlardan himoyalashning samarali usullarini ishlab chiqish:
- REVlarning texnik xarakteristikalarini EMM nuqtai nazaridan normalash (belgilash) va cheklash;
- REVlarning EMMini ta'minlovchi tashkiliy tadbirlarni ishlab chiqish;
- REVlarning EMMiga tegishli texnik xarakteristikalari norma va chegaraviy qiymatlarinin amalda bajarilishini nazorat qilish.

REVlar EMMi uchta turli strukturaviy pog'onada tahlil qilinadi:

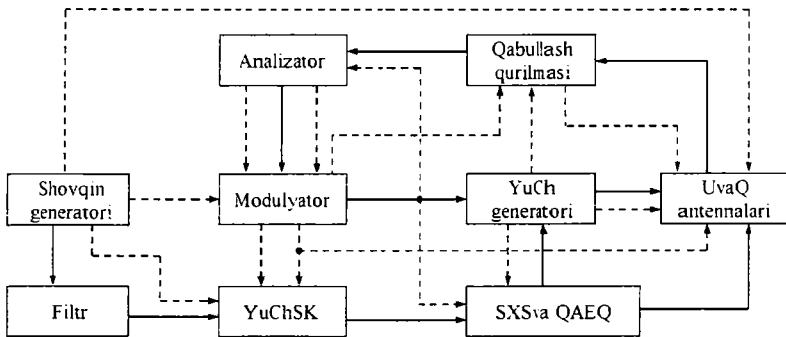
- 1) pastki pog'ona. "alohida yakka REV"da;
- 2) o'rta pog'ona. "uchish apparati ko'p funksiyali kompleks"da;
- 3) yuqori. samolyotlar guruhi murakkab REVlar. (yoki REVlar to'plami)da.

EMM muammosini pastki, o'rta va yuqori pog'onalarda ketma-ket ko'rib chiqilganda EMM masalasi hajmi oshadi. EMM muammosini yuqori pog'onada yechish eng murakkab masala hisoblanadi. chunki bunda yuzlab, ba'zan esa minlab REVlarning EMMini o'rganish kerak bo'ladi.

---

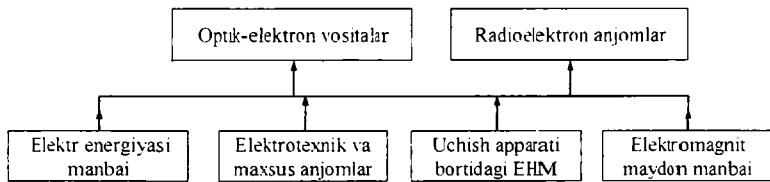
**REVlarning pastki pog'onada EMMini tadqiqot qilishga misol tariqasida** aktiv xalaqitlar stansiyasi (AXS)ni ko'rib chiqamiz (4.1-rasm). 4.1-rasmida aktiv xalaqitlar stansiyasining alohida qismlari tomonidan bir-biriga o'zaro xalaqitlar bilan ta'sir etish yo'llari punktir chiziqlar bilan ko'rsatilgan. Bunda: YuCh generatori – yuqori chastota generatori; YuChSK – yuqori chastota signallar kuchaytirgichi; UvaQ antennalari – uzatish va qabullash antennalari; SXSvaQAEQ – signalni xotirada saqlash va qayta aks ettirish qurilmasi.

Aktiv xalaqitlar stansiyasining qabullash va signallarni tahlil etish qismiga eng katta salbiy taʼsir koʻrsatuvchi qismlari bu uning modulyatori, chastotalarni xotirada saqlash sxemasi, yuqori chastotali signallar kuchaytirgichi va uzatish antennasi hisoblanadi. REK apparaturasini uchish apparatiga joylashtirishda ham EMMga taʼsir qiluvchi keraksiz tizimlararo elektromagnit nurlanishlari oʻrqli bogʻlanishlarning mavjudligini albatta eʼtiborga olish kerak boʻladi.



4.1-rasm. Qismlari bir-biriga oʻzaro xalaqitlar bilan taʼsir qiluvchi pastki pogʻona aktiv xalaqitlar stansiyasini EMMni tahlil etishga oid

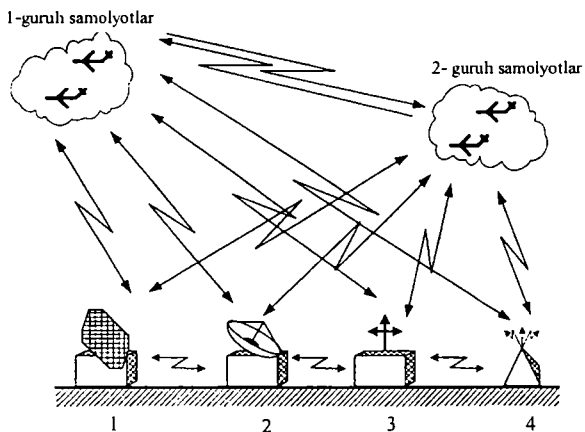
4.2- va 4.3-raslarda oʻrta va yuqori pogʻona REVLari boʻlgan uchish apparatining turli vazifalarni bajaruvchi radioelektron kompleksi; aviatsiya REVLari tizimi va yerdagi harbiy guruhlar REVLarining oʻzaro xalaqitlari manbalari va ularning bir-biriga taʼsir etish yoʻllari sodda strukturaviy sxema asosida tasvirlangan.



4.2-rasm. REI oʻrta pogʻona tarkibidagi oʻzaro xalaqitlar manbalari

EMM muammosining kelib chiqishiga asosan quyidagilar sabab boʻlishi mumkin:

- hududda REVLarning zich joylashganligi;
- chastotalar diapazonidan foydalanuvchi REVLar sonining koʻpligi – chastotalar diapazonining ortiqcha yuklanganligi;
- radiouzatish qurilmalari chiqish quvvatlarining kattalashishi;
- radioqabullash qurilmalari sezgirlikining oshishi;
- REVLar tarkibining mutanosib (optimal) emasligi.



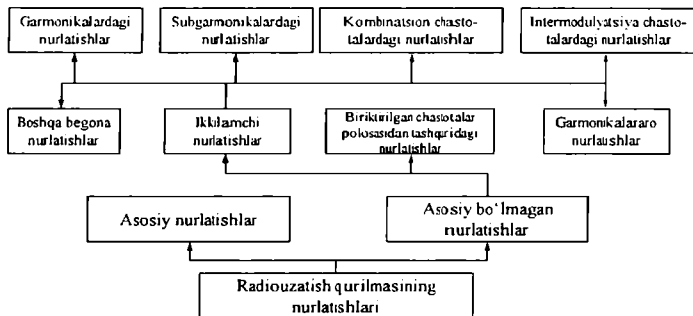
4.3-rasm. REVLar turli pog'onalarida xalaqitlarning o'zaro ta'siri

Rasmida: 1 – qurolni boshqaruvchi RLS; 2 – maqsad (ob'ekt)ni topish RLS; 3 – Radionavigatsiya markazi; 4 – aktiv xalaqitlar stansiyasi.

EMM nuqtai nazaridan REVLarning talab darajasidagi texnik ko'rsatkichlariga javob bermasligi, birinchi navbatda radiouzatish qurilmalarining ularga ishlashi uchun ajratilgan chastotalar polosasidan tashqarida, keng polosada va talab etiladigan teles burchakdan keng burchakda radiosignallarni nurlatishi hisoblanadi. Qabullash qurilmalari tarkiblarining mutanosib (optimal) emasligi ham qabullash qurilmasi o'zi qabullashi kerak bo'lgan chastotalar polosasidan tashqaridagi signallarni ham qabul qilishi, turli signallarni optimal qabullash mezonida qabul qilinmasligiga ham EMM muammosining to'liq bajarilmasligiga sabab bo'ladi.

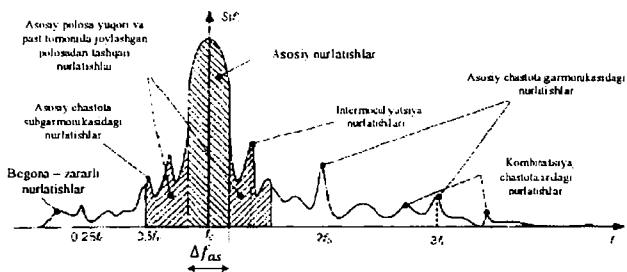
#### 4.3. Radioelektron vositalarning texnik xarakteristikalarini va elektromagnit moslashuv muammolari

Radiouzatish va qabullash qurilmalarining EMMga ta'sir etuvchi texnik xarakteristikalarini ko'rib chiqamiz. Radiouzatish qurilmalari tomonidan nurlatiladigan radiosignallar spektri tarkibi turli tashkil etuvchilarga juda boy. Radiouzatkichlar nurlatadigan radiosignallarni ikki turga: asosiy va asosiy bo'lmagan (ikkilamchi) nurlatishlarga bo'lish qabul qilingan (4.4-rasm). Zamonaviy radiouzatkichlarning chiqish quvvatlari uning asosiy va asosiy bo'lmagan – ikkilamchi spektr tashkil etuvchilari orasida taqsimlanadi.



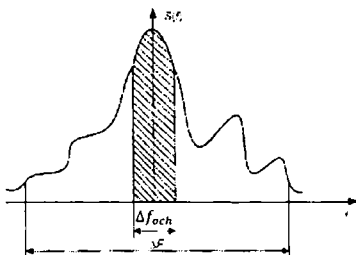
4.4-rasm. Radiouzatkich nurlatishlarining taqsimlanishi

*Asosiy nurlatishlar* chastotasi polosasi  $\Delta f_{as}$  axborot signalining talab darajasidagi sifat va tezlik ta'minlashi uchun kerak bo'ladigan chastotalar polosasi bilan xarakterlanadi (4.5-rasm). *Asosiy nurlatishlar* polosasi  $\Delta f_{as}$  bu radiouzatkich umumiy nurlatishlarining bir qismi bo'lib Xalqaro elektraloqa ittifoqi (XEI)ning Xalqaro radio maslahat qo'mitasi (XRMQ) tavsiyasiga asosan nurlatishlar polosasi kengligi (NPK) bilan xarakterlanadi. NPK  $\Delta F$  deb, radiouzatish qurilmasi chiqish (nurlatayotgan) quvvatining  $(100 - \beta)$  foiz qismiga mos keluvchi chastotalar diapazoniga aytiladi (4.6-rasm).  $\beta$  – ko'rsatkichning qiymati nurlatilayotgan signal turiga bog'liq ravishda 1% atrofida bo'lishi mumkin. Bunda  $\beta$  quvvatning yarmi, ya'ni  $0,5\beta$  qismi radiouzatkich NPKning yuqori qismida, ikkinchi  $0,5\beta$  qismi esa uning pastki qismida joylashgan bo'ladi.



4.5-rasm. Radiouzatkich nurlatishlari spektri





4.6-rasm. Radiouzatkich nurlatishlari polosasi kengligi

Agar NPK asosiy nurlatiladigan chastotalar polosasiga teng bo'lsa, ya'ni  $\Delta f_{as} = \Delta F$  bo'lsa, bunday nurlatish mukammal nurlatish hisoblanadi. aks holda esa nomukammal nurlatish hisoblanadi.

Asosiy nurlatish chastotasi polosasidan tashqarida bo'lgan nurlatishlar *asosiy bo'lmagan nurlatishlar* deb ataladi va ular o'z navbatida polosadan tashqaridagi va ikkilamchi nurlatishlarga bo'linadi (4.4-rasm).

**Asosiy polosadan tashqaridagi nurlatishlar** asosiy nurlatishlar polosasiga jips joylashgan bo'ladi. Asosiy polosadan tashqaridagi nurlatishlar asosan radiouzatish qurilmasida amalga oshiriladigan modulyatsiya turiga va modulyatsiyalo vchi signal shakliga bog'liq.

Asosiy bo'lmagan nurlanishlarning asosiy qismini ikkilamchi deb ataluvchi nurlanishlar tashkil qiladi. Ikkilamchi nurlanishlarning asosiy turlariga quyidagilar kiradi (4.4- va 4.5-rasmlar):

- asosiy chastota garmonikalaridagi nurlatishlar;
- asosiy chastota subgarmonikalaridagi nurlatishlar;
- chastotalar kombinatsiyalaridagi nurlatishlar;
- intermodulyatsiya chastotalaridagi nurlatishlar;
- garmonikalararo chastotalardagi nurlatishlar;
- zararli (parazit) nurlatishlar.

**Garmonikalardagi nurlatishlar** asosiy chastota  $f_0$  garmonikalari  $f_{gar} = m f_0$  ( $m = 2, 3, \dots$ ) lardagi nurlatishlar hisoblanadi.  $f_{gar}$  chastotali ikkilamchi nurlatishlar o'ta yuqori chastota generatorlaridagi nohiziqli jarayonlar natijasida hosil bo'ladi, bunda generator ishlab chiqarayotgan signal shakli garmonik tebranishlar shaklidan farq qiladi. Bunday tebranishlar spektri asosiy chastotadan karrali,  $m$  marta katta bo'lgan chastotali signallar bilan boyigan bo'ladi.

~~**Subgarmonikalardagi nurlatishlar** bu asosiy isheni chastota  $f_0$  dan  $m$  marta kichik chastotalardagi nurlatishlar bo'lib, ularning chastotalari quyidagicha aniqlanadi~~

$$f_{sub} = f_0/m, \text{ bunda } (m = 2, 3, \dots).$$

Subgarmonik nurlatishlar asosan chastota ko'paytirigich kaskad(lar)idan foydalanilgan radiouzatish qurilmalarida hosil bo'ladi.

**Kombinasion nurlatishlar** radiouzatish qurilmalarida asosiy nurlatiladigan signalni ikki va undan ko'p yordamchi generatorlar yordamida shakllantirish jarayonida hosil bo'ladi. Masalan, radiouzatkichning asosiy chastotasi  $f_1$ ,  $f_2$  va  $f_3$  yordamchi chastotalar yordamida shakllantirilsa, u holda quyidagi chastotalarda kombinasion tashkil etuvchilar paydo bo'lishi mumkin

$$f_{kom} = mf_1 \pm nf_2 \pm kf_3,$$

bunda  $m = 0, 1, 2, \dots$ ;  $n = 0, 1, 2, \dots$ ;  $k = 0, 1, 2, \dots$

**Intermodulyatsion nurlatishlar** bir yoki bir necha radiouzatkichlar bitta antenna orqali radiosignallarini nurlatishlari natijasida, yoki bir necha radiouzatkichlarning antennalari bir-biriga juda yaqin joylashgan, ya'ni ularning nurlatishlarini bir-biridan ajratish chora-tadbirlari ko'rilmagan holatlarda ro'y beradi. Bunda  $f_1$  chastotadagi katta quvvatli radiosignal ikkinchi radiouzatkich antennasi yoki fider liniyasi orqali uning chiqish kaskadi nochiziqli aktiv elementiga, u generatsiya qilayotgan  $f_2$  chastotali tebranishga ta'sir qiladi. Natijada bunday nochiziqli o'zaro ta'sir

$$f_{in} = mf_1 \pm nf_2$$

chastotalarda intermodulyatsiya nurlatishlari shakllanishiga olib keladi.

**Garmonikalararo nurlatishlar** deb nurlatishlari spektri garmonikalardagi nurlatishlaridan tashqari chastotalar diapazonida joylashgan nurlatishlarga aytiladi.

**Zararli nurlatishlar** deb yuqorida ko'rib chiqilgan asosiy bo'lmagan nurlatishlarga tegishli bo'lmagan nurlatishlarga aytiladi. Qurilma elektr manbaidagi kuchlanishlarning tasodifiy ravishda keskin o'zgarishi, yuqori chastota asboblarning ishdan chiqishi (anod-setka-katod; p-n yoki n-p o'tishlar) tok qiymatlari qisqa to'qnashuv yoki tok o'tishi to'xtashi natijasida va elektr zanjiridagi turli uzib-ulagichlar ish natijasida va boshqa shu kabi jarayonlarda yuz beradi.

Asosiy nurlatish polosasidan tashqari polosadagi nurlatishlar radiouzatish qurilmalarining sifat ko'rsatkichlari mukammal emasligi natijasi hisoblanadi. Bu nurlatishlardan axborot uzatish uchun foydalanilmaydi, ular zararli hisoblanadilar. Asosiy bo'lmagan nurlatishlar quvvati sezilarli darajada katta bo'lishi mumkin. Shuning uchun bunday asosiy bo'lmagan nurlatishlar REVLar EMM muammosini hamma pog'onalarda o'rganishda e'tiborga olish kerak.

Radioelektron vositalar zararli nurlatishlarini o'rganishda radioqabullash qurilmalari geterodinlarining nurlatishlarini ham albatta e'tiborga olish kerak. Qabullash qurilmasi geterodini – bu kichik quvvatli o'zaro xalaqitlar manbai hisoblanadi. radioqabullash qurilmalari geterodinlarining nurlatishlari boshqa yaqin joylashgan qabullash qurilmalari va REVLarga antenna-fider trakti elementlari, elektr manbaining metaldan yasalgan konstruktiv qismlari va uzib-ulash qismlari orqali ta'sir qiladi. Geterodinning nurlatishlari ayniqsa kichik bir hududda ko'p sonli radioqabullash qurilmalari joylashgan bo'lsa xavfli hisoblanadi.

Agar bitta ishlab turgan radioqabullash qurilmasi boshqa qabullash qurilmalariga kichik quvvatli o'zaro xalaqitlar bilan ta'sir etsa, ko'p sonli

minglab qabullash qurilmalari gterodinlari nurlatayotgan xalaqitlar quvvati sezilarli darajada katta bo'ladi va bu holatni albatta e'tiborga olish kerak bo'ladi.

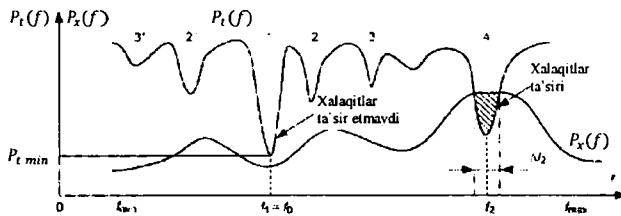
Endi radioqabullash qurilmalarining REVLar EMMiga ta'sir etuvchi texnik ko'rsatkich (xarakteristika)larini ko'rib chiqamiz.

Har qanday radioqabullash qurilmasining asosiy muhim ko'rsatkichlari (xarakteristika)lariga quyidagilar kiradi: sezgirlik, tanlovchanlik, o'tkazadigan chastotalar polosasi va qabul qiladigan chastotalari diapazoni. Ammo radioqabullash qurilmasiga o'zaro xalaqitlar ta'sir etganda uning ko'rsatkichlarini yomonlashishini baholash uchun yuqorida keltirilgan asosiy ko'rsatkichlar yetarli emas. Misol uchun, radioqabullash qurilmasining sezgirligi uning kirishiga ma'lum bir quvvatli (maydon kuchlanishili) signal ta'sir etganda chiqishidagi qayta aks etayotgan axborot signali ma'lum mezon orqali baholanadigan talab darajasidagi sifat ko'rsatkichiga ega bo'lishi kerak.

RQQning sezgirligi unga maxsus shakllantirilmagan hamma vaqt ham "oq shovqin" shaklida bo'lgan xalaqitlar ta'sir etgan holatlarda uning ishlash ko'rsatkichini to'liq belgilamaydi. Har qanday shakldagi tashqi xalaqitlar RQQning axborot signalini qabullash sifatini o'zgartiradi, ammo RQQning ishini baholovchi muhim ko'rsatkichi – uning sezgirligini o'zgartirmaydi, ya'ni RQQning xalaqitlar bo'lmagan holatda kuchsiz signallarni qabullash qobiliyatini o'zgartirmaydi. Shuning uchun RQQning EMMini tahlil etish uchun uning ta'sirchanligi ko'rsatkichidan foydalaniladi.

RQQning ta'sirchanligi deganda unga berilgan  $\Delta f$  polosada ma'lum quvvatli (intensivli) xalaqitlar ta'sir qilganda o'z vazifasini bajara olish qobiliyatiga aytiladi.

RQQning EMM masalasini yechishda maxsus o'lchov RQQlari va nazorat (etalon) xalaqitlari manbalaridan foydalanib, ta'sirchanlik  $P_t(f)$  va xalaqit quvvati  $P_x(f)$  ning chastotaga bog'liqlik xarakteristikalarini o'lchanadi (4.7-rasm). Ta'sirlanish quvvati  $P_t$  va  $P_x$  lar quvvatini o'lchash RQQ chastotalar polosasi  $\Delta = \Delta f_{och}$  qilib o'rnatilgan holat uchun amalga oshiriladi.



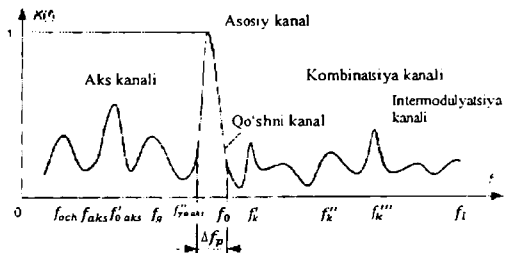
4.7-rasm. RQQ ta'sirchanligining chastotaga bog'liqligi

RQQning ta'sirlanuvchanligi  $P_t$  ni o'lchashda uning kirishiga quvvati  $P$  ga teng bo'lgan sathi RQQning sezgirligini ta'minlovchi foydali axborot signali beriladi. Bundan tashqari RQQ kirishiga nazorat (etalon) xalaqit manbaidan chastotasim  $f_{min} \leq f \leq f_{max}$  orasida o'zgartirish mumkin bo'lgan xalaqit

signali ham beriladi. Xalaqit signali quvvati  $P_x$  ni o'zgartirish orqali RQQning qandaydir  $f$  chastotadagi ta'sirlanuvchanligi  $P_t(f)$  uning kirishidagi xalaqit bo'sag'aviy quvvati  $P_x$  orqali aniqlanadi. Xalaqit  $P_x$  ning bu quvvatida qabullash qurilmasi o'z vazifasini talab darajasidagi samaradorlik (sifat ko'rsatkichi) bilan bajaradi.

RQQning ta'sirlanuvchanligi  $P_t(f)$  ni tahlil etish asosida unga ta'sir etuvchi o'zaro xalaqitlarning xavfli chastotalar diapazonini aniqlash imkoniyatini beradi. Ta'sirlanuvchanlik xarakteristikasi  $P_t(f)$  orqali RQQning asosiy va asosiy bo'lmagan signal qabul qilish chastotalari aniqlanadi. Masalan, 4.7-rasm da keltirilgan  $P_t(f)$  bog'liqligida  $f_2$  chastota atrofidagi qismi xavfli chastotalar diapazoni hisoblanadi. EMM nuqtai nazaridan talabga javob bermaydigan kanal 4-kanal hisoblanadi. Ushbu xalaqit signali sathi  $P_{t\ min}$  da RQQning  $f_0$  – asosiy qabullash chastotasidagi ta'sirlanuvchanligi 4-kanaldagiga nisbatan yaxshi hisoblanadi. 4.7-rasm dan ko'rinadiki, xalaqit asosiy kanalga ta'sir qilmaydi, chunki  $f_0$  chastotada xalaqit quvvatining sathi  $P_x(f_0) < P_{t\ min}$ .

RQQning asosiy qabullash kanali  $f_0$  – tashuvchi chastota atrofidagi  $\Delta f_p$  chastota polosasida foydali axborot signalini qabullashga xizmat qiladi. RQQning asosiy kanali chastotalar polosasi  $\Delta f_p$  radiouzatkich asosiy nurlantirishlari spektriga teng qilib tanlanadi (4.8-rasm).



4.8-rasm. RQQ asosiy qabullash kanali chastota xarakteristikasi

RQQ asosiy qabullash kanalidan tashqari bir necha asosiy bo'lmagan qabullash kanallariga ham ega. Bu asosiy bo'lmagan qabullash kanallarining soni va xarakteristikalarini unda foydalaniladigan yuqori chastotali filtrlar, geterodinlar, kuchaytirgichlar, chastota almashtirgichlari va boshqalarga bog'liq. RQQning asosiy bo'lmagan kanallar orqali ta'sir etuvchi signallardan ta'sirlanuvchanligiga turli noxiziqli qurilmalar eng katta ta'sir ko'rsatadi. Zamonaviy RQQ o'rnab asosiy bo'lmagan qabullash kanallariga ega. Asosiy bo'lmagan qabullash kanallarini ikki turga: qo'shni va ikkilamchi qabullash kanallariga ajratiladi.

*Qo'shni qabullash kanali* asosiy qabul qilish kanali  $\Delta f_p$  ikki yonida (chap va o'ng tomonida) to'g'ridan-to'g'ri joylashgan bo'lib, bu kanalning hosil

bo'lishiga asosiy sabab asosiy qabullash kanalini shakllantiruvchi yuqori chastotali filtrlar va rezonans kuchaytirgichlar tanlovchanligining talab darajasida emasligi va RQQLardagi turli noxizizli qismlarning ishlash holatiga bog'liq.

*Ikkilamchi qabullash kanallari* quyidagi turlarga bo'linadi: kombinatsiyali, intermodulyatsiya va zararli (parazit) kanallar. Ba'zan bu qabullash kanali chastotalari asosiy qabullash kanali chastotasidan juda katta farq qiladi. RQQning ikkilamchi qabullash kanali chastotasi qabullash qurilmasining hozirda foydalanilayotgan diapazonidan boshqa chastotalar diapazonida ham joylashgan bo'lishi mumkin.

*RQQning chastotalar kombinatsiyasi kanali* orqali qabullash ish holati o'zaro xalaqitlar signali va geterodin signalining RQQ chastota almashtirgichiga ta'siri natijasida shakllanadi. RQQga bitta xalaqit signali ta'sir etganda, quyidagi shart bajarilganda kombinasion qabullash kanali mavjud bo'ladi:

$$|mf_x \pm nfg| = f_{ochk} \pm \frac{\Delta f_{ochk}}{2}, \quad (4.2)$$

bunda,  $f_x$  – o'zaro xalaqit chastotasi;  $f_g$  – geterodin chastotasi;  $f_{ochk}$  – oraliq chastota kuchaytirgichi sozlangan chastota va  $\Delta f_{ochk}$  – oraliq chastota kuchaytirgichi chastotalar o'tkazish polosasi kengligi;  $m = 1, 2, 3, \dots$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$

4.8-rasmda kombinasion chastotalar quyidagi qiymatlarga ega:

$$f_x = f'_k; \quad f_x = f''_k; \quad f_x = f'''_k; \quad f_{och} = f_{ochk}.$$

Kombinasion chastota orqali qabullash kanallaridan eng xavflisi, bu asosiy qabullash kanaliga yaqin joylashgan, chastotasi asosiy qabullash kanali chastotasiga nisbatan uncha katta farqlanmaydiganlari hisoblanadi. Agar (4.2) ifodada quyidagi shartlar bajarilsa, qo'shni kanal xalaqitlari hosil bo'ladi:

$$m = n = 1; \quad (4.3)$$

$$m = n = 2; \quad (4.4)$$

$$m = 1; \quad n = 0. \quad (4.5)$$

(4.3), (4.4) va (4.5) shartlarning bajarilishi quyidagi qabullash kanallarining hosil bo'lishiga sabab bo'ladi: aks kanali –  $f_x = f_{aks}$ ; yarim aks kanali –  $f_x = f'_{ya\,aks}$ ;  $f_x = f''_{aks}$  va oraliq chastotada qabullash kanali  $f_x = f_{och}$ . Aks va yarim aks kanali bo'yicha qabullash chastotalari boshqa ikkilamchi qabullash kanallarga nisbatan asosiy kanal chastotasiga sozlangan yuqori chastotali filtrlar rezonans chastotasiga yaqin bo'ladi. Shuning uchun bu kanallar orqali o'tuvchi xalaqit signallari RQQning dastlabki tanlovchanlikni ta'minlovchi kirish rezonans tebranish konturlari tomonidan yetarli darajada tanlanmaydi (saralanmaydi). (4.3), (4.4) va (4.5) ifodalarga asosan  $f_{aks}$ ,  $f_{ya\,aks}$  va  $f_{och}$  chastotalardagi kanallar quyidagi chastotalarga mos keladi:

$$f_{aks} = \left| f_{aks} \pm f_{ochk} \pm \frac{\Delta f_{ochk}}{2} \right|; \quad (4.6)$$

$$f_{ya\,aks} = \left| f_g \pm \frac{\Delta f_{ochk}}{2} \right|; \quad (4.7)$$

$$f_{och} = \left| f_{ochk} \pm \frac{\Delta f_{ochk}}{2} \right|; \quad (4.8)$$

RQQga bir necha xalaqit signallari ta'sir etganda ularning o'zaro va geterodin signali bilan o'zaro kombinatsiyalari natijasida intermodulyatsiya kanali signallari shakllanadi. Intermodulyatsiya kanali signallari chastotalari  $f_{im}$  quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$|m_1 f_{x1} \pm m_2 f_{x2} \pm \dots \pm m_n f_{xn}| = f_{ochk}, \quad (4.9)$$

bunda,  $m$  va  $n = 0, 1, 2, \dots$  butun sonlar bo'lib, RQQga  $n$  ta xalaqit signali ta'sir etadi deb faraz qilinadi.

(4.9) ifodadan  $k$ -chi intermodulyatsiya qabullash kanali chastotasini quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$f_{xk} = \frac{1}{mk} |f_{ochk} \pm m_1 f_{x1} \pm \dots \pm m_n f_{xn} \pm n f_g|.$$

Quyidagi ifodalar orqali chastotasi aniqlanadigan intermodulyatsiya xalaqitlari  $f_{x1}$  va  $f_{x2}$  eng xavfli o'zaro xalaqitlar hisoblanadilar (4.9- va 4.10-rasm):

$$|f_{x1} \pm f_{x2}| = f_s; \quad (4.10)$$

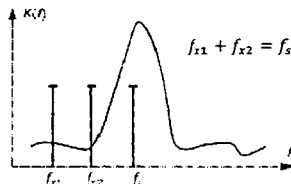
$$|f_{x1} \pm f_{x2}| = f_{ochk}; \quad (4.11)$$

$$|2f_{x1} \pm f_{x2}| = f_s; \quad (4.12)$$

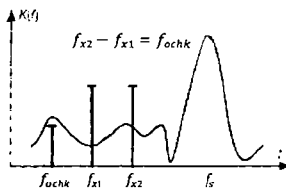
$$|f_{x1} \pm f_{x2}| = f_{aks}; \quad (4.13)$$

$$|f_{x1} - f_{x2}| = f_s; \quad (4.14)$$

(4.10)-(4.14) ifodalarda  $f_s$  – foydali axborot signal;  $f_{aks}$  – aks kanali va  $f_{ochk}$  – oraliq chastota kuchaytirgichi chastotalari.



4.9-rasm.  $f_{x1}$  chastotadagi xalaqitlar ta'sirida  $f_s$  chastotali signalning shakllanishi



4.10-rasm.  $f_{x1}$  va  $f_{x2}$  chastotalardagi xalaqitlar ta'sirida  $f_{ochk}$  chastotali signalning shakllanishi

Zararli qabul kanallarining shakllanishi xalaqit signallarining o'zaro va geterodin signali bilan kombinatsiyalari sifatida shakllanmaydi. Ular kuchaytirish qurilmasida yuz beradigan generatsiya natijasida shakllangan nurlatishlarning va shu kabi sabablar natijasida shakllanadi.

#### **4.4. Radioelektron tizimlar elektromagnit moslashuvini baholash. Elektromagnit moslashuv tenglamasi**

REVlarda o'zaro xalaqitlarning bir-biriga ta'sir etishining quyidagi turlarini ko'rsatib o'tish mumkin:

- asosiy va asosiy bo'lmagan nurlanishlarning asosiy xalaqit manbalari antennalari asosiy yaproqchalari orqali qabullash antenasi asosiy yaproqchalari orqali RQQ asosiy va asosiy bo'lmagan kanallari orqali qabullash;

- xalaqit manbai asosiy nurlatishlarini radiouzatkich antenasi yon yaproqchalari va qabullash antenasi asosiy yaproqchasi orqali RQQ asosiy kanali orqali qabullash;

- xalaqit manbaining asosiy nurlanishlarini uning antenasi yo'naltirilganlik asosiy yaproqchasi orqali qabullash antenasi yo'naltirilganlik diagrammasi yon yaproqchalari orqali RQQning asosiy qabullash kanaliga ta'siri;

- asosiy nurlanishni xalaqit manbai antenasi yo'naltirilganlik diagrammasi bosh yaproqchasi orqali va qabullash antenasining kross qutblangan yo'naltirilganlik diagrammasi bosh yaproqchasi orqali RQQning asosiy qabullash kanaliga ta'siri;

- xalaqit manbai asosiy nurlanishini uning antenasi yo'naltirilganlik diagrammasi yon yaproqchalari orqali qabullash antenasi kross qutblangan yo'naltirilganlik diagrammalari bosh yaproqchalari orqali va RQQ asosiy qabullash kanali orqali ta'siri.

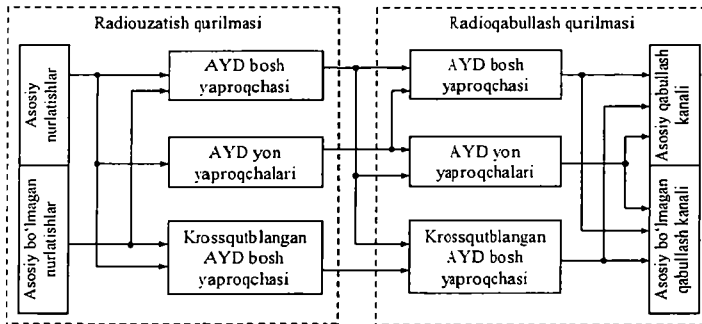
Xalaqit manbai nurlatishlarining RQQning asosiy qabullash kanaliga ta'siri 4.11-rasmda keltirilgan.

Ko'p hollarda EMM masalasi ikkita nurlatuvchi REV, ya'ni REV1 va REV2 larning o'zaro xalaqitlarsiz ishlash holatini o'rganish uchun o'rganiladi va bunda ikki asosiy masala hal qilinadi:

1. REV1 va REV2 larning EMM ushbu REVlar hududda joylashishi ularning xarakteristikalarini va ish rejimlariga ulardan harbiy maqsadlarda foydalanish maqsadida kiritilgan cheklashlar baholanadi;

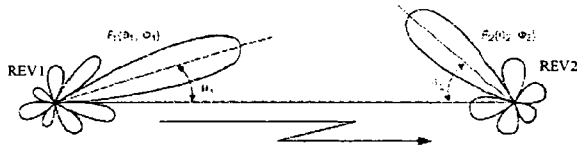
2. REV1 va REV2 larning normal ish holatlarini ta'minlash uchun ularning kenglik-chastota yoki kenglik-chastota-vaqt xarakteristikalarini aniqlanadi.

---



4.11-rasm. O'zaro xalaqitlarning ta'sir etish yo'llari

Yuqorida keltirilgan EMM masalasini yechish uchun RQQ kirishidagi o'zaro xalaqitlar quvvatini bilish kerak bo'ladi. REV1 ga REV2 tomonidan shakllantirilgan xalaqitning ta'sirini ko'rib chiqamiz (4.12-rasm). REV2 qabullash antenasi chiqishidagi o'zaro xalaqit signali energiyasi spektrini aniqlaymiz.



4.12-rasm. REV1 ga REV2 tomonidan shakllantirilgan xalaqitning ta'siri

Agar REV1 uzatish antenasi kirishidagi o'zaro xalaqit o'zaro energetik spektri  $N_1(f_1, f_0)$  bo'lsa, u holda REV2 qabullash antenasi chiqishida, RQQ kirishidagi o'zaro xalaqit energiyasi spektri quyidagicha aniqlanadi:

$$N_2(f_1, f_0) = \frac{N_1(f_1, f_0)}{4\pi R^2} G_1(f) A_2(f) F_1^2[\theta_1, \Phi_1(f)] F_2^2[\theta_2, \Phi_2(f)] \gamma \chi, \quad (4.15)$$

bu ifodada,  $R$  – REV1 va REV2 orasidagi masofa;  $f_0$  – REV2 radiouzatkichi nurlatayotgan signal tashuvchisi chastotasi;  $G_1(f)$  – REV1 uzatish antenasining  $f$  chastotadagi kuchaytirish koeffitsienti qiymati;  $A_2(f)$  – REV2 antenasining samarali yuzasi bo'lib, quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$A_2(f) = \frac{G_2(f)}{4\pi} \lambda^2 = \frac{c^2}{4\pi f^2} G_2(f), \quad (4.16)$$

bunda,  $G_2(f)$  – qabullash antenasining  $f$  chastotadagi kuchaytirish koeffitsienti qiymati;  $c$  – yorug'lik tarqalish tezligi;  $F_1[\theta_1, \Phi_1(f)]$ ,  $F_2[\theta_2, \Phi_2(f)]$  – REV1 va REV2 lar antenalarining  $f$  chastotadagi normalashtirilgan yo'naltirilganlik diagrammalarini  $f$  chastota va  $\theta$  maydon orqali ifodalanadigan funksiyasi;



$\theta_1, \Phi_1; \theta_2, \Phi_2$  – REV1 va REV2 larning burchak koordinatalari (bunda  $\theta_1$  va  $\theta_2$  tegishli ortogonal yuzalarda REV1 va REV2 larning antennalari yo'naltirilganlik diagrammalari maksimumlariga nisbatan aniqlanadi va REV1 yoki REV2 ning AYD maksimumiga nisbatan joylashish burchagini xarakterlaydi);  $\gamma$  – qutblanganlik koeffitsienti bo'lib, uzatish va qabullash antennalarining bir-biriga mos kelmasligini hisobga oladi;  $\chi = \chi(R, f, h_1, h_2)$  – xalaqit to'lqinining real muhitda tarqalishi natijasida uning qiymati kamayishini hisobga oluvchi koeffitsient bo'lib, u REV1 va REV2 oralig'idagi masofa  $R$ , signal chastotasi  $f$ , uzatish va qabullash antennalarining balandligi  $h_1$  va  $h_2$  hamda boshqa ko'rsatkichlarni o'z ichiga oladigan koeffitsient bo'lib, radioto'lqinlar tarqalishi va radiolokatsiyaga oid o'quv qo'llanmalarida keltirilgan (ochiq fazo uchun  $\chi = 1$ ).

REV2 chiqishidagi xalaqit quvvati quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$P_{x \text{ chiq}}(f_0, f_s) = \int_0^{\infty} N_2(f, f_0) K(f, f_s) df, \quad (4.17)$$

bunda,  $K(f, f_s) = |K_{RQQ}(j2\pi f)|^2 / |K_{RQQ}(j2\pi f)|$  – RQQning keng polosadagi asosiy bo'lmagan qabullash kanallarini ham e'tiborga olingan holat uchun amplituda-chastota xarakteristikasi;  $f_s$  – REV2 qabullash qurilmasining asosiy qabullash kanali sozlangan chastotasi bo'lib,  $K(f, f_s)$  ifodasi RQQning AChXsining  $f_s$  ga bog'liqligini bildiradi.

Agar  $P_{x \text{ chiq}} \leq P_{x \text{ bo's}}$  sharti bajarilsa REV1 va REV2 lar bir-biri bilan EMM nuqtai nazaridan moslashgan hisoblanadi.  $P_{x \text{ bo's}}$  – REVning talab etiladigan mezon bo'yicha normal ish holati saqlanib qolinadigan RQQ chiqishidagi o'zaro xalaqit quvvatining bo'sag'aviy qiymati.  $P_{x \text{ bo's}}$  qiymati RQQning turiga, foydali axborot signali va o'zaro xalaqit turiga bog'liq. Odatda,  $P_{x \text{ bo's}}$  qiymati tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Bu xalaqitning RQQ kirishdagi qiymatini  $P_{x \text{ bo's}}$  asosida hisoblab aniqlash mumkin. REV1 va REV2 larning EMM holatini saqlab qolishiga mos keluvchi  $P_x$  qiymati xalaqitning ruxsat etilgan qiymati  $P_{x \text{ re}}$  deb ataladi.

RQQning kirishidagi va chiqishidagi bo'sag'aviy xalaqitlar quvvati  $P_{x \text{ bo's}}$  va  $P_{x \text{ re}}$  larni aniqlashda hamma vaqt RQQning o'lchovlar o'tkazilgan chastotalar polosi belgilangan bo'lishi kerak.

(4.15)-(4.17) formulalardan foydalanib bir juft REVlar uchun EMM sharti bajarilishi chegaraviy shartini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{c^2}{(4\pi R)^2} \int_0^{\infty} \frac{N_1(f, f_0)}{f^2} K(f, f_s) G_1(f) G_2(f) F_1^2[\theta_1, \Phi_1(f)] \times \\ \times F_2^2[\theta_2, \Phi_2(f)] \gamma(f) \chi(f) df = P_{x \text{ bo's}}, \quad (4.18)$$

yoki (4.18) shartini quyidagicha ham ifodalash mumkin:

$$\frac{c^2}{(4\pi R)^2 P_{x \text{ bo's}}} \int_0^{\infty} \frac{N_1(f, f_0)}{f^2} K(f, f_s) G_1(f) G_2(f) F_1^2[\theta_1, \Phi_1(f)] \times \\ \times F_2^2[\theta_2, \Phi_2(f)] \gamma(f) \chi(f) df = 1. \quad (4.19)$$

(4.19) tenglikda  $\chi$  ko'rsatkichning  $h_1$  va  $h_2$  larga bog'liqligi bu ifodani biroz sodda holga keltirish uchun keltirilmagan. (4.19) tenglama REV1 va REV2 larning elektromagnit moslashuv tenglamasi deb ataladi. Ba'zan bu tenglama EMMning bir tomonlama tenglamasi deb ham ataladi, chunki bu tenglamada REV2 ning REV1 ga ta'siri e'tiborga olinmagan.

(4.19) ifodadan ko'rinadiki, ikki REVning EMMni aniqlash uchun ushbu integral tenglamasini yechish kerak. Bu tenglamani yechish uchun integral ostidagi bazi funksiyalar berilgan bo'lishi kerak.

Ikki REVning EMMni baholash uchun quyidagilar ma'lum bo'lishi kerak:

- $\Delta f_d$  chastotalar polosasi (diapazoni)da xalaqit spektri taqsimotini ifodalovchi  $N_1(f, f_0)$  funksiya;

- RQning  $f_d$  chastotalar polosasidagi amplituda-chastota xarakteristikasi  $K(f)$ ;

- REV1 va REV2 lar uzatish va qabullash antennalarining kuchaytirish koeffitsientlari qiymatlari va ularning chastotaga bog'liqlik funksiyalari  $G_1(f)$  va  $G_2(f)$ ;

- REV1 va REV2 lar antennalari yo'naltirilganlik diagrammalari shaklining  $\Delta f_d$  funksiyasi sifatida o'zgarishi e'tiborga olingan AYDsi normalashtirilgan qiymatlarini ifodalovchi  $F_1(\theta_1, \Phi_1, f)$  va  $F_2(\theta_2, \Phi_2, f)$  funksiyalar;

- antenna qutblanganlik koeffitsienti  $\gamma$  ning chastotaga bog'liqligi  $\gamma(f)$ ;

- $\chi$  koeffitsientining chastota va REV1 va REV2 orasidagi masofaga bog'liqligi;

- qabullash qurilmasi kirishi yoki chiqishidagi o'zaro xalaqit quvvatlari  $P_{xbo's}$  va  $P_{xre}$  – bo'sag'aviy va ruxsat etilgan qiymatlari.

Yuqoridagi kattaliklarning qiymatlari va funksiyalari berilgan holati uchun quyidagilarni aniqlash talab qilinadi:

- REV2 ning EMM nuqtai nazaridan barqaror ishlashini ta'minlash REV1 va REV2 uchun birlashtiriladigan chastotalar farqi  $\Delta f_{EMM} = f_0 - f_s$ ;

- REV2 ning EMM nuqtai nazaridan barqaror ishlashi uchun REV1 va REV2 lar orasidagi eng kichik masofa  $R$ ;

- REV1 va REV2 lar antennalarining fazoda joylashishi va ishchi nurlatish burchaklari o'lchamlari. Bu joylashish va burchak qiymatlari antennalarning  $\theta_1, \Phi_1$  va  $\theta_2, \Phi_2$  ko'rsatkichlari orqali baholanadi.

REV1 va REV2 larning EMMni masalasini yechish olti noma'lumlar:  $\Delta f, R, \theta_1, \Phi_1, \theta_2, \Phi_2$  lardan beshtasi ma'lum bo'lgan holda aniqlanishi kerak ko'rsatkichni tanlash usuli orqali uning ruxsat etiladigan qiymati aniqlanadi. Misol uchun,  $\theta_1, \Phi_1, \theta_2, \Phi_2$  lar berilgan bo'lsa. REV1 va REV2 orasidagi masofa  $R$  ni o'zgartirib  $f_0 - f_s = \Delta f$  chastotalar farqining EMMni ta'minlovchi qiymati aniqlanadi.

Ko'p hollarda (4.19) integral tenglamaga kiruvchi ba'zi funksiyalarni aproksimatsiyalash orqali integral tenglamani yechishni soddalashtirish

mumkin. Ba'zi approksimatsiyalash va soddalashtirish usullarini ko'rib chiqamiz.

O'zaro xalaqitlar spektri zichligi  $N_1(f_1, f_0)$  va RQQning AChXsi  $K(f_1, f_s)$  ni keng chastotalar polosasida to'g'ri chiziq bo'laklari bilan approksimatsiyalash 4.13-rasmda keltirilgan.

4.13-rasmdagi  $N_1(f_1, f_0)$  va  $K(f_1, f_s)$  bog'lanishlarni tahlil etish orqali REV1 va REV2 larning o'zaro EMM sharti bajarilmaydigan  $\Delta f = f_0 - f_s$  xavfli chastotlar polosasini aniqlash mumkin.

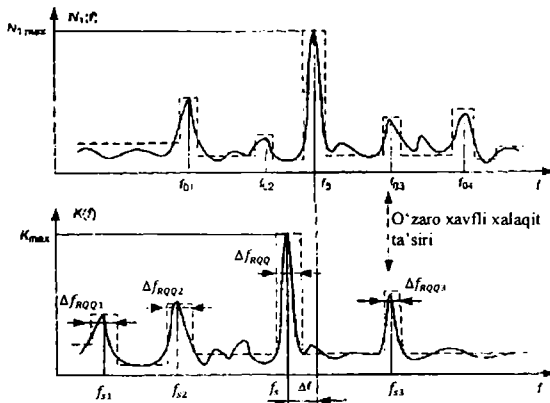
RQQning asosiy va asosiy bo'lmagan qabullash kanallari polosalari ( $\Delta f_{k1}, \Delta f_{k2}, \dots, \Delta f_{kn}$ ) lar bir necha o'n MHz dan katta bo'lmasa (4.19) integral tenglamadagi  $G_1(f), G_2(f), F_1(\theta_1, \Phi_1, f), F_2(\theta_2, \Phi_2, f), \gamma(f), \chi(f)$  larni integrallash parametri (argumenti)  $f$  ga bog'liq emas deb hisoblash mumkin. Bunda bu funksiyalar alohida kanallar polosasini kengligiga quyidagilarga teng deb hisoblash mumkin:

$$G_1(f) \approx G_1(f_{sj}); \quad G_2(f) \approx G_2(f_{sj}) = G_2; \quad (4.20)$$

$$F_1(\theta, \Phi, f) \approx F_1(\theta_1, \Phi_1, f_{sj}) = F_1(\theta_1, \Phi_1); \quad (4.21)$$

$$F_2(\theta_2, \Phi_2, f) \approx F_2(\theta_2, \Phi_2, f_{sj}) = F_2(\theta_2, \Phi_2). \quad (4.22)$$

(4.20)-(4.22) formulalarda  $f_{sj}$  – EMMga ta'sir qiluvchi o'rganilayotgan j-chi RQQsi sozlangan chastota.



4.13-rasm. O'zaro xalaqit spektri zichligi va RQQning amplituda-chastota xarakteristikasi

4.13-rasmda keltirilgan RQQga ta'sir etayotgan xalaqit spektri zichligi va RQQning AChXsini quyidagicha approksimatsiyalash mumkin:

$$N_1(f, f_0) = N_{1\max} N_0(f, f_0), \quad (4.23)$$

$$K(f, f_0) = K_{\max} K_0(f, f_0), \quad (4.24)$$

bunda,  $N_{1\max} - f_0$  chastotaga mos keluvchi o'zaro xalaqit spektri zichligi maksimal qiymati;  $K_{\max}$  – RQQning  $f_0$  chastotadagi quvvatni kuchaytirish maksimal qiymati;  $N_0(f)$  – xalaqit spektri zichligining chastotaga bog'liqligini  $N_{1\max}$  qiymatiga nisbati – normallashtirilgan kattalik, ya'ni

$$N_0(f) = \frac{N(f)}{N_{1\max}}, \quad (4.25)$$

$K_0(f)$  – RQQning quvvat kuchaytirish AChXsini uning maksimal kuchaytirish koeffitsientiga nisbati – normallashtirilgan kattalik.

REVLarning  $\Delta f = f_0 - f_s$  chastotalar diapazonida elektromagnit moslashuvini baholash quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

- $f_0$  chastotani o'zgarmas saqlab RQQ sozlangan chastota  $f_s$  ni o'zgartiriladi;

- $N_1(f)$  va  $K(f)$  xarakteristikalarining 4.13-rasmda shunday joylashtiriladiki, natijada xalaqitning albatta qandaydir  $j$ -chi qabullash kanaliga ta'siri kuzatiladi. Bu qabullash kanali 4.13-rasmda ko'rsatkichlar bilan belgilangan;

- (4.19) integral chegaraviy qiymatlari belgilanadi:

$$f_{sj} - \frac{\Delta f_{RQQj}}{2} \leq f \leq f_{sj} + \frac{\Delta f_{RQQj}}{2}, \quad (4.26)$$

bunda,  $f_{sj}$  – xalaqit ta'sirida bo'lgan  $j$ -chi xavfli qabullash kanali sozlangan chastota,  $\Delta f_{RQQj}$  –  $j$ -chi qabullash kanalining chastotalar polosasi kengligi;

- boshqa xavfli qabullash kanallari tanlanadi va ular uchun (4.26) ifodadagidek integrallash chegaralari aniqlanadi;

- (4.19) tenglamani (4.20)–(4.22) soddalashtirishlarni e'tiborga olgan holda yechiladi.

Agar xavfli qabullash kanallari bir nechta bo'lsa ( $j = \overline{1, n}$ ), u holda (4.20)–(4.26) ifodalarni e'tiborga olgan holda (4.19) ifodani quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin:

$$\begin{aligned} & \frac{\lambda^2}{(4\pi R)^2 P_{xre}} N_{1\max} G_1 G_2 F_1^2[\theta_1, \Phi_1] F_2^2[\theta_2, \Phi_2] \gamma \chi(D) \times \\ & \times \sum_{j=1}^n \int_{f_{sj} - \frac{\Delta f_{RQQj}}{2}}^{f_{sj} + \frac{\Delta f_{RQQj}}{2}} N_0(f - f_0) K_0(f - f_0 - \Delta f) df = 1. \end{aligned} \quad (4.27)$$

$N_0(f, f_0)$  va  $K_0(f, f_0, \Delta f)$  larning qiymati integrallash chegaralari oraliq'ida o'zgarmasligini e'tiborga olinsa, (4.27) ifoda yanada soddalashadi:

$$\begin{aligned} & \frac{\lambda^2 G_1 G_2}{(4\pi R)^2 P_{xre}} F_1^2[\theta_1, \Phi_1] F_2^2[\theta_2, \Phi_2] \gamma \chi(D) \times \\ & \times \sum_{j=1}^n N_0(f_{sj} - f_0) K_0(f_{sj} - f_0 - \Delta f) \Delta f_{RQQj} = 1. \end{aligned} \quad (4.28)$$

(4.28) tenglamada  $R$  va  $\Delta f$  lardan boshqa hamma xarakteristikalar ma'lum bo'lgani uchun, (4.28) ifodadan foydalanib, REV1 va REV2 larni

hudud-chastota bo'yicha joylashtirish talabiga javob beradigan masofa  $R$  va chastotalar farqi  $\Delta f$  larni aniqlash uchun foydalaniladigan  $R = R(f)$  yoki  $\Delta f = \Delta f(R)$  bog'liqlikni (funksiyanni) aniqlash mumkin.

Amaliyotda, ko'p hollarda xalaqit signal spektri zichligi eng katta qiymati  $N_1(f)$  ning qandaydir bitta qabullash kanaliga ta'sirini tahlil qilish bilan cheklaniladi (4.13 va 4.14-rasmlar). Yuqorida keltirilgan holatni e'tiborga olib, (4.19) tenglamani quyidagi. EMMni aniqlashga bag'ishlangan qo'llanmalarda keltiriladigan ko'rinishni oladi:

$$\frac{\lambda^2 G_1 G_2 F_1^2 [\theta_1, \Phi_1] F_2^2 [\theta_2, \Phi_2]}{\Delta f_{RQQ} (4\pi R)^2 P_{x, re}} \gamma \chi \Delta f_{RQQ} \times \\ \times N_0(f_{sj} - f_0) K_0(f_{sj} - f_0 - \Delta f) = 1. \quad (4.29)$$

(4.29) ifodada

$$N_{1 max} = \frac{P_x}{\Delta f_x}, \quad (4.30)$$

bunda,  $P_x$  – REV radiouzatkichining chiqish quvvati;  $\Delta f_x$  – xalaqit spektri ekvivalent kengligi:

$$\Delta f_x = \frac{1}{N_{1 max}} \int_0^{\infty} N_1(f) df. \quad (4.31)$$

(4.29) ifodadan REVLarning hudduda joylashish oralig'i  $R$  va ularga birlashtiriladigan chastotalarning eng kichik farqi  $\Delta f$  ni aniqlashga tegishli qo'llanmalarda nomogramma (chizma, grafik) lar ko'rinishida keltirilgan.

#### 4.5. Radioelektron tizimlarning elektromagnit moslashuvini ta'minlash usullari

Turli maqsadlarda foydalaniladigan REVLarning EMMni ta'minlash nafaqat ularning bir-biriga ruxsat etilganidan katta bo'lmagan xalaqitlar keltirib chiqarishi, ayniqsa mudofaa va radiorazvedka maqsadlarida foydalaniladigan. radioboshqarish, radioelektron kurash kabi maqsadlarda foydalaniladigan REVLar uchun bajarilishi kerak bo'lgan tadbirlarning asosiy qismini tashkil qiladi. Radiotexnik tizimlarning EMMni ta'minlash ikki usul bilan amalga oshiriladi, bular texnik va tashkiliy usullar.

RTTlarning EMMni texnik ta'minlash uni loyihalash, ishlab chiqarish va texnik foydalanish jarayonlarida amalga oshiriladi. Bular ilmiy-texnik izlanishlar olib borish bosqichida, tajriba sinov nusxalari nusxalari va umumiy ko'p miqdorda ishlab chiqish jarayonida texnik foydalanish, ba'zan harbiy maqsadlarda foydalanish jarayonlarida amalga oshiriladi.

REVni loyihalash bosqichida EMM taktik va texnik tlablar bilan birga EMMga tegishli meyorlar va standartlarni albatta bajarishni ham nazarda tutish kerak. Hozirda RTTlarning radiouzatish qurilmalari, radioqabullash qurilmalari va antennalariga tegishli standartlar ishlab chiqilgan. RTTlarning meyorlashni talab qiladigan ko'rsatkichlariga quyidagilar kiradi:

- radiouzatkich asosiy nurlatish chastotasining barqarorligi;

- radiouzatkich ma'lum bir sathda nurlatadigan chastotalar polosasi;
- ikkilamchi nurlatishlarning faolligi (intensivligi);
- RQQning asosiy qabullash kanali bo'yicha sezgirliги;
- RQQning polosadan tashqari va ikkilamchi kanallar bo'yicha sezgirliги;
- RQQ oraliq chastota va yuqori chastota kuchaytirgichlarning turli sathlardagi polosasi kengliги;
- geterodin chastotasining nisbiy barqaror emasliги;
- antenna yo'naltirilganlik diagrammasining yon yaproqchalari sathi.

RTTlarning EMMini ta'minlashda uning xalaqitbardoshliliğini ta'minlashga yo'naltirilgan tadbirlar katta ahamiyatga ega. RTTlarning xalaqitbardoshliliğini oshirishga yo'naltirilgan hamma usullar axborot signali va xalaqit signali tarkibini bir-biridan farqlashga asoslangan.

Bu farqlar axborot signali va xalaqit signalining fazoviy koordinatalari va vaqt parametrlariga statistik ishlov berish natijasida aniqlanadi. Axborot signal va o'zaro xalaqitlarning xarakteristikalarini to'liq bilish RTTga xalaqitlar ta'siridan butunlay qutilish imkoniyatini yaratadi.

RTTlarni o'zaro xalaqitlardan holi qilish: ularda xalaqitlar ta'sirini yo'q qilish (kompensatsiya), adaptiv qabullash qurilmalaridan foydalanish, birlamchi, ikkilamchi va xalaqitlarga nisbatan tanlovchanlikni ta'minlab, RQQning zshriqishini bartaraq qilish va turli RTTlardan olinadigan axborotlardan foydalanish usullari asosida amalga oshiriladi.

RTTlarda o'zaro xalaqitlarning ta'sirini kamaytirishning adaptiv usulidan foydalanilganda uning tarkibidagi radiouzatish va radioqabullash qurilmalarining strukturaviy tarkibi o'zgarishi nazarda tutiladi. Adaptatsiya jarayonida xalaqitning asosiy ko'rsatkichlari o'lchanadi. Radiouzatish va radioqabullash qurilmalarining texnik ko'rsatkichlari va strukturaviy sxemasi xalaqitlar ta'sirini iloji boricha kamaytirish va RTTning ishlash sifati ko'rsatkichlarini yaxshilashga yo'naltirilgan shaklda o'zgartiriladi. RTTlarning adaptatsiyasiga misol tariqasida uzatiladigan uzluksiz axborot signallarini kvantlash sathlari oraliqlarini avtomatik ravishda o'zgartirish va o'lchash natijalari, qiymatlarini, radiokanalidagi xalaqitlar sathiga (jadalligiga) bog'liq ravishda o'zgartirib borishni keltirish mumkin.

Axborot signalini birinchi bosqichda tanlash axborot signali va xalaqit signali elektromagnit maydonlari farqidan foydalanishga, amplituda, chastota, faza, qutblanganlik va radioto'lqin kelish yo'nalishiga asoslanib amalga oshiriladi. Birlamchi tanlovchanlik quyidag turlarga bo'linadi: amplituda, chastota, faza, qutblanganlik va foydali radioto'lqin manbaining joylashgan tomonni aniqlash asosida amalga oshiriladi.

Tanlovchanlikning ikkinchi bosqichida foydali axborot signali tarkibiga uning xalaqitbardoshliliğini oshirish uchun maxsus kiritiladigan elementar signallarga asoslanib amalga oshiriladi. Misol uchun RTTlarda radiouzatkich uzatadigan signalga axborot simvollarini bilan birga kod kombinatsiyalariga qo'shimcha simvollar kiritish orqali, ularga xalaqitlar ta'sirida yuz beradigan xatoliklarni aniqlash va ularni tuzatish xususiyati kiritiladi.

#### **4.6. Radioelektron kurash majmualarini boshqa radioelektron majmualar va boshqa vazifalarni bajaruvchi REVLar bilan elektromagnit moslashuvini ta'minlashning xos xususiyatlari**

Radioelektron kurash (REK) majmualarining boshqa radioelektron majmualar va qurolli kuchlar hamda fuqarolar tashkilotlariga boshqa xizmat turlarini ko'rsatuvchi komplekslarning EMMini ta'minlash murakkab muammo hisoblanadi.

O'zaro xalqaqlarning kelib chiqishiga asosiy sabablar:

– dushman va himoyalangan tomonlar o'z RTTlarida bir xil chastotalar diapazonidan foydalanishi, bu o'z-o'zidan RTT komplekslar tomonidan maxsus shakllanmagan xalqaqlar bilan REKni tashkil etishni talab qilishi:

– foydalaniladigan radiochastotalar diapazoni spektrining cheklanganligi natijasida radioaloqa, radionavigatsiya, radionurlar yordamida nishonga olish, radiatorazvedka va REK vositalarining birgina chastotalar diapazonidan foydalanishi:

– RTT qurilmalarining texnik ko'rsatkichlari talab darajasida emasligi hisoblanadi.

EMMni ta'minlashning tashkiliy usullari ikki guruhga ajratiladi.

*Birinchi guruhga* RTT komplekslari va REVLarni loyihalash va yaratish davrida bajariladigan tashkiliy ishlar bo'lib, bular: radiochastotalar spektridan foydalanishni rejalashtirish, hudud-chastota bo'yicha joylashtirishni chora-tadbirlarini amalga oshirish, REVLar EMMini ta'minlovchi texnik ko'rsatkichlarni standartlash.

*Ikkinchi guruhga* REVLarning EMMini ulardan haqiqiy jang maydonlarida va texnik foydalanish jarayonida amalga oshiriladigan tashkiliy tadbirlar.

RTTlarning EMMini ta'minlovchi asosiy tashkiliy usullarga quyidagilar kiradi:

1. *Ishchi radiochastotalarni samarali taqsimlash va tayinlash.* Bu EMMni ta'minlashni tezkor usuli hisoblanadi, ammo REVLarning kichik bir hududda zich joylashganligi uchun bu REVLarga biriktiriladigan chastotalar orasidagi farqni katta 20...100 MHz qilib tanlashga va chastotalar resursini kichiklashishiga sabab bo'ladi.

2. *Chastota-hudud bo'yicha farqlanishni qo'llash.* Bu usul samarador bo'lib, undan harbiy radioaloqa vositalarida keng foydalaniladi. Jangovor samolyot(verto lyot)larni vamaxsus shakllantirilgan xalqaqt signallarini nurlatish radiouzatish vositalarining chastota-hudud farqlanishi qoidalariga rioya qilgan holda tashkil qilish REVLar orasida o'zaro xalqaqlar bo'lmasligini ta'minlaydi.

Chastota-hudud farqi shlab chiqiladi va foydalanuvchilarga maxsus meyoriy xujjat ko'rinishida taqdim etiladi. Ammo bu usulning kamchiligi tezkor-taktik va REK komplekslardan samarali foydalanish talablariga mos kelmasligida, unga qarama-qarshiligidir.

3. *Vaqt bo'yicha farqlanish (ajratish).* Bu usul REVLardan foydalanish vaqtining belgilanganligi va bu talabni bajarilishiga qat'iy rioya qilish asosida

amalga oshiriladi. Misol uchun, aviatsiya foydalaniladigan REVLar uchun quyidagilar nazarda tutiladi:

– uchish apparati REVni unga xizmat ko'rsatuvchi yerdagi radiotexnik tizimlar bilan o'zaro aloqasi to'xtatiladi;

– RTTlarning radiotolqinlarni nurlatishi vazifani bajarishi uchun, ularni ishlashi uchun ajratilgan, vaqtlardagina qat'iy amalga oshiriladi;

– REK komplekslarining nurlatishi dushman havo xujumidan himoyalaniş RLSi maqsadni topish chegarasiga yetganda amalga oshiriladi;

– REK komplekslarining vauchish apparati bortidagi REVLarni ulardan foydalanish vaqti avvaldan tuzilgan dastur asosida amalga oshiriladi.

“Vaqt tavsiyanomalari” asosida bir-biri bilan EMM nuqtai nazaridan moslashmagan REK va radioelektron topish vositalaridan foydalanish tavsiyalari ishlab chiqilgan. Tavsiyalar hamma REVLarning, shu jumladan REK vositalaridan jangovor uchish vaqtlarida foydalanish vaqtlarini belgilab beradi.

4. *Fazoviy farqlanish.* Fazoviy farqlanishni qo'llash RTTlarning radiouzatish qurilmalari antennalarining yo'naltirilganlik yo'nalishini belgilab beradi va RTT komplekslaridan jangovor vazifalarni bajarish vaqtlarida foydalanishni cheklaydi.

5. *REVLar uchun belgilangan ish holatlariga qat'iy rioya qilish.* Bu usul samarali bo'lib, jangovor vazifalarga tayyorgarlik ko'rayotgan vajangovor vazifani bajarayotgan vaqtlarda boshqa yangi maxsus shakllantirilmagan xaaqitlarning paydo bo'lishiga yo'l qo'ymaydi.

Ammo EMMni ta'minlashga yo'naltirilgan tashkiliy tadbirlar uchish apparati bortidagi mo'ljalga olish – navigatsiya, razvedka, radioaloqa jihozlaridan va REK komplekslaridan jangovor vazifalarni bajarish vaqtida birgalikda ishlashi ularning taktik-texnik ko'rsatkichlaridan to'liq foydalanish imkoniyatini bermaydi.

RTTlarning EMMni ta'minlashning tashkiliy usullari samaradorligini oshirishda uchish apparatiari REV va REK komplekslarini yaratishdagi texnik siyosat, chastota-hudud meyoriy xujjatlarining aniq va ishonchligi EMM masasiga tegishli bo'lgan REVLar standarti mezonlarini bajarish kerak bo'ladi.

#### **4.7. Radio elektron kurash komplekslarini boshqa radioelektron komplekslar va boshqa vazifalarni bajaruvchi radioelektron vositalar bilan elektromagnit moslashuvini ta'minlash texnik va tashkiliy tadbirlarini bajarilishining nazorati**

REVLarning EMMni nazorat qilish harbiy boshqarma (shtab) va harbiy qismlar tomonidan REVLardan foydalanish tartibini, shu jumladan belgilangan chastotadan fazoviy va ishlash vaqti kabi bir qator tadbirlar va harakatlarni bajarish bilan bir qatorda REVLarga maxsus shakllantirilmagan xalaqitlar ta'sirini aniqlash va bu xalaqitlarni keltirib chiqaruvchi manbalarni yo'q qilishdan iborat.

REVLar ish ini nazorat qilish quyidagilardan iborat:



– REVLar ularga tayinlangan (biriktirilgan) chastotalardan foydalanishini nazorat qilish;

– Yoʻriqnomaga xujjatlarida belgilangan tartibda REVLarni maxsus shakllantirilmagan xalaqitlardan himoyalash tartibini buzish holatlariga yoʻl qoʻymaslik;

– Bosh shtab (qoʻmondonlik) tomonidan juda muhim ishlar va tadbirlar oʻtkazilayotgan vaqtlarda REVLardan umuman foydalanmaslik yoki cheklangan ravishda foydalanish haqidagi koʻrsatmalar bajarilishini nazorat qilish.

REVLarning EMMini taʼminlash boʻyicha tadbirlarni nazorat qilish tartibi reja asosida va rejadani tashqari boʻlishi, shu bilan birga juda muhim tadbirlar oʻtkazilishi sababli tezkor nazorat oʻtkazilishi nazarda tutilgan. Tezkor nazorat REVLarga taʼsir etayotgan maxsus shakllantirilmagan xalaqitlar manbaini aniqlash uchun ham tezkor nazorat oʻtkaziladi.

Nazorat tegishli xujjatlar asosida va maxsus oʻlchov asboblardan foydalanilgan ravishda amalga oshiriladi.

Nazoratni amalga oshirishda quyidagilar tekshiriladi:

– shaxsiy tarkib radioaloqa, radiotexnik himoya (RTH), moʻljalga olish-navigatsiya (MON), razvedka komplekslari (RK), radioelektron kurash (REK)larni rejalashtirish va ulardan texnik foydalanish haqidagi bilimlari va ularni bajarish holatini, shu bilan birga tinchlik va jangovor holatlarda REVLardan foydalanishdagi cheklanilarga ham amal qilishligi;

– har bir REVga biriktirilgan chastota, ish holatlarining msligi, nurlatiladigan radiosignallar turi va uning texnik koʻrsatkichlarining oʻrnatilgan talablarga mosligi;

– REVLarning joylashishi haqidagi va EMMini taʼminlash shartlari haqidagi maʼlumotlarni roʻyxatga olish tartibi;

– REVLarga maxsus shakllantirilmagan xalaqitlarning taʼsir etish holatlarini umumlashtirish, uni hisobga olish tartibi va ushbu maxsus shakllantirilmagan xalaqitlarni bartaraf qilish choralarini koʻrish.

Nazorat natijalari, aniqlangan qoidani buzish holatlari va ularni bartaraf etish uchun koʻrilgan chora-tadbirlar haqida tegishli boʻysunuvchi rahbariyatga xabar beriladi.

### *Nazorat savollari*

1. *REVLar elektromagnit moslashuvi tushunchasiga taʼrif bering.*
2. *Radiouzatish qurilmalarining EMMga taʼsir qiluvchi koʻrsatkichlarini aytib bering.*
3. *Radioqabullash qurilmalarining EMMga taʼsir qiluvchi koʻrsatkichlarini aytib bering.*
4. *RUQ chiqishidagi garmonikalardagi nurlatishlarning kelib chiqish sabablarini aytib bering.*
5. *RUQ chiqishidagi subgarmonikalardagi nurlatishlarning kelib chiqish sabablarini aytib bering.*
6. *RUQ asosiy nurlatishlari polosasi kngligi qanday aniqlanadi?*

7. *RQQ asosiy qabullash kanali polosasi kengligi qanday aniqlanadi?*
8. *RQQ geterodini nurlatishlari EMMga qanday ta'sir qiladi?*
9. *RQQlarida intermodulyatsiya chastotalari qanday sabablar asosida kelib chiqadi?*
10. *RQQlarda kombinasion chastotalar qanday sabablar asosida kelib chiqadi?*
11. *RQQda aks kanal va oraliq chastota bo'yicha qabullash kanali qanday holatlarda kelib chiqadi?*
12. *REVlar EMMni ta'minlash usullarini aytib bering.*
13. *REVlar EMMi qanday maqsadlarda nazorat qilinadi?*
14. *RQQsining chastota tanlovchanligi tushunchasiga ta'rif bering.*
15. *RQQsining sezgirligi tushunchasiga ta'rif bering.*
16. *RQQsining ta'sirlanuvchanligi tushunchasiga ta'rif bering.*

## 5. BA'ZI RADIOTEKNIK TIZIMLAR HAQIDA MA'LUMOTLAR

Ushbu bobda avvalgi boblarda keltirilgan umumiy nazariy ma'lumotlarni qo'llanish sohasiga misollar sifatida turli RTTLar tomonidan bajariladigan vazifalar, ularning ishlashi fizik asoslari, asosiy texnik ko'rsatkichlari va strukturaviy sxemalarini keltiramiz.

### 5.1. Radioboshqaruv tizimlarining asosiy texnik ko'rsatkichlari

Turli jarayon va ob'ekt (qurilma)larni radiotexnik vositalar yordamida boshqarish *radioboshqarish* deb, uni amalga oshiruvchi radiotexnik tizim *radioboshqaruv tizimi* (RBT) deb ataladi. Bajaradigan vazifalari soniga qarab boshqaruv bir maqsadli, ikki maqsadli va ko'p maqsadli bo'lishi mumkin. Misol uchun, ko'p sonli Yer sun'iy yo'ldosh (YeSY) lari odatda uchishlarni boshqarish markazi (UBM) orqali boshqariladi. Ko'p sonli YeSYlarini boshqarish tizimi bir vaqtda quyidagi vazifalarni bajarish uchun loyihalaniishi mumkin:

1. Bir guruh YeSYlarining uchish harakatlarini boshqarishni ta'minlash (misol uchun, global radioaloqa yoki teleradioeshittirishlarni tashkil etishda) uchun;

2. YeSY ma'lum vazifalarni bajarishi uchun uning bortidagi turli apparaturalarning ish holatini ta'minlovchi ulab-uzishlarni bajarish uchun.

Bir vaqtda boshqariladigan ob'ektlar soniga qarab RBT: bir ob'ektkli va ko'p ob'ektkli bo'lishi mumkin. Ko'p sonli YeSY larini boshqarish tizimi ko'p ob'ektkli RBTga misol bo'la oladi, chunki bir vaqtda bir necha YeSYlari boshqariladi.

Ob'ekt (misol uchun YeSY) ni boshqaradigan (komanda beradigan) punktlarning soniga qarab, boshqarish bir punktkli yoki ko'p punktkli bo'lishi mumkin. Ikki punktkli boshqaruv tizimiga kosmik kema (KK)ni Yerdan yoki kosmik kema dagi kosmanavt (kosmik kema bortidagi boshqaruv punktkli) orqali boshqarish misol bo'lishi mumkin.

Bundan tashqari boshqarish jarayoni oddiy bir bosqichli yoki ko'p bosqichli (ierarxik) bo'lishi mumkin. Ko'p bosqichli – ierarxik boshqaruv tizimlarida ob'ektkni boshqarish bir emas, bir necha mutaxassislar yoki bir necha boshqarish qurilmalari tomonidan, shu bilan birga ma'lum bir ketma-ketlikda – ierarxik tartibda amalga oshirilishi mumkin.

Ierarxik – ko'p bosqichli RBTga misol sifatida fuqarolarni tashishga mo'ljallangan samolyotlarning uchishini boshqarish tizimini ko'rsatish mumkin. ~~Samolyot uchishini boshqarish birinchi bosqichda uchuvchi (pilot) tomonidan,~~ ikkinchi – nisbatan yuqori bosqichda ekipaj komandiri tomonidan, uchinchi bosqichda esa dispatcher tomonidan va so'nggi bosqichlarda samolyotni avtomatik boshqarish tizimi orqali va h.k. amalga oshiriladi. Ko'p bosqichli – ierarxik boshqaruv bir punktkli va ko'p punktkli bo'lishi mumkin. Misol uchun, planetalarga uchadigan kosmik kema faqat uning bortidan ikki kosmonavt (astronavt) tomonidan: kosmonavt kema komandiri va kosmonavt uchuvchi tomonidan boshqariladigan bo'lsa, bunday boshqaruv bir punktkli, ammo ierarxik

(ikki bosqichli) boʻladi. Xuddi shunga oʻxshash koʻp punktli boshqaruv ierarxik yoki oddiy usulda boshqaruv boʻlishi mumkin. Misol uchun, planetalararo avtomatik stansiyaning uchish koordinatalarini boshqarish bir komanda berish punktidan amalga oshirilsa, uni yerga qoʻndirish boshqa komanda berish punkti orqali amalga oshiriladi. Bunday boshqarish tizimi koʻp punktli hisoblanadi, ammo ierarxik boʻlmaydi.

## **5.2. Uchish apparatini radioboshqarishning umumiy xarakteristikalari. Uchishni boshqarishning asosiy turlari**

Turli uchish apparatlaridan boshqarish usuli va vositalari oʻziga xos boʻlganlarini, faqat quyidagilarini koʻrib chiqamiz:

1. Yaqin masofada harakatlanuvchi reaktiv snaryadlar: “Er-Havo”; “Havo-Havo”; “Havo-Er”; “Dengiz-Havo”; “Havo-Dengiz” va “Er-Er”.
2. Uzoq masofaga uchuvchi ballistik raketalar va kosmik apparatlarni tashuvchi raketalar;
3. Kosmik apparatlar (KA) – Yer sunʼiy yoʻldoshlari, kosmik kemalar, planetalararo uchuvchi avtomatik stansiya va boshqalar;
4. Samolyotlar va vertolyotlar.

Yaqin masofa raketa (reaktiv snaryad) lari maqsadlarni yoʻq qiluvchi vositalar hisoblanadilar. Bunda raketa (snaryad)larning radioboshqaruv jarayoni asosiy uch bosqichdan iborat boʻladi:

1. Raketani chiqarishni boshqarish;
2. Raketa uchishini boshqarish;
3. Raketa jangovar zaryadining portlashini boshqarish.

Kosmik apparatlar Yerdan qanday masofada boʻlishiga qarab quyidagi turlarga ajratiladi:

- yaqin kosmos (Yer atrofi) apparatlari;
- oʻrta kosmos (Oy) apparatlari;
- uzoq kosmos (planetalararo) apparatlari.

Yer atrofi kosmik apparatlariga: radioaloqa, radionavigatsiya, ilmiy-tekshirish, harbiy va boshqa YeSYlari hamda boshqa Yer atrofida uchuvchi kosmik apparatlar kiradi. Baʼzi YeSYlarini boshqarishda ularni orbitaning belgilangan nuqtasiga juda yuqori aniqlik bilan joylashtirish va uni shu orbitada uzoq muddat davomida turishini taʼminlash talab etiladi. Shu bilan birga bir necha YeSYlarining bir-biri bilan maʼlum masofada – orbitada uchishini boshqarish ham talab qilinadi.

Kosmik kemalarni boshqarishda uni nafaqat uchirish, maʼlum bir orbitadagi belgilangan nuqtada joylashishini, shu bilan uni Yeming maʼlum bir belgilangan hududiga qayta tushirish vazifasi ham amalga oshirilishi talab etiladi. Bundan tashqari koʻp hollarda orbitada ikki yoki bir necha kosmik apparatlarni bir-biriga birlashtirishni avtomatik yoki yarim avtomatik usulda bajarish, ularning orbitada Quyoshga nisbatan joylashish holatini, baʼzi hollarda KA orbitasini oʻzgartirish vazifalarini avtomatik ravishda boshqarish ishlarini ham bajarish talab etiladi.

Boshqarishning asosiy turlarini quyidagilarga ajratish mumkin.

1. Avtonom (mustaqil) radioboshqaruv, bunda maqsad va ob'ektni boshqarish boshqaruv punkti bilan axborot almashtirilmasdan amalga oshiriladi (maqsad koordinatalari avvaldan xotirasiga kiritilgan qanotli raketalar).

2. O'z-o'zini raketani maqsadga avtomatik yo'naltirishni boshqarish. Bunda raketa va maqsad orasida albatta axborot almashish tizimi bo'ladi va aloqa issiqlik, yorug'lik nurlari yoki radioto'lqinlar vositasida amalga oshiriladi, ya'ni:

- radionurlanish;
- issiqlik nurlanishi;
- yorug'lik nurlanishi;
- akustik tovush tarqalishi.

O'z-o'zini yo'naltirish (samonavedenie) vositasi quyidagi holatlarda ishlashi mumkin:

- passiv - energiya sarflamasdan;
- aktiv - energiya sarflash hisobiga;
- yarim aktiv - qisman energiya sarflash hisobiga.

Passiv ish holatida o'z-o'zini yo'naltirishga sarflanadigan energiya maqsaddan raketaga, maqsadda joylashgan energiya manbai hisobiga amalga oshiriladi. Aktiv o'z-o'zini yo'naltirishda maqsad raketada joylashgan manba hisobiga nurlantiriladi. Yarim aktiv o'z-o'zini yo'naltirishda maqsadni nurlatish raketa va maqsadda joylashmagan birlamchi manba hisobiga amalga oshiriladi.

3. Komanda orqali radioboshqaruvning quyidagi uchta turini bir-biridan farqlash mumkin: KORB-1; KORB-2 va KORB-3. Komanda orqali radioboshqarishni amalga oshirish uchun albatta uchish apparati bortiga komanda berish radioliniasi bo'lishi shart. Yuqorida keltirilgan uch tur KORB tizimlaridan foydalanish sohalarini qisqacha ko'rib chiqamiz. KORB-1 snaryad va maqsadning koordinatalari komanda punktida o'lchanadi va komanda berish radioliniasi orqali raketa bortiga uzatiladi. KORB-2 maqsadning vizirlari raketada joylashtirilgan. Maqsadning snaryadga nisbatan koordinatalari haqidagi axborot (ma'lumot)lar komanda punkti (KP)ga uzatiladi. KPda tegishli boshqaruv komandasi tanlanadi va raketa bortiga uzatiladi. KORB-3 maqsad va maqsadning viziri bir yerda joylashgan. Samolyotni "ko'rlarcha" qo'ndirishda foydalaniladi. Yuqorida keltirilgan KORB tizimlaridan eng ko'p foydalaniladigani bu KORB-1.

4. Radioteleyo'naltirish. Bu usuldan foydalanilganda boshqaruv punktida parametrlari yoki parametrlaridan biri maqsadga yo'naltirilgan maxsus shakllantirilgan elektromagnit maydon maqsadga yo'naltiriladi. Amaliyotda radioteleyo'naltirish (RTY)ning quyidagi turlaridan foydalaniladi: bir xil kechikish yuzasi orqali RTY; radionur orqali RTY; radiozona (radiohudud) orqali RTY.

### 5.3. Maqsad va radioboshqaruvli snaryadlarni vizirlash

Maqsad va snaryadning parametrlarini o'lchash maqsad va snaryadning qurilmasini vizirlashni ta'minlaydi. xususiyl holda esa ulardan birini snaryadni vizirlash (ikkii nuqtadan yo'naltirishda) yoki maqsadni vizirlashni ta'minlaydi.

Boshqarilish snaryadlarini vizirlashda ushbu snaryadning bortida joylashgan "javob beruvchi" dan foydalaniladi. Bunday tizim aktiv "javob beruvchi" tizim deb ataladi. "Javob beruvchi" signallarini olish uchun boshqaruv tizimida maxsus "so'rov" kanali bo'lishi kerak, bu esa tizimning asosiy kamchiligi hisoblanadi. Boshqariladigan snaryad bortiga radiomayoq o'rnatish hisobiga yuqorida keltirilgan kamchilikni yo'qotish mumkin. Radiomayoq va javob qaytaruvchilardan foydalanish snaryadgacha masofani o'lchash oralig'ini, harakati parametrlarini aniqlash va o'lchashlarning aniqligini oshiradi. Tizim xalaitbardoshligini oshirish uchun teskari bog'lanishdan foydalanishga imkoniyat yaratiladi.

Maqsad radiovizirlari to'rt guruhga bo'linadi.

1. Millimetr, santimetr, detsimetr va metrlar diapazonining qisqa to'lqin diapazonida ishlovchi maqsad radiovizirlari.

Radiovizirlar uchun bu chastotalar diapazonidan foydalanishning asosiy sababi nisbatan tor yo'naltirilgan diagrammali antennalardan foydalanish asosida o'lchashlar aniqligini oshirish hisoblanadi. Nisbatan past chastota diapazonlaridan foydalanilganda o'lchash aniqliklari yomonlashadi, chunki bu chastotalar diapazonidan foydalanilganda ionosfera qatlamidan radionurlarning aks etib tarqalishi va atmosferaning turli zichlikdagi qatlamlaridan qaytgan radionurlanishlar qo'shimcha radioxalaitlar hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Ammo bu chastotalar diapazonidan foydalanib gorizont ortidagi ob'ektlarni ham radiolokatsiyalash mumkin. RBTdada foydalaniladigan radiotexnik vizirlar odatda maqsad parametrlarini sferik koordinatalar tizimida aks ettiradi, bunda maqsadning burchak koordinatalari va xosilalari o'lchanadi.

2. Infraqizil (issilik) vizirlari.

Bu tur vizirlar qizitilgan jismlar, ya'ni uchish apparatlari tomonidan 1...15 mm diapazonidagi to'lqinlarni aniqlashga va uning parametrlarini o'lchashga asoslangan. Bu tur vizirlar maqsadgacha bo'lgan masofani o'lchash imkoniyatini bermaydi, ammo maqsadning raketaga nisbatan joylashganlik koordinatalarini juda yuqori aniqlik bilan aniqlash imkonini beradi. Bu tur vizirning asosiy kamchiliklari o'lchash natijalarining ob-havoga va sutkadagi vaqtga bog'liqligi hamda o'lchash masofasi cheklanganligidir.

3. Optik (aktiv, lazer) qurilmalari.

Elektromagnit energiya manbai sifatida lazer generatoridan foydalaniladi. Optik diapazon vizirining maqsad parametrlarini o'lchash masofasi bir necha o'n kilometrdan katta emas. Optik lazerli vizir qurilmasining asosiy kamchiligi o'lchash natijasining ob-havoga, sutkaniing qaysi vaqtida o'lchashlar o'tkazishga bog'liq bo'lib, undan faqat maqsad optik vizirga to'g'ridan-to'g'ri ko'rinish masofasida foydalanish mumkin.

4. Televizion vizirlar.

Televizion vizirlar komanda punktlarida va snaryad bortida o'rnatilgan bo'lishi mumkin. Bu qurilmaning afzalligi ob'ektni maqsadli vizirlash mumkinligidir.

RBTlarning vizirlash qurilmalarini ishlash holatiga qarab quyidagilarga bo'lish mumkin:

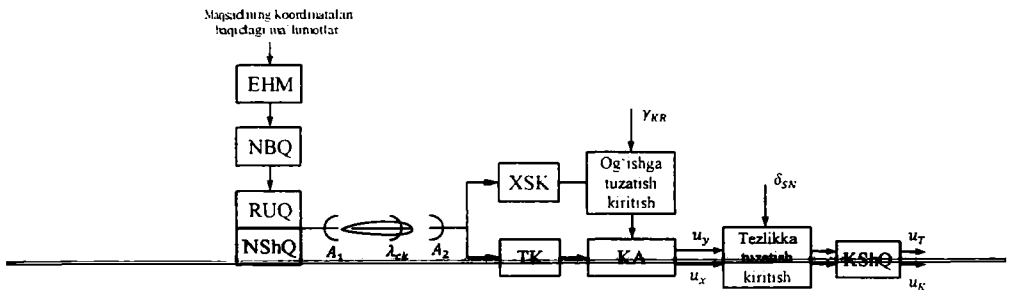
- qidiruv holatida ishlovchi;
- aniqlash holatida ishlovchi;
- kuzatish holatida ishlovchi.

Ko'p hollarda bitta RBTning o'zi dastlab izlash va aniqlash ish holatida, so'ngira esa kuzatish ish holatida ishlashi mumkin.

#### 5.4. Radioteleyo'naltirish. Radionurlanish bo'yicha yo'naltirish

*Asosiy xossalari.* Komanda lar uchish apparati bortida shakllantiriladi. Komanda punktida joylashgan radiouzatkich ma'lum tarkibli elektromagnit maydonini shakllantiradi. Elektromagnit maydonning tarkibida maqsadning koordinatalari (amplituda, chastota, faza, vaqt bo'yicha kechikishi) ga bog'liq. Bortdagi qabullash qurilmasi uning kirishiga ta'sir etayotgan elektromagnit maydon tarkibini tahlil etish natijasida boshqarish komandasini shakllantiradi. Amaliyotda radioteleyo'naltirishning uch turli tizimidan foydalaniladi. Bular: radionur bo'yicha yo'naltirish tizimlari; radiozonada yo'naltirish; bir xil kechikishli elektromagnit maydon da yo'naltirishlar.

Radionurlanish bo'yicha yo'naltirish tizimi strukturaviy sxemasi 5.1-rasmda keltirilgan bo'lib, quyidagi qurilma va funksional qismlardan iborat: EHM – elektron hisoblash mashinasi; NBQ – nurni boshqarish qurilmasi; RUQ – radiouzatqich qurilmasi; NShQ – nurni shakllantirish qurilmasi; XSK – xatolik signali kanali; TK – tayanch kanali; KA – koordinatalarni almashtirish; KShQ – komandaning shakllantirish qurilmasi.



5.1-rasm. Radionurlanish bo'yicha yo'naltirish tizimining strukturaviy sxemasi

Radionurlanish bo'yicha yo'naltirish tizimi kirishidagi EHMga maqsad koordinatalari haqidagi ma'lumotlar beriladi. EHM tegishli komandaning tanlaydi

va nurni boshqarish qurilmasi numi maqsadga yo'naltiriladi. Radiouzatkichning NShQsi o'zgarmas amplituda va davomiylikdagi radioimpulslar davriy ketma-ketligini shakllantiradi. Uzatish antenasi yo'naltirilganlik diagrammasi skanerlash chastotasi  $\lambda_{sk}$  bilan konus shaklida skanerlashni amalga oshiradi. Agar boshqarilayotgan snaryad radionur yo'nalishida harakatlansa, u holda qabullash antenasi  $A_2$  dan amplitudasi modulyatsiyalanmagan (o'zgarmagan) radioimpuls qabullash qurilmasi kirishiga TK va XSKlarga beriladi.

Amalda  $A_2$  antennaga ta'sir etayotgan radioimpuls qurilma ichki shovqinlari va snaryad dvigatelidagi mash'ala hisobiga biroz modulyatsiyalangan. amplitudasi tasodifiy o'zgargan bo'ladi.

Agar snaryad radionurdan chetlansa, u holda antenna  $A_2$  chiqishidagi radioimpuls amplitudasi modulyatsiyalangan bo'ladi. modulyatsiya chuqurligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$m_{AM} = \mu \frac{|\bar{r}_h|}{|\bar{R}_{sn}|}, \quad (5.1)$$

bunda,  $\bar{r}_h$  – radionurdan snaryadgacha bo'lgan masofa;  $\bar{R}_{sn}$  – radiouzatkich antenasi  $A_1$  dan boshqariladigan snaryadgacha bo'lgan masofa;  $\lambda_{sk}$  – radioimpuls o'rovchisi chastotasi;  $\mu$  – antenaning burchak o'zgarishiga nisbatan sezgirligi – bu antenaning pelengatsiyalash xususiyatini baholaydi. Tasvir yuzasi deganda radionurga perpendikulyar yuza tushuniladi.

Qabul qilinayotgan radioimpulslar o'rovchisi fazasi snaryadning radionurga nisbatan qanday joylashganligiga bog'liq. Bortdagi radioqabullagichning vazifasi bu uchish apparatining radionurga nisbatan burilishi (og'ishi)ni va radioimpuls amplituda modulyatsiyasi chuqurligini aniqlash hisoblanadi. Snaryadning radionurga nisbatan qaysi masofada va qanday burilish bilan joylashganligini aniqlash uchun radiouzatkichda maxsus shakllantirilgan radionumi qabullash orqali snaryadni boshqarayotgan signal fazasini qayta tiklash qurilmasi mavjud. Buning uchun nurlantirayotgan boshqaruv signaliga ma'lum vaqt oraliqlarida maxsus belgi kiritiladi. Ushbu belgilar asosida raketa bortidagi asosiy tayanch signali tiklanadi. bu signal yordamida  $A_1$  antenna skaneri harakatga keltiriladi. Xatolik signali va tayanch signalini taqqoslash natijasida snaryadning uchishini yo'naltiruvchi boshqaruv komandalari shakllantiriladi.

Raketaning radionurga nisbatan joylashish nuqtasi haqidagi ma'lumot  $A_2$  antenna qabul qilgan signal o'rovchisi amplitudasi modulyatsiyasi koeffitsientida va fazasining qutb koordinatalari tizimida o'zgarishini aniqlash asosida boshqaruv signali shakllantiriladi. Qutb koordinatalari tizimidan dekart koordinatalari tizimiga o'tkazishda KA qurilmasidan foydalaniladi.

$A_2$  antennaga ta'sir etayotgan radiosignalda hosil bo'ladigan amplituda modulyatsiyasining chuqurligi va faza o'zgarishi burchak  $\eta_s$  qiymatiga bog'liq. Komanda signali kuchlanishining tashkil etuvchilari  $\Delta y_s$  va  $\Delta z_l$  ga proporsional bo'lishi shart.

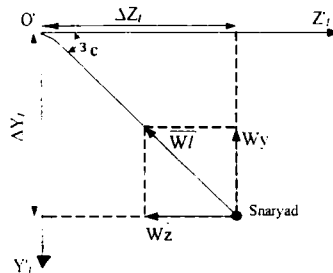
$$tg \eta_s = \frac{\Delta y_s}{\Delta z_l};$$



$$\left. \begin{aligned} U_{ky} &= k_y \cdot \Delta y_l = k_{ny} \cdot m_{AM} \cdot \sin \eta_s; \\ U_{kz} &= k_z \cdot \Delta z_l = k_{nz} \cdot m_{AM} \cdot \cos \eta_s; \end{aligned} \right\} \quad (5.2)$$

bunda  $k_y$  va  $k_z$  – mos ravishda radioqabullash kanalining tangaj va kurs bo'yicha uzatish koeffitsientlar i.

(5.2) ifoda qutb koordinatalar tizimidan dekart koordinatalar tizimiga o'tishni belgilaydi. Agar (5.2) formula asosida boshqaruv komandasi shakllantirilsa va komandani amalga oshiruvchi mexanizmga berilsa, snaryad y va z o'qlari yon tomonga siljishni asta-sekin yo'qqa chiqaradi va radionurga yaqinlashadi (5.2-rasm).



5.2-rasm. Snaryadni boshqaruv nuri yordamida maqsadga yo'naltirish

### 5.5. Radionur asosida boshqaruvchi radiolinyaning uzatish qismi

5.3a-rasmda radionur asosida boshqarishga asoslangan radioliniya uzatish qismining funksional sxemasi keltirilgan va 5.3b-rasmda koordinata qurilmasiga tegishli vaqt diagrammalari keltirilgan.

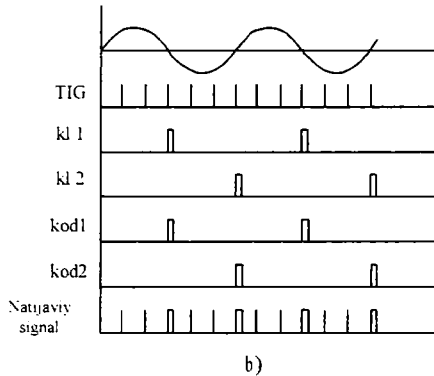
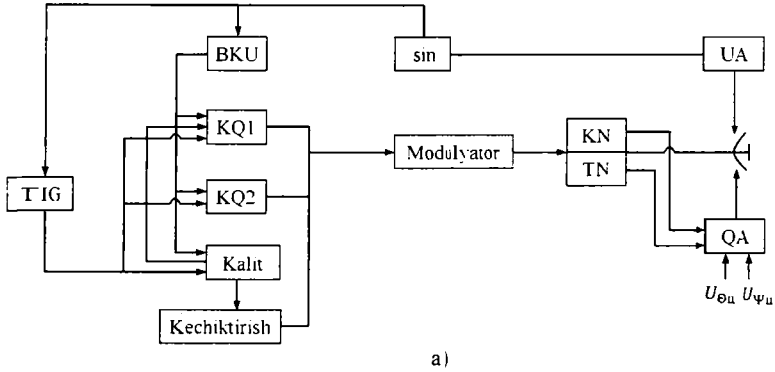
Uzatish antenasi  $A_1$  va uni boshqaruvchi generator chastotasi bir-biriga teng va fazalar farqi ham nolga teng – sinfaz. Takt impulslari generatori (TIG) shakllantirgan kuchlanishlar tizim radiouzatish qurilmasi hamma qurilmalarining sinxron ishlashini ta'minlaydi. Sinusoidaning noldan o'tish onlarida koordinata qurilmalari chiqishida impuls-vaqt kodi (IVK) shakllanadi. Tayanch signalini uzatish IVK orqali amalga oshiriladi. Bu kodlar turlicha bo'lib, ularni radioimpulslar ketma-ketligi bilan birlashtirish natijasida radiouzatish qurilmasi modulyatori kirishiga beriladigan signal shakllantiriladi.

**Radiouzatish qurilmasining ish holati optimal bo'lishini ta'minlash uchun** kechitirish liniyasi (KL) yordamida nurlatiladigan radiosignallar orasidagi masofa o'tish jarayoni davomiyligidan katta bo'lishi talab qilinadi.

Radiouzatkich ikki xil ish holatiga ega:

- tor nur – kichik burchak oralig'ida nurlatish holati;
- keng nur – katta burchak oralig'ida nurlatish holati.

Radionurlatish qurilmasi dastlab keng burchak oralig'ida nurlatish ish holatida ishlaydi. O'tish apparatida boshqarish komandasi asosida antenna  $A_1$  ni maqsadga yo'naltirish mexanizmi mavjud.

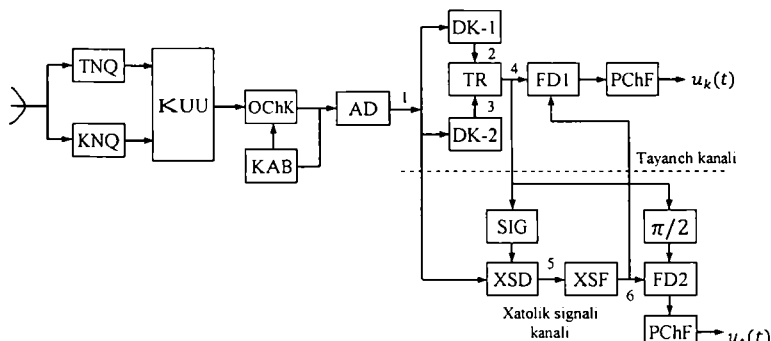


5.3-rasm. Radionur asosida boshqarishga asoslangan radioliniya uzatish qismining funksional sxemasi (a) va tegishli vaqt diagrammalari (b)

## 5.6. Radionur asosida radioboshqaruv tizimining qabullash qismi

Radionur asosida radioboshqaruv tizimining qabullash qismi funksional sxemasi 5.4-rasmida keltirilgan. Radioqabullash qismi quyidagi asosiy funksional bloklardan tashkil topgan: TNQ/KNQ – tor va keng nurni qabullash bloki; KUU – kanallarni uzib-ulashtirish bloki; DK-1 va DK-2 dekodlash bloklari; TR – trigger bloki; SIG – stroblovchi impulslar generatori; XSD – xatolik signali detektor; XSF – xatolik signali filtri;  $\pi/2$  – fazani  $\pi/2$  ga surish bloki; PChF1, PChF2 – past chastota filtrlari; AD – amplituda detektor; OChK –

oraliq chastotali signallarni kuchaytirish bloki; KAB – kuchaytirishni avtomatik boshqarish bloki; FD1, FD2 – faza detektorlari.

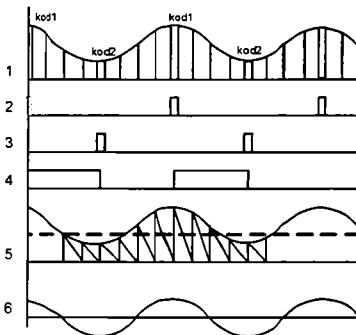


5.4-rasm. Radionur asosida radioboshqaruv tizimi qabullash qismining funksional sxemasi

Tor nurli signalni qabullash ish holatida KUU bloki OChK kirishiga amplitudasi modulyatsiyalangan tor sektorda nurlantirilgan signalni beradi. OChKda AD chiziqli ish holatida ishlashini ta'minlovchi sathgacha kuchaytirilgan signal, amplituda bo'yicha detektorida detektorlangandan so'ng dekodlash bloklari DK1 va DK2 larga va xatolik signali detektori (XSD)ga beriladi. Trigger o'zining kirishlaridagi DK1 va DK2 chiqishlaridagi signallarni taqqoslash asosida olingan kuchlanishni FD1ga beradi. FD1 ning ikkinchi kirishiga stroblash impulslari generatori (SIG)dan tayanch signali beriladi va uning chiqishida kurs (yo'nalish)ni boshqarish signali  $u_k(t)$  shakllanadi. Ikkinchi detektor FD2 chiqishida esa xatolik signali asosida tangaj kuchlanishi  $u_t(t)$  shakllanadi.

Qabullash qurilmasi AD chiqishida videoimpulslar ketma-ketligi shakllanadi. Bu impulslar ketma-ketligiga tizim uzatish qismi koordinatalar qurilmasida shakllantirilgan vaqt impulslari kodi (VIK) elementlari qo'shilgan. Dekodlash qurilmasi DK1 va DK2 larda VIK signal dekodlanadi. Trigger bloki chiqishida uzatish qismi antenasi nurlatkichni harakatga keltiruvchi kuchlanish bilan sinfaz (bir xil fazada) bo'lgan kuchlanish ajratib olinadi. Bordagi qabullash qurilmasi chiqishida antenna nurlatkichini harakatga keltirish signali bilan sinxron va sinfaz bo'lgan tayanch signali shakllanadi.

Xatolik signalini detektorlash turlicha, misol uchun cho'qqi (pik) detektori yordamida amalga oshirilishi mumkin. Videoimpulslar orqa frontining cho'zilishi  $\omega_{sk}$  chastota atrofidagi spektr tashkil etuvchilarining amplitudasi kattalashishiga sabab bo'ladi. Xatolik signali filtri (XSF) chiqishidan chastotasi  $\omega_{sk}$  bo'lgan sinusoidal ko'rinishdagi xatolik kuchlanishi ajratib olinadi.



5.5-rasm. Radionur asosida radioboshqaruv tizimi qabullash qismining ishlashiga oid

Tangaj va kurs (yoʻnalish) faza detektorlari FD2 va FD1 lar chiqishidan  $u_t(t)$  va  $u_k(t)$  tangaj va kurs kuchlanishlari olinadi:

$$\left. \begin{aligned} u_k &= k_{FD1} \cdot U_{so} \cdot \sin \eta_s ; \\ u_t &= k_{FD2} \cdot U_{so} \cdot \cos \eta_s ; \end{aligned} \right\} \quad (5.3)$$

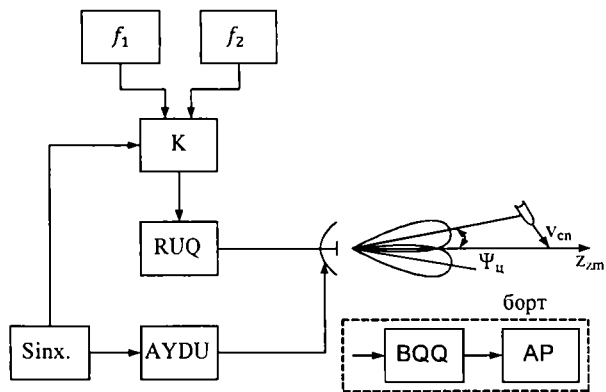
bunda,  $U_{so}$  – faza detektorlari kirishidagi kuchlanishning effektiv qiymati boʻlib, uning qiymati modulyatsiya chuqurligi  $m_{AM}$  ga proporsional hisoblanadi.

Xatolik signali detektorlari (XSD) faqat uzatish tomonida – komanda punktida joylashgan uzatish qurilmasidan signal kelgan vaqtdagina ochiladi. Buning uchun tizim ishlashidan oldin XSD stroblovchi impuls generatoridan berilgan signal asosida sozlanadi, natijada sinxronlovchi signallarning xalaqit sifatida taʼsiridan himoyalanaadi. XSD uning kirishiga uzatish tomonidan yoʻnaltirilgan signal taʼsir etmasa yopiq ish holatida boʻladi.

### 5.7. Radionurlanish hududida boshqarish tizimi

Radionurlanish hududida boshqarishni amalga oshirish tizimining funksional sxemasi 5.6-rasmida keltirilgan boʻlib, quyidagi asosiy bloklardan tashkil topgan:  $f_1$  va  $f_2$  – ikkilamchi tashuvchi chastotalar generatori; K – kommutator; RUQ – radiouzatish qurilmasi; AYDUU – antenna yoʻnaltirilganlik diagrammasini uzib-ulash qurilmasi.

Radionurlanish hududida boshqarish tizimidan radiosignal nurlanishi yoʻnalishida uchish apparati (UA)ni bitta yuzada uchishini taʼminlashda foydalaniladi. Bu qurilmada UAning uchish yoʻnalishini balandlashtirish uchun RUQsi  $f_1$  chastotali va yoʻnalishini past tomonga ogʻdirish uchun esa  $f_2$  chastotali signalni antenna orqali UAga yuboradi.



5.6-rasm. Radionurlanish hududida boshqarishni amalga oshirish tizimining funksional sxemasi

UA bortidagi qabullash qurilmasi (BQQ)  $f_1$  va  $f_2$  chastotali signallarni bortdagi avtopilot (AP) uchishni boshqarish punktidan yuboriladigan signal asosida boshqarish bloki kirishiga beradi. Avtopilot bloki shakllantiradigan signallar asosida UA harakati boshqariladi.

### 5.8. Yo'nalishini o'zi boshqarish tizimi

Yo'nalishini o'zi boshqarish tizim (YO'BT)larida radiovizir snaryadda joylashgan bo'ladi. Bu tur boshqarish tizimlarida oraliq masofa o'lchanmaydi. Boshqarish signali sifatida maqsad va snaryad orasidagi uchish burchagining farqlanishidan foydalaniladi. Bunday boshqaruv tizimi yuqori aniqlikni ta'minlaydi, ammo uning asosiy kamchiligi bu UA radioelektronika boshqaruv tizimi texnik xarakteristikalari, hajmi va og'irligiga qo'yiladigan talablarni amalda bajarishda yuzaga keladigan turli qiyinchiliklar hisoblanadi. Yuqorida keltirilgan kamchiliklarni qisman bartaraf etish uchun YO'BTlarda boshqa boshqaruv tizimlari bilan birga, uning maqsadga yaqinlashtirishning ohirgi bosqichida foydalaniladi.

YO'BTdan foydalanishda snaryad harakati quyidagi bosqichlardan o'tadi:

1. snaryadni YO'BT komandasi asosida ishlashga tayyorlash, maqsad tomon uchishidagi dastlabki xatoliklarni yo'qotish (tuzatish kiritish);
2. snaryadni maqsad tomon uchishini kuzatib borish;
3. snaryadni "o'lik" zonada harakatini ta'minlash.

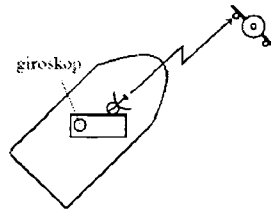
#### ***Boshqarishning boshlang'ich bosqichlari.***

Snaryadni o'z-o'zini boshqarish ish holatiga tayyorlash bu snaryadni start holatida bo'lishini boshqarish yoki snaryadni u harakatlanadigan fazo hududiga chiqishini amalga oshirish ham bo'lishi mumkin. Snaryadni ish holatiga

tayyorlash quyidagi bosqichlardan iborat: 1) maqsadni topish optik infraqizil kuzatish radiolokatsiya tizimi yordamida amalga oshiriladi; 2) maqsadni o'zimizniki – begona prinsipi asosida topish; 3) maqsadning snaryadni yo'naltirishga tegishli ko'rsatkichlarini aniqlash; 4) maqsadni tanlash; 5) snaryadni otishga tegishli hisoblashlarni bajarish, bunda uchirish (otish) yo'nalishini snaryadning maqsadga yaqinlashishidagi xatolikning iloji boricha kichik bo'lishini ta'minlash talab etiladi.

Kosmik uchish apparatini fazodagi kosmik stansiyaga o'zini-o'zi boshqarish asosida yaqinlashishini sxematik ko'rinishi 5.7-rasmda keltirilgan.

YO'BTdagi giroskopli AP kosmik apparat kosmik stansiya tomonga belgilangan yo'nalishda uchishini uning dvigatellarini boshqarish natijasida amalga oshiradi. KAning radiolokatori uning kosmik stansiya tomonga uchib borayotganligi haqida uzluksiz ma'lumotni – radiosignalni shakllantirib boradi va yo'nalish koordinatalariga uzluksiz tuzatish kiritib boradi. KAning maqsad tomonga optimal traektoriya bo'yicha uchishini ta'minlovchi signallar uning kinematik va dinamik bloklarida hisoblashlar asosida amalga oshiriladi.



5.7-rasm. KAni kosmik stansiyaga o'zini-o'zi boshqarish asosida yaqinlashishini tushuntirishga tegishli chizma

KA yoki snaryad uchishining dastlabki bosqichidagi xatolik shu qadar kattaki, uni maqsad tomonga yo'naltirish uchun iloji boricha ko'ndalangiga eng katta tezanish bilan harakatlanish talab etiladi. Bunda snaryad (KA) radiusi eng kichik yoy bo'yicha harakatlanadi. Dastlab boshqarish tizimi nochiziqli rejimda ishlaydi, boshlang'ich xatolik ma'lum bir belgilangan qiymatga yaqinlashgandan so'ng chiziqli ish rejimiga o'tadi va ushbu ish rejimida boshlang'ich xatolikni tizim ta'minlashi mumkin bo'lgan, imkoniyat darajasidagi aniqlikni ta'minlash darajasigacha bo'lgan xatolikni tuzatib boradi.

O'z-o'zini boshqarish tizimi (O'O'BT)dan foydalanishning eng kichik masofasi ikki kattalik  $R_1$  va  $R_2$  lar yig'indisiga teng bo'lib, bunda  $R_1$  – O'O'BT nochiziqli ish rejimida ishlash masofasi;  $R_2$  – xatolikning talab darajasida kichik bo'lishini ta'minlovchi masofa.

O'z-o'zini boshqarish tizimi kallagining maqsad vizirlari ikki turli bo'ladi:

- radioimpulslarni nurlatishga asoslangan radiovizirlar;
- uzluksiz signallarni nurlatishga asoslangan radiovizirlar.

Aerodinamik maqsadlar turli shakldagi uchish apparatlari murakkab geometrik shaklga ega bo'lgan uchun bunday apparatlar qaytaradigan nurlatishlar murakkab ko'rinishga ega bo'ladi. Odatda aerodinamik maqsadlar bir necha nurlatishlarni qaytaruvchi nuqtalarga ega bo'ladilar. Bu har bir radioto'lqinlarni qaytaruvchi nuqta maqsadning ma'lum bir qismlarida joylashgan bo'lib, natijaviy qaytgan signal ushbu har bir alohida qaytgan nurlarning superpozitsiya (chiziqli yig'indisi)ga teng bo'ladi. Agar O'O'BT santimetrli chastotalar diapazonida ishlashni e'tiborga olsak, u turli uch burchak bo'yicha tarqalishi natijasida signal amplitudasi bo'yicha fluktuatsiyalangan, tasodifiy miqdorda o'zgaruvchan bo'ladi.

Ko'rib chiqilayotgan O'O'BT radiovizirlarida foydali ma'lumot yakuniy signalning amplitudasi o'zgarishi orqali aks etishini e'tiborga olsak, bu hodisa maqsadni pelengatsiya qilish sifatini yomonlashtiradi. Qaytgan signal fluktuatsiyasini uch tashkil etuvchiga bo'lish qabul qilingan, bular: burchak bo'yicha taqsimlanish; amplituda bo'yicha taqsimlanish va shovqinsimon tashkil etuvchilar. Burchak shovqinining tasodifiy o'zgarishini kamaytirishning texnik yechimlari hozircha ma'lum emas.

### **5.9. Faol bo'lmagan (passiv) issiqlik vizirlari**

Issiqlik vizirlari maqsadning infraqizil chastotalar diapazonida nurlantinishlaridan foydalanishga asoslangan. Issiqlik vizirlari foydalaniladigan to'lqin uzunligiga bog'liq ravishda ikki turga bo'linadi: issiq maqsadlar (to'lqin uzunligi 1.5...5 mikron); sovuq maqsadlar (to'lqin uzunligi 5...13 mikron).

Passiv issiqlik vizirlarining ishlash prinsipini unda foydalaniladigan infraqizil diapazonidagi nurlanishlar belgilaydi.

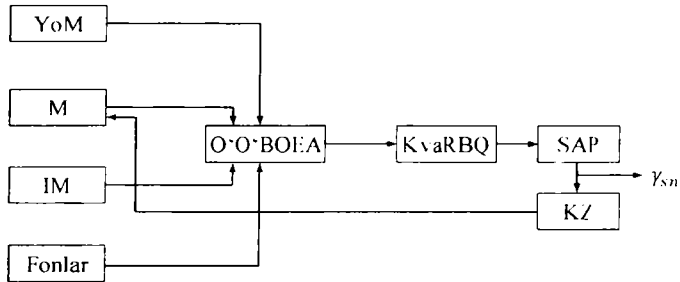
Porshtinli samolyotlarning asosiy nurlatuvchi elementi bu ularning yonish qoldig'i - tutun chiqarish trubalari bo'lib, samolyotning 30...40% nurlanish energiyasi uning dvigateli chiqaradigan tutunlar hisoblanadi. Reaktiv samolyotlarning asosiy infraqizil diapazonidagi nurlanishlarini uning dvigatelinin orqa tomonidan chiquvchi va undagi 2000 C° gacha qizigan gazlar hosil qiladi. Tovushdan tez uchuvchi apparatlarning nurlatuvchi qismlari ularning ustki qobiqlari hisoblanadi. Ballistik raketalarning kallaklari atmosferaning issiq qavatlariga kirganda qizil yoki oq ko'rinishda qizigan holatda bo'ladi va infraqizil nurlanishlar chiqaradi. Yuqorida keltirilganlarning hammasi aerodinamik maqsadlar infraqizil diapazonda nuqtasimon nurlatki deb hisoblanishi mumkin.

---

### **5.10. Optik-elektron o'z-o'zini boshqarish tizimlarining umumlashgan sxemasi**

Optik-elektron (OE) o'z-o'zini boshqarish tizimlarining umumlashgan strukturaviy sxemasi 5.8-rasmda keltirilgan bo'lib, u quyidagi qism va bloklardan iborat: YoM - yolg'on maqsad; M - maqsad; IM - ikkilamchi maqsad; Fonlar - optik qismdagi fon nurlatishlari; O'O'BO'FA - o'z-o'zini

boshqarish optik-elektrik apparati: KvaRBQ - kuchaytirgich va rulni boshqaruvchi qurilma: SAP – snaryad avtopiloti: KZ – kinematik zveno.



5.8-rasm. Optik-elektron o'z-o'zini boshqarish tizimlarining umumlashgan strukturaviy sxemasi

To'g'ridan-to'g'ri o'z-o'zini boshqarish tizimlari va maqsad orasida ma'lumotlar ayriboshlash maqsad passiv nurlatkichining nur oqimi orqali amalga oshiriladi. Boshqaruvchi ob'ekt harakat traektoriyasiga bog'liq bo'lmagan holda OE o'z-o'zini boshqarish tizimi kuchaytirish qurilmasi kirishiga boshqaruvchi ma'lumotlar signali beriladi.

OE o'z-o'zini boshqarish tizimi optik o'qi hamma vaqt maqsad tomonga yo'naltirilgan bo'lishi shart. Eng oddiy pelengator snaryad koordinatalarini uning qobig'iga bog'liq holda aniqlaydi, ya'ni pelengatoming yo'nalishi bo'yicha o'tkazilgan o'q chizig'i boshqarilayotgan ob'ekt uchish o'qining davomini tashkil etadi. Bunday pelengatorlardan harakatsiz (ham harakatli) maqsadlarga nisbatan o'q otishda foydalaniladi.

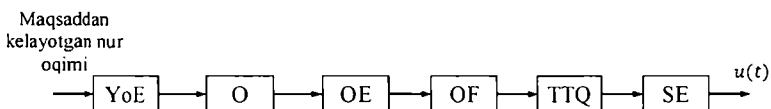
Kuzatuvchi pelengatordan foydalanilganda uning bosh o'qi fazoda muqim holatni egallaydi va boshqarish jarayonida o'z bosh o'qidan sezilarli darajada og'ishi mumkin. O'z-o'zini boshqarish tizimi ikki asosiy qismlardan tashkil topgan bo'ladi: maqsadni topish va uni kuzatish; boshqarish signallarini o'zgartirish.

Maqsadni topish tizimining asosiy qismi bu uning optik-elektron tizimidir. OE qism nurlanish energiyasini qabul qilib, maqsadning tasvirini shakllantirish va tahlil etish asosida uning nurlatishlarini ajratadi. Ushbu o'lchash va tahlillar asosida maqsadning boshqarilayotgan ob'ektga ma'lum bir koordinatalari tizimiga nisbatan holati haqidagi ma'lumotlarni beruvchi elektr signalini shakllantiradi.



### 5.11. O'z-o'zini boshqarish tizimi kallagi optik qismi

O'z-o'zini boshqarish tizimi kallagi optik qismining tarkibiy tuzilish sxemasi 5.9-rasmida keltirilgan bo'lib, u quyidagi qism va elementlardan iborat: YoE – numi yoyuvchi element; O – ob'ektiv; OE – og'diruvchi element; OF – optik filtr; TTQ – tasvimi tahlil qiluvchi; SE – sezgir element.



5.9-rasm. O'z-o'zini boshqarish tizimi kallagi optik qismining tarkibiy tuzilish sxemasi

O'z-o'zini boshqarish tizimi optik qismi signal-fon nisbatini kattalashtirishga xizmat qiladi. Fanni birlamchi filtrlash uchun yorug'likni ob'ektiv yuzasiga bir xil yoyuvchi moslama – blendadan foydalaniladi. Ob'ektiv kallakning eng asosiy qismi hisoblanadi, u parallel nursimon oqimni ob'ektiv ichki tekis yuzasiga tushishini kuchaytiradi. Unga bo'lgan asosiy talab bu uning o'lchamlari iloji boricha kichik bo'lishi, vazni kichik va fanni yo'qotishni ta'minlash hisoblanadi. Ob'ektivlar linza va ko'zgusimon bo'lishi mumkin. Linzasimon ob'ektivlar ko'zgusimonga nisbatan og'ir va o'zining xususiyatini u orqali o'tayotgan nurlanish energiya oqimiga bog'liq ravishda o'zgartiradi. Ko'zgusimon ob'ektivlar nurlanish energiya oqimi ta'sirida o'z xususiyatlarini o'zgartirmaydi, bu esa uning afzalligi hisoblanadi, ammo ularning kamchiligi nurlanish energiyasi dastlab foto qabullagichga, so'ngra esa ko'zguga tushadi.

Og'diruvchi element maqsaddan aks etayotgan nurlanish oqimini hamma vaqt optik tizim o'qi bo'yicha yo'nalgan bo'lishini ta'minlaydi. Optik tizim fokusida optik filtr joylashgan bo'lib, u fanni yo'qotishga xizmat qiladi. Optik filtdan o'tgan tasvir yorug'ligiga mos nurlanish oqimi ajratiladi va u optik chastotalar diapazonida bo'lgan boshqarish signalini shakllantiradi. Yorug'likni sezuvchi element – fotoelement optik signalni elektr signaliga o'zgartirib beradi.

### 5.12. Komanda orqali radioboshqaruv tizimi

Uzoq masofadan turib ob'ektlarni boshqarishda komanda orqali radioboshqaruv tizimidan foydalaniladi. Komanda orqali radioboshqaruvni amalga oshirish uchun qo'shimcha komanda berish radioliniasini tashkil etish kerak. Komanda orqali radioboshqaruvda ob'ekt (raketa) va maqsadning bir-biriga nisbatan joylashish holati Yerda yoki raketada o'rnatilgan radiovizir orqali aniqlanadi. Komanda orqali boshqarish ikki turli bo'ladi. Komanda orqali radioboshqaruv tizimining turidan qat'iy nazar boshqarish komandalari komanda berish punktida shakllantiriladi.

Komanda radiolinialarining ko'pgina turlari yaratilgan bo'lib, ularning aksariyati ko'pkanallidir. Ko'pkanalli radiolinialarni zichlashda chastota va

vaqt bo'yicha zichlash usulidan foydalaniladi. Radioliniyalar xalaqitbardoshligini oshirish uchun shakl bo'yicha ajratish usulidan ham foydalaniladi.

Radioliniyalardan foydalanish umumiy – ochiq yoki cheklangan (maxsus ruxsatnoma orqali kiriladigan) bo'lishi mumkin. Hamma ko'p kanalli radioliniyalarda ko'p bosqichli modulyatsiya turlaridan foydalaniladi. Ko'p bosqichli modulyatsiyadan foydalanish radioliniyaning xalaqitbardoshligini oshiradi va ma'lumotlarni yashirin uzatish imkoniyatini va komandalarni uzatish bilan bir vaqtda raketa (snaryad)ning uchish traektoriyasini o'lchash imkoniyatini beradi.

Komanda orqali radioboshqaruv tizimi u bajaradigan vazifa va radiovizimning o'rnatilgan joyiga qarab quyidagi uch turga bo'linadi: KORB-1, KORB-2 va KORB-3.

KORB1ami yaratishda va tashkil etishda albatta uchish apparati borti bilan radioliniya orqali bog'lanish bo'lishini e'tiborga olish kerak.

KORB-1 dan foydalanilganda snaryad va maqsad koordinatalari komanda berish punktida o'lchanadi. Komanda berish radioliniyasi orqali komanda raketa bortiga uzatiladi.

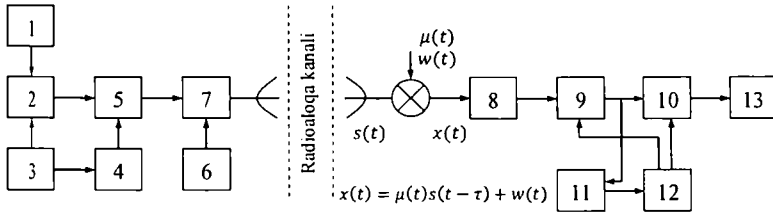
KORB-2 dan foydalanilganda maqsad radioviziri raketa bortida o'rnatilgan bo'ladi. Snaryadga nisbatan maqsadning joylashishi koordinatalari haqidagi ma'lumotlar komanda berish punktiga uzatiladi.

KORB-3 dan foydalanilganda maqsadlar va maqsad vizirlari bir yerda (nuqtada) joylashgan bo'ladi. Bu tizimdan samolyotni qo'nish polosasini ko'rmasdan qo'ndirishda foydalaniladi.

### **5.13. Analog komanda liniyalari**

Analog signal orqali komanda uzatish radioliniyasining umumlashgan strukturaviy sxemasi 5.10-rasmda keltirilgan bo'lib, u quyidagi qism, qurilma va bloklardan tashkil topgan:

- 1 – komanda manbai;
- 2 – komanda signallarini kodlash qurilmasi;
- 3 – sinxronizatsiyalash tizimi;
- 4 – sinxronizatsiyalash signallarini kodlash qurilmasi;
- 5 – kanallar signallarini zichlash qurilmasi;
- 6 – yuqori chastotali tashuvchi manbai;
- 7 – radiouzatish qurilmasi;
- 8 – radioqabullash qurilmasi;
- 9 – dekodlash qurilmasi;
- 10 – ko'p kanalli signallarni ajratish – taqsimlash qurilmasi;
- 11,12 – sinxronlash signallarini dekodlash qurilmasi;
- 13 – komanda (xabar)larni oluvchi.



5.10-rasm. Analog signal orqali komanda uzatish radiolinyasining umumlashgan strukturaviy sxemasi

Umumiy holatda har qanday radiokanallarda additiv va multimlikativ xalaqitlar hamma vaqt mavjud bo'ladi. Analog radiolinyalarda ular bajaradigan vazifalariga qarab 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12 qurilmalardan ba'zilari bo'lmagligi mumkin.

#### 5.14. Raqamli komanda radiolinyalari

*Raqamli komanda radiolinyalari haqida birlamchi ma'lumotlar.*

Analog radiolinyalardan foydalanish, ularda quyidagi asosiy kamchiliklar bo'lishini tasdiqladi:

- nisbatan past xalaqitbardoshlik;
- nisbatan past kriptohimoyalanganlik.

Komanda radiolinyalari quyidagi talablarga javob berishi kerak:

- bir vaqtning o'zida boshqaruv signallari, telemetriya signallari, uchish apparatlari traektoriyalarini o'lchash natijalari, televizion va tovush signallarini uzatishni ta'minlashi;

- keng dinamik diapozondagi boshqaruv komandalarini uzatishni ta'minlashi;

- kriptohimoyalanganlik va uzatilayotgan signalni qalbaki shakllantirilishidan yuqori darajada himoyalanganlikni ta'minlashi;

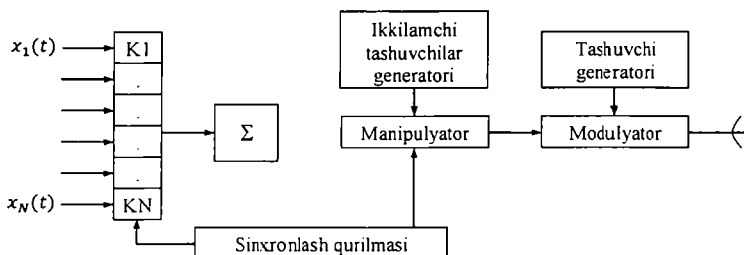
- komanda radiolinyasi ish holati shunday tashkil etilishi kerakki, dushman tomoni radiolinyaning hattoki ishlab turganligini aniqlay olmasin;

- komanda radiolinyasi ko'p sonli ma'lumot manbalari va ma'lumot oluvchilar bilan bir vaqtda ishlashini ta'minlay olsin.

Yuqorida keltirilgan hamma talablarni faqat komanda raqamli liniyalardan foydalanib amalga oshirish mumkin. Raqamli radiolinya deganda analog yoki diskret xabarlarini dastlab kodlab, so'ngra uzatiladigan tizim tushuniladi. Bunda kodlash qurilmasi axborotni siqish va xalaqitbardosh kodlardan foydalanishi ham e'tiborda bo'ladi. Komanda raqamli radiolinyalari hozirgi yuqori talab darajasiga katta va uzoq vaqt davomida rivojlanish natijasida erishadi. Zamonaviy raqamli komanda radiolinyalari 100...1000000 bit/sek tezlikda ma'lumotlar uzatishni ta'minlaydi, xalaqitbardoshligi potensial xalaqitbardoshlikka yaqin bo'lib, 10 metrdan 100 million kilometr masofada ma'lumotlar almashishni ta'minlaydi.

Raqamli radioliniya uzatish qismining umumlashgan strukturaviy sxemasi 5.11-rasmda keltirilgan.

Raqamli xabarlarini uzatish uchun turli kodlash usullari yaratilgan: 1) pauzasi (sukunati) passiv bir qutbli signal; 2) ikki qutbli aktiv pauzali signal; 3) bir qutbli turli fazali signal. Bu yuqorida keltirilgan uch tur signallarning chastotalar spektri turlicha, chunki ular bir-biridan shakli bo'yicha farqlanadilar.



5.11-rasm. Raqamli radioliniya uzatish qismining umumlashgan strukturaviy sxemasi

Komanda signallarini guruhga birlashtirish bloki chiqishida komanda signallarining to'plami hosil qilinadi. Komanda so'zlari sinxronlash signallari bilan qo'shilib uzatiladigan xabar (ma'lumot)lar kadrini hosil qiladi. Kadrlarning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, sinxronlash signalidan so'ng albatta ma'lum bir ketma-ketlikda uzatiladi. Ma'lumotlarni bu usulda uzatish tizimi sinxron uzatish tizimi deb ataladi. Agar komandalarni asinxron uzatish talab etilsa, u holda har bir komanda so'zi oldiga ma'lumotni oluvchi adresi (manzili) yoki so'z bo'yicha sinxronlash belgisi kiritiladi. Agar uzatiladigan komandalarning soni ko'p bo'lsa u holda uzatiladigan komanda guruhlari oldiga ularning har birini alohida-alohida uzatishni bildiruvchi sinxronlash belgilari kiritiladi.

Komanda raqamli radiolinyasi qabullash qismining umumlashgan strukturaviy sxemasi 5.12-rasmda keltirilgan.

Radioliniya qabullash qurilmasi signalning har bir elementini kogerent qabullashni amalga oshiradi va buning uchun quyidagi jarayonlarni bajaradi: asosiy tashuvchisi  $f_0$  bo'lgan signalni ko'paytirish, uni ikkilamchi chastotalarga mos ravishda bir-biridan ajratish (agar radioliniya ko'p kanalli bo'lsa). Kogerent qabullash qurilmasi chiqishida videochastotalar signali shakllanadi. Qabullash qurilmasining asosiy qismi uning qaror qabullash qismi (QQQ) hisoblanadi.

Radioliniya qabullash qismi quyidagilardan tashkil topgan:

QQQ – qaror qabullash qurilmasi;

HSMST – har bir simvol bo'yicha sinxronlash tizimi, bu tizim takrorlanishi takt chastotasiga teng bo'lgan vaqt belgilarini shakllantiradi;

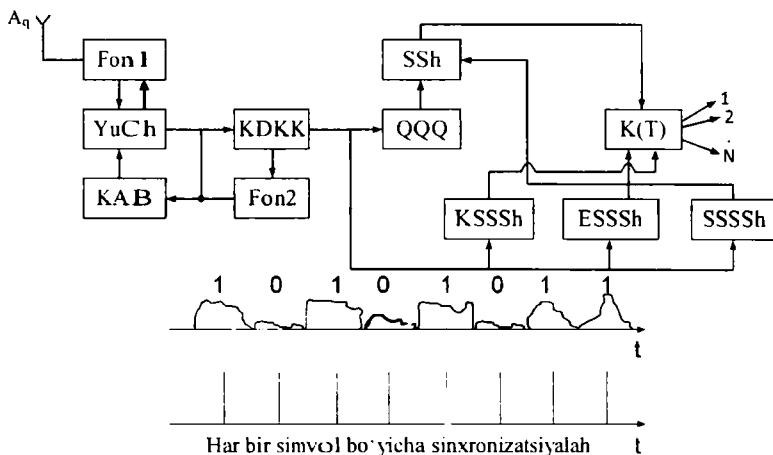
HSST – har bir so'z bo'yicha sinxronlash tizimi, bu tizim takrorlanishi so'zlar davomiyligiga teng davrlarda takrorlanuvchi vaqt belgilarini shakllantiradi;

KST – kadr bo'yicha sinxronlash tizimi. bu tizim takrorlanish davri kadr davomiyligiga teng bo'lgan vaqt belgilarini shakllantiradi;

Sh – im pulslar ketma-ketligini shakllantiruvchi qurilma. bu qurilma QQQ qarori asosida 1 va 0 lardan tashkil topgan impulslar ketma-ketligini shakllantiradi;

K – kommutator. bu qurilma qabul qilingan xabarni aniq bir belgilangan xabarni oluvchiga yetkazib beradi.

Qabul qilish qurilmasi antenasi tashuvchisi chastotasi  $f_0$  bo'lgan, additiv va multiplikativ xalaqitlar ta'sirida buzilgan signal ta'sir qiladi. Bundan tashqari qabul lanayotgan signalga maxsus shakllantirilgan xalaqitlar ham ta'sir etishi mumkin.



5.12-rasm. Raqamli radioliniya qabullash qismining umumlashgan strukturaviy sxemasi

YuCh – yuqori chastota; KAB – kuchaytirishni avtomatik boqarish; KDKK – kodlar diskret ketma-ketligi; QQQ – qaror qabul qilish; SSh – signalni shakllantirish; K(T) – kommutator (taqsimlagich); KSSSh – kadr sinxronlash signalini shakllantirish; ESSSh – elementar sinxronlash signalini shakllantirish; SSSSh – so'z sinxronlash signalini shakllantirish.

~~Signal elementlarini ko'ngil qabullash qurilmasi chastotasi  $f_0$  bo'lgan signalni kuchaytiradi, filtrlaydi va ikkilamchi tashuvchilar chastotalari asosida ularni bir-biridan ajratadi. AD chiqishida turli xalaqitlar ta'sirida shakli buzilgan impulslar ketma-ketligi hosil bo'ladi. QQQ ushbu shakli buzilgan impulslar tarkibida 1 va 0 lar borligi yoki yo'qligi haqida qaror qabul qiladi. QQQsi takt sinxronizatsiyasi signalisiz hech bir qaror qabul qilmaydi. Qabul qilinayotgan simvolning 1 yoki 0 ekanligi haqidagi qaror ushbu simvollar davomiyligining ohirgi vaqtda qabul qilinishi eng optimal (mutanosibi) hisoblanadi. Raqamli~~

radiolinialari uchish apparatlarini boshqarishga mo'ljallanganligi uchun albatta takt sinxronizatsiyasi amplituda detektori chiqishidagi impulslar ketma-ketligi bilan sinxron va bir xil fazada bo'lishi talab etiladi. Shakllantiruvchi qurilma QQQ qarori asosida davomiyligi bir xil bo'lgan, uzatilayotgan ma'lumotlarni aks ettiruvchi impulslar ketma-ketligini shakllantiradi. Kadr sinxrosignallari tizimi ma'lumot elementar signallari blokining boshlanishini bildiruvchi impulsni shakllantiradi. Takt sinxronizatsiyasi tizimi qabullanayotgan ma'lumotlar impulsleri asosida takt impulslarini shakllantiradi. Kommutator K ma'lumotlarni ma'lumotlar tegishli bo'lgan abonentlarga yetkazib beradi.

### 5.15. Radionavigatsiya tizimlari

Samolyotlar, kosmik apparatlar, dengiz kemalari harakatini radiotexnik usullardan foydalanib boshqarish tizimlari radionavigatsiya tizimlari (RNT) deb ataladi. Navigatsiya tizimlaridan boshqarilayotgan ob'ektlarning Yer ustidagi ma'lum nuqtaga nisbatan koordinatalarini yoki turli harakat yo'nalishini aniqlash talab qilinadi. Navigatsiya asosida ob'ekt koordinatalarini aniqlashga bo'lgan talablar nihoyatda yuqori darajani tashkil etmoqda. Dastlab dengiz va okeanlardagi (suv havzalaridagi) ob'ektlarning koordinatalari quyoshga nisbatan aniqlangan. Hozirda yulduzga nisbatan joylashish koordinatalarini burchakni o'lchash asbobi asosida radiomayoqlar, mayoqlar, Yer sun'iy yo'ldoshiga nisbatan aniqlash texnik vositalaridan foydalaniladi. Ba'zan Yerning har qanday nuqtasidan har qanday ob-havo sharoitida radionavigatsiya natijalari yuqori darajada bo'lishi talab etiladi.

Radionavigatsiya tizimlari umumiy holda quyidagi tizim osti qismlaridan tashkil topgan bo'lib, ular ob'ektning koordinatalarini, harakatlanish tezligini Yer yuzasi ma'lum nuqtasi koordinatalariga asosan aniqlash, olingan ma'lumotlarni monitorlarda aks ettirish va ob'ektlar harakatini boshqarish qismlaridan iborat bo'ladi:

1. Radionavigatsiya koordinatalari (RNK) – ob'ekt holati va harakati haqidagi axborotlarni tashuvchi ichki va tashqi xalaqitlar ta'sirida bo'lgan signallarni qabul qilish va unga ishlov berishni amalga oshiradi.

2. RNKdan olingan axborot signaliga tizim oldiga qo'yilgan masalani yechishga yo'naltirilgan ravishda ishlov berishni amalga oshiradi. Buni amalga oshirish uchun algoritim va dasturiy ta'minotlar asosida axborot signallariga ishlov beradi.

3. RNKni boshqa texnik vositalar bilan hamjihatlik (birgalik)da ishlashini ta'minlovchi qurilma.

4. RNT operatori uchun axborotni aks ettirish qurilmasi yoki avtopilot bilan birgalikda ishlashni ta'minlovchi qurilma.

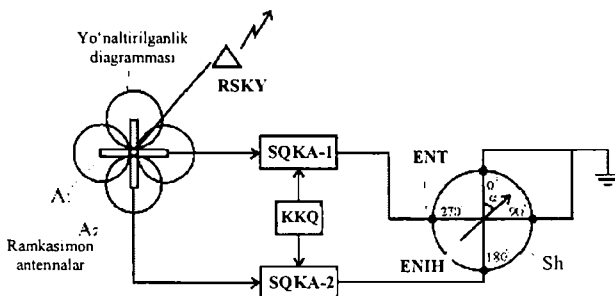
5. Boshqaruvchi operator (dipetcher) ish joyi.

6. Texnik xizmat ko'rsatuvchi operator (dispetcher)larning ish joylari va stendlari.

7. Tizim holatini nazorat qiluvchi qurilma.

8. Tizim faoliyatiga ta'sir etuvchi tashqi ta'sirlarni nazorat qiluvchi qurilma.

Dastlabki katta samarali radionavigatsiya tizimlardan biri bu ikki biriga perpendikulyar yo'naltirilgan antennalarga burchak ostida ta'sir etuvchi signallarning amplitudalarini taqqoslash prinsipiga asoslangan radiopelengatorlar hisoblanadi (5.13-rasm).



5.13-rasm. Radiopelengator strukturaviy sxemasi

5.13-rasmda strukturaviy sxemasi keltirilgan radiopelengator quyidagi qurilma va qismlardan tashkil topgan:

SQKvaA – signalni qabullash, kuchaytirish va ajratish qurilmasi;

ENT – elektron-nur trubkasi (ma'lumotni aks ettiruvchi asbob);

KKQ – kanalni kalibrovkalash qurilmasi;

Sh – burchak shkalasi, graduslarda belgilangan;

ENIH – elektron nur izi holati;

RSKY – radiosignalning kelish yo'nalishi.

Radiopelengator quyidagicha ishlaydi. Radiosignal antennalar orqali signalni qabullash, kuchaytirish va ajratish qurilmasiga ta'sir etadi. Kuchaytirilgan signallar elektron-nur trubkaning bir-biriga perpendikulyar bo'lgan elektrodlariga beriladi va u ENT ekranida nur ko'rinishida yoyiladi. ENT elektrodlariga berilgan signallar amplitudalari antennaga ta'sir etgan signal sathiga bog'liqligi uchun nurning yo'nalishi signal kelayotgan tomonga mos keladi.

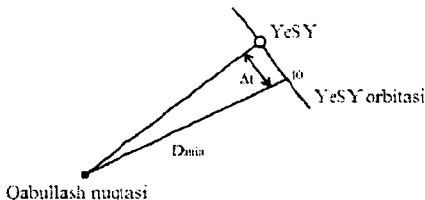
Burchakni o'lchashga asoslangan RNTlari amplitudasi modulyatsiyalangan signallardan foydalanib avtomatik radiopelenglashga asoslangan. Bu pelengatorlardan samolyot va kemalarning radiokompasslarida foydalaniladi. Bu tur radiopelengatorlar radiomayot tomonga yo'nalishni pelenglaydi. Bundan tashqari antennalari kam yo'naltirilgan kuzatuvchi tizimlardan ham foydalaniladi. Bu tur radiopelengatorlar radionurlarni yaxshi qabul qiladi va antennalarni radionurlanishlar (mayoq) tomonga har ikki antennalar chiqishlaridagi signallar sathi bir-biriga teng bo'lmaguncha davom ettiradi.

*Fazoda o'z o'rnini aniqlash tizimi.* Bunday tizimlarda antennasi yo'naltirilganlik diagrammasi tor bo'lgan doimiy kuzatuv olib boruvchi radiolokasion stansiyalardan foydalaniladi. Bundan tashqari o'z o'rnini radiomayoc va Yer sun'iy yo'ldoshlariga nisbatan aniqlash usulidan ham foydalaniladi.

*Impuls (kechikish vaqti asosida) masofani o'lchash qurilmalari.* Impulsning kechikishini o'lchash asosida masofani aniqlash qurilmalari ob'ektgacha bo'lgan masofani yuqori aniqlik bilan o'lchaydi. Bunda RLS uzatkichi va qabullash qurilmalari bitta antennadan foydalanadi. Bunda so'rov signalini qabullash va javob berish amalga oshiriladi, ya'ni RLSni "javob beruvchi" sifatida "o'zimizniki-begona"ni aniqlashda foydalanish mumkin. Javob beruvchi impuls signallaridan u joylashgan nuqtaning burchak koordinatalarini aniqlash mumkin.

### 5.16. Yer sun'iy yo'ldoshidan foydalanishga asoslangan radionavigasion tizimlar

Yer sun'iy yo'ldoshi orqali ob'ekt koordinatalarini aniqlash YeSYni koordinatalari aniqlanishi kerak bo'lgan ob'ekt ustidan uchib o'tishi vaqtda dopler siljishini o'lchashga asoslangan (5.14-rasm).



5.14-rasm. YeSY uchishida dopler siljishini o'lchash sxemasi

Kuzatilayotgan – koordinatalari aniqlanishi kerak bo'lgan ob'ekt ustidan uchib o'tishda dopler chastotasi o'z fazasini musbatdan manfiyga almashtiradi. YeSYning uchish traektoriyasi bir necha oy burun, avvaldan ma'lum bo'lib, jadval ko'rinishida kerakli tashkilotlarga tarqatiladi. Har bir YeSY o'zining ishchi chastotasi va o'ziga xos signal shakliga ega bo'ladi.

YeSY uchganda hosil bo'ladigan chastotaning dopler siljishi qiymati quyidagi formula qabullash nuqtasi

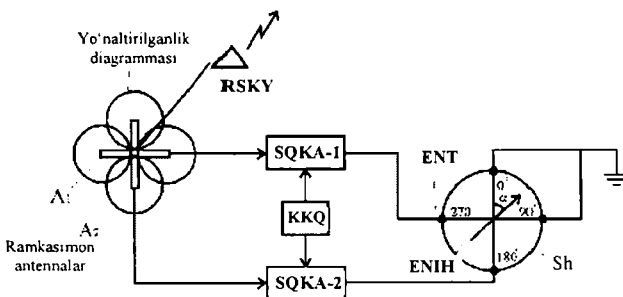
$$\Delta f_D(\Delta t) = f_s(\Delta t) - f_{s0} = \frac{f_{s0}}{c} \frac{v_{YeSY} \Delta t}{\sqrt{\Delta t^2 + (D_{min}/v_{YeSY})^2}} \quad (5.15)$$

Geoidada koordinatalar  $\Delta f_D = 0$  qiymatdan o'tishi orqali yoki YeSY nurlataetgan chastota  $\Delta f_{s0}$  ni o'z belgisini musbatdan manfiyga yoki aksincha o'zgarish vaqti orqali belgilanadi. (5.15) formulada  $D_{min}$  – YeSY va koordinatalari aniqlanayotgan ob'ekt orasidagi masofa;  $\Delta t$  – ob'ektni YeSY



8. Tizim faoliyatiga ta'sir etuvchi tashqi ta'sirlarni nazorat qiluvchi qurilma.

Dastlabki katta samarali radionavigatsiya tizimlardan biri bu ikki biriga perpendikulyar yo'naltirilgan antennalarga burchak ostida ta'sir etuvchi signallarning amplitudalarini taqqoslash prinsipiga asoslangan radiopelengatorlar hisoblanadi (5.13-rasm).



5.13-rasm. Radiopelengator strukturaviy sxemasi

5.13-rasmda strukturaviy sxemasi keltirilgan radiopelengator quyidagi qurilma va qismlardan tashkil topgan:

- SQK va A – signalni qabullash, kuchaytirish va ajratish qurilmasi;
- ENT – elektron-nur trubkasi (ma'lumotni aks ettiruvchi asbob);
- KKQ – kanalni kalibrovkalash qurilmasi;
- Sh – burchak shkalasi, graduslarda belgilangan;
- ENIH – elektron nur izi holati;
- RSKY – radiosignalning kelish yo'nalishi.

Radiopelengator quyidagi cha ishlaydi. Radiosignal antennalar orqali signalni qabullash, kuchaytirish va ajratish qurilmasiga ta'sir etadi. Kuchaytirilgan signallar elektron-nur trubkaning bir-biriga perpendikulyar bo'lgan elektrodlariga beriladi va u ENT ekranida nur ko'rinishida yoyiladi. ENT elektrodlariga berilgan signallar amplitudalari antennaga ta'sir etgan signal sathiga bog'liqligi uchun nurning yo'nalishi signal kelayotgan tomonga mos keladi.

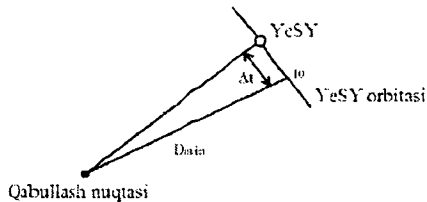
*Burchakni o'lchashga asoslangan RNTlari* amplitudasi modulyatsiyalangan signallardan foydalanib avtomatik radiopelenglashga asoslangan. Bu pelengatorlardan samolyot va kemalarning radiokompasslarida foydalaniladi. Bu tur radiopelengatorlar radiomayq tomonga yo'nalishni pelenglaydi. Bundan tashqari antennalari kam yo'naltirilgan kuzatuvchi tizimlardan ham foydalaniladi. Bu tur radiopelengatorlar radionurlarni yaxshi qabul qiladi va antennalarni radionurlanishlar (mayoq) tomonga har ikki antennalar chiqishlaridagi signallar sathi bir-biriga teng bo'lmaguncha davom ettiradi.

*Fazoda o'z o'rnini aniqlash tizimi.* Bunday tizimlarda antennasi yo'naltirilganlik diagrammasi tor bo'lgan doimiy kuzatuv olib boruvchi radiolokasion stansiyalardan foydalaniladi. Bundan tashqari o'z o'rnini radiomayoc va Yer sun'iy yo'ldoshlariga nisbatan aniqlash usulidan ham foydalaniladi.

*Impuls (kechikish vaqti asosida) masofani o'lchash qurilmalari.* Impulsning kechikishini o'lchash asosida masofani aniqlash qurilmalari ob'ektgacha bo'lgan masofani yuqori aniqlik bilan o'lchaydi. Bunda RLS uzatkichi va qabullash qurilmalari bitta antennadan foydalanadi. Bunda so'rov signalini qabullash va javob berish amalga oshiriladi, ya'ni RLSni "javob beruvchi" sifatida "o'zimizniki-begona"ni aniqlashda foydalanish mumkin. Javob beruvchi impuls signallaridan u joylashgan nuqtaning burchak koordinatalarini aniqlash mumkin.

### 5.16. Yer sun'iy yo'ldoshidan foydalanishga asoslangan radionavigasion tizimlar

Yer sun'iy yo'ldoshi orqali ob'ekt koordinatalarini aniqlash YeSYni koordinatalari aniqlanishi kerak bo'lgan ob'ekt ustidan uchib o'tishi vaqtida dopler siljishini o'lchashga asoslangan (5.14-rasm).



5.14-rasm. YeSY uchishida dopler siljishini o'lchash sxemasi

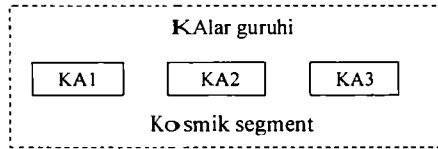
Kuzatilayotgan – koordinatalari aniqlanishi kerak bo'lgan ob'ekt ustidan uchib o'tishda dopler chastotasi o'z fazasini musbatdan manfiyga almashtiradi. YeSYning uchish traektoriyasi bir necha oy burun, avvaldan ma'lum bo'lib, jadval ko'rinishida kerakli tashkilotlarga tarqatiladi. Har bir YeSY o'zining ishchi chastotasi va o'ziga xos signal shakliga ega bo'ladi.

YeSY uchganda hosil bo'ladigan chastotaning dopler siljishi qiymati quyidagi formula qabullash nuqtasi

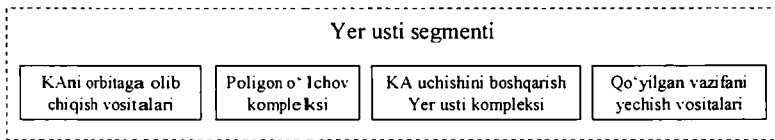
$$\Delta f_D(\Delta t) = f_s(\Delta t) - f_{s0} = \frac{f_{s0}}{c} \frac{v_{YeSY} \Delta t}{\sqrt{\Delta t^2 + (D_{min}/v_{YeSY})^2}} \quad (5.15)$$

Geoidada koordinatalar  $\Delta f_D = 0$  qiymatdan o'tishi orqali yoki YeSY nurlataetgan chastota  $\Delta f_{s0}$  ni o'z belgisini musbatdan manfiyga yoki aksincha o'zgarish vaqti orqali belgilanadi. (5.15) formulada  $D_{min}$  – YeSY va koordinatalari aniqlanayotgan ob'ekt orasidagi masofa;  $\Delta t$  – ob'ektni YeSY

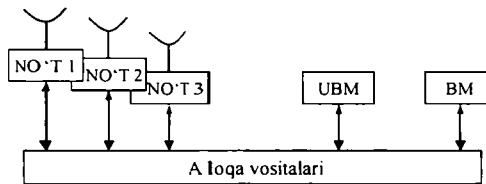
uchirish natijasida olingan telemetriya va traektoriya haqidagi ma'lumotlarga ishlov berish kompleksi ham kiradi.



a)



b)



v)

5.16-rasm. Kosmik tizimning tarkibi

KA bajarayotgan vazifalar haqidagi maqsadli ma'lumotlarni qabullash va undan kerakli axborotlarni olish bilan KAni uchirishga buyurtma bergan tashkilot shug'ullanadi. Misol shaklida maqsadli vazifalarni bajaruvchi ba'zi KA texnik vositalarini ko'rib chiqamiz.

*Aloqa tizimi uchun:* ma'lum turdagi axborot (raqamli, telefon, teleradioeshittirish va h.k) signallarini ayirboshlovchi KA bortida joylashgan signal retranslyatorlari va Yerdagi aloqa stansiyalari.

*Navigatsiya tizimlari uchun:* navigatsion va xizmat signallarni shakllantiruvchi KA bortida joylashgan tizimlar, KA guruhi orbitalarini aniq aniqlovchi Yer usti tarmog'i. KA uchun aniq vaqtni xotirada saqlash va unga tuzatishlar kiritishni shakllantirish, navigatsiya maydonini nazorat qilish tizimi va boshqalar.

*Yerni masofadan turib o'rganish (zondlash) tizimi uchun:* KA bortida joylashgan Yer yuzasini kuzatuvchi foto va televizion tizimlar, yon tomonni kuzatuvchi radiolokatsiya stansiyasi, ma'lumotlarni shakllantirish vositalari va ma'lumotlarni qabullash hamda ularga ishlov berish Yer usti stansiyalari.

*Ilmiy KAlar uchun:* bortga o'rnatilgan ilmiy apparatlar va ilmiy apparatlar ish jarayonini boshqarish asboblari, ma'lumotlarni shakllantirish, ilmiy ma'lumotlarni qabullash Yer usti stansiyasi.

KAlar ish orbitalari sifatida quyidagilardan foydalaniladi.

*Aloqa tizimi uchun:* doirasimon orbita, bunday orbitada odatda bir necha KAlar joylashgan bo'ladi; geostasionar orbita, bunday orbitada odatda Yerga nisbatan qo'zg'almas deb hisoblanadigan bitta KA bo'ladi.

*Navigatsiya tizimlari uchun:* Yerga nisbatan 1000 km balandlikda bo'lgan qutblangan doirasimon orbitadan foydalaniladi, bu orbitada odatda 4...6 ta KA joylashgan bo'ladi; turli og'ishlarda balandligi 20000 km bo'lgan doirasimon orbita, bu orbitada 24 tagacha KA joylashgan bo'ladi.

*Yerni masofadan zondlash tizimi uchun:* quyoshga nisbatan sinxron aylanuvchi doirasimon orbita (og'ishi 98°, orbitaning Yerga nisbatan balandligi 650...1000 km).

*Yer atrofi KAlari uchun:* balandligi turlicha 20000 km gacha bo'lgan doirasimon orbita; cho'zilgan ellips ko'rinishidagi apogey 200...400 ming km bo'lgan orbita.

Boshqa kosmik tizimlarda boshqa ish orbitalaridan foydalaniladi. KAning Yerga nisbatan joylashishi balandligiga qarab, ularni shartli ravishda quyidagilarga bo'lish mumkin:

- yaqin kosmos – 20 ming km gacha;
- o'rta kosmos – 300 ming km gacha;
- uzoq kosmos – 300 ming km dan katta.

KAni fazoga chiqarish maxsus raketa yordamida amalga oshiriladi. KAni fazoga chiqarishda foydalaniladigan raketa turi birinchi navbatda KAning vazniga va KAni fazoga chiqarish raketasining uchirish poligoni joylashgan geografik kenglikka bog'liq. Raketani uchirish poligoni qancha janubda bo'lsa, raketani orbitaga olib chiqadigan KAning og'irligi shuncha katta bo'lishi mumkin.

KAni uning ish orbitasiga joylashtirish bir bosqichli va ikki bosqichli bo'lishi mumkin. KAning aktiv uchish masofasida raketaning hamma bosqichlari ketma-ket ishlaydi. Bu bosqich KAni YeSY doirasimon orbitaga joylashtirish bilan tugaydi.

Agar raketaning yuk ko'tarish imkoniyati KAni belgilangan orbitaga olib chiqib joylashtirish uchun yetarli bo'lmasa, u holda yana bitta bosqich tezlanish berish bloki (TBB)dan foydalaniladi. Birinchi bosqichda raketaning aktiv uchish traektoriyasini bosib o'tgandan so'ng KA YeSY orbitasida TBB passiv bo'lgan holatda harakatlanadi. KA ishchi orbitasi traektoriyasi bilan belgilanadigan orbitaga joylashtirish uchun tezlanish berish bloki dvigateli ishga tushadi. natijada KA o'z ishchi orbitasiga joylashadi. KAni nafaqat Yerga nisbatan ma'lum balandlikdagi orbitaga joylashtirish uchun, shu bilan birga KAning Yerga nisbatan joylashish holatini o'zgartirish uchun TBB dvigateli bir necha bor ishlatiladi, undan foydalanish mumkin.

KAni uning ishchi orbitasiga chiqarib joylashtirgandan so'ng raketa yoki TBB KA dan ajratiladi.

### **5.18. Kosmik apparatlarni boshqarish. KAning o'zini-o'zi mustaqil boshqarish tizimi. KAni Yerdagi vositalar orqali boshqarish**

*KAning o'zini-o'zi mustaqil boshqarish tizimi.* KAni boshqarish turli bosqichlarda turlicha amalga oshiriladi. KAni ishchi orbitaga olib chiqishning aktiv qismida boshqarish raketaning o'z-o'zini mustaqil boshqarish tizimi orqali amalga oshiriladi. Bunda KAni olib chiquvchi raketaning hamma tizimlarining ishlash holati raketa uchish trassasi bo'yicha joylashgan telemetrik va traektoriya tizimlari orqali nazorat qilinadi. Tezlanishni boshqarish blokini boshqarish unda joylashgan boshqarish tizimi orqali amalga oshiriladi.

KA orbitaga chiqqandan so'ng uni olib chiqqan raketadan ajraladi va o'zining mustaqil boshqarish tizimi va Yerdagi boshqarish kompleksi orqali boshqariladi. KAning o'zini-o'zi boshqarish mustaqil tizimi uning o'z oldiga qo'yilgan vazifani bajarilishini va talab darajasida ish holatida bo'lishini ta'minlaydi. Bu tizim KAni orbitaning belgilangan joyida bo'lishini, uning Yerga nisbatan joylashganlik holatini, KAning ish holati turg'un bo'lishini, KA oldiga qo'yiladigan vazifalarni bajarishni ta'minlovchi asboblarni boshqaradi.

KA o'z-o'zini boshqarish tizimi KAning elektr ta'minot, harakatni boshqarish va boshqa qurilmalarini boshqaradi. KA o'z-o'zini boshqarish tizimining yana bir muhim vazifalaridan biri bu KAda paydo bo'lishi mumkin bo'lgan turli nosozliklarning oldini olish, nosozliklar yuz bergan holatda ham KA zahira imkoniyatidan foydalanib hamda buzuq element va blokarsiz KA qurilmalarining o'z oldiga qo'yilgan vazifani avvaldan belgilangan algoritm asosida amalga oshirishni ta'minlaydi.

KA o'z-o'zini mustaqil boshqarish "o'zgarmas" va "moslashuvchan" dastur asosida ishlaydi.

KAni boshqarish tizimi tarkibida vaqt-dastur qurilmasi (VDQ) bo'lib, uning xotirasiga bortdagi asboblarni Yerdagi vaqtga bog'liq ishlashini ta'minlash "o'zgarmas" dasturi kiritilgan.

KA bortidagi tizimlarning ishlashini ta'minlovchi "moslashuvchan" dastur Yerdan bortdagi vaqt-dastur qurilmasiga "raqamli qo'shimcha" shaklida kiritiladi va bortdagi vaqtni VDQsi xotirasiga kiritilgan vaqt bilan mos kelgan vaqtlarda tegishli amal bajariladi. Moslashuvchi dasturning bajarilishiga misol tariqasida KA orbitasiga tuzatish kiritish (KAning Yerga nisbatan balandligini vaqt o'tishi bilan asta-sekin pasayishini asl joyiga qaytarish)ni keltirish mumkin. Ushbu dastur asosida belgilangan vaqtlarda KAni Yerga nisbatan holati o'zgarishi asl holatiga qaytariladi, KAning muqobil joylashishi KA bortidagi ~~tezlanishni boshqarish~~ blokni dvigatelini ish holatiga keltirish va ish holatini to'xtatish ishlarini ham bajaradi.

Yerdan KAni boshqarish ma'lumotlarini olish va KA bortida vazifaga tegishli to'plangan ma'lumotlarni, shu bilan birga telemetrik ma'lumotlarni Yer stansiyasiga uzatish uchun KA bortidagi radiotexnik tizimlardan foydalaniladi.

*KAni Yerdagi vositalar orqali boshqarish.* KAni boshqarish jarayoni quyidagi asosiy uchta vazifani bajarishdan iborat:

- KAning fazodagi holatini aniqlash;

- KA bortidagi turli tizimlarning ish holati haqidagi ma'lumotlarni olish;
- KA bortidan uning fazodagi holati va turli tizimlarining ish holati haqidagi ma'lumotlar asosida KA boshqarish komandalarini shakllantirish va bu ma'lumotlarni KA bortiga tegishli vazifalarni bajarish uchun uzatish.

Birinchi vazifa KAning fazodagi holatini aniqlash Yerdagi joylashgan traektoriyasini o'lchash vositalari orqali amalga oshiriladi. Ushbu olingan ma'lumotlar asosida KAning orbitasi aniqlanadi va uning ma'lum vaqt davomidagi holati bashorat qilinadi. Bu bashoratlashning aniqligi ehtimolligi KA traektoriyasini va ishchi orbitasini o'lchash aniqligiga bog'liq. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, hozirda KAning fazodagi holatini aniqlash uchun uning bortida joylashgan bort navigasion GLONASS yoki GPS apparaturasidan foydalanish ham nazarda tutilgan.

KA bortidagi turli tizimlarning ish holati uning bortiga o'rnatilgan telemetrik tizimlar orqali amalga oshiriladi. KA telemetrik tizimi uning bortiga o'rnatilgan turli nazorat etiladigan qismlar holatini nazorat qiluvchi datchiklar, bu datchiklardan olinadigan ma'lumotlarni jamlash, ularni Yerga uzatishning xalqitbardoshligini oshirishga tegishli ishlovlar berish va Yerga uzatish qurilmasidan iborat.

Yerdagi telemetrik ma'lumotlar telemetriya stansiyalari orqali qabul qilinadi, ularga tegishli ishlovlar berilgandan so'ng bu ma'lumotlar mutaxassislariga tahlil etish uchun taqdim etiladi.

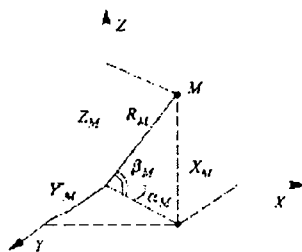
KAning fazodagi holati haqidagi ballistik va KA bortidagi turli tizimlarning ish holatlari haqidagi telemetrik ma'lumotlar KAlar uchishini boshqarish markazi (UBM) ga yuboriladi. UBM olingan ma'lumotlarni va kosmik uchishlarni boshqarish markazi (KUBM)dan olingan ma'lumotlarni tahlil etish asosida KAni uning oldiga qo'yilgan vazifalarni bajarishni davom ettirish haqidagi kerakli komandalar shakllantiriladi. Bu komandalar Yerdagi vaqtga bog'liq bo'lgan dastur shaklida Yer usti stansiyasiga uzatiladi, o'z navbatida bu dasturlar belgilangan vaqtlarda komanda radioliniasi orqali KA tomondan bajarilishi uchun yuborib turiladi.

Kosmik tizimni boshqarish markazi (KTBM) uchishlarni boshqarish tizimi (UBT) mutaxassislari KAlar va Yer kosmik stansiyalarini nazorat qilishga tegishli texnik va dasturiy ta'minotlar majmuasidan iborat. UBT mutaxassislari o'z tizimidagi texnik va dasturiy vositalar asosida KA oldiga qo'yilgan vazifalarni bajarishiga kerak bo'ladigan komandalarni shakllantirib kosmik radioliniasi orqali KA bortiga yetkazib beradi.

Keltirilgan asosiy vazifalarni Yerdagi amalga oshirish maxsus traektoriya o'lchash stansiyalari, telemetrik va komanda stansiyalari orqali amalga oshiriladi. Buning uchun har bir stansiyaga alohida maxsus radioliniasi ajratilish kerak. Ammo Yer stansiyasi va KA orasida turli ma'lumotlarni ayiribsovlash uchun yagona umumiy radiokanalidan foydalanish ham mumkin. Bunday stansiya kuzatish komanda-o'lchov stansiyasi (KKUS) deb ataladi.

## 5.19. Kosmik apparatlarning koordinatalarini o'lchash

Nuqtaning (ob'ektning) fazodagi holati to'g'ri burchakli koordinatalar tizimida uchta –  $X, Y, Z$  koordinatalar orqali aniqlanadi (5.17-rasm). Fazoda harakatdagi nuqta (ob'ekt)ning holati 6 ta koordinatalar  $X, Y, Z, X', Y', Z'$  orqali aniqlanadi.



5.17-rasm. Koordinatalar tizimi

KAning holatini radiotexnik usullar orqali aniqlashda sferik koordinatalar tizimidan foydalanish nisbatan qulay hisoblanadi. Bu tizimda koordinatalar quyidagilar hisoblanadi:

- $R$  – og'ish uzoqligi;
- $R'$  – radial tezlik;
- $\alpha$  – azimut;
- $\alpha'$  – azimut bo'yicha tezlik;
- $\beta$  – joy burchagi;
- $\beta'$  – joy burchagining o'zgarish tezligi.

To'g'riburchakli koordinatalar tizimidan oson hisoblashlar asosida sferik koordinatalar tizimiga va teskarisiga o'tish mumkin. Og'ishgan uzoqlik  $R$  – uzoqlikni o'lchash usuli asosida; radial tezlik  $R'$  – signal chastotasi qiymatining dopler effekti asosida siljishi (oshishi) bo'yicha;  $\alpha, \alpha'$  va  $\beta$  burchak koordinatalari – burchakni fazoviy o'lchash asosida aniqlash orqali o'lchanadi.

Amalda KA orbitalarini aniqlashda amalda boshqa o'lchanadigan parametrlarni o'lchash usuli qulay hisoblanadi, ammo bu usuldan foydalanilganda KAning 6 ta harakat parametrlari bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda o'lchanishi kerak. KA harakatining bunday parametrlari quyidagilar bo'lishi mumkin:

---

–  $R, R'$  larning uch juft o'lchash qiymatlari ( $R_1, R'_1, R_2, R'_2, R_3, R'_3$ ) – bular bir vaqtning o'zida uchta bir-biridan ma'lum darajada uzoq o'lchash punktlarida o'lchangan bo'lishi kerak;

- oltita punktning har birida o'lchangan  $R$  ning oltitadan qiymati;
- $R$  ning bitta punktida turli vaqtlarda o'lchangan oltita qiymati.

O'lchanadigan parametrlarning boshqa to'plami ham bo'lishi mumkin. Bunda o'lchashlar bir-biriga bog'liq bo'lmasligi kerak.

KA va o'lchash stansiyasi orasidagi masofaning o'zgarishi natijasida dopler effekti asosida KA nurlatayotgan va o'lchash stansiyasi (O'S) qabul qilayotgan signal chastotasi o'zgaradi.

KA o'lchash stansiyasiga yaqinlashgan sari KA nurlatayotgan signal chastotasi kattalashadi. KA va O'S orasidagi masofa ma'lum minimal qiymatdan katta bo'lmasa, O'S qabul qilayotgan signal chastotasi KA nurlatayotgan signal chastotasiga teng bo'ladi. KA o'lchash stansiyasidan uzoqlashgan sari O'S qabul qilayotgan signal KA nurlatayotgan signal chastotasidan kichik bo'ladi.

Dopler o'lchashlarini o'tkazishning ikki asosiy usuli mavjud. Birinchi usul so'rov usuli, bunda O'S kosmik apparat tomonga chastotasi yuqori darajada stabilizatsiya qilingan signalni nurlatadi, KA bu signalni o'zining bortidagi qabullash-uzatish qurilmasida qabul qiladi va uni kogerent o'zgartirgandan so'ng Yer tomonga boshqa chastotani nurlatadi. O'Sda qabul qilingan signal KA tomonga va KAdan O'Sga qaytib kelishdagi dopler effekti asosida signal chastotasining o'zgarishlari yig'indisiga teng bo'ladi. Ushbu chastotaning o'zgarishini o'lchash asosida KAning O'Sga nisbatan harakatining radial tashkil etuvchisi tezligini aniqlash imkonini beradi.

Ikkinchi usul bu so'rovsiz tizim bo'lib, bunda KA bortidagi radiouzatkich O'S tomonga ma'lum chastotadagi signalni nurlatadi. O'S bu qabul qilingan signalni chastotasi KA nurlatgan signal chastotasiga teng bo'lgan etalon signal bilan taqqoslash asosida dopler effekti asosida chastota o'zgarishini aniqlaydi. So'rov tizimi asosida chastota o'zgarishini aniqlash xatoligi KA bortidagi signal generatori va O'S shakllantirilgan etalon signal chastotalarining stabiligiga va bir-biridan farqlanishiga bog'liq.

Umuman olganda, so'rovli usul asosida chastota o'zgarishini aniqlash natijasi so'rovsiz usul asosida aniqlangan chastota o'zgarishidan yuqori bo'ladi.

KAgacha bo'lgan masofani aniqlash so'rov signalini KAgacha va undan O'S qaytib kelishi uchun ketgan vaqt orqali amalga oshiriladi. Radioliniya orqali uzluksiz signal uzatishga asoslangan masofani aniqlashda: ko'p chastotali signallardan yoki tashuvchisi tasodifiysimon kodlangan signallardan foydalaniladi. Masofani o'lchash tizimlarida tashuvchisi impuls modulyatsiyadan ham foydalanish mumkin. Bu usuldan foydalanilganda KA bortida signalni qabullash va uni qayta uzatish qurilmasi bo'lishi kerak.

Agar so'rov signali sifatida tasodifiysimon kodlardan foydalanilsa, u holda masofaning aniq qiymati PN-kod simvoli chastotasi asosida aniqlanadi. So'rov va javob PN-kodini bir-biri bilan taqqoslaganda ularning korrelyatsiya funksiyalari cho'qqilari bir-biridan vaqt bo'yicha qandaydir  $\Delta t$  ga farq qiladi, ana shu korrelyatsiya funksiyalari cho'qqilari orasidagi farq  $\Delta t$  asosida O'Sdan KAgacha bo'lgan masofa hisoblanadi.

O'Sdan KAgacha bo'lgan masofani so'rovsiz usul yordamida ham aniqlash mumkin. Bu usulda KA nurlatayotgan signalda uning impulslarini nurlatish boshlanganligini bildiruvchi vaqt belgilari bo'lishi kerak. Yerdagi O'S signal nurlatilishi boshlangan vaqt va u qabul qilingan vaqtni taqqoslash asosida masofani aniqlaydi.



Shuni alohida ta'kidlash kerakki, ba'zan KAning koordinatalarini aniqlash uchun lazerli masofani o'lchash tizimidan foydalanish mumkin, bu tizim yordamida masofani 10...20 sm xatolik bilan aniqlash mumkin.

$\alpha$ ,  $\alpha'$ ;  $\beta$ ,  $\beta'$  larni burchakni o'lchash faza radiointerferometri yordamida amalga oshiriladi. Bu usuldan foydalanilganda KA nurlatayotgan signal bir-biridan ma'lum bir oraliqda (bu oraliq baza deb ataladi) joylashgan bir juft antenna orqali qabullanadi. Agar KA ushbu antennalardan turli masofada joylashgan bo'lsa, u holda signal bu antennalar orqali turli kechikishlar bilan qabul qilinadi. Qabul qilingan signallarning fazalari farqi KAning radiointerferometr bazasiga nisbatan joylashish holati burchagini bildiradi.

## 5.20. Kosmik apparatlarni kuzatish stansiyalari

Kosmik apparatlarni kuzatish stansiyalarining ikki turi mavjud:

– faqat bitta vazifani – KA traektoriyasini o'lchash, telemetrik ma'lumotlarni qabullash, komandalarni va boshqarish dasturlarini uzatishga mo'ljallangan maxsus stansiya;

– KAni boshqarishga tegishli hamma vazifalarni bitta radiokanal orqali bajaruvchi – ko'p maqsadli kuzatish stansiyasi.

KAni olib uchuvchi raketalar uchishini nazorat qilish uchun maxsus telemetrik stansiyalar va uchish traektoriyasini o'lchovchi stansiyalar, shu jumladan optik stansiyalardan foydalaniladi. KAlarni boshqarish uchun ko'p hollarda ko'p vazifalarni bajaruvchi nazorat-o'lchash stansiyalari (NO'S)dan foydalaniladi, shu bilan birga maxsus stansiyalardan ham foydalaniladi.

KAlarni kuzatish va boshqa turli radiotexnik vositalar alohida komanda-o'lchash kompleks (AKO'K)larda joylashgan bo'ladi. Bu AKO'K mamlakatning turli hududlarida o'rnatilgan bo'lib, Mudofaa vazirligi tomonidan ajratilgan alohida mutaxassislar guruhlarini tomonidan ularga xizmat ko'rsatiladi.

Bir xil tuzilishdagi ko'p vazifalarni bajarishga mo'ljallangan KAlarni boshqarishda foydalaniladigan kuzatish stansiyalari umumiy holatda quyidagi vazifalarni bajarishlari kerak:

– KAni fazoda qidirish va KA nurlatayotgan signalni burchak ostida kuzatishni ta'minlash;

– KAdan nurlantirilayotgan signallarni qabullash, undan ma'lumotlarni ajratib olish, ularga ishlov berish va ma'lumotlardan foydalanuvchilarga (uchishlarni boshqarish markazi (UBM), kosmik tizimlar bosh markazi (KTBM) va boshqalarga) yetkazish;

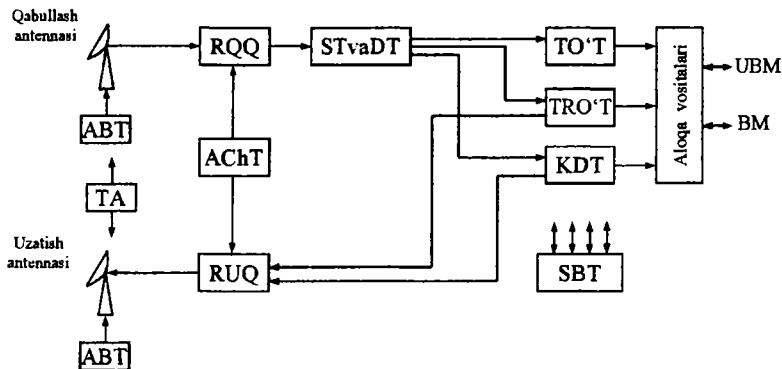
– KA traektoriyasini o'lchash ishlarini bajarish va natijalarini bazaviy (asosiy) markaz (BM) ga yuborish;

– Komanda-dastur ma'lumotlarini shakllantirish va ularni KA bortiga uzatish;

– UBM va BM lar orasida KAni boshqarishni tashkil etishga kerak bo'ladigan ma'lumotlarni ayirboshlash.

5.18-rasmda KA uchishini kuzatish stansiyasining umumlashgan strukturaviy sxemasi keltirilgan bo'lib, u quyidagi tizimlardan iborat: antennalar,

O'YuCh trakti, antennani ob'ekt tomonga yo'naltirishni boshqarish tizimi; radiouzatish va radioqabullash qurilmalari, signalni aniqlash va demodulyatsiya qilish tizimi, komanda berish apparaturasi, trektoriyani o'lchash apparaturasi, telemetriya apparaturasi, aniq chastota va yagona vaqt tizimi, tahlil-tekshirish apparaturasi, aloqa vositalari, kompleksni boshqarish tizimi.



5.18-rasm. KA uchishini kuzatish stansiyasining umumlashgan strukturaviy sxemasi

5.18-rasmda: RQQ – radioqabullash qurilmasi; STvaDT – signalni topish va dekodlash tizimi; TO'T – telemetrik o'lchash tizimi; TRO'T – traektoriyani o'lchash tizimi; KDT – komanda-dastur tizimi; SBT – stansiyani boshqarish tizimi; RUQ – radiouzatish qurilmasi; AChT – aniq chastotalar tizimi; TA – tekshirish apparaturasi; UBM – uchishlarni boshqarish tizimi; BM – boshqarish markazi; ABT – antennani boshqarish tizimi.

KA bajaradigan vazifa u bilan birgalikda ishlaydigan kuzatish stansiyasi va uning tarkibiga kiruvchi apparaturalar ba'zi texnik xarakteristikalari turlicha bo'lishi mumkin. Masalan:

- stansiyalar L, S, C, X, Ku va boshqa chastotalar diapazonida ishlashi mumkin;
- turli antennalardan yo'naltirilganlik diagrammasi hamma tomonga bir xil bo'lgan antennalar, keng va tor yo'naltirilgan diagrammali antennalar;
- parabolik antennasi diametri 1 da 70 metrgacha;
- radiouzatgichi chiqish quvvati 0,15 dan 200 kVt gacha;
- radioqabullash qurilmasining shovqin temperaturasi 1500 K da 10 K gacha;
- traektoriyani o'lchash xatoligi 1 metrdan 300 metrgacha va uchish tezligini aniqlash xatoligi 100 dan 0,2 mm/s gacha;
- beradigan komandalar soni bir necha 10 tadan bir necha 100 tagacha;
- foydalaniladigan modulyatsiya turlari – FM, ChM, AM va boshqalar;

– komanda va telemetrik ma'lumotlarni uzatishda turli kodlash usullari qo'llanishi mumkin.

Komanda-o'lchash stansiya (KO'S)lari juda murakkab bo'lgan apparat-dasturlar stansiyalari hisoblanadi. Stansiyaning apparaturalari shunday loyihalanadiki, uning ishi avtomatik ravishda amalga oshadi va operator (boshqaruvchi)ning boshqaruv jarayonida qatnashishi ko'p hollarda talab etilmaydi.

Boshqarish tizimi stansiyasini ish holatiga tayyorlash. KA bilan aloqa seansini o'tkazish, avtomatik ravishda lekin operator kuzatuv ostida amalga oshiriladi. Operator boshqarish tizimi ishiga faqat favqulotda holatlar yuzaga kelganda aralashadi va boshqarishni o'ziga oladi.

Boshqarish stansiyalarining xizmat ko'rsatish muddati unda ta'mirlash-tiklash ishlari olib borishi hisobiga, amalda 10...15 yilni tashkil qiladi. Shu muddatdan so'ng boshqaruv stansiyasi ilmiy-texnika rivojlanish yutuqlariga, zamonaviy elementlar baza va eng yaxshi texnik va foydalanish xarakteristikalariga ega bo'lgan navbatdagi avlodi bilan almashtiriladi.

#### *Nazorat savollari*

1. *Radioboshqaruv tizimining asosiy texnik ko'rsatkichlarini aytib bering. Undan qanday maqsadlarda foydalaniladi?*

2. *Uchish apparatini radioboshqarishning umumiy xarakteristikalarini aytib bering.*

3. *Radioteleyo'naltirish usulidan qanday maqsadlarda foydalaniladi.*

4. *Radionur asosida boshqaruvchi radioliniyaning uzatish qismi strukturaviy sxemasini chizing va uning qismlari bajaradigan amallarni qisqacha tushuntiring.*

5. *Radionur asosida boshqaruvchi radioliniyaning qabullash qismi strukturaviy sxemasini chizing va uning qismlari bajaradigan amallarni qisqacha tushuntiring.*

6. *Optoelektron o'z-o'zini boshqarish tizimining unumlashgan tuzilish sxemasini chizing va uning qismlari bajaradigan amallarni qisqacha tushuntiring.*

7. *Komanda orqali boshqarish tizimining strukturaviy sxemasini chizing va uning qismlari bajaradigan amallarni qisqacha tushuntiring.*

8. *Analog va raqamli komanda liniyalari haqida tushuncha bering.*

9. *Radionavigatsiyadan qanday maqsadlarda foydalaniladi?*

10. *Yer sun'iy yo'ldoshidan foydalaniga asoslangan radionavigatsiya tizimi haqida tushuncha bering.*

11. *Kosmik tizimlardan qanday maqsadlarda foydalaniladi va ular qanday tizim orqali boshqariladi?*

12. *Kosmik apparatlar qanday usullar yordamida boshqariladi?*

13. *Kosmik apparatlarni kuzatish stansiyalari qanday vazifani bajaradilar?*

14. *Kosmik apparatlarning koordinatalari qanday o'lchanadi?*

15. *Geostasionar orbitadan qanday maqsadlarda foydalaniladi?*

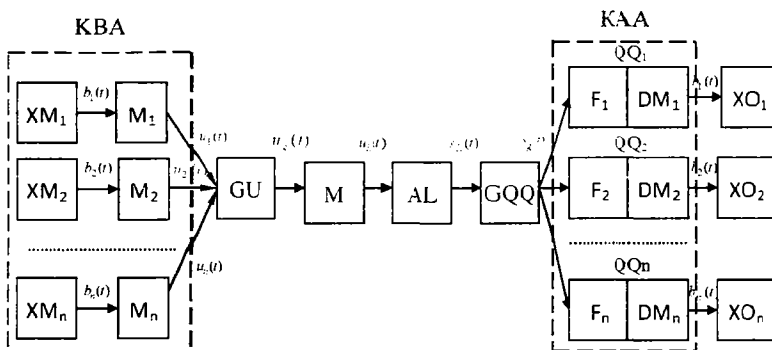
## 6. KO'P STANSIYALAR ORQALI ALOQA O'RNATISH ASOSLARI. ASINXRON MANZILLI TIZIMLAR

### 6.1. Ko'p stansiyalar orqali aloqa o'rnatish prinsipi

Zamonaviy telekommunikatsiya tizimlari va tarmoqlarini qurish shuni ko'rsatadiki, ushbu tizimlarning eng ko'p mablag' sarflanishini talab qiladigan qismi aloqa liniyalaridir. Bular, kabelli, optik tolali, sotali mobil aloqa, sun'iy yo'ldosh orqali aloqa liniyalari, radioreley liniyalari, troposfera aloqa liniyalari va boshqalar. Demak aloqa liniyalaridan foydalanish samaradorligini oshirish uchun ularning har biri orqali bir emas, bir nechta (yuzlab, minglab) xabarlarni bir vaqtning o'zida uzatishni ta'minlash kerak. Albatta ko'p kanalli xabar uzatishni ta'minlash uchun aloqa kanalining axborot uzatish imkoniyati u orqali uzatilishi talab etiladigan  $N$  ta axborot manbaining vaqt birligida ishlab chiqarayotgan axborotlari yig'indisidan katta bo'lishi, ya'ni  $C \geq \sum_{k=1}^N H_k$  bo'lishi shart, bunda  $H_k$  - axborot manbai  $k$  ning axborot ishlab chiqarish imkoniyati.

Ko'p kanalli aloqa tizimlari analog va raqamli bo'lishi mumkin. Ko'p kanalli analog aloqa tizimlarini unifikatsiyalash maqsadida asos qilib standart telefon kanali – tonal chastota kanali qabul qilingan bo'lib, u 300+3400 Gs kenglikdagi spektrga ega bo'lgan xabarlarni uzatishni ta'minlaydi. Ko'p kanalli raqamli aloqa kanallarida 64 kbit/sek tezlikda xabar uzatishga mo'ljallangan kanallar qabul qilingan. Ko'p kanalli analog aloqa 12 ga karrali kanallarni birlashtirish asosida shakllantiriladi. Raqamli ko'p kanalli aloqa tizimlari qabul qilingan ierarxiya (bosqich) tartibiga qarab shakllantiriladi. Yevropa mamlakatlari ierarxiyasiga mos qilib birlamchi ko'p kanalli raqamli uzatish tizimi IKM-30 qabul qilingan bo'lib, u orqali signal guruhini uzatish tezligi 2048 kbit/s. Bizda yevropa ierarxiyasidan foydalaniladi.

Ko'p kanalli xabar uzatish strukturaviy sxemasi 6.1-rasmda keltirilgan.



6.1-rasm. Ko'p kanalli xabar uzatish tizimi strukturaviy sxemasi

Bunda xabar manbalari chiqishidagi nisbatan past chastotali  $b_1(t), b_2(t), \dots, b_i(t), b_n(t)$  signallar xususiy modulyatorlar  $M_1, M_2, \dots, M_i, M_n$  yordamida xususiy signallar  $u_1(t), u_2(t), \dots, u_i(t), u_n(t)$  ga aylantiriladi. Xususiy kanal signallari guruhlash (vig'ish) qurilmasi yordamida guruh signali  $u_g(t)$  ga aylantiriladi.

$$u_g(t) = \sum_{i=1}^n u_i(t). \quad (6.1)$$

Va nihoyat guruh signali  $u_g(t)$  modulyatori (M) yordamida liniya signali  $u_L(t)$  ga aylantiriladi va aloqa liniyasi (AL) kirishiga beriladi. Hozircha, masalani osonlashtirish uchun aloqa kanali (AK) da xalaqitlar yo'q va kanalda signallar shakli buzilmaydi deb hisoblaymiz. U holda qabul qilingan signal  $s(t) = Ku_L(t)$  ga teng bo'ladi, bunda  $K$  – aloqa kanalining uzatish koeffitsienti, hozircha  $K = 1$  deb hisoblaymiz. Signal qabul qilish tomonida liniyadagi signal  $s_L(t)$  guruh qabullash qurilmasi (GQQ) chiqishida  $s_g(t) = Ku_g(t)$  ga aylantiriladi, so'ngra xususiy qabullash qurilmalari (QQ) guruh signali  $Ku_g(t)$  dan har bir kanalga tegishli  $s_i(t) = Ku_i(t)$  larni ajratadi va ularni detektorlash natijasida  $u_1(t), u_2(t), \dots, u_i(t), u_n(t)$  signallar har bir xabar oluvchiga yetkazib beriladi.

Kanal uzatkichi va birlashtirish qurilmasi birga kanallarni birlashtirish apparaturasi (KBA) deb ataladi. Guruh uzatkichi (GU), aloqa liniyasi (AL) va guruh signallarini qabullash qurilmasi (SQQ) birlikda guruh uzatish trakti (GUT) deb ataladi. Kanallarni birlashtirish apparaturasi (KBA) va guruh uzatish trakti hamda guruh ajratish apparatlari majmuasi ko'p kanalli aloqa tizimini (KKAT) tashkil etadi. KKATning xususiy SQQ kanali guruh signali  $s_g(t)$  dan o'ziga tegishli signal  $b_i(t)$  ni ajratib oladi va tegishli  $u_i(t)$  larni xabar oluvchilarga yetkazib beradi. Ushbu jarayonlarni amalga oshiruvchi xususiy SQQlari majmuasi kanallarni ajratish apparaturasi (KAA) deb ataladi.

Endi ko'p kanalli aloqa tizimlari orqali bir-biriga bog'liq bo'lmagan holatda axborot uzatish uchun foydalaniladigan signallarga qo'yiladigan talablarni ko'rib chiqamiz. Signal ajratish qurilmasi bir necha kanal signallarini bir-biridan farqlashi uchun ularning har biriga xos belgilari bo'lishi kerak. Sinusoidal tashuvchilarni modulyatsiyalashda ularning chastotasi, fazasi va amplitudasi; impulslar ketma-ketligini modulyatsiyalashda uning vaqt bo'yicha holati, davomiyligi yoki shakli uning asosiy belgilari hisoblanishi mumkin. Yuqoridagi belgilarga mos ravishda signallarni ajratish: chastota, vaqt, faza, shakl va boshqalar bo'yicha ajratishga asoslanadi.

Masalan, guruh signallari umumiy trakti orqali  $N$  xususiy kanallar signallarini uzatish talab etilsin. Guruh signallari umumiy trakti har bir  $i$ -kanal signali  $u_i(t)$  ni uzatish uchun yaroqli deb hisoblasak, u holda

$$u_i(t) = C_i \Psi_i(t), \quad (6.2)$$

bunda,  $\Psi_i(t)$  – tashuvchi funksiyasi,  $C_i$  – uzatilayotgan xabarni aks ettiruvchi koeffitsient. Hamma kanal signallari (guruh signali) uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$u_g(t) = \sum_{i=1}^N u_i(t) = \sum_{i=1}^N C_i \Psi_i. \quad (6.3)$$

Guruh signali liniya signaliga aylantiriladi va uzatish trakti kirishiga beriladi. SQQ tomonida  $s_k(t)$  signal qayta guruh signali  $s_g(t)$  ga aylantiriladi. SQQ tomonida  $N$  ta kanal signallari bir-biridan ajratish uchun  $N$  ta ajratish qurilmasi kerak bo'ladi, bunda har bir  $k$ -chi ajratish qurilmasi faqat o'ziga tegishli  $k$ -chi kanal signalini ajratib olishi kerak.

SQQ bajaradigan vazifani ajratish tadbirini  $\Pi_k$  bilan belgilaymiz. Ideal holatda  $k$ -chi SQQ chiqishida faqat shu kanalga tegishli signal ajralishi kerak, qolgan signallardan ta'sirlanmasligi kerak. Bundan tashqari SQQ tadbiri chiziqli holda amalga oshishi kerak, ya'ni u bir-biriga bog'lanmaganlik prinsipiga (superpozitsiya) bo'yusinishi shart:

$$\prod_k (s_i + s_k) = \prod_k (s_i) + \prod_k (s_k). \quad (6.4)$$

Signal ajratish tadbiri (prinsipi)ni matematik shaklda ifodalash mumkin. SQQning  $k$ -chi kanali chiqishidagi aks ta'siri  $s'(t)$ , unga guruh signali  $s_g(t)$  ta'siri natijasida hosil bo'ladi:

$$\prod_k \{s_g(t)\} = s'_k(t). \quad (6.5)$$

Har bir  $k$ -kanal SQQ kirishiga bir vaqtda hamma  $N$ -kanal signallari ta'sir etadi. SQQ faqat o'ziga tegishli  $s_k(t)$  ga sezgir bo'lishi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$s'_k(t) = \prod_k \left\{ \sum_{i=1}^N s_i(t) \right\} = \sum_{i=1}^N \prod_k \{s_i(t)\} = \begin{cases} s_k(t), & i = k, \\ 0, & i \neq k. \end{cases} \quad (6.6)$$

Yoki hamma  $i$  va  $k$  lar uchun

$$\prod_k \{s_k(t)\} = \begin{cases} s'_k(t), & i = k, \\ 0, & i \neq k. \end{cases} \quad (6.7)$$

(6.2) ifodani (6.7) ifodaga qo'yib quyidagini olamiz:

$$\prod_k \{C_i \Psi_i(t)\} = \begin{cases} c_k \Psi_k(t), & i = k, \\ 0, & i \neq k. \end{cases} \quad (6.8)$$

Natijada  $s'_k(t) = c_k \Psi_k(t)$ .

Olingan natijani ajratish qurilmasining  $s(t)$  aks ta'siri boshqa shaklda bo'lishi ham mumkin, asosiyi bu kattalik uzatilayotgan signal bilan bir qiymatli bog'liq bo'lishi talab etiladi. Xususiyl holda  $s_k(t)$  signalga aks ta'sir  $c_k$  bilan bir qiymatli bog'langan kattalik  $\gamma$  bo'lishi mumkin.

$$s_k(t) = \prod_k \{s_g(t)\} = \prod_k \left\{ \sum_{i=1}^N C_i \Psi_i(t) \right\} = \sum_{i=1}^N \prod_k \{C_i \Psi_i(t)\} = \gamma, \quad (6.9)$$

yoki

$$\prod_k \{C_i \Psi_i(t)\} = \begin{cases} \gamma_k, & i = k, \\ 0, & i \neq k. \end{cases} \quad (6.10)$$

(6.7) va (6.9) ifodalardan quyidagi hulosani chiqarish mumkin: SQQ signal  $s_k(t)$  ga nisbatan tanlovchanlik xususiyatiga ega. (6.7) va (6.9)

ifodalardagi matematik amallar chiziqli elektr zanjirlar asosida amalga oshadi, shuning uchun unga tegishli nazariya chiziqli ajratish nazariyasi deb ataladi. Biz ideal ajratish holatini ko'rib chiqdik, amalda signallarni ajratishda o'tish xalaqitlari paydo bo'ladi.

*Signallarni chiziqli ajratish sharti.* Chiziqli ajratish operatori  $\Pi_k$  ni guruh signali  $s_g(t)$  ga ta'sirini skalyar ko'paytma shaklida ifodalash mumkin:

$$\prod_k \{s_g(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} s_g(\tau) \eta_k(t, \tau) d\tau, \quad (6.11)$$

bunda,  $\eta_k(t, \tau)$  – operator  $\Pi_k$  ga mos bo'lgan miqdor (vazn) koeffitsienti.

(6.4) ifodadagi signalni chiziqli qurilmalar yordamida ajratishning asosiy sharti ularning o'zaro chiziqli bog'lanmagan bo'lishi hisoblanadi. Bu quyidagi tenglik sharti bajarilgan holatda ro'y beradi, ya'ni hamma koeffitsientlar bir vaqtda nolga teng bo'lganda.

$$C_1 \Psi_1(t) + C_2 \Psi_2(t) + \dots + C_k \Psi_k(t) + C_N \Psi_N(t) = 0. \quad (6.12)$$

Haqiqatdan ham (6.7) va (6.9) ifodalar SQQning tanlovchanligi va ajratilishi sharti bo'lib, quyidagi shart bajarilganda amalga oshadi:

$$\prod_k \{\Psi_i(t)\} = \gamma_{ik}, \quad i, k = 1, 2, \dots, N, \quad (6.13)$$

bunda,  $\gamma_{ik}$  – ajratish qurilmasining  $s_i(t)$  signalga aks ta'siri bo'lib,  $\gamma_{ik} = 0$  bo'ladi, agar  $i \neq k$  va  $\gamma_{kk} \neq 0$ .  $\Pi_k$  operatori bilan (6.12) ifodaning har ikkala tomoniga ta'sir etib va (6.13) ifodani e'tiborga olib, quyidagiga erishamiz:

$$\prod_k \left\{ \sum_{i=1}^N C_i \Psi_i(t) \right\} = \sum_{i=1}^N C_i \prod_k \{\Psi_i(t)\} = c_k \gamma_{kk} = 0. \quad (6.14)$$

Aloqa kanalida xalaqitlar bo'lmasa, har qanday chiziqli bog'lanishda bo'lmagan signallar to'plami ko'p kanalli aloqa tizimida foydalanish uchun yaroqli. Ammo hamma real aloqa kanallarida hamma vaqt xalaqitlar bor, shuning uchun boshqa har qanday signallarga qaraganda o'zaro ortogonal signallar yuqori xalaqitbardoshlikni ta'minlaydi. Bu holda kanal signallarini ajratuvchi chiqishidagi signal vektori kanal signaliga mos keladi va bunday ajratuvchi (tanlovchi) qurilmalar oddiy bo'ladi.

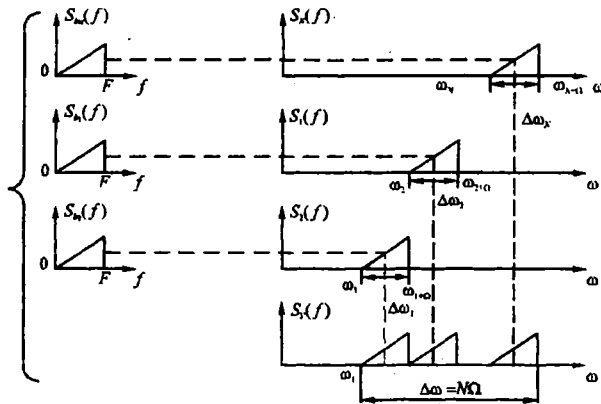
O'zaro ortogonal signallar to'plamini turli usullar bilan tanlash mumkin. Bulardan eng keng tarqalgani chastota va vaqt bo'yicha ajratish usuli bo'lib, bu signallar uchun ortogonallik kanallar signali spektr va vaqt bo'yicha bir-biridan ajralib turadi.

## 6.2. Signallarni chastotalari orqali ajratish

Ko'p kanalli aloqa tizimi orqali uzatiladigan xabar manbai chiqishidagi signallar  $b_1(t)$ ,  $b_2(t)$ , ...  $b_k(t)$  spektri bir diapazonda joylashgan deb hisoblaymiz. Misol uchun telefon aloqasida hamma xususiy kanal signallari spektri 300÷3400 Gs orasida joylashgan bo'lib, har bir kanalga 4 kGs kenglikdagi chastotalar polosasi ajratilgan. Birlamchi signallar spektri  $S_1(f)$ ,  $S_2(f)$ , ...  $S_k(f)$  birlamchi tashuvchilar  $f_k$  larni modulyatsiyalaydi. Bu amal  $M_1$ ,

$M_2, \dots, M_k$  modulyatorlar yordamida amalga oshiriladi. Birlamchi tashuvchilar chastotasi bir-biridan 4 kGs ga farq qiladi. Kanal filtrlari  $F_1, F_2, \dots, F_k$  chiqishidagi  $S_k(f)$  kanal signallari mos ravishda  $\Delta f_1, \Delta f_2, \dots, \Delta f_k$  chastotalar polosalarini egallaydi. Qo'shni kanallar spektri bir-biridan 900 Gs kenglikdagi zahira polosasi bilan ajralib turadi. Chastota bo'yicha ajratishda ko'p kanalli aloqa tizimlarida, odatda bir polosali amplituda modulyatsiyasidan foydalaniladi. Natijada har bir birlamchi modulyatsiyalangan signallar spektrlari  $\Delta f_1, \Delta f_2, \dots, \Delta f_k$  bir-birining ustiga tushmaydi, ajralib turadi. Bu holda  $s_1(t), s_2(t), \dots, s_k(t)$  signallar o'zaro ortogonal bo'ladi (6.2-rasm).

Birlamchi modulyatsiya natijasida olingan signallar spektrlari  $\hat{S}_1(f), \hat{S}_2(f), \dots, \hat{S}_k(f)$  birlamchi jamlash qurilmasida yig'iladi va bu  $s_g(f)$  signal ikkinchi guruh modulyatori  $M_g$  kirishiga beriladi. Bu modulyator chiqishida ham modulyatsiyalangan signalning bir yon polosasi qoldiriladi, uning polosasi kengligi  $\Delta f_g = N \Delta f$  bo'ladi. Bunda  $\Delta f$  – birlamchi xabar spektri kengligi  $F_c$  ga zahira chastotalar kengligi  $\Delta f_z$  yig'indisiga teng, ya'ni  $\Delta f = F + \Delta f_z = 4$  kGs. Ikkinchi guruh signallari modulyatori tashuvchisi  $\Delta f_g$  ko'p kanalli aloqa tizimi uchun ajratilgan chastotalar diapazoniga mos ravishda tanlanadi. Natijada  $s_g(t)$  guruh signali  $f_0$  chastotalar diapazonida joylashib liniya signali  $s_L(t)$  hosil bo'ladi. Umuman chastota bo'yicha ajratish ko'p kanalli aloqa tizimida boshqa modulyatsiya turlaridan ham foydalanish mumkin.



6.2-rasm. Signallarni chastota bo'yicha ajratishga oid spektr diagrammalari

Signal qabullash tomonida liniya signali  $s_L(t)$  ni guruh signali demodulyatori kirishiga beriladi.  $\Pi_L$  liniya signali spektri  $S_L(f)$  ni guruh spektri  $S_g(f)$  ga o'zgartirib beradi. Guruh signali xususiy signal qabullash qurilmalari  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_k$  va ularning mos filtrlari  $F_1, F_2, \dots, F_k$  yordamida yana



$\Delta f_k$  larga ajratiladi va demodulyator yordamida birlamchi spektrlar  $S_1(f)$ ,  $S_2(f)$ , ...  $S_k(f)$  larga va ular  $b_1(t)$ ,  $b_2(t)$ , ...  $b_k(t)$  xabarlariga aylantiriladi. Kanal signallari bir-biriga xalaqit bermasliklari uchun ularning mos filtrlari  $F_1$ ,  $F_2$ , ...  $F_k$  lar orqali faqat ularga tegishli  $\Delta f_k$  signal spektri tashkil etuvchilari o'tishi kerak, qolgan hamma boshqa kanal signali spektr tashkil etuvchilari filtrlar orqali o'tmasliklari kerak.

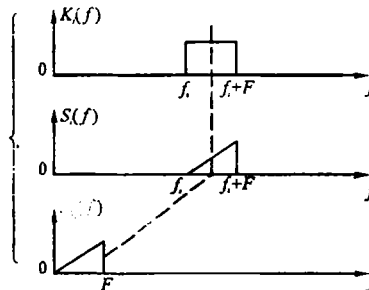
Matematik nuqtai nazardan ideal filtr yordamida signallarni ajratish (6.11) ifodaga o'xshash shaklni oladi:

$$s_k(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s_g(\tau) q_k(t - \tau) d\tau, \quad (6.15)$$

bunda,  $q_k(t)$  – spektri kengligi  $\Delta f$  bo'lgan signalni buzilishsiz o'tkazuvchi ideal polosasi filtringing impuls xarakteristikasi. (6.15) ifoda (6.11) ifodaga miqdor (vazn) koeffitsienti

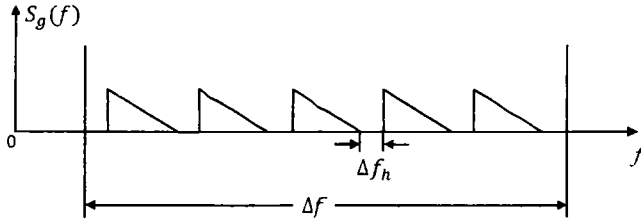
$$\eta_k(t, \tau) = q_k(t - \tau). \quad (6.16)$$

(6.12) ifodadagi chastota bo'yicha yoyish amali guruh signali  $s_g(t)$  ni  $i$  filtr  $\Pi$ -simon uzatish funksiyasiga ko'paytmasiga teng bo'ladi (6.3-rasm).



6.3-rasm. Signallarni chastota bo'yicha ajratishda birlamchi signalni qayta tiklashga oid spektr diagrammasi

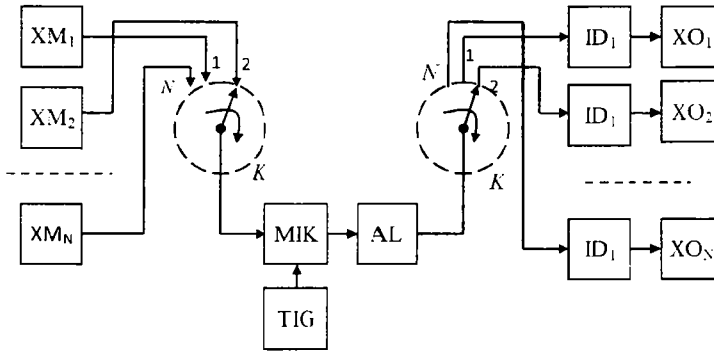
Shunday qilib, signallarni chastota bo'yicha ideal sifat bilan ajratish uchun quyidagi shartlar bajarilishi lozim:  $k$  kanal signali spektri shu kanal uchun ajratilgan polosasi  $\Delta f_k$  da to'liq joylashgan bo'lishi va ajratuvchi polosasi filtrlar  $F_k$  xarakteristikalarini ideal bo'lishi kerak. Ammo bu ikki shart amalda bajarilmaydi, natijada kanallar orasida o'zaro xalaqit yuzaga keladi. Shuning uchun kanallar orasida  $\Delta f_b$  – himoya polosasi qoldiriladi. Qo'shni kanallar orasida 900 Gs himoya polosasi qoldirilishi natijasida, chastota bo'yicha signallarni ajratish ko'p kanalli aloqa tizimida uzatish traktidan 80% samara bilan foydalaniladi (6.4-rasm).



6.4-rasm. Chastota bo'yicha zichlashtirilgan ko'p kanalli signal spektr diagrammasi

### 6.3. Signallarni vaqt bo'yicha ajratish tizimi

Kanal signallarini vaqt bo'yicha ajratish ko'p kanalli aloqa tizimida guruh trakti kommutator  $K$  yordamida har bir kanalga navbatma-navbat ulanadi (6.5-rasm).

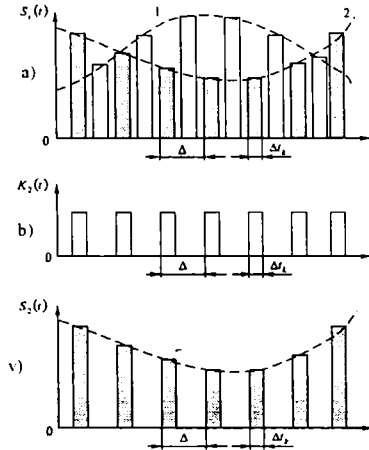


6.5-rasm. Signallarni vaqt bo'yicha ajratish ko'p kanalli aloqa tizimining strukturaviy sxemasi

Bunda avval 1-kanal signali, so'ngra 2-kanal va hakazo ohirgi  $N$ -kanal signali uzatiladi va jarayon shu tartibda davriy  $f_d$  chastota bilan takrorlanadi. Signal qabullash tomonida huddi shunday  $K$  kommutator har bir kanal signal qabullash qurilmalarini navbatma-navbat guruh kanaliga ulaydi.  $i$ -kanal qabullash qurilmasi faqat  $i$ -signal uzatilgan vaqtda ulanadi, qolgan hamma qabullash qurilmalari uziladi. So'ngra  $i + 1$  qabullash qurilmasi faqat  $i + 1$  signalni uzatish davrida ulanadi va bu  $f_d$  chastota bilan davriy takrorlanadi. Tizinning barqaror ishlashi uchun signal uzatish va qabullash tomonidagi kommutatorlar sinxron va mos fazada ishlashlari kerak.

Kanal signali sifatida bir-biridan vaqt bo'yicha ajratilgan modulyatsiyalangan impulslar ketma-ketligidan foydalaniladi, masalan, amplitudasi bo'yicha modulyatsiyalangan impulslar ketma-ketligi (6.6-rasm).

Xususiyl signallar  $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ , ...,  $s_k(t)$  ketma-ketligi guruh signalini  $s_g(t)$  tashkil etadi. 6.6-rasmda faqat ikkita kanal signallari  $s_1(t)$  va  $s_2(t)$  misol tariqasida keltirilgan.



6.6-rasm. Signallarni vaqt bo'yicha ajratishga oid vaqt diagrammalari

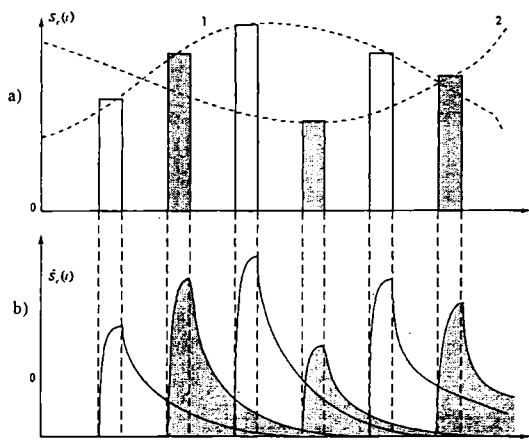
Guruh signali qabullash qurilmasi kommutatori  $K$  ga beriladi, uni tegishli kanal signallarini uzatish koeffisienti birga teng bo'lgan vaqt filtri deb atash mumkin (6.6b-rasm), ya'ni

$$K_i(t) = \begin{cases} 1, & t \in \Delta t_i, \\ 0, & t \notin \Delta t_i. \end{cases} \quad (6.17)$$

Vaqt bo'yicha filtrlash natijasida  $i$ -chi qabullash qurilmasi chiqishida faqat  $i$ -chi kanal impulsi paydo bo'ladi (6.6v-rasm). Qabullangan  $i$ -chi kanal impulslari ketma-ketligi demodulyatsiyadan so'ng  $b_i(t)$  xabar  $i$ -chi xabar oluvchiga yetkaziladi.

**Signallarni vaqt bo'yicha ajratishda xalaqitlar paydo bo'lishining ikkita** sababi bor. Birinchidan har qanday amalda foydalanilgan aloqa kanali cheklangan chastotalar polosasini o'tkazadi, undan tashqari uning AChX va FChX ideal emas. Natijada chiziqli buzilishlar hosil bo'ladi. Haqiqatdan ham uzatishda modulyatsiyalangan signal spektrining davomiyligi cheklansa, u holda qabullash tomonida davomiyligi cheklangan impuls o'miga, davomiyligi

cheksiz katta bo'lgan impulsni olamiz (6.7-rasm). Boshqacha qilib aytganda kanallar orasida o'zaro xalaqitlar paydo bo'ladi. Bunday xatoliklar sinxronizatsiya aniqligi yomonlashganda ham hosil bo'ladi.



6.7-rasm. Signallarni vaqt bo'yicha ajratishdagi bu-tilishlarga oid vaqt diagrammalari

O'zaro xalaqitlarni kamaytirish uchun kanal signallari orasida himoya oraliq'i kiritiladi. Bu uzatilayotgan impulslar davomiyligini kichraytirishga (qisqartirish) olib keladi, natijada signal spektri kengayadi. Ko'p kanalli aloqa tizimlarida telefon signali spektri eng yuqori chastotasi 3400 Gs bo'lib, Kotelnikov teoremasiga asosan diskretizatsiyalash chastotasi  $f_d = \frac{1}{\Delta t} = 2F_{yu} = 6800$  Gs. Ammo real aloqa tizimlarida impulslar takrorlanish chastotasi  $f_d = 8000$  Gs qilib olinadi. Bunday impulsni bir kanalli holda uzatish uchun eng kamida 4 kGs chastotalar polosasi kerak bo'ladi. Vaqt bo'yicha ajratishga asoslangan ko'p kanalli aloqa tizimlarida vaqt oraliq'i  $\Delta t$  bir xil bo'lib, Kotelnikov teoremasi asosida (sinxronizatsiya bunda e'tiborga olinmaydi) aniqlanadi:

$$\Delta f_N = \frac{\Delta t}{N} = \frac{1}{2NF_{yu}} = \frac{1}{2F_k'} \quad (6.18)$$

bunda,  $F_k = NF_{yu}$  bo'lib  $N$  kanalli chastota bo'yicha ajratish KKAT polosasiga teng. Nazariy jihatdan chastota bo'yicha ajratish (ChBA) va vaqt bo'yicha ajratish (VBA) tizimlarida chastotalar polosasidan foydalanish samaradorligi bir xil bo'lgani bilan, amalda VBA tizimi ChBA ga qaraganda nisbatan kamroq samaradorlikka ega. Ammo, VBAning afzalligi – bu usulda xabar uzatishda

umumiy kanaldan navbat bilan foydalanish jarayonida nochiziqli buzilishlar natijasida o'tish xalaqitlari hosil bo'lmaydi. Bundan tashqari vaqt bo'yicha ajratishga asoslangan KKAT apparaturasi chastota bo'yicha ajratishga asoslangan KKATga nisbatan oson amalga oshiriladi. Chastota bo'yicha ajratishga asoslangan KKATda har bir kanal uzatishda o'z modulyatori va qabullash tomonida chastota bo'yicha ajratuvchi filtr bo'lishini talab qiladi. Vaqt bo'yicha ajratish KKATda modulyatsiyalangan signal dinamik diapazoni nisbatan kichik. VBA KKATdan uzluksiz xabarlarini analog modulyatsiyalangan impulslar yordamida (AIM, FIM, ShIM) uzatishda va IKM yordamida xabarlarini uzatishda keng foydalaniladi.

Shuni alohida ta'kidlash lozimki, KKATda xabarlarini talab etiladigan xalaqitbardoshlik bilan uzatish uchun talab etiladigan signal umumiy quvvati  $P_{su}$ , bir kanalli aloqa tizimidagiga nisbatan  $N$  marta katta bo'ladi, chunki KKATdagi umumiy xalaqit quvvati  $P_{xu} = NP_1 = NN_0F_k$ , bunda  $N_0$  – xalaqit energiyasi spektral zichligi,  $F_k$  – bir kanal polosasining kengligi. Haqiqatda esa, yuqoridagi shart bajarilganda ham KKAT xalaqitbardoshligi bir kanalli aloqa tizimi xalaqitbardoshligidan kam bo'ladi, chunki chastota bo'yicha ajratishga asoslangan KKATda signal umumiy quvvati  $P_{su}$  ni oshirish natijasida o'tish xalaqitlarini kamaytirib bo'lmaydi, chunki o'tish xalaqitlarining quvvati ham oshadi, ba'zi hollarda nochiziqli buzilishlar natijasida hosil bo'ladigan xalaqitlar sathi signal quvvati oshishiga nisbatan tezroq ro'y beradi.

#### 6.4. Asinxron manzilli tizimlar

Yuqorida ko'rib chiqilgan turli KKATlar ortogonal va bir-biri bilan chiziqli bog'lanmagan ortogonal signallardan foydalanishga asoslangan bo'lib, ular normal holatda ishlashi uchun ma'lum darajada sinxronizatsiyani. ChBA kanallarida uzatiladigan signal spektri kanal chastotalar polosasiga mosligini, VBA kanallarida signal uzatishda vaqt intervallarining to'liq mosligini, shakl bo'yicha ajratish (ShBA) kanallarida trakt intervali boshi va oxirini aniq bilish, ularni aktiv filtrlar yordamida qabullashda va moslashgan filtrlar yordamida qabullashda har bir elementar signal oniy qiymatlarini uzatilish vaqtini aniq bilish talab etiladi.

Ko'p hollarda sinxronizatsiyani aniq ta'minlash qiyin. Misol uchun, harakatdagi ob'ektlar (avtomobil, samolyot va h.k.) bilan aloqa o'rnatishda. Shunga o'xshash holat sun'iy yo'ldosh orqali aloqa tizimlaridan retranslyator shaklida foydalanilganda ham uchraydi. Shunday hollarda asinxron ko'p kanalli aloqa tizimlaridan foydalanishga to'g'ri keladi, bunda hamma abonentlarning signallari umumiy chastotalar polosasida uzatiladi va kanallar ishi sinxronizatsiyalanmagan bo'ladi. Bunday aloqa tizimlarida har bir kanalga chastotalar polosasi, foydalanish vaqti oralig'i va vaqti birlashtirilgan bo'lib, ular hojlagan vaqtda aloqa o'rnatishlari mumkin. Bunday tizimlar aloqa liniyasidan foydalanishi erkin (cheklanmagan) yoki kanallari abonentlarga birlashtirilgan aloqa tizimlari deb ataladi.

Foydalanishi chastota va vaqt bo'yicha cheklanmagan har bir abonentga ma'lum bir shakldagi signal biriktiriladi, bu uning manzili (adresi) hisoblanadi. Oddiy shakl bo'yicha ajratishga asoslangan aloqa tizimlarida ortogonallik sharti hamma kanalalar uchun trakt intervali yuqori darajada sinxronizatsiyalangan bo'lishi, ularni bir-biridan to'liq chiziqli ajratish imkoniyatini beradi. Umumiy aloqa kanalidan erkin foydalanish tizimida ortogonallik yoki o'zaro bog'liq emaslik alohida kanal signallarining paydo bo'lish vaqti turlicha bo'lgan holda ham saqlanishi (ta'minlanishi) kerak. Demak, har qanday ikki  $s_i(t)$  va  $s_k(t)$  signal uchun ortogonallik sharti doimo bajarilishi kerak. ya'ni

$$\overline{Ts_i(t)s_k(t-\tau)} = \int_t^{t+T} s_i(t)s_k(t-\tau)dt = 0, \quad (6.19)$$

bo'lishi kerak,  $0 \leq t \leq T$ , bunda  $T$  - elementar signal davomiyligi bo'lib, integrallashtir har qanday  $t$  dan  $t+T$  vaqt oralig'ida bajariladi. (6.19) sharti haqiqiy signallar uchun ular oq shovqin shaklida bo'lgan holatda, ya'ni ularning spektri va dispersiyasi cheksiz keng bo'lganda bajariladi. Bu shart haqiqiy signallar uchun bajarilmaydi. Shunga qaramasdan (6.19) shart taxminan bajarilishini ta'minlovchi signallarni shakllantirish mumkin. Bunday signallar uchun  $s_i(t)$  va  $s_k(t-\tau)$  skalyar ko'paytmasi vaqt farqi  $\tau$  ning qiymatidan qat'iy nazar alohida signal energiyasidan kam bo'ladi, ya'ni

$$\overline{Ts_i(t)s_k(t-\tau)} \ll \|s_i^2\| = \|s_j^2\|, \quad (6.20)$$

sharti, agar  $0 \leq t \leq T$  bo'lsa bajariladi.

Bunday signallarni deyarli ortogonal deb hisoblash bo'ladi. Deyarli ortogonal signallar o'zlarining xossalari bilan oq shovqinga yaqinlashadi, shuning uchun ularni shovqinsimon signallar deb ataladi. Ularning korrelyatsion funksiyalari va quvvat spektr zichligi oq shovqinikiga yaqin. Shovqinsimon signallar murakkab signallar guruhiga kiradi, ularning bazalari  $B = 2TF \gg 1$  bo'lib, shakli bo'yicha ajratiluvchi signallarning rivojlanish natijasi hisoblanadi.

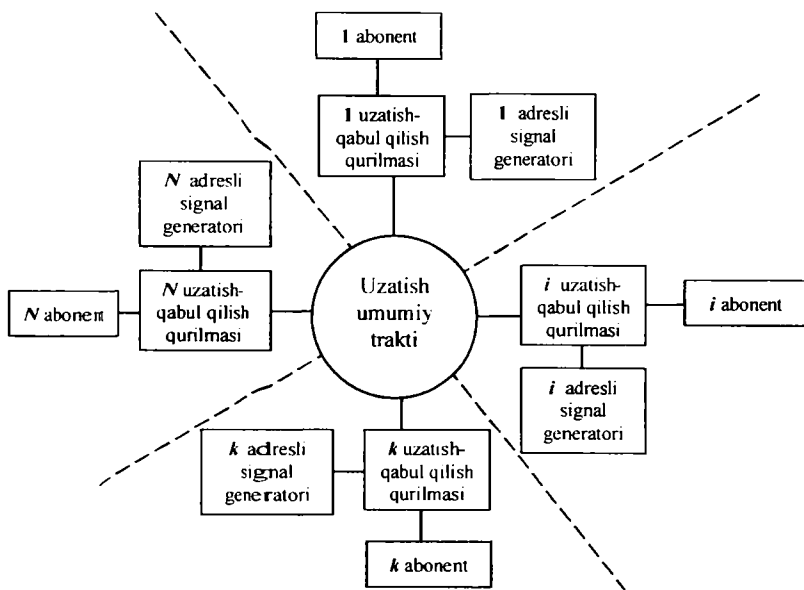
Shovqinsimon signallar (ShSS) ning keng tarqalgan turiga misol qilib, ma'lum usulda shakllantirilgan tasodifiysimon diskret signallar ketma-ketligini keltirish mumkin, uning xususiy ko'rinishi shaklida ikkilik radioimpulslarni keltirish mumkin. Bunda ShSS bazasi diskret ketma-ketlikdagi impulslar soniga teng bo'ladi. Har bir kanalga, deyarli ortogonal ikkilik impulslar ketma-ketligi biriktiriladi, ushbu biriktirilgan impulslar ketma-ketligi abonent adresi vazifasini bajaradi. Natijada asinxron adresli aloqa tizimi (AAAT) nomini oladi.

AAATning eng katta afzalliklaridan biri bu tizimga markaziy kommutatsiya stansiyasi kerak emas, hamma abonentlar bir-biri bilan hozirgi vaqtda, signal uzatish va qabullash qurilmalari chastotalarini sozlashmasdan aloqa o'rnatishlari mumkin (6.8-rasm).

Bunda chaqirilayotgan abonent "adresi" terilsa, ya'ni adres impulslar ketma-ketligi shaklini o'zgartirish yetarli bo'ladi.

Chastota va vaqt bo'yicha ajratiladigan KKATda tizimga yangi abonentni kiritish faqat tizimdan biror-bir abonentni chiqarib yuborish evaziga amalga oshiriladi. Bu masala AAATda nisbatan oson hal qilinadi. Bu tizimda bir

vaqtning o'zida umumiy  $N_u$  - abonentlardan  $N_a$  ta aktivi aloqa o'rnatishi mumkin. Aktiv (faol) abonentlar soni  $N_a$  ni aniqlashda foydalanilayotgan signallarning to'liq ma'noda ortogonal emasligi natijasida o'tish xalaqtlari (noortogonallik shovqini) paydo bo'ladi, ularning sathi faol abonentlar soni  $N_a$  ga bog'liq ravishda oshib boradi. Faol abonentlar soni  $N_a$  foydalanilayotgan shovqinsimon signal bazasiga, ya'ni undagi elementar ikkilik impulslar soniga bog'liq bo'lib, signal bazasi qancha katta bo'lsa faol abonentlar soni shuncha ko'p bo'ladi.



6.8-rasm. Ko'p kanalli asinxron adresli aloqa tizimining strukturaviy sxemasi

AAATdagi abonentlarning har bir vaqt birligidagi faolligini aniqlab, uning statistikasini o'rganib, misol uchun,  $N_u = 1000$  kanalli tizimni tashkil etish mumkin, ulardan  $N_a = 50$  tasi bir vaqtning o'zida aloqa o'rnatishi va tizimdan foydalanishi mumkin.

#### Nazorat savollari

1. Ko'p kanalli aloqa tizimi strukturaviy sxemasini chizing va uning ishlash tartibini tushuntiring.

2. Ko'p kanalli aloqa tizimining bir kanalli aloqa tizimiga qaraganda afzalliklarini aytib bering.
3. KKATda guruh signalini shakllantirish uchun kanal signallarini tanlashga bo'lgan talablarni tushuntirib bering.
4. Signallarning chiziqli bog'liq emasligi shartini yozing va uning fizik maxmunini tushuntiring.
5. Chiziqli bog'liq bo'lmagan va ortogonal signallar orasidagi farq nimada?
6. Chastota bo'yicha ajratishga asoslangan KKAT strukturaviy sxemasini chizing va undagi signallar spektr diagrammalarini chizib ko'rsating.
7. Vaqt bo'yicha ajratishga asoslangan KKAT strukturaviy sxemasini chizing va undagi funksional qismlari vazifasini aytib bering.
8. Chastota bo'yicha ajratish va vaqt bo'yicha ajratishga asoslangan KKATlarini taqqoslang.
9. Signallarni shakli bo'yicha ajratish KKAT strukturaviy sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
10. Signallarni shakl bo'yicha ajratishga asoslangan KKATda signallar qanday tanlanai?
11. Asinxron adresli aloqa tizimining afzalliklarini aytib bering.
12. AAATda signallarga qanday talablar qo'yiladi?



## 7. YER SUN'IIY YO'LDOSHI ORQALI ALOQA TIZIMLARI

### 7.1. Sun'iy yo'ldosh orqali aloqa tizimi tarkibi va foydalanish sohalari

Televidenie, telefon, telegraf va boshqa telekommunikatsiya kanallarini tashkil qilishda Yerning sun'iy yo'ldoshlari (YeSY) dan aloqa vositasi sifatida keng foydalaniladi.

Yo'ldoshli aloqa tizimini barpo etishning asosiy tamoyili bo'lib YeSYda retranslyator joylashtirish hisoblanadi. Demak, yo'ldoshli aloqa tizimini YeSYda joylashtirilgan bitta oraliq stansiyali radioreley liniya (RRL) kasb etadi. Radioreley liniyalar (RRL) singari tarmoqlarni barpo qilish g'oyalar va tamoyillar yo'ldoshli aloqa tizimlarini yaratishda ham ishlatiladi.

Signalni retranslyatsiya qilish usullariga qarab yo'ldoshli aloqa tizimlari passiv va aktiv turlarga bo'linadi. Yo'ldosh bortida apparatura qo'llanilmasa tizim passiv yo'ldoshli yoki passiv retranslyatsiyali aloqa tizim deb ataladi. Bu holda Yerdan jo'natilgan signallar YeSY sirti bilan kuchaytirilmagan holda yohud aks ettirilib orqaga qaytariladi. Passiv yo'ldoshlar sifatida turli xil shaklga ega bo'lgan maxsus qaytargichlar (sferik ballonlar, ko'p qirrali hajmga ega bo'lgan qurilmalar va boshqalar), hamda Yerning tabiiy yo'ldoshi – Oydan ham foydalanish mumkin. Yerdan joylashgan stansiya (YeS) antennalarining kuchaytirish qobiliyati yetarli va qabul qilgichining sezgirliги yuqori darajada bo'lgan holda mazkur radioaloqa usul kam kanal o'tkazuvchi tizimlarda foydalanilishi mumkin. Hozirgi zamon texnika sharoiti darajasida shu singari aloqa tizimlarning xabar o'tkazish qobiliyati 2-3 ta telefon kanaldan oshmaydi.

Yo'ldosh bortida maxsus radio apparatura o'rnatilgan radioaloqa tizim signalni aktiv retranslyatsiya qiluvchi tizim yoki aktiv yo'ldoshli tizim deb ataladi. Mazkur tizimda bort retranslyatorning elektr quvvat ta'minoti YeSYda o'rnatilgan quyosh batareyasi bilan qoplanadi. Hozirgi davrda yo'ldoshli aloqa tizimlarda keng qo'llaniluvchi aktiv retranslyatsiya asosiy usul bo'lib hisoblanadi.

Yo'ldoshli TV va radioeshittirish deganda bir yoki bir nechta Yer uzatgichlari orqali TV signallarni (tovush bilan birgalikda) hamda radioeshittirishning tovush signallarini YeSY yordamida keng qamrovli xududga uzatish tushuniladi. Mazkur uzatgichlar TV va radiodasturlarni tayyorlovchi markazlar bilan bog'langan holda axborotni maxsus YeSYlarga uzatadi va ular vositasida Yerdagi qabul qilish qurilmalarga tarqatiladi. YeSYdan qabul qilingan tele- va radiodasturlar turli xil quvvatdagi retranslyatorlar, maxsus kabel teleko'rsatuv (SKTV), jamoa va xususiy qabul qilish vositalari yordamida abonentlarga (teletomoshabinlar va radiotinglovchilar) yetkaziladi. Odatda YeSY ning aloqa xizmat ko'rsatish zonasida turli xil qabul qiluvchi YeS tarmoqlari joylashadi. YeS va YeSY orasidagi masofa juda katta bo'lganligi sababli qabul qilinuvchi TV va tovush signallarining sifatini yuqori darajada ta'minlash maqsadida yo'ldoshli tizimlarda quyidagi choralar amalga oshiriladi:

- 1) YeS uzatgichining quvvati 5...10 kVt gacha oshiriladi;
- 2) YeS qabul qilish-uzatish antennalari yanada takomillashtiriladi;

3) Kam shovqinli kuchaytirgichlar qo'llaniladi (qabul qilgich kirishida aralashtirgichlar);

4) Chastotalar og'ishining (deviatsiya) ko'payishi hisobiga ChM li qabul qilish effektivligi oshiriladi.

## **7.2. Yo'ldoshli aloqa tizimlarning klassifikatsiyasi va ularning asosiy ko'rsatkichlari**

Radiotelefonli aloqa va ma'lumotlarni uzatish xizmatlarini taqdim etishga mo'ljallangan yo'ldoshli aloqa tizimlar (YAT)ni klassifikatsiyasi asosiga quyidagi xossalarni kiritilgan:

### ***Foydalaniluvchi orbitalar turi.***

Bu xossaga asosan barcha YAT ikki sinfga bo'linadi, ya'ni geostasionar orbitada (GEO) joylashgan, va geostasionar bo'lmagan orbitalarda xarakterlanuvchi kosmik apparatlar (KA) tizimlariga. O'z navbatida geostasionar bo'lmagan orbitalar quyi (LEO), o'rta balandlikli (MEO) va elliptik orbitali (HEO) turlarga bo'linadi. Bundan tashqari quyi orbitali aloqa tizimlar esa taqdim etuvchi xizmatlar turiga qarab bo'linadi, ya'ni little LEO ma'lumotlarni uzatish tizimlariga, big LEO radiotelefon tizimlariga va mega LEO (yoki super LEO) keng polosali aloqa tizimlariga taqdim etadigan xizmatlarning turiga qarab ajratiladi.

***Tizimning xizmatga ta'luqligi.*** Radioaloqa Reglamentiga muvofiq uchta asosiy xizmatlar mavjud:

Qayd etilgan (fiksirlangan) yo'ldoshli xizmat (QYX, rus. FSS) – bir yoki bir nechta yo'ldoshlardan foydalanilgan holda aloxida qayd etilgan tayanch punktlardagi Yer stansiyalari (YeS) bilan o'zaro radioaloqa xizmatlar;

1. ko'chma (harakatdagi) yo'ldoshli xizmat - bitta yoki bir nechta YeSYlar va yerning sirti bo'yicha harakatlanuvchi YeS o'rtasidagi aloqa xizmat;

2. radioeshittirish yo'ldoshli xizmat (REYX) – yo'ldosh retranslyatorlar signallarini aholi tomonidan bevosita to'g'ridan to'g'ri qabul qilish uchun mo'ljallangan radioaloqa xizmati. Bu yerda bevosita qabul qilish deb nisbatan sodd va arzon qurilmalar vositasida individual, ham ammoviy qabul qilish tushuniladi.

3. tizimning statusi. Tizimga yuklangan vazifaga, maqsadga, xizmat taqdim etiladigan xududni qoplash darajasiga, Yer stansiyalarning joylashtirilishiga va mansubligiga bog'liq. YAT statusiga bog'liq ravishda xalqaro (global va mintaqaviy), milliy va muassasaga ta'luqliligiga qarab bo'linadi (7.1-jadval).

*GEO, MEO va LEO orbitalardagi kosmik apparatlardan (KA)  
foydalanuvchi tizimlar*

Ko'rsatkich	GEO	MEO	LEO
Orbita balandligi, km	36 000	5000-15 000	500-2000
Orbita guruhidagi KA soni	3	8-12	48-66
Bitta KA ning Yerdagi qoplash zonasini (radioko'rinish burchagi 50), % Yerning sirtidan	34	25-28	3-7
KA ning radioko'rinish zonasida bo'lib turish vaqti (bir sutkada)	24 soat	1,5-2 soat	10-15 min
Nutqlarni uzatishda kechikish vaqti, ms			
Mintaqaviy aloqa	500	80-130	20-70
Global aloqa	600	250-400	170-300
Almashlab ulash vaqti, min			
Bir yo'ldoshdan boshqasiga	Talab qilinmaydi	50	8-10
Bir nurdan boshqasiga	10-15	5-6	1,5-2,0
Nisbiy maksimal Dopler siljish	$6 \cdot 10^{-8}$	$66 \cdot 10^{-6}$	$6(1,8-2,4) \cdot 10^{-5}$
KA ning xizmat ko'rsatish zona chegarasidagi radioko'rinish burchagi, °	5	15-25	10-15

### 7.3. Yer sun'iy yo'ldoshi orbitasi va uning xizmat ko'rsatish hududi

**Geostasionar.** Mavjud bo'lgan YATning ko'pchiligi o'zlarining yo'ldoshlarini joylashtirishda ko'proq afzalliklarga ega bo'lgan geostasionar orbitalardan foydalanadilar. Geostasionar orbitaning asosiy afzalliklariga uning global zona ko'lamida aloqani kechayu kunduz uzluksiz taminlash imkoniyati va Dopler effekti tuftayli hosil bo'ladigan chastota siljishning amalda butunlay yo'qligi kiradilar.

Geostasionar yo'ldoshlar ekvator xududidan taxminan 36 ming km balandlikdagi aylana shaklidagi orbitada joylashgan holda, Yerning aylanish tezligiga xarakterlanib, ekvatorida joylashgan, yer sirtining malum bir nuqtasi ustida (yo'ldosh tagidagi nuqta) go'yo «mualloq» osilib turadi». Aslida

geostasionar orbitadagi KA ning joylanish o'mini o'zgarimas deb bo'lmaydi. Orbitaning degradatsiyasiga olib keluvchi ayrim faktorlar ta'sirida yo'ldosh uncha katta bo'lmagan «dreyf» og'ishga siljydi. Shu sababli orbita og'ishining o'zgarishi bir yilda 0,92° ga yetishi mumkin. Yonma-yon joylashgan KAlar orasidagi burchakli tarqoqlikni belgilovchi asosiy parametrlarga yo'ldosh bortidagi va Yerdagiantenalarining fazoviy tanlovchanligi, shuningdek KAni orbitada bir meyorda ushlab turish aniqligi kiradi.

Yo'ldosh va Yer stansiyaning bir biriga nisbatan o'zaro ko'chishi sodir bo'lib turganda ham geostasionar KA orqali aloqa xizmatlar uzliksiz ta'minlanadi. Uchta geostasionar yo'ldoshdan tashkil topgan tizim esa Yer sirtidagi deyarli barcha xududlarni amalda qoplash imkonini ta'minlaydi. Zamonaviy geostasionar KAning orbital resursi yuqori darajada yetarli bo'lib, taxminan 15 yilni tashkil etadi (7.1-jadval).

Ammo, bunday tizimlarda qator kamchiliklar mavjud bo'lib, ularning eng asosiysi — signalning kechikishidir. Radio va televidion eshittirishlar uchun geostasionar orbitali yo'ldoshlar optimal xisoblanadi, chunki 250 ms kechikishlar (har bir yo'nalishda) signallarning sifat tavsiflariga ta'sir qilmaydi. Radiotelefon aloqa tizimlar esa kechikishlarga ancha sezuvchandir. Mazkur tizimlardagi signallarning jami kechikishlar yig'indisi taxminan 600 ms tashkil qilganligi (Yer tarmoqlarida ishlov berish va kommutatsiyalashga ketgan vaqtni xisobga o'lgan holda) tufayli xatto aks sadoni bostiruvchi zamonaviy texnikani qo'llash ham yuqori sifatli aloqani har doim ta'minlab bera olmaydi. Agar retranslyatsiya Yerdagishlyuz-stansiya orqali amalga oshiriladigan bo'lsa («ikki marta sakrash») signal kechikishlar 20% dan ko'proq foydalanuvchilar uchun qabul qilib bo'lmaydigan sifatni keltirib chiqaradi.

Geostasionar tizimlarning arxitekturasini ajratilgan chastotalar polosalaridan takroriy foydalanish imkoniyatlarini cheklaydi, natijada ularning spektral effektivligi ham cheklanadi. Geostasionar KA ning qamrab olish zonasi yuqori kenglikdagi rayonlarni (76,5° sh.k va j.k dan yuqori) o'z ichiga olmaydi, yani, aslida global xizmat ko'rsatish kafolatlanmaydi. Shuni takidlash lozimki, geostasionar KA lar shaxsiy aloqa xizmatlarni faqat ular tomonidan Yerning sirtida hosil qilinuvchi xizmat ko'rsatish zonasi quyiorbitali yo'ldoshlar tomonidan hosil qilingan zonalar bilan bir xil bo'lgan taqdirdagina taqdim etishi mumkin.

Yo'ldoshli aloqaning jadal riqoqlanishi, ayniqsa keyingi o'n yil ichida, shunga olib keldiki, geostasionar orbita «tiqilinch, to'» bo'lib qoldi va yangi KA joylashtirish muommosini keltirib chiqardi. Joriy etilgan xalqaro normalarga binoan geostasionar KA lar o'rtasidagi orbital tarqoqlik 1° dan kam bo'lmaligi kerak. Bu shuni anglatadiki, orbitada 360 dan ko'p bo'lmagan yo'ldoshlarni joylashtirish mumkin. KAlarning orbitadagi joylanish nuqtalari orasidagi burchakli tarqoqlikni qisqartirishga kelsak, xozirgi zamon texnikasining rivojlanish darajasi xolatida o'zaro xalaqitlar mavjudligi tufayli amalga oshirish mumkin emas (7.1-rasm). Bu yerda va keyinchalik qavslarda loyixani amalga oshirish boshlangan yil va bunda qatnashgan mamlakatlar soni ko'rsatilgan.



7.1-rasm. GEO orbitasida yo'ldoshlarning joylanishi

7.2-jadval

Xalqaro tashkilotlarning eng katta orbital guruhlari

Ko'rsatkich	Arabsat* (1972, 21)	Eutelsat (1977, 47)	Inmarsat (1979, 79)	Intelsat (1964, 132)	Intersputnik (1971, 26)
Tizim statusi	Mintaqaviy	Mintaqaviy	Global	Global	Global
Asosiy xizmat ko'rsatish mintaqasi	Arab mamlakatlari (g'.u.17° dan sh.u.60° gacha)	Evropa, Shimoliy Afrika	N/p	N/p	SNG, Sharqiy Yevropa
Orbitadagi KA soni (turlari)	4 (Arabsat seriyaci)	5 (Yeutelsat-1, -2, -3)	8 (Inmarsat-2, -3)	25 (Intelsat-5/5A, -6, 7/7A, -8/8A)	11 ("Gorizont", "Ekspress")
Geostasionar orbitadagi kosmik apparatlar joylanishlari			15,5° g'.u., 15,8° g'.u., 54,5° g'.u.,	1° g'.u., 18° g'.u., 21,3° g'.u., 21,5° g'.u., 24,5° g'.u., 27,5° g'.u., 29,5° g'.u., 31,4° g'.u., 34,5° g'.u., 40,5° g'.u., 50° g'.u., 53° g'.u., 55,5°	3° g'.u., 6° g'.u., 23° g'.u., 16° g'.u., 32,5° g'.u., (e'lon qilingan nuqtalar) ± 14° g'.u., ("Ekspress")
Atlantik okean region.i (AOR)					

Xind okean (IOR) region.i	20° sh.u., 26° sh.u., 31° sh.u., 31,5° sh.u.,	7,1° sh.u., 10° sh.u., 13° sh.u., 16° sh.u., 21,5° sh.u. va 48° sh.u. (Sesat).	47° sh.u., 63,7° sh.u.,	33° sh.u., 57° sh.u., 60° sh.u., 62° sh.u., 64° sh.u., 66° sh.u.,	17° sh.u., 27° sh.u., 64,5° sh.u., 67,5° sh.u., (e'lon qilingan nuqtalar) + 80° sh.u. ("Ekspress")
Osiyo-Tinch okean (APR) region.i			63,7° sh.u., , 64,5° sh.u.	72° sh.u. , 157° sh.u. ,	114,5° sh.u. , 153,5°
Tinch okean region.i			157,2° sh.u. , 178° sh.u.	177° u, 174° sh.u. 177° sh.u. .. 180° sh.u.	
<p><b>Izoh.</b> N/p – qo'llash mumkin emas, * bu yerda va keyingi qavs ichida loyihalarni amalga oshirishning boshlanish yillari va unda ishtrok etuvchi mamlakatlar ko'rsatigan.</p>					

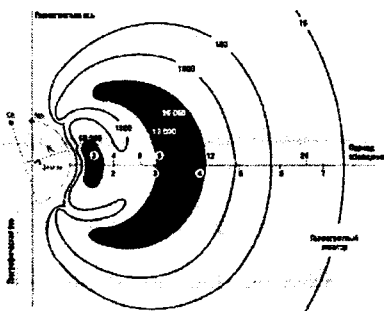
**O'rta balandlik orbitali.** O'rta balandlik orbitadagi yo'ldoshlarni birinchi bo'lib geostasionar KAlarni ananaviy ishlab chiqaruvchi kompaniyalar ishlab chiqara boshladilar. Harakatdagi abonentlarga xizmat ko'rsatishda o'rta balandlikli tizimlar geostasionarlilarga qaraganda ancha sifatli tavsiflarini ta'minlaydi, chunki abonentning «ko'rish doirasida» bir vaqtning o'zida ko'p sonli KAlar joylashgan bo'ladi. Buning xisobiga KA larning minimal burchakli ko'rinishlarini 25-300° gacha ko'paytirish imkoniyati yuzaga keladi.

Masalan. ISO tizimidagi ikkita yo'ldoshning radioko'rinishi sutkaning 95 % vaqt davomida ta'minlanadi, bunda KA lardan hech bo'lmaganda biri 300° ko'proq bo'lgan burchak ostida ko'rinadi. Bu esa o'z navbatida yaqin bo'lgan zonadagi (daraxtlar, imoratlar va boshqa to'siqlar bo'lganda) signalning tarqalish yo'qotishlarini kompesatsiyalash uchun kerak bo'ladigan radioliniyalarning qo'shimcha energetika zaxiralarini pasaytirish imkonini beradi.

Ammo, geostasionar bo'lmagan orbita guruhlariga (OG) joy tanlashda tabiiy cheklanganlikni etiborga olish lozim. Bunga Yerning magnit maydoni tufayli zaryadlangan zarrachalar to'plamidan hosil bo'lgan kamarimon fazo kiradi. Yer atrofidagi mazkur fazo Van-Allen radiasion «kamar»i (poyas) deb ataladi (7.2-rasm). Yuqori darajali radiatsiya zonaning birinchi barqaror maydoni, taxminan 1.5 ming km balandlikda boshlanadi va bir necha ming

kilometrga cho'zilib, uning kengligi ekvatorning har ikki tomonidan taxminan 300 km tashkil qiladi. Birinchi zona singari yuqori radiatsiya intensivlikga (10 ming impuls bir sekunda) ega bo'lgan ikkinchi maydon xam 13 dan 19 ming km gacha joylashgan bo'lib ekvatorning xar ikkala tomonidan 500 km qamrab oladi.

O'rta balandlikdagi yo'ldoshlarning trassasi Van-Allenning birinchi va ikkinchi zonasi orasidan o'tadi, yani 5 dan 15 ming km gacha. Har bir KA ning xizmat qilish zonasi geostasionarligiga qaraganda ancha kichikdir, shuning uchun Yer sharining aholi ko'p yashaydigan rayonlarini va kemalar suzuvchi akvatoriyalarni bir karrali global qamrash uchun 8-12 yo'ldoshdan tashkil topgan OG ni tuzish kerak bo'ladi. O'rta balandlikli yo'ldoshlar orqali aloqada signallarning jami kechikish vaqti 130 ms dan oshmaydi, shu tufayli ularni radiotelefon aloqasida foydalanish imkoni bor.



7.2 –rasm. Van-Allen zonalaridagi radiatsiya darajasi:

GN – geografik shimol; MN - magnitli shimol; R/Rz – nisbiy masofa,  
Bu yerda Rz (Yerning radiusi) = 6371 km, R - balandlik

Shunday qilib, o'rta balandlikli yo'ldoshlar geostasionarligiga nisbatan energetik ko'rsatgichlari bilan yutuqlarga erisha. Yer stansiyalarning radioko'rinish zonalarida KA laming bor bo'lib turish vaqtining davomiyliigi bo'yicha yutqazadi (1,5 – 2 s).

Shu bilan birga, o'rta balandlikli KA ning orbital resurslari geostasionarligiga qaraganda bir muncha kichikdir. O'rta balandlikli aylana orbitali yo'ldoshning Yer atrofida aylanib chiqish davri taxminan 6 soatni tashkil etadi (10350 km balandlikda), shundan bir necha minutgina KA Yerning ko'rinmaydigan (soya) tomonida bo'ladi. Bu esa bort tizimining elektrna'minotida qo'llaniluvchi texnologik yechimni bir muncha soddalashtiradi va natijada KA ning xizmat qilish muddatini 12-15 yilga yetkazish imkonini beradi.

O'rta balandlikli KA li tizimlar quyidagi afzalliklar natijasida abonentlarga xizmat qilishning GEO-KA ga nisbatan yaxshiroq tavsiflarni

ta'minlaydi. Ularning radioko'rinish burchaklari kattaroq bo'lib, radioko'rinish zonasida joylashuvchi yo'ldoshlar soni ko'proqdir, va aloqa seansni o'tkazish paytidagi kechikishlar esa 130 ms dan oshmaydi.

O'rta balandlikli orbitalardagi tizimlar tuzilishi (ISO, Spaseway NGSO «Pootelesat») bir biridan juda oz farq qiladi. Bu tizimlarning barchasida orbital guruhlar taxminan bir xil (10352-10355 km) balandlikda bir biriga o'xshash orbita parametrlar bilan hosil qilinadi (7.1 jadval).

**Quyi aylana orbitalar.** Orbita tekisligining ekvator tekisligiga nisbatan og'ish kattaligiga qarab quyi ekvatorial (qiyalik  $0^\circ$ ), qutibli (qiyalik  $90^\circ$ ) va qiyali orbitalar mavjud. Quyi og'ishli va qutibli orbitali tizimlar 30 yildan beri mavjud va ular asosan ilmiy tadqiqotlar maqsadi uchun, uzoq masofadan zondlash, navigatsiya, meteorologik kuzatishlar, Yerning ustki qatlamini suratga olishlar uchun qo'llaniladi. Oxirgi 5 - 7 yil davomida mobil va shaxsiy aloqalarni tashkil qilish maqsadida bu tizimlardan qo'llanila boshlandi. Bugungi kunda 700-1500 km balandlikdagi quyi va qutibli orbitalar, shuningdek 2 ming km balandlikdagi kvatoriya orbitalar jadal o'zlashtirilmogda.

Quyi orbitadagi yo'ldoshlar boshqa KA larga qaraganda enerjetik xarakteristikalari bo'yicha ancha katta afzallikka ega, lekin aloqa seanslarining davomyiligi va KA larning aktiv ishlash muddati bo'yicha yutqazadilar. Agar yo'ldoshning aylanish vaqti 100 min bo'lsa, unda o'rtacha hisoblaganda umumiy vaqtning 30% da u Yerning soya tomonida bo'ladi. Bortdagi akkumulyator batareyalari bir yilda taxminan 5 ming marta zaryadlanishlar siklini o'tkazishadi, buning natijasida qoidaga asosan ularning xizmat qilish muddati 5-8 yildan oshmaydi.

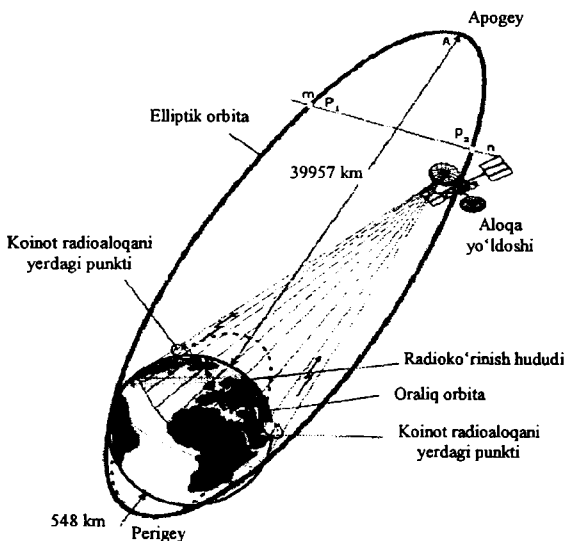
Quyi orbitali tizimlar uchun balandlik diapozonini 700 km dan 2 ming km oraliqida tanlash bejiz emas. Bir tomondan 700 km dan kam bo'lgan orbitalarda atmosfera zichligi nisbatan yuqoridir. natijada bu eksentrisitet o'lchamining tebranishiga va orbitaning degradatsiyasiga (apogey balandligining asta sekin pasayishiga) olib keldi. Bundan tashqari orbita balandligining pasayishi esa tayinlangan orbitani saqlab turish uchun shtatli manevrlash sonini oshirishga. natijada yo'ldoshning yoqilg'i sarflashining oshishiga olib keladi. Boshqa tomondan Van-Allenning birinchi radiasion zonasi joylashgan 1,5 ming km dan yuqori balandlikdagi orbitalarda yo'ldosh elektron apparatlarining radiatsiya nurlanishlaridan himoyalashda maxsus usullardan foydalanmasdan turib, uzoq vaqt ishlashi mumkin emas. Bu usulni qo'llash esa bortdagi apparatning jiddiy murakkablashishiga va KA massasining ortishiga olib keladi.

Ammo, orbita balandligi qancha past bo'lsa, xizmat qilish muddati shuncha kam bo'ladi, demak global qamravni koplash uchun yo'ldoshlarning ancha ko'p soni talab qilinadi. Agar quyi orbitali tizim uzluksiz xizmat ko'rsatish bilan birga global aloqani taminlashi lozim bo'lsa, unda orbital guruh tarkibiga kamida 48 KA kiritilgan bo'lishi lozim. Yo'ldoshlarning ushbu orbitalarda aylanish davri 90 minutdan 2 soatgacha, KA ning radioko'rinish zonasida bo'lishining maksimal vaqt davomyiligi esa 10-15 minutdan oshmaydi (7.1-jadval).



**Elliptik orbitalar.** Elliptik turdagi orbitani xarakterlovchi asosiy parametrlarga yoʻldoshning Yer atrofida aylanish davri va eksentrisitet (orbitaning elliptik koʻrsatkichi) kiradi (7.3-rasm).

Hozirgi davrda Borealis, Archi-medes, "Molniya", "Tundra" (7.3-jadval) kabi katta eksentrisitetli elliptik orbitalarning bir necha turlari qoʻllaniladi. Koʻrsatib oʻtilgan barcha orbitalar siixronli xisoblanadi, yani bunday orbitaga chiqarilgan yoʻldosh Yerning aylanish tezligi bilan aylanadi va aylanish vaqti sutkaga karralidir.



7.3-rasm. Elliptik turdagi orbitani xarakterlovchi asosiy parametrlarni tushuntirishga oid

Elliptik orbitadagi yoʻldoshlar uchun xarakterli tomon shundan iboratki, ularning tezligi perigeyga qaraganda apogeyda ancha kam boʻladi. Demak, aylana orbitali yoʻldoshga qaraganda elliptik orbitali KA malum regionning koʻrinish zonasida ancha koʻproq vaqt joylashib turishi mumkin.

*Elliptik orbitalar turlari va ularning asosiy parametrlari*

<b>Orbita turi</b>	<b>Apogey balandligi, km</b>	<b>Aylanish davri, h</b>	<b>Bir sutkada aylanishlar soni</b>
Borealis	7840	3	8
Archimedes	28000	8	3
"Molniya"	40000	12	2
"Tundra"	71000	24	1
Barcha ko'rsatilgan turdagi orbitalar perigey balandligi 500 km tashkil etadi.			

Masalan, orbitaga chiqarilgan «Molniya» KA (apogey 40 ming km, perigey 460 km, og'ish burchagi  $63,5^\circ$ ) davomiyligi 8-10 soat bo'lgan aloqa seansini taminlaydi, buning ustiga atiga uchta yo'ldoshdan tashkil topgan tizim kechayu - kunduz global aloqani ta'minlaydi. Ancha pastroq apogeyli elliptik orbitalar, masalan Borealis (apogey 7840 km, perigey 520 km) yoki Archimedes (apogey 26737 km, perigey 1000km) regional aloqani taminlash uchun mo'ljallangan. Past apogeyli KA lar yuqori elliptik orbitalardagi yo'ldoshlarning energetik xarakteristikalariga nisbatan yutadi, lekin seans davomiyligi bo'yicha ularga yutuqazadi. Sinxronli - quyoshli Borealis orbitasidan foydalangan xolda, kechayu - kunduz uluksiz aloqani ta'minlash uchun kamida 8 ta KA lar kerak bo'ladi, ya'ni har ikki orbital tekislikda to'rttadan yo'ldosh joylashtirilgan. Mazkur orbita KA larining abonendlarga radioko'rinishi burchagi  $25^\circ$  dan kam bo'lmagan xolatda xizmat ko'rsatish imkonini beradi.

Shuningdek, elliptik orbitalarda KA li tizimlar "tabiiy" cheklanishlardan xoli emas. KA ning elliptik orbitada joylanishining doimiyliги orbita tekisligining ekvatorga nisbatan faqat ikkita og'ish burchaklarda-  $63,4^\circ$  va  $116,6^\circ$  taminlanishi mumkin. Bu Yerning gravitatsiya maydonining bir jinslimas ta'siri bilan tushuntiriladi, ya'ni shu sababli elliptik orbitaning katta o'qiga qo'yilgan aylantirish kuch momenti yo'ldosh ostidagi apogey nuqta kengligining tebranishiga olib keladi. Elliptik orbitalar parametrlarini tanlashga ta'sir qiladigan boshqa omil, KA ning orbitalar bo'ylab xarakati vaqtida Van-Allen radiasion zonasi bilan kesishishi natijasidagi ta'sir xavfni xisobga olish lozimligi bilan bog'liq.

#### 7.4. Yo'ldoshli aloqa xizmatlari

Shuni takidlash lozimki, Radioaloqa Reglamenti asosida kiritilgan aloqa xizmatlarni bo'lib taqsimlash zamonaviy YAT ning real tuzilishiga to'g'ri mos kelmaydi. Aloqani shaxsiylashtirish protsessi (yani aloqa vositasini eng oxirgi foydalanuvchiga maksimal yaqinlashtirish) shunday vaziyatga olib keldiki, qayd qilingan (fiksirlangan) yo'ldoshli aloqa (QYA) va ko'chma yo'ldoshli aloqa

(KYA) yoki QYX va radioeshittirish yoʻldoshli xizmat (RYX) ananaviy xizmatlarning oʻrtasidagi tafovut chegaralar asta-sekin yoʻqolib bora boshladi. Masalan, Ku yoki Ka diapazonida ishlovchi uzoq joylardagi foydalanuvchilarning shaxsiy Yer stansiyalari va rasmiy jihatdan QYX sinfiga qarashlidir (QYX uchun ajratilgan chastotalar polosasida ishlash), lekin oʻzining vazifalari va bajaradigan funksiyalari boʻyicha ular hammasidan koʻra QYX ga koʻproq yaqinroqdir. Shuning uchun, shaxsiy va keng polosali aloqa xizmatlarni taqdim etuvchi tizimlarni aloxida koʻrib chiqish lozim boʻladi.

**Qayd etilgan.** QYX (FSS) tizimlari stasionar foydalanuvchilar orasidagi aloqani taminlash uchun moʻljallangan. Dastlab ular faqat katta masofadagi magistral va mintaqaviy aloqalarni tashkil qilish uchun rivojlandilar. VSAT turidagi terminallar asosida bunday tizimlar elektronli tijorat tarmoqlarda, bank axborotlari almashinuvida, ulgurji xoʻjalik bazalar, savdo-sotiq bazalari va boshqalarda qoʻllaniladi. Bundan tashqari, QYA tizimlarida koʻproq shaxsiy aloqa va interaktiv axborot almashuvchi (shuningdek Internet orqali) uskunalar qoʻllaniladi. QYA tizimlari uchun quyidagi chastotalar diapazonlari ajratilgan: S(4/6 GHz), Ku (11/14/GHz) va Ka (20/30 GHz). Yer stansiyalari oʻrtasida yuqori tezlikli kanallarni tashkil qiluvchi fider liniyalari boʻyicha aloqalar ham QYA turiga qarashli deb hisoblanadi. Bu kanallar ham xuddi shu singari chastotalar diapazonida ishlashadi.

QYA xizmatlarini beshta yirik xalqaro tashkilotlar va 50 ga yaqin mintaqaviy va milliy kompaniyalar taqdim etadilar. Qayd etilgan (fiksirlangan) aloqalarning eng nufuzli tijorat tizimlariga Intelsat, Intersputnik, Eutelsat, Arabsat va Asiasat lar kiradi. Ular orasida Intelsat xalqaro tizimi shubxasiz yetakchi hisoblanadi, uning orbital guruhi xizmat koʻrsatish koʻlami boʻyicha toʻrtta asosiy mintaqani qoplaydi - Atlantik (AOR), Xind (IOR), Osiyo-Tinch okeani (ATR) va Tinch okeani (POR). Intelsat tizimining 30 yillik faolligi davomida yoʻldoshlarning 8 ta avlodi yaratilgan, va ularning har bir keyingilari oldingilariga qaraganda sezilarli darajada afzalroqdir.

Xozirgi davrda Intelsat xizmatlarini eng soʻngi toʻrtinchi avlod yoʻldoshlari taʼminlaydi (Intelsat -5, -5, -7/7A, -8 seriyalari). Bu KA larning oʻtkazish qobiliyati 12 dan 35 ming telefon kanallarigacha, yani Intelsat tizimining 25 ta yoʻldoshlari orqali xalqaro telefon trafikning taxminan 2/3 qismi uzatiladi. Yer kurrasidagi segment dunyoning 170 ta mamlakatida joylashtirilgan boʻlib 800 ta yirik stansiyalarni oʻz ichiga oladi.

Intersputnik xalqaro tashkilot hozirgi davrda 8 KA dagi 30 ta retranslyatorlarni ijaraga olib, Rossiyaning kosmik segmentidan foydalanadi (u "Gorizont" va "Ekspress" kabi KAlardan tashkil topgan). 1999 yilda Yevropa-Osiyo regioniga (75° sh.u.), Amerikaga (83° sh.u.) Yevropa-Afrikaga (3° sh.u.) regionlariga (qavus ichida KAlarning joylanish nuqtasi keltirilgan) xizmat koʻrsatish uchun yangi avlod KA (KMI- Lockheed Martin Intersputnik) uchirildi. Yer sharining asosiy regionlarini uzluksiz qoplashni taʼminlovchi RanAmSat va Orion yoʻldoshli tizimlar xalqaro tijorat Intelsat va Intersputnik tizimlariga jiddiy raqobat hosil qiladi. Eng yirik regional tizimlar tarkibiga

Eutelsat (Yevropa va shmoliy Afrika). Apstar, Asiasat, Optus, Palara (Osiyo-Tinch okean regionii) va Arabsat (Arab mamlakatlari) kiradi.

### 7.5. Ko'chma (harakatdagi) mobil aloqa tizimlari

QYA tizimlar taxminan 30 yil avval yuzaga kelgan. Birinchi global mobil radiotelefon aloqa tizimi va geostasionar KA Marisat 70-yillar o'rtasida Somsat kompaniyasi tomonidan ishlab chiqarilgan, yani QYA tizimlaridan ancha keyinroq. Buning sabablari ko'chma harakatlanuvchi (mobil) obektlarga yetarli bo'lmagan energiya ta'minotining kichikligidir va ularning ishlatish sharoitlarining juda nokulayligi, murakkabligidir (xudud relefining tasiri, antenalar o'lchamlarining cheklanganligi va bshq.). Oddiy stasionar Yer stansiyalar ishchi radioko'rinish burchagi  $5^\circ$  bo'lganda ham barqaror aloqani taminlaydi, harakatlanuvchi abonentlar uchun esa ishonchli aloqani faqat birmuncha yuqori qiymatlarda kafolatlashi mumkin. KAlar radioko'rinishining katta burchakli sharoitlari murakkab relefli xududning yaqin zonasida radioto'lqinlar tarqalishidagi tinishlar tufayli hosil bo'luvchi yo'qotishlarni kompensatsiyalovchi radiolinyaning energetik zaxirasini pasaytirish imkonini beradi.

Dastlabki mobil Yer stansiyalar maxsus qo'llanishga mo'ljallangan tizimlar sifatida ishlab chiqarilgan (dengiz, xavo, avtomobilda va temir yo'llar uchun) va cheklangan miqdordagi foydalanuvchilarga mo'ljallangan. Mobil YAT ning birinchi avlodi to'g'ri (shalfol) retranslyatorli geostasionar KAlardan foydalanib ko'rilgan edi va ularning o'tkazish qobiliyati juda past bo'lgan. Axborotlarni uzatish uchun modulyatsiyaning analog usullaridan foydalanilgan.

QYA quyi tizimlari asosan Yerdagiko'chma xarakatdagi stansiyalarning ishlashini ta'minlovchi katta markaziy va tayanch stansiyalar bilan radial yoki radial-bug'unli tuzilishga ega bo'lgan tarmoqlar uchun ishlab chiqarilgan. Talabga muvofiq kanallarni taqdim etuvchi tarmoqlardagi oqimlar yetarli darajada bo'lmagani uchun ularda bir yoki kam kanalli Yer stansiyalar qo'llanilgan. Odatda, bunday tarmoqlar uzoqlashtirilgan va xarakatdagi obektlar bilan mahkama va korporativ aloqa tarmoqlarini tuzish, (kemalar, samoletlar, avtomobillar va bshq.) davlat tuzilmalarida, xalokat rayonlari va favqulodda xodisalarda aloqani tashkil etish uchun mo'ljallangan.

KYX ning rivojlanishidagi sifatli sakrash faqat nutq va malumotlarni uzatishda raqamli usulni tadbiiq qilishdan emas, balki nogeostasionar orbitalarda (quyi aylana va o'rta balandlikdagi) KA lar asosidagi yo'ldoshli tizimlarning birinchi loyixalari yuzaga kelishi natijasida hosil bo'lgan. Bunday yo'ldoshlarning orbitalari Yer sirtiga yaqin bo'lib, odatdagi Yer stansiyalar o'miga arzon kichik o'lchamli terminalarni va uncha katta bo'lmagan antenalarni qo'llash imkonini beradi. Quyi va o'rta orbital guruhlarini qo'llash faqat geostasionar orbitalarning o'ta yuklanganlik muomalarini yechibgina qolmasdan, balki "telefon trubka" terminali yordamida foydalanuvchilarni global shaxsiy aloqa bilan ta'minlagan holda yo'ldosh tarmoqlarning telekommunikatsiya xizmatlar doirasini ham kengaytiradi.

Hozirgi vaqta dunyoda quyi orbitali KA lardan foydalanuvchi 30 dan ortiq milliy va xalqaro (mintaqaviy va global) loyixalar mavjud. Globalstar, Iridium, Orbcomm (AQSh) shuningdek Rossiyaning "Gones" va "Signal" loyixalari ko'proq mashhur hisoblanadi.

Ammo quyi orbita tizimiga o'tishni mobil yo'ldoshli aloqani rivojlantirishdagi bosh yo'nalish deb hisoblab bo'lmaydi. Mazkur tizimlarni rivojlantirishda o'rta balandlik larni o'zlashtirish ham shu singari muxim bo'lib qoladi. Va bu yerda o'rta (ISO) elliptik (Yellipso) orbitalardagi aloqa tizimlar ko'proq qiziqish uyg'otadi. Xaqiqatda, bunday tizimlarning barcha afzalliklariga qaramasdan, geostasionar orbitalardagi KA lardan foydalanuvchi tradision tizimlar o'z pozitsiyalaridan qaytishga shoshmayaptilar, va bunga dalolat bo'lib Inmarsat va Intelsat lar uchun ishlab chiqarilgan yangi takliflardir.

Ikkinchi o'vrod KYX tizimining farqlovchi xususiyatlari quyidagilardir:

- nutq va ma'lumotlarni uzatishda raqamli texnologiyalarni qo'llash, aloqa sifatini va ishonchlilikni oshirish, aloqa xizmat doirasini kengaytirish;

- Yerdagi ananaviy ko'chma (harakatdagi) mobil aloqa tizimlar bilan integratsiyalash (birinchi navbatda - raqamli sotali tizimlar bilan);

- harakatdagi yo'ldoshli radioaloqa tarmoqlarining umumiy foydalanishdagi telefon tarmog'i (UFTF) bilan istalgan ierarxiya darajasida moslashuvchanlik va o'zaro ta'siri. (mahalliy, zona ichida, shaxarlararo);

- turli toifadagi abonentlik terminnallar turlarining xilma-xilligi - stasionar, portativ, mobil, xizmat kursatilmaydigan, qabul qiluvchi va h.k..

QYA tizimlari uchun radioaloqa reglamenti tomonidan 1 GHz gacha chastotalar diapazonni, shuningdek L (1.5 /1.6 GHz) va S (1.9/2.2 va 2.4/2.5 GHz) diapazonlarda chastotalar polosasi ajratilgan. KYX tizimlarini ishlab chiqaruvchilar kelajakda yuqori chastotali diapazonlardan KA (20/30 GHz) va YeNF (40-50 GHz) foydalanishni mo'ljallanmoqdalar. Xozirgi davrda KYX tizimlarini ishlab chiqaruvchilar kelajakda yuqori chastotali diapazonlardan KA (20/30 GHz) va YeNF (40-50 GHz) foydalanishni mo'ljallamoqdalar.

Xozirgi davrda KYX tizimlar uzatiluvchi axborot turiga qarab radiotelefon aloqa tarmoqlariga (Inmarsat-A, -B va -M, AMSC, MSAT, Optus, Aces) va ma'lumotlarni uzatish tizimlariga (Inmarsat-C, Omnitrac, Euteltrac, Prodat) bo'linishi saqlanib qalmoqda. Barcha KYA tizimlar ichidagi eng qudratli orbital gurux— Atlantik sharqiy (AOR-E), Atlantik g'arbiy (AOR-W), Xind (IOR) va Tinch okeanlari (POR) to'rtta regionlarini qamrovchi xalqaro Inmarsat tizimiga tegishlidir. Ularning xar biri anolda ishlatiluvchi KA lar bittasi xizmatidan foydalanadi va 1-2 ta zaxiradagi yo'ldoshga egadir. Inmarsat amalda butun Yer yuzani qoplash imkoniyatini taminlaydi, faqat qutb xududlari bundan mustasno.

Inmarsat ni tashkil qilishning dastlabki bosqichlarida Marisat, Marecs va Intelsat- 5MSS kabi boshqa tashkilotlar yo'ldoshini ijaraga olish yo'li bilan aloqa amalga oshirilgan. Xozirgi vaqtda Inmarsat orbital guruh oltita Inmarsat yo'ldoshlaridan (to'rtta Inmarsat-2, ikkita Inmarsat-3 rusmli KA) va eski avlodli (Marisat va Intelsat 5MSS turdagi) bir necha yo'ldoshlardan tashkil topgan.

AMSS va MSAT (Shimoliy Amerika regionida xizmatlarini taqdim etuvchi), ASeS va Optus (Osiyo- Tinch okeanlar regionlarida) radiotelefon aloqa tizimlari inmarsatga ma'lum darajada raqobatni keltirib chiqaradi.

Malumotlarni uzatish tizimlar ichida littleLEO deb nomlanuvchi yo'ldoshlar asosidagi tarmoqlar alohida o'rinni egallaydi. Mazkur yo'ldoshli tarmoq ma'lumotlarni 1.2 dan 9.6 kbit/s gacha tezlikda uzatishga mo'ljallangan. Ishlatiluvchi chastotalar diapazoni ( 1 GHz gacha ) va yengil vaznli (50-250 kg) KA lar ularning farqlovchi xususiyatlari bo'lib hisoblanadi. Bundan tashqari littleLEO bort apparaturasiga xabarlarni yetkazish vaqti bo'yicha qat'iy talablar qo'yilmasligidir.

Malumotlarni uzatishni amalga oshirish uchun bortida elektron "pochta qutisi" bo'lgan bitta yo'ldosh yetarlidir. Yer atrofini har bir aylanib chiqishida u global qamrovni ta'minlagan holda Yer sharining yangi xududi ustida paydo bo'ladi. Ammo bunday xizmat ko'rsatishning sifati tizimdagi KA lar soni bilan aniqlanadi. ma'lumotlarni elektron pochta tartibida uzatish uchun 6 tadan 48 tagacha KA kerak bo'ladi.

Bu sinfdagi tizimlar quyidagi xususiyatlarga ega:

- kanallarni talablarga binoan taqdim etish asosida ma'lumotlar paketli rejimda (qisqa xabarlar) yoki guruhli so'rov tartibida uzatiladi;

- yo'naltirilmagan antennali yengil va portativ terminallarni qo'llash mumkin:

- vazni yengil bo'lganligi sababli KA larni orbitaga guruhli olib chiqish mumkin:

- boshqa tizimlarga nisbatan ma'lumotlarni uzatish narxining pastligi.

Yuklarni tashishda yuklash joyidan to manzilgacha to'ppa-to'g'ri nazorat qilib kuzatishga, ya'ni little LEO guruh tizimlari global monitoringa mo'ljallangan. Mazkur tizimlar ko'chma obektlarning geografik joylanish koordinatalarini aniqlashi (uzoqlik, kenglik, universal vaqt, UTC), atrof - muhit holati to'g'risidagi ma'lumotlarni to'plashni amalga oshirish, shuningdek harakatdagi obektlar (kema, avtomobil, vagon, samolet) bilan aloqani taminlashi, shu jumladan ikki tomonlama ma'lumotlar almashuvini taminlashi mumkin. Xozirgi davrda shu singari orbital guruxlarning ikkita tizimi – Orbcomm (AQSh) va "Gones-D1" (Rossiya) ishga tushirilgan.

**Yo'ldoshli radioeshittirish xizmati** televizion va radioeshittirish dasturlarni qabul qilishga mo'ljallangan bo'lib, bevosita televizion eshittirish (BTE), yo'ldoshli televizion ko'rsatuv va bevosita yo'ldoshli radioeshittirishlar tizimlarining bosh xizmati hisoblanadi.

Xozirgi davrda teleradioeshittirishlarning barcha tizimlari geostasionar orbital yo'ldoshlar asosida quriladi.

Telekommunikatsiyaning bu sohasida tizimga bo'lgan asosiy talab xizmat ko'rsatiladigan xudud ko'lamini butunlay qoplashdir. Bu yerda albatta YA Tning afzalligi boshqa aloqa vositalarga qaraganda yuqori darajada namoyon bo'ladi.

Teleradioeshittirishni rivojlantirishning muxim yo'nalishlaridan biri foydalanuvchilarning individual talablariga muvofiq teleko'rsatuvlarni translyatsiya qilish, shuningdek teledastur namoyish davrida aktiv almashuv

imkonini beruvchi interaktiv teleradioeshittirishdir. Bunday xolatda foydalanuvchi abonent axborotlar eshittirishining passiv istemolchisidan dasturning aktiv qatnashchisiga aylanadi. Yana bitta istiqbolli yo'nalish – bu kompyuterlarga (Direct PC) to'g'ridan-to'g'ri yo'ldoshli uzatish bo'lib, radiokanallar orqali televizion tasvirlarni 30 Mbit/s gacha tezlikda Internet axborotlarini 4000 Kbit/s gacha tezlikda uzatish imkonini beradi.

Shaxsiy va keng polosali aloqa xam geostasionar (7.4-jadval), ham yaqin orbitalardagi (7.5-jadval) KA bilan ko'plab YAT orqali taminlanadi.

big LEO tizimlari global masshtabda shaxsiy radiotelefon va peydjingli aloqani taminlashga mo'ljallangan. Bunday tizimlarni rivojlantirishning umumiy g'oyasi yo'ldoshli radiotelefon va sotali tarmoqning turli standartlari (GSM, AMPS, CDMA, va boshqalar)ni umumiy tarmoqqa birlashtirish. shuningdek xizmat ko'rsatishning maksimal to'plamini ( malumotlarni, telekanallarni, faksimil qisqa xabarlarini uzatish, joylashgan o'rnini aniqlash va boshqalar) amalga oshirishdir.

7.4-jadval

*Geostasionar orbitadagi KA orqali ma'lumotni katta tezlikda uzatish tizimlari*

<b>Tizimning nomi</b>	<b>KA soni</b>	<b>Orbitalar pozitsiyalari*</b>	<b>Uzatish tezligi kbit/s</b>
Astrolink	9	29° g'.u, 96° .u, 37°sh.u., 114° sh.u., 168° sh.u	M/y
Cyberstar	3	110° g'.u, 25,5° sh.u., 105,5° sh.u	384 - 3088
GE*Star	9	106° g'.u, 82° z.d. 16° sh.u. 38° sh.u., 108° sh.u	384
Millenium	4	86° g'.u. 88° .u, 103° g'.u, 105° g'.u	384 - 1500
MorningStar	4	69,5° g'.u. 148° g'.u. 30° sh.u., 107.4° sh.u.,	M/y
Spaceway GEO	8	117° g'.u. 69° g'.u. 26.2° g'.u. 99° sh.u.	384 - 6000
VoiceSpan	12	(2) 93° g'.u. (1) 54° g'.u. (2) 42° sh.u., (2) 1° .u. (2) 92° sh.u., (2) 116° sh.u.	32 - 1500
<b>Izoh.</b>			
<del>M/y – ma'lumot yo'q, * qavs ichida KA soni ko'rsatilgan.</del>			

Bu tarmoqlar abonentlariga xizmat ko'rsatish 48-66 ta yo'ldoshdan tashkil topgan tuzatiluvchi orbital guruxdan foydalanish evaziga erishilgan real vaqt masshtabida amalga oshiriladi. Abonentlar bilan aloqa uchun L- va S-chastotalar diapozonlari qo'llaniladi. Yo'ldoshlar og'irligi 300-700 kg ni tashkil

qiladi. KA stvolining real o'tkazish qobilyati. qoidaga asosan. KA ga nisbatan 1200 ta ekvivalent telefon kanallaridan ortmaydi (ekvivalent telefon kanallarining o'tkazish qobilyati 2.4 kbit/s) big LEO tizimlariga Iridium va Globalstar tarmoqlari kiradi.

7.5-jadval

*Radiotelefon va keng polosali aloqaning MEO- va LEO-tizimlari  
(chastotalar diapazoni 1 GHz dan yuqori)*

Tizimning nomi	KA soni		Balandlik, km	Qiyalanish, °	Tizimning statusi
	Asosiy	Zahira			
ECCO	22 35	2 7	2000	0 62	Regional
Ellipso	8 6	2 1	520/7840 8000	116.50	Regional
Globalstar	48	8	1414	52	Global
ICO	10	2	10355	45	Regional
Iridium	66	6	780	86	Global
Skybridge	64	M/y	1457	55	Global
Spaceway NGSO	20	M/y	10352	55	Global
Teledesic	288	36	1400	98.2	Global
"Rostelesat-B"	24	M/y	10360	82	Global
"Rostelesat-H"	70	M/y	700	82	Global
"Signal"	48	M/y	1500	74	Global
<b>Izoh.</b> M/y – ma'lumot yo'q					

O'rta balandlikdagi orbitallardagi (MEO) KALI tizimlar bigLEO sinfi tarmoqlarining asosiy raqobatchilaridan biri hisoblanadi. Ular bir xil xizmat ko'rsatish bo'zori global radiotelefonli va peydjngli aloqalarga mo'ljallangan. Ammo, global aloqani taminlash uchun bigLEO tizimlarida yo'ldoshlararo Yerdagibiriktiruvchi stansiyalar (Globalstar)dan 150-210 tasi kerak bo'lsa, MEO tizimlarida esa 10-12 ta stansiya yetarlidir. Ushbu sinf tizimlarining o'tkazish qobilyati 2.4 kbit/s uzatish tezligidagi 9-4.5ming telefon kanallariga ekvivalent bo'lib, bu ma'lum quynerbitali tizimlarga qaraganda yuqoridir.

KEO, MEO va GEO orbitalarni qo'llanuvchi keng polosali aloqa tizimlari yuqori sifatli so'zlashuv (nutqlarni, yuqori tezlikdagi ma'lumotlarni oqimini).



multimediyali axborotlarni uzatishga, internetga kirishni, shuningdek KYX tizimlari abonentlari uchun xozircha erishilmagan xizmat ko'rsatishning boshqa turlarini amalga oshirishga mo'ljallangan.

Keng polosali tarmoqlarning ko'rsatadigon asosiy xizmati interaktiv tartibda ma'lumotlar bilan almashuv xisoblanadi. Bashorot qilishicha, 10-15 yillardan keyin keng polosali aloqa vositalari bozori amaldagi tor polosali aloqa vositalari bozori singari katta masshtabda bo'ladi. Bundan tashqari, YATga qo'llash uchun mo'ljallangan ta'vsiqlar to'g'risida o'ylab ko'rilganda, ular bu bozor talabining 20-30 % ni qondirishi mumkin. Ammo amaldagi YAT bozor talabini hech bo'lmasa minimal darajada taminlash uchun yetarli bo'lgan o'tkazish qobilyatiga ega emas.

Keng polosali aloqa tizimlari uchun xizmat ko'rsatishning ikki turi ko'proq xarakterlidir: shaxsiy aloqa va turli vazifalardagi tarmoqlarda (tranking yoki sotali) keng polosali magistr'larni tuzish. Xizmat ko'rsatishning birinchi turi real vaqt tartibida talabga asosan raqamlar bilan taminlash orqali aloqani amalga oshiradi (band widthon-demand), bunda axborotlarni uzatish tezligi 2-10 Mbit/s gacha yetadi.

Xizmat ko'rsatishning ikkinchi turiga sinxron raqamli bosqichma-bosqichlik (SDN) tarmoqlari uchun xarakterli bo'lgan katta tezlikdagi axborotlar oqimini (155.52 Mbit/s) uzatish kiradi. Albatta gap tolali optik kanallarni almashirish to'g'risida ketayotgani yo'q, balki faqat ularning uzoqda joylashgan foydalanuvchilar bilan aloqasini kengaytirish va ayniqsa, yetish qiyin bulgan rayonlarda "ohirgi mil" muammolarini yechish to'g'risidadir. Ma'lumotlarni yuqori tezlikda uzatishni amalga oshirish KA foydalanuvchi tizimlarda ham geostasionar orbitada, ham o'rta balandlikdagi orbitada ko'zda tutilmoqda.

### *Nazorat savollari*

*1. Sun'iy yo'ldosh orqali aloqa tizimi tarkibi va foydalanish sohalari haqida qisqacha tushuncha bering.*

*2. Yer sun'iy yo'ldoshi orbitasi va uning xizmat ko'rsatish xududi haqida qisqacha tushuncha bering.*

*3. Yo'ldoshli aloqa tizimlarning (YAT) klassifikatsiyasi va ularning asosiy ko'rsatkichlarini gapirib bering.*

*4. Foydalaniluvchi orbitalar turi nechta sinfga bo'linadi?*

*5. Geostasionar orbitalarning afzalliklari nimalardan iborat?*

*6. Quyi aylana orbitalar to'g'risida ma'lumot bering.*

*7. Elliptik orbitalarni xarakterlovchi asosiy parametrlar nimalardan iborat?*

*8. Yo'ldoshli aloqa xizmatlari to'g'risida gapirib bering.*

## 8. YER SUN'Y YO'LDOSHI ORQALI ALOQA TIZIMIGA KO'P STANSIYALAR ORQALI KIRISH VA SIGNALLARNI AJRATISH TURLARI

### 8.1. Yo'ldoshli aloqa tizimlarida ko'p stansiyali foydalanish

Ko'p stansiyali foydalanish – bu yerdagi ko'p sonli stansiyalarning yo'ldoshli retanslyator orqali bir vaqtning o'zida baravar ishlashidir. U shunday aloqa tarmog'ini tuzishning imkonini beradiki, bunda ham magistral aloqa tarmog'ini ham tuzishni tashkil qilish mumkin. Magistral tarmoqda markaz bilan ham bitta va ko'p kanalli aloqa tizimni o'rnatish mumkin. Umumiy holatda bu masalaning yechimi TLF aloqa tarmoqlari masalalari yechimiga o'xshash, yani abonent tarmoqqa erkin va mustaqil kirish imkoniga ega bo'lib, nomer terish yordamida bog'lanishni boshqaradi.

Yerdagi tarmoqlar kabi, YAT foydalanish usulining har xil turlarini qo'llaydilar va ularni uchta guruhga bo'lish mumkin. Birinchi ikkitasi ko'p stansiyali kirishning klassik usullari bo'lib, kanallarni chastota (FDMA) va vaqt bo'yicha (TDMA) bo'lishdir. Uchinchi guruhga esa kanallarni kodli bo'lish (SDMA) texnologiyasiga asoslangan usullar kiradi.

Ko'p stansiyali foydalanish tizimlariga qo'yiladigan asosiy talablar:

- Retranslyator quvvatidan samarali foydalanish;
- Retranslyator chastota polasalaridan maksimal imkoniyatda foydalanish;
- O'tuvchi holatlarning yo'l qo'yilgan darajasi.

Kanallarni qaytadan tarqatish va iqtisodiy omillarini hisobga olgan holda tarmoqni boshqarishga moslashganligi. Moslashuvchanlikni taminlash uchun mustahkamlanmagan kanallar bilan ishlash taminlash maqsadga muvofiqdir. Bunday kanallar abonentlarning talablari bo'yicha yerdagi stansiyalarning xohlagan juftlikga bog'lash uchun vaqtincha tashkil qilina. Tabiiyki bu qurilmaning murakkablashishiga olib keladi.

Guruhli xabarlar ko'p adresli va bir adresli tuzilishda bo'lishi mumkin. Ko'p adresli tuzilishda yerdagi har bir  $n$  stansiya qolgan  $n - 1$  stansiyalarga mo'ljallangan hamma xabarni bitta stvol uzatadi. Qabul qilishda bu stansiyalar guruhli signaldan "o'zining" xabarlarini ajratadi. Bunday tuzilish har bir stansiyada  $n - 1$  qabul qilish qurilmasi komplektni talab qiladi. Bir adresli uzatish tizimida har bir stansiya retranslyatorning har bir alohida stansiyaga mo'ljallangan  $n - 1$  stansiyada "o'zining" kanalini egallaydi. Qabul qilishda bunday stansiyaning barcha signallari bir tomonda joylashadi, bu esa qabul qiluvchi uskuning hajmini sezilarli kichraytiradi. Ammo bunda uzatuvchi uskuna sezilarli murakkablashadi.

Kanallarning aralash holatlarida retranslyatorida ko'p adresli tuzilishni bir adresli tuzilishga o'zgartirish amalga oshadi.

Geoko'chmas KA asosidagi tizimlarda FDMA tez-tez qo'llaniladi, bunda har bir kanalning chastotali spektori ma'lum kenglikdagi qismlar (uchastka) ga bo'lingan. Tizim ichidagi xalaqitlardan himoya qilish uchun berilgan aniqlikda yonma-yon kanallar chastotalari chegarasini ta'minlovchi kanallararo intervallar

mo'ljallangan. Aloqa liniyasining yetarli darajadagi yuqori energetik ko'rsatkichli tarmoqlarida FDMA dan foydalanish kam quvvat iste'mol qiluvchi oddiy abonent uskunasini qurish imkonini beradi.

Bu usulning kamchiligi aloqa kanallarida o'tkazish qobiliyatining pastligidir. Bundan tashqari doplerli siljish oqibatidagi chastotali noaniqlik o'Ichami himoya intervalini oshirishni talab qiladi. bu esa ayniqsa quyi orbitali KAda foydalanganda sezilarli darajadagi energetik yo'qotishga olib keladi.

## **8.2. Kanallarni vaqt bo'yicha ajratish bilan ko'p stansiyali foydalanish (TDMA)**

Kanallarni vaqt bo'yicha ajratish bilan ko'p stansiyali foydalanish Iridium, Orbcomm, ICO, "Gones" va boshqa tizimlarda qo'llaniladi. Aloqa liniyasining yuqori darajada o'tkazish qobiliyati TDMA usulining tarqoq qabul qilishda kanallarning fazoviy bo'lishishlariga mos kelishi bilan ta'minlanadi, zamonaviy texnika esa har bir KA ga bir vaqtning o'zida 100 ta va undan ko'proq tor nurlarni hosil qilishga imkon beradi. Shuni ta'kidlash lozimki, vaqt o'tishi bilan tekshirib ko'rilgan FDMA va TDMA texnologiyalarini SDMA ga qaraganda BRTK da amalga oshirishi ancha qulayroq, shuning uchun retranslyatorlar bir muncha arzonroqdir.

SDMA texnologiyasining abonentlik uskunalari quvvatining yuqori emasligi va uzatish quvvatini tartibga solish dinamikasiga bo'lgan talablarning nisbatan pastligi, uni "telefon trubkasi" turidagi terminallardan foydalanuvchi harakatda shaxsiy radioaloqani tashkil etish uchun ko'proq jalb qiladi. SDMA ning asosiy afzalliklaridan biri – abonentni bir yo'ldoshdan boshqasiga "o'tkazishda" qayta ulanishning "yumshoqligidir". SDMA sotali tarqoq qabul qilish (axborotlarni qabul qilish har xil KA orqali qo'shish bilan yoki qabul qilinayotgan signaldan sifatlisini avtomatik tanlash bilan amalga oshiriladi) ni taminlash uchun ham yaroqlidir, masalan bu Glovalstar tizim tomonidan qo'llab quvvatlanadi.

CDMA texnologiyasi muvoffaqiyatli sinab ko'rilgan birinchi tijorat, bu yuklarni tashish nazoratini taminlovchi Omnitrac tizimidir. Bu texnologiyaning keyingi rivojlanishlari amerikaning Global star, Star sys, Ellipse tizimlarida, shuningdek SAT-CDMA (janubiy koreya), SW-CDMA va SW-CTDMA (ESA) kabi uchinchi avlod tizimlari loyihalarida amalga oshirdi.

Malumki, kanallarni bo'lishni texnik amalga oshirish yo'ldosh bortidagiga yerdagi stansiyalarga nisbatan arzonroq bo'ladi, shuning uchun ~~CDMA texnologiyasiga asoslangan tizimlarda qoidaga ko'ra shaffof retranslyatorlardan foydalanish ko'zda tutilgan.~~

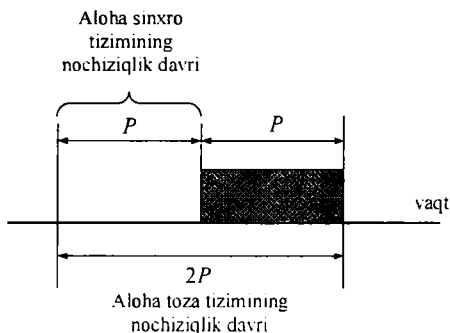
**Aloha tizimi.** Ko'plab ko'rinishli Aloha protokoli 1970 yillarning boshlarida Gavay univestetida ishlab chiqariladi. Bu tizimda umumiy yo'ldoshli kanalda paketlarni uzatishdan foydalanadi. Xohlagan paytda har bir YeS faqat bitta paket uzatish mumkin. Ammo bunday holatda bir vaqtning o'zida ikkita YeS retranslyatorga paketlarni uzatish mumkin . bu esa qarama

qarshi to'qnashuvlarni yuzaga keltirishi mumkin. Natijada ,echimi talab qiladigan vaziyat yuzaga keladi.

“Aloha toza tizim” degan nom bilan mashhur Aloha ning birinchi variantiga muvofiq, YeS xohlagan paytda uzatishni boshlashi mumkin. Agar xabar tarqatilgandan keyin malum bir vaqtdan so'ng u “ijobiy kvitansiya” (uzatish muvoffaqiyatli o'tadi) olsa, nizoli vaziyatni chetlab o'tadi. Teskari holatda YeS qarama-qarshi to'qnashuvlar (qoplash amalga oshirildi yoki boshqa shovqin manbai yuzaga keldi) yuzaga kelishini bilishadi va uzatishni takrorlashadi (yani salbiy kvitansiya olinadi). Agar YeS eshitishdan so'ng uzatishni darrov takrorlasa yana nizoli vaziyatga tushib qolishi mumkin. Nizoni yechishda qayta uzatishda tasodifiy kechikishlarni kiritish va nizoga kirishgan paketlarni vaqt bo'yicha tarqatish uchun muayyan muoalaja kerak bo'ladi.

Aloha tizimining ikkinchi varianti bo'yicha vaqt bo'laklarga bo'linadi, (okno) darcha uzunligi bitta paketni uzatish uzunligiga teng (xamma paketlar bir xil uzunlikka ega deb hisoblanadi). Agar paketlarni uzatishni faqat darchaning boshida boshlanishi talab qilinsa (vaqt yo'ldoshga bog'lanadi) , unda yo'ldoshli kanal dan samarali foydalanishda ikki baravar yutuqqa erishish mumkin , chunki bunda qoplam (polojenya) bitta darcha uzunligi bilan chegaralanadi (Aloha toza tizimi da ikkita). Bunday uzatish Aloha ning sinxronli tizimi deb ataladi ( 8.1-rasm).

Uchinchi variantga asosan YeS talabiga ko'ra vaqtinchalik darchalar taxirlanadi. Aloha tizimida katta intensiv vazifali YeSlar uchun ustunlik ham ko'zda tutilgan.



8.1-rasm. Aloha tizimining zaiflik davri

### 8.3. YeSY aloqa tizimlaridagi bort va yerdagi apparatlar

**Bortli retranslyator kompleks (BRTK)**ning tuzilishi uning vazifasi, yoki maydonni qamrash mashtabi (global yoki mintaqaviy aloqa) bilan KA bortida axborotlarni qayta ishlash usuli, retranslyator kanallar soni (qabul qiluvchi, uzatuvchi yoki qabul-qilib uzatuvchi), axborot almashuv tezligi, shuningdek

tanlangan texnik yechimlar va foydalaniladigan texnologiyalar bilan aniqlanadi. BTRK tarkibiga faqat abonent retranslyatorlari ("istemol" turlarini tashkil qilishga mo'ljallangan), balki fiderli yoki yo'ldoshlararo liniya (xizmat aloqasi) retranslyatorlari ham kiradi.

Retranslyator o'zining xizmati va bajaradigan vazifalariga qarab uchta turga bo'linadi: shaffov, regenerativ va kombinatsiyalangan.

**Shaffof retranslyatorlar** (bent pipe) kiruvchi signallarni borda ishlov bermasdan qabul qilish va qayta o'zgartirishni taminlaydi. Shu bilan birga, shaffof deb nomlanuvdi, lekin o'zining tarkibida kanallarni kommutatsiyalash uchun bitta yoki bir nechta kanalli protsessorlar yoki yuqori chastotali to'liq kirishli matrisalari bo'lgan retranslyatorlar ham mavjud. Shuning uchun retranslyatorning shaffov va regenerativ turlari o'rtasiga chegara qo'yish deyarli mumkin emas.

Borda signallarga ishlov beruvchi (OBP, On Board Processing) retranslyatorlar sifatidan regenerativ retranslyatorlarning ishlash tamoyili demodulyatsiyalashga asoslangan, yani signallarning bir chastotada qabul qilish, ularni demodulyatsiyalash va yangidan modulyatsiyalashdir. Bunday retranslyatorni qo'llash kanallarni tashkil qilishda katta moslashuvchanlikni va turli xil protokollardan foydalanib terminallarni tezkor bog'lashni taminlangan holda bir vaqtning o'zida ko'p sonli terminallarga xizmat ko'rsatish imkonini beradi. Kombinatsiyalangan retranslyatorlarda faqat ayrim signallar (hamma kanallarning malum bir qismi) ga ishlov beriladi masalan, berilgan tashuvchi chastotalarga mos keladi.

Uzatishda keng polasalari va tor polasalari signallar (Intelsat, Eutelsat va boshqa)dan tijorat foydalanuvchi retranslyatorlarning ko'pchiligi orqali, tashkil qilishning ishlov bermasdan (bent pipe – "to'g'ri tuynik") ananaviy, ko'proq sodda va keng tarqalgan sxemasi bo'yicha quriladi. Har bir retranslyatorga bitta yoki har xil antenalarga ulangan bir nechta qabul qiluvchi uzatuvchi apparaturalar komplekti o'rnatilishi mumkin. Yo'ldoshli aloqaning alohida qabul qiluvchi – uzatuvchi kanali stvol yoki tranponder (transponder) deb ataladi.

Zamonaviy geostasionar (geostasionar) kosmik aloqa komplekslarda stvollar soni 50 gacha yoki undan ham ko'p bo'lishi mumkin, shuning uchun retranslyator yuqori darajada o'tkazish imkonini yaratib beradi. 8.1-jadvalda misol tariqasida GEO ko'chmas KAlar uchun retranslyatsion majmualarning asosiy ko'rsatkichlari keltirilgan.

## GEO-KA retranslyatsion komplekslarning asosiy ko'rsatkichlari

Tizim	KA ning uchirilgan vaqti	Chastota diapazoni	Stvollar soni **	Quvvat, Vt	Chastota polosasi, MHz, ***	EIIM, dBW	G/T, dB/K
<b>Koreasat-2 (Yujnaya Koreya)</b>	1996 yil 14 yanvar	Ku	12 (4)	14	36	50.2	13.5
<b>MSAT 1 (Kanada)</b>	1996 yil 20 aprel	L; Ku	16 (4): 1 (2)	38: 100	29	57: 37	-4: +2.3
<b>Telecom 2D (Fransiya)</b>	1996 yil 8 avgust	C: X; Ku	10: 5 (3): 11 (4)	11: 20 yoki 40: 55	50 (6) + 92 (4): 40 (3) + 60 yoki 80: 36	32,5: 40: 52.5	-12: M/y: 7.5
<b>Arabsat 2 (Saudiya Araviya)</b>	1996 yil 13 noyabr	C: Ku	14 (6): 8 (4): 12	15: 57.6: 93-96	36 (12) + 54 (2): 36: 36 (8) + 30 (4)	35: 41: 47	-6: -6: 0
<b>Mabuhay 1 (Filipin)</b>	1997 yil 10 avgust	S; Ku	24 + 6: 24	27: 110	36: 36:	35: 55	M/y
<b>Apstar 2R (Gonkong)</b>	1997 yil 16 oktyabr	C; Ku	28 (8): 16	60: 110	30 (1) + 36 (27): 36 (1) + 54 (15)	39: 53/56	-0.4: 7.4
<b>Galaxy 8i (AQSh)</b>	1997 yil 8 dekabr	S: Ku	24: 32	16: 115	36: 27	M/y	M/y
<b>Inmarsat 3F5 (Inmarsat)</b>	1998 yil 4 fevral	L; C	1 (GL) + 5 (UL): 2	12	29 (PK) + 39 (OK)	40.5 (GL) + 47.4 (UL)	-9.8 (GL): -4.8 (UL)
<b>Nilesat 1 (Misr)</b>	1998 yil 28 aprel	Ku	12 (6)	105	33	50.3	M/y
<b>Chinastar 1 (Xitoy) *</b>	1998 yil 30 may	C: Ku	18 (6): 20 (10)	45: 85/115	36 (12) + 72 (6): 36 (16) + 72 (4)	41: 52/54	1: 5
<b>Intelsat 805 (Intelsat.)</b>	1998 yil 18 iyun	C: Ku	26	34,5: 45	36: 72	26-29	-12: -8.5
<b>Eutelsat 3F2 (Yevropa)</b>	1998 yil 5 oktyabr	Ku	34	90	36 (21) + 72 (13)	50	M/y

<b>GE 5 (AQSh)</b>	1998 yil 28 oktyabr	Ku	6	55	54	47	M/y
<b>Morelos 3 (Meksika)</b>	1998 yil 6 dekabr	C: Ku	24: 24	36: 110	36: 36	38: 46/49	-3.0: 1.5
<b>Brasilsat B3 (Braziliya)</b>	1999 yil 4 fevral	C	28	18	36	38	-2.5
<b>Jcsat 6 (Yaponiya)</b>	1999 yil 16 fevral	Ku	32	60	27 (16) + 36 (16)	m/y	m/y
<b>Izoh.</b> * Yo'ldoshning boshqa nomi Zhongwei 1: **qavs ichida zahiradagi stvollar soni ko'rsatilgan; *** qavs ichida bir nechta. har xil kenglikdagi o'tkazish polosalarda xar turdagi stvollar soni ko'rsatilgan; GL – global nur, PK - to'g'ri kanal, OK – teskari kanal. UL – tor nur. M/y – ma'lumot yo'q; Q/t – qo'llash taqiqlanadi.							

Shaffof retranslyatorlarning asosiy avzalliklari apparatlarining ishlashi soddaligi hisoblanadi. chunki ularda oraliq chastotada demodulyatsiyasiz. kanallarni filtrlamasdan signallarni faqat guruhli qayta tuzish amalga oshiriladi. Lekin ularning bir qator kamchiliklari ham mavjud. Gap shundaki, yerdagi bir necha stansiyalarning ishlashda chastotalarning keng polosasida albatta chiziqsiz effektlar yuzaga keladi. bu esa kuchsiz signalning kuchli signal tomonidan bosilishga. shuningdek parazitli amplitudali modulyatsiyalashning o'zgarishi inter modulyatsion xalaqitga olib keladi.

Chiziqsiz effektlarning kattaligini kamaytirish uchun shaffof retranslyatorlarda kvazi chiziqli tartibda ishlatiladigan uzatgichlar qo'llaniladi. Shu bilan birga bu chora hamma vaqt ham yetarsiz hisoblanmaydi. chunki ishchi polosada hatto bittagina kuchli "xalaqit beruvchi" signalning paydo bo'lishi retranslyator apparatining butunlay ishlamasligiga olib kelishi mumkin.

Bunday vaziyatdan stvolning yalpi polosasini parsial kanallar qatoriga bo'lish bilan chiqish mumkin. "Tashuvchiga bir kanal" (SCPS . Single Cannel Per Carrier) deb nom olgan. Ushbu usul yerdagi stansiyalar o'rtasida trafikni tezkor qayta tarqatish imkonini berish tufayli VSAT tarmoqlaridan keng qo'llaniladi.

Sanab o'tilgan kamchiliklarga qaramasdan, bent-pipe turidagi retranslyator KA li zamonaviy aloqa tizimlarida faqat geostasionar orbitalardagi emas, balki boshqa orbitalarda ham qo'llaniladi, chunki ularni amalga oshirish soddagina hisoblanadi.

~~SCPC li shaffof retranslyatorlarni yaratishdagi yangi texnik yechim~~ ularda quvvatni kam yo'qotishni taminlovchi PIN – diodli pereklyuchatelni va O'YuCh asosida integral sxemalar bilan bajarilgan yuqori chastotali kommutirlovchi matrisiyalarni qo'llash hisoblanadi. Bunday kommutator ishini boshqarish bort protsessori yordamida, zahiralash esa matrisaga qo'shimcha qatorlar va ustunlar kiritish hisobiga amalga oshiriladi.

**Kombinatsiyalangan retranslyator.** Bitta kanal protsessorli retranslyatorida qabul qilingan signal qabul qilgichning chiqishida  $N$  kanallarga bo'linadi va ularning har birida signalni shaffof o'zgartirish amalga oshiriladi. Bunday BRTK ning "mutlaqo" shaffof retranslyatoridan farqi shundaki, bitta yoki bir nechta kanallarda protsessor o'rnatiladi. Bu yechimning asosiy afzalliklaridan biri sanalib, bu mavjud shaffof retranslyatorlarni kombinatsiyalaganga soddada modernizatsiya qilishdir, chunki signallarga ishlov berganda, kanallar oddiy stavolga joylashtiriladi. Bundan tashqari turli uzatish tezlikdagi, turli xil kodlashtirish algoritmlarini qo'llash mumkin.

#### 8.4. Regenerativ retranslyatorlar

**Paketli kommutatsiyali retranslyatorlar.** Yo'ldoshli mobil aloqa tizimlarida signallarni uzatishning yuqori samarasiga ko'pincha ATM yoki IP texnologiyalari asosida amalga oshiruvchi kommutatorlarni BRTK da qo'llash bilan erishiladi. Aniq protokolni tanlash tizimining arxitekturasi va orbital guruhlashning turiga bog'liq. ATM – kommutatori ko'proq KA ni geostasionar yoki quyi orbitalarda (Sky Bridge tizim) qo'llovchi "yulduz" topologiyali tarmoqqa mos keladi.

Paketli ishlov berishning asosiy afzalligi "yuqoriga" va "pastga" liniyalarda asimmetrik kanallardan foydalanish imkoniyatining mavjudligidir, yani interaktiv tartibda qo'llaniladi.

Axborotlarga paketli ishlov berishni bortda amalga oshirsa, marshurtlovchi retranslyator ko'proq murakkablashadi. Bunday turdagi retranslyatorlar big LEO (Iridium) yoki mega LEO (Teledesic) turidagi KA asosida qurilgan yo'ldoshlararo aloqa chiziqlari va tugunli topologiyali tizimlarda qo'llaniladi. Ularda kanallarni dinamik qayta tarqatish (marshurtlash) bevosita retranslyatorida amalga oshiriladi va IP (Iridium) protokolida asoslanadi.

**Axborotlarga noreal vaqtda ishlov beruvchi retranslyatorlar.** Mintaqaviy stansiyalar (masalan, dengiz kemasi bortida) xizmati doirasidagi tashqarida bo'lib qolgan, uzoqlashtirilgan foydalanuvchilar uchun little LEO turidagi KA yo'ldoshli tizimlarda boshqa abonentlari bilan kosmik "pochta qutisi" orqali aloqa imkoniyati ko'zda tutiladi.

Elektron "pochta qutisi" tartibidan aloqa quyidagicha tashkil qilinadi. Abonent o'zining xabarlarini radio ko'rinish maydonida hech bo'lmaganda bitta KA paydo bo'lganda uzatishi mumkin. Yo'ldosh ushbu xabarni qabul qiladi va bortdagi ZU (pochta qutisi) ga yozib qo'yadi. Oluvchiga axborotni mazkur KA uning mintaqasiz yetib borishi bilan jo'natadi. Transport protokollari abonentlik terminalarida bitta xabarga tegishli paketlarni yig'ishni taminlaydi, bu paketlarni yetkazish marshruti va uni tashishda ishtirok etgan KA va yerdagi bog'lovchi stansiyalar soniga bog'liq bo'lmaydi.

Aloqaning har xil turlari va xizmatlarni taminlovchi Yerdagi sement uskunalari aniq masalalarni yechish uchun kerak bo'lgan ko'p sonli texnik yechimlarni oldindan aniqlab berishdir. Faqat malum bir sinf qurilmalarini



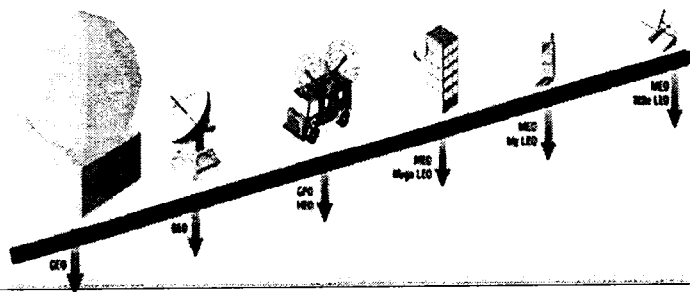
unifikatsiyalash mumkin, lekin bundaylar kam emasligi uchun “global” unifikatsiyalashtirish imkoni mavjud emas. Shu bilan birga, qayd qilish lozimki, yerdagi sigment uskunasi narxi kosmosnikiga (koinot) qaraganda ancha past.

Tavsiya qilinadigan xizmatlar assortimentining nihoyatda kengligi (soʻzlashuv, ma'lumotlar, video va boshqalarni uzatish) va YeS vazifalarining turli xilligi sababli yordamchi stansiyalar va terminallarning nomenklaturasi kengdir, natijada ular ham xilma-xildir (koʻchmas, portativ, avtomobilli, temir yoʻllarga moʻljallangan, dengizga, samolyotlarga moʻljallangan). Bundan tashqari yerdagi stansiyalar yerdagi sigment tuzilishdagi oʻzining roliga qarab farqlanadi: magistral, VSAT – stansiyalar, shuningdek bogʻlovchi tugunlar va mintaqada aloqani tashkil qilishni taminlovchi muvofiqlashtiruvchi stansiyalar. Aloqani tashkil etish usuliga qarab yerdagi stansiyalar qabul qilinuvchi – uzatuvchi, qabul qiluvchi va uzatuvchi stansiyalarga boʻlinadi (radiokanallar va radio bular).

Oʻz navbatida, qabul qiluvchi stansiyalar shaxsiy va jamoa boʻlib foydalanadigan qabul qiluvchi televizion stansiyalar va peydjrlarga boʻlinadi.

Aloqa xizmatlari isteʼmolchilari uchun tuzilishning ikkita asosiy belgilarini aniqlab beruvchi abonentlik YeS koʻproq qiziqtiradi. Birinchi belgi – YeSning retranslyatordan uzoqligi darajasiga mos ravishda qoʻllaniladigan orbitalar turi (GEO, MEO, mega LEO va little LEO). Ikkinchi belgi yordamchi stansiyaning uchta yoʻldoshli xizmatlardan qaysi biriga qarashli ekanligini koʻrsatadi: qayd etilgan (fiksirlangan) – QYX (FSS), teleradio eshittirish – RYX (RSS) yoki harakatdagi (koʻchma) – KYX (PSS).

Ushbu belgilarga asoslanib, yerdagi stansiyalarning oltita asosiy sinflari koʻrsatiladi (8.2-rasm).



8.2-rasm. Yer stansiyalarining klassifikatsiyasi

**Qayd etilgan (fiksirlangan) aloqa.** Birinchi yoʻldoshli aloqa tizimlari FSS xizmatiga tegishli boʻlgan. Ushbu sinf stansiyalari geokoʻchmas yoʻldoshlar orqali S (6/4 GHz), Ki (14 GHz) va Kd (20/30 GHz) chastotalar diapozonlarida ishlashadi va ular FSS xizmatlari yerdagi stansiyalari

radioaloqasi Reglamenti talablariga javob berishlari kerak. Kuzatuvchi uchli yo'naltirilgan antennalardan va katta kuvvatli uzatkichlardan foydalanish ularning yo'ldoshli radoichizqlari yuqori o'tkazish qobiliyatini ta'minlaydi. Bajaradigan vazifasiga va uzatiladigan axborotlar oqimining quvvatiga qarab qayd qilingan aloqa 3S ikkita kichik sinfga bo'linadi: magistral va VSAT.

#### **Magistral stansiyalar.**

TYA xizmatining asosiy vazifasi xalqaro, magistral va maydonli (zonovaya) aloqani tashkil qilishdir va bu aloqani tashkil etishda bosh rol markazdan chetdagi ATS lar o'rtasida to'g'ridan-to'g'ri ko'p kanalli aloqa chiziqlarini va "markaz chet joy" kanallarini tuzuvchi magistral YeS ga tegishlidir.

Stansiyalarning bunday turlari ko'p qurilmali geo ko'chmas yo'ldoshlar bilan ishlaydi. Hozirgi davrda magistral stansiyalar orqali 50 % atrofida halqaro telefon trafiklari uzatiladi. Ammo, tahlil qiluvchilarning bashorat qilishlari 2010 yilga kelib, bunday YeS larni solishtirish qismi 40 % gacha kamayadi va bu magistral aloqa vositalari bozoridagi OTAL bilan raqobatning ortayotganini aks ettiradi.

Magistral YeS ning asosiy xarakteristikalarini parabola oynasining diametri va qabul qiluvchi uskunaning sifatligidir, chunki aynan shular stansiyaning murakkabligi narxi va qo'llanish chegarasini aniqlab beradi (8.2-jadval).

8.2-jadval

#### *Intelsat tizimidagi Yer stansiyalarining tasniflari*

<b>Diapazon</b>	<b>Klass</b>	<b>G/T, dB/K</b>	<b>Antenna diametri, m</b>
<b>C-diapazon (4 - 6 GHz)</b>	A	35	15 - 18
	B	31,7	11
	F-3	29	9
	F-2	27	7
	F-1	22,7	4,5 - 5
	"3,5 m"	19,6	3,2 - 3,5
	Z	16,5	2,4
<b>Ku-diapazon (11 - 14 GHz)</b>	C	37	11 - 13
	E-3	34	8
	E-2	29	5,5
	E-1	25	3,5
	"1,8 m"	19	1,8
	"1,2 m"	16	1,2

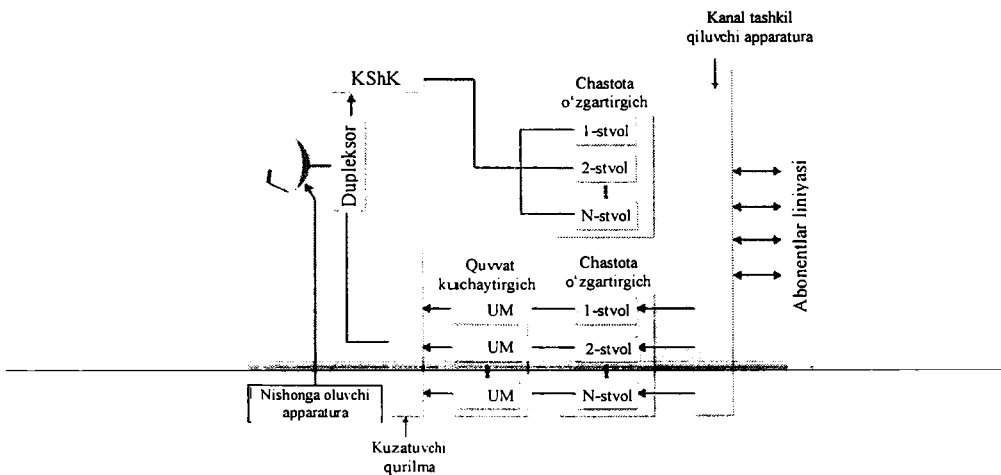
Yo'naltirish diagrammasi shakli xizmat ko'rsatiladigan yer yuzasiga (globol, tor, ixtisoslashtirilgan nur va boshqalar) "kelishilgan"ligi lozim bo'lgan bortli antenalardan farqli ravishda magistral YeS antenalariga bunday talablar qo'yilmaydi, chunki ular qat'iy aniq KA ga yo'naltiriladi. Yerdagi

stansiyalarning narxi va undan foydalanishning asosiy parametrlari qo'llaniladigan antenna o'lchamlari bilan aniqlanadi. Antennaning diametri qancha katta bo'lsa, uning narxi va o'tkazish qobiliyati shuncha yuqori bo'ladi.

Intelsat tizimida avval diametri 30 m va 4-6 GHz chastotalar diapozonida asilligi  $G/T=40.7$  dB/K bo'lgan antennali stansiyalar qo'llanilgan. KAning takomillashishiga va nurlanish quvvatining oshishiga qarab asosiy ko'rsatkichlar 16-18m gacha (antenna diametri) va 35 dB/K gacha (sifatlilik) pasaytirildi. Bunday stansiyaning narxi 8 mln. dollar atrofida, lekin antenna diametri 5 m gacha kichraytirilganda YeS narxi 2 mln dollarga pasayadi.

Odatda har bir magistral Yer stansiyaning tarkibiga dupleksli qabul qilib uzatuvchi antenna tizimi, mo'ljalga olish apparaturasi, ko'p stvolli qabul qiluvchi va uzatuvchi qurilmalar, hamda kanal hosil qiluvchi apparaturalar kiradilar (8.3-rasm). Qabul qiluvchi qurilma kam shovqin qiluvchi kuchaytirgich (KShK) yordamida kiruvchi signallarni oldindan kuchaytirish va ularni oraliq chastotalarga o'zgartirishni amalga oshiradi.

Magistral YeS ning konstruktiv avzali shundaki, KShK asosiy xonada emas balki antenaning nurlantiruvchisi yonida joylashtirilib fider traktidagi yo'qotishlarni kamaytirish va buning hisobiga stansiyaning tasirchanligini oshirish imkonini beradi. S-va Ki —diapazonlarida chastotalar palosasi kengligi 500 MHz dan 1 GHzgacha ishlaydigan zamonaviy KShK larda ekvivalentli shovqin darajasi 50-150k , kuchaytirish koeffitsenti esa 30-40 dB ni tashkil qiladi.



8.3-rasm. Magistral YeS ning tuzulish sxemasi

Quvvat kuchaytirgichining chiqishdagi (kuchaytirish 0.5-3 kW gacha kerak bo'lganda) yoki klitronlar yoki yuguruvchi to'liq lampalar (YuTL) qo'llaniladi. Klitronlarning asosiy afzalligi – yuqori barqarorlik va shovqin darajasining pasligidir, lekin YuTL unga nisbatan ko'proq o'tkazish palosasini taminlaydi. Quvvatni 0,5-1 kW bo'lgan kuchaytirgichlarda asosan YuTL, kattaroq quvvatli (1-3 kW) larda esa klitronlar qo'llaniladi. Zamonaviy quvvat kuchaytirgichlar elektron istemol tizimlarining to'xtab qolishidan himoya qiluvchi va ishlash qobilyatini avtomatik ravishda tiklovchi vositalar bilan jihozlangan.

VSAT. Hozirgi davrda geostasionar KA asosidagi yo'ldoshli korporativ tarmoqlarni tuzish uchun VSAT (Very Small Aperture Terminal) deb nomlangan kichik stansiyalar qo'llaniladi va ularning butun dunyodagi soni 250 ming dan ko'proq. VSAT tarmoqlari faqat AQSh da emas, balki Yevropa va Osiyo mamlakatlarida ham ishlatiladi. Rossiyada RAO "Gazprom", RAO "EES Rossiya", MPS va RF markaziy banki kabi yirik korxonalar o'zlarining shaxsiy korporativ VSAT – tarmoqlariga ega.

VSAT geografik uzoqlashtirilgan foydalanuvchilarni yagona raqamli aloqa tarmog'iga birlashtiradi. Lekin global YAT dan farqli holda VSAT tarmoqlari xizmat qilish butun doirasi tor parsial maydonlarga (zona) bo'lingan va ularning har biri bitta tor nur xizmatidan foydalanadi.

Bortli majmualarning zamonaviy ko'rsatkichlarida VSAT stansiyalari uncha katta bo'lmisliklari, ular antennalarning o'lchamlari esa 0,5 – 0,6 m (Ka – diapazon) va 1 – 1,5 m (Ku – diapazon). Bunday terminallar foydalanuvchilar shu joylarga yaqin joyda joylashishi mumkin. Antennasi diametri 0,5 m dan kam bo'lgan yerdagi stansiyalar USAT deb ataladi (Ultra Small Aperture Terminal).

VSAT texnologiyasini qo'llanuvchi YAT ni faqat yuqori iqtisodiy ko'rsatkichlar bilan (geo ko'chmas KA asosidagi YAT turlari bilan solishtirganda), balki tarmoqni boshqarishdagi bor imkoniyatlarini (vazifalarni tarqatish, ustunlikni o'rnatish, tarmoq konfiguratsiyasini o'zgartirish, chetdagi stansiyalarni uzoq masofadan boshqarish), shuningdek aloqa kanallarining yuqori sifatidagi ishlari bilan ajratib beradi.

VSAT – tarmoqlari stansiyalari doimiy xizmat ko'rsatuvchi xodimni talab qilmaydi, bunday tarmoqda yetarli darajada yuqori bo'lishi mumkin. Ular turli-tuman almashuv protokollarini qo'llab quvvatlashadi, shuningdek televiden uzatish va axborotlar uchun ham.

**Ko'chma (harkatdagi) aloqa.** Geostasionar KA lardan foydalanuvchi ko'chma aloqa tizimlarida, ko'pincha, L – diapazonida ishlaydigan va telefon va matbuotlarni uzatishga qaratilgan yerdagi stansiyalar qo'llaniladi. (Yo'ldoshning xizmat ko'rsatish doirasi chegarasida real vaqt masshtabida aloqa taminlanadi). Kemalarda, avtomobillarda, poezdlarda, samalyonlarda stansiyalar o'rnatiladi va bunda yo'ldoshlarni avtomatik tarzda kuzatish ko'zda tutiladi. Foydalanuvchilar apparatining tipovoy komplekti antenna tizimi va interfeysi uskuna (qoidaga ko'ra, faksimil aloqa uchun) ni kuzatuvchi qabul qilgich (o'lchamli "diplomat" dan katta bo'lmagan va vazni 5 kg gacha) ni o'z ichiga oladi. Terminal

foydalanuvchi tanlangan turli xil antenalar bilan jamlanadi. Ko'chma aloqa xizmatlarini taminlovchi YAT lar soni kam emas va o'sishni davom ettirmoqda.

Ko'proq ommaviylashgan (xizmat ko'rsatish turlari bo'yicha) ko'chma aloqa yo'ldoshli tizimlarini ko'rib chiqamiz.

**Inmarsat.** Inmarsat YAT ning Yerdagi segmenti qirg'oqli (QES), koordinatsiyalovchi (KYS) stansiyalardan, ekspluatasion nazorat markazidan (ENM), shuningdek dengiz, aviatsiya va yerdagi abonentlik stansiyalaridan tashkil topgan.

Ekspluatasion nazorat markazi tizimining barcha elementlari holatlari to'g'risida axborotlarni qabul qiluvchi va ishlov beruvchi . kosmik segment tavsiflarini nazorat qiluvchi yerdagi kuchli stansiya bo'lib hisoblanadi. Uning vazifasiga Inmarsat (KA va YeS) yangi texnik vositalarni joriy qilish va taminlash kiradi.

Qirg'oqdagi stansiyalar Inmarsat tizimining KA va abonentlar o'rtasidagi aloqani ta'minlab turadi, shuningdek halqaro va milliy telefon va telegraf tarmoqlari bilan ham.

Inmarsat ning mobil abonentlari o'zaro to'g'ridan-to'g'ri aloqa o'mata olishmaydi, ularni bog'lash faqat qirg'oqdagi stansiyalar orqali amalga oshiriladi.

Inmarsat ning har bir yo'ldosh osti maydonida barcha standart QES lar ishlaydi va ulardan bittasi muvofiqlashtirish vazifasini bajaradi.

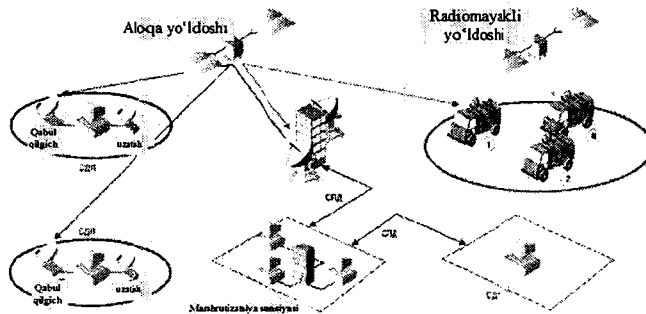
Muvofiqlashtiruvchi stansiya berilgan mintaqada YAT monitoringni amalga oshiradi, qirg'oq stansiyalari o'rtasida retranslyator trafikini tarqatadi, shuningdek dengiz kemalariga chaqiruv signallarini asosiy (1537, 750 MHz) chastotalarda uzatadi va maxsus xabarlar retranslyatorini bajaradi.

Inmarsatning har bir QES 22 ta telegraf kanali bilan zichlangan olib o'tuvchi birlashtirilgan. Telefon kanallari aniq stansiyalarga birlashtirilmagan bo'lib. "umumiy foydalanish"da joylashgan. lekin BZS telefon va teletext aloqalarning xalqaro va milliy tarmoqlariga chiqishga ega. QES parabolik antenaning diametri 12-15 m. Qirg'oqdagi stansiyalarning narxi komplektatsiyasiga qarab 1-2,5 mln. dollarni tashkil qiladi.

Harakatdagi (ko'chuvchi) ob'ektlarda Inmarsat standartlari shaklida umumlashtirilgan maxsus talablar bo'yicha farq qiluvchi Inmarsatning turli xil abonentlik uskunalaridan foydalaniladi.

**Euteltracs.** Euteltracs YAT transport tashishlarni amalga oshiruvchi Yevropadagi birinchi tijorat aloqa tizimi hisoblanadi. O'zining arxitekturasi va xizmat ko'rsatish turlariga qarab Yevropaning Euteltracs tizimi Shimoliy Amerika va Meksikada o'xshash xizmat ko'rsatishni ta'minlovchi Amerikaning Omnitrac tizimi bilan bir xildir. U uzunligi 1900 simvoldan katta bo'magan guruhli va individual (shuningdek favqulodda va shoshilinch) xabarlarini uzatishni ta'minlaydi.

Euteltracsning yerdagi segmenti tarkibiga quydagilar kiradi: markaziy stansiya (MS), marshrutlashtirish stansiyasi (MS), yo'ldoshli dispetcherlik punktlari (YDP) va mobil aloqa terminalari (MST, Mobile Communication Terminal)(8.4-rasm).



8.4-rasm. Euteltracs tizimidagi dispatcherli aloqani tashkil etish sxemasi

Axborot almashinuvi Fransiyada joylashgan markaziy stansiya orqali ta'minlanadi, uning yonida MSning amaldagi pochta qo'mitasi hisoblanuvchi marshrutlashtirish stansiya joylashgan. Marshrutlashtiruvchi barcha qabul qilishgan xabarlamani tahlil qiladi va bog'lanishni o'rnatishga ruxsat beradi. Yo'ldoshli dispatcherlik punktlari yordamida abonentlar bilan bevosita aloqa o'rnatiladi, bunda abonentlarda yig'ilib qolgan kiruvchi va chaqiruvchi xabarlamning ma'lumotlari oldindan aniqlanadi.

Xabarlamani marshrutlashtirish stansiyasiga MS orqali telefondan umumiy foydalanish tarmog'iga (UFT) ma'lumotlarni uzatish tarmog'i (MUT) bilan bog'langan ko'chmas dispatcherlik markazi ulangan. Dispatcherlik markazi xohlagan xabarning nusxasini so'rash va tarmoqda barcha abonentlari haqida ma'lumot joylashgan.

Euteltracs mobil terminali DSP-protssessori bilan jihozlangan va signallarga ishlov berishning barcha funksiyalarini ta'minlaydi, unga demodulyatsiya va bog'lanishni o'rnatish ham kiradi. Uzatilayotgan signal 19dB kuchaytirish koeffisienti bilan yo'naltirilgan antennada nurlanadi. Antennaning yon barglari quvvatining darajasi 12 dB dan oshmaydi. Qabul qilgichning chiziqqli trakti KShK va chastotalarni o'zgartiruvchiga ega. Uzatgichning chiqish quvvati 1W. Signallarning xalaqitlardan himoyalanganligi 1MHz polosada ya'ni keng polosali uzatish va chastotalarni 5 dan 48 MHz gacha bo'lgan polosada sakrashga o'xshash qayta qurish hisobiga ta'minlanadi. 1MHz chastotali polosaga tegishli signallar 48 MHz polosada sakrashga o'xshash qayta quriladi.

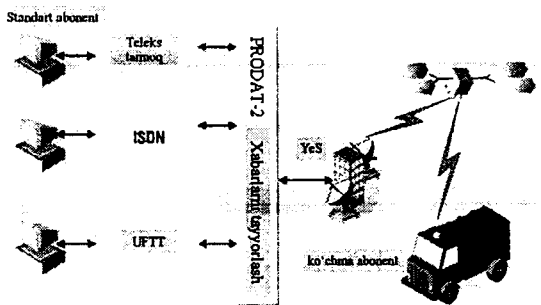
Terminalning narxi 4-6 ming dollar, abonentlar to'lovlari esa har oyda 40-50 dollarni tashkil etadi.

Euteltracs tizimi Rossiya bilan birgalikda 15 tadan kam bo'lmagan Yevropa mamlakatlari territoriyalarida 45ming ta transport vositalariga xizmat ko'rsatishga qodir. Bugungi kunda ushbu YATning mijozlari Sovtransavto, Intertranskspedisiya transport kompaniyalari va boshqalardir.

Euteltracsning o'tkazish qobiliyatini keyinchalik o'stirish KAlarni qo'shimcha retranslyatorlar bilan jihozlash hisobiga amalga oshirilishi mumkin.

**Prodat-quruqlikda ma'lumotlarni uzatish.** Yevropa kosmik agentligi (YeKA) o'tkazgan tekshiruvlarning tasdiqlashicha YATning yerdagi, dengizdagi va samalyotdagi terminallariga ega bo'lgan talablar bir-biridan tubdan farq qiladi. Dengizda va havoda joylashgan mobil aloqa vositalari uchun signallarni qabul qilish sharoitlarini yomonlatiruvchi omil kuchli ko'p nurli hisoblansa, yerdagi qurilmalarga reffli joylarda yoki tunellarda harakatlanganda hosil bo'ladigan radioto'lqinlar so'nish natijasidagi chuqur qotib qolishlar bilan belgilangan xalaqitlar ko'proq ta'sir qiladi (xatto yo'ldoshlar bilan aloqadagi tanaffusgacha).

YeKA tomonidan tuzilgan Prodat tizimi (8.5-rasm) uning terminallarini faqat quruqlikdagi transport vositalarida foydalanishga mo'ljallangan bo'lsa, ularning ma'lumotlarni uzatish prokollari esa yo'ldoshli aloqaning quruqlikda joylashgan ob'ektlar bilan aloqasi uchun tipik xalaqitlarni kamaytirish mezonga optimallashtirilgan.

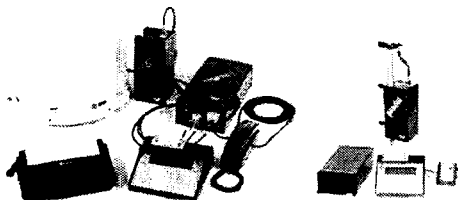


8.5-rasm. Prodat YAT tuzilish sxemasi

Prodat mobil terminallarning (8.6-rasm) yo'ldosh va yerdagi turli xil tarmoqlar (telefonli, teleksli va boshqa) bilan aloqasini ta'minlovchi yetarli darajadagi soddaxarakterda qurilgan.

Prodat tizimi ikkita chastotalar diapazonidan foydalanadi: S-diapazon (4,2 GHz qabul qilish uchun va 6.4 GHz uzatish uchun) markaziy stansiya bilan aloqa uchun L-diapazon (1631,5-1660,5 MHz "yuqori" liniyada va 1530-1559 MHz "pastga" liniyada) mobil terminallar o'rtasidagi aloqa uchun to'g'ri kanalda (markazdan mobil terminalga) axborotlarni uzatish kanallarini vaqt bo'yicha bo'lish tartibida – TDMA (32 ta kanal bo'lib, ularning har birida ma'lumotlarni 1500 bit/s tezlikda uzatiladi); modulyatsiya – BPSK. Teskarisida keng polosali signallar uchun kanallarni kod bilan bo'lish qo'llaniladi (SS-CDMA) modulyatsiya turi – OQPSK. Teskari kanalda ma'lumotlarni uzatish tezligi – bit/s, uzatilayotgan xabarlar o'lcham – 384 bit (48 bitdan sakkizta

blok); xalaqitga bardoshli kodlashtirish Pug – solomonning qisqa blokli kodlari asosida amalga oshiriladi. Istiqbolda uzatish tezligini 9,6 Kbit/s gacha oshirish rejalashtirilmoqda.



8.6-rasm. Prodat YAT terminallari

Prodat terminali oʻrnatilgan GPS qabul qilgichi bilan jihozlangan, ammo boshqa navigatsiya tizimlari, masalan “Glonamm” va Loran-c dan foydalanish imkonlarini beradi. Joylashgan yeri toʻgʻrisidagi maʼlumotlar ham avtomatik tarzda (belgilangan vaqti-vaqti bilan) ham talab asosida uzatilishi mumkin. Prodat mobil terminalining asosiy shakli uchta blokni oʻz ichiga oladi: antennali tashqi radiochastotali (ODU), ichki aloqa (IDU) va foydalanuvchining chetki qurilmasi. Kichik gabaritli barcha yoʻnalishdagi antenna oʻng tomonlama aylanali qutblanishga ega. Antennaning ogʻirligi 180 g, balandligi 130 mm, diametri 105 mm. U ham avtomobil tomiga, ham haydovchi kabinasiga oʻrnatilishi mumkin. Tarkibida radiochastotali modullar boʻlganligi uchun ODU bloki transport vositasining ham ichkarisida ham tashqarisida joylashtirilishi mumkin boʻlib, bir yarim metrli kabel bilan bogʻlanadi. IDU bloki mikrotsessor va tashqi elektron blok bilan 5 m uzunlikda kabel orqali bogʻlangan maʼlumotlarni uzatuvchi apparaturalardan tashkil topgan.

Foydalanuvchining chetki qurilmasi sifatida JK-displeyi (40 ta belgidan sakkizta qator) oʻrnatilgan 60 klaviaturali va kichik gabaritli printer xizmat qiladi. Klaviatura oʻlchamlari 220x210x90 mm, ogʻirligi 1,5 kg. Terminal qoʻshimcha “Standart xabarlar” (mikro – EHM xotirasida saqlanuvchi qisqa xabarlar)ni uzatish uchun moʻljallangan kichik gabaritli beshta knopkali klaviatura (ogʻirligi 150 g dan koʻp boʻlmagan) bilan jihozlanishi mumkin. Prodat terminalining asosiy parametrlari: EIIM 13 dBw, asilligi (G/T)-24 dB/K. ODU bloki ogʻirligi 4,3 kg, oʻlchamlari 250x110x113 mm. Ishchi temperatura diapazoni -20 dan +600 S gacha. IDU bloki ogʻirligi 4,5 kg, oʻlchamlarit 335x170x85 mm. Ishchi temperatura diapazoni 0 dan +500 S gacha. Oʻzgarimas tok manbasidan olinuvchi kuchlanish 24 V. Qabul qilish rejimdagi Terminal isteʼmol qiladigan quvvat – 25Vt dan koʻp emas.



### *Nazorat savollari*

- 1. Yo'ldoshli aloqa tizimlarida ko'p stansiyali foydalanish qanday afzalliklarga ega?*
- 2. Kanallarni vaqt bo'yicha ajratish bilan ko'p stansiyali foydalanish (TDMA) qanday tizimlarda qo'llaniladi?*
- 3. YeSY aloqa tizimlaridagi bort va yerdagi apparatlar to'g'risida gapirib bering.*
- 4. Retranslyator o'zining xizmati va bajaradigan vazifalariga qarab nechta turga bo'linadi?*
- 5. Shaffof retranslyatorlarning asosiy avzalliklari nimalardan iborat?*
- 6. Regenerativ retranslyatorlarning asosiy avzalliklari nimalardan iborat?*
- 7. Kombinatsiyalangan retranslyatorning asosiy avzalliklari nimalardan iborat?*
- 8. Paketli kommutatsiyali retranslyatorlarning asosiy avzalliklari nimalardan iborat?*
- 9. Yer stansiyalarining klassifikatsiyasi to'g'risida tusuncha bering.*
- 10. Magistral stansiyalarning asosiy xarakteristiklari nimalardan iborat?*

## 9. YER SUN'YIYO'LDOSHI ORQALI ALOQA LINIYALARI ENERGETIKASI VA ULARDAN FOYDALANISH

### 9.1. Sun'iy yo'ldosh orqali aloqa liniyalari energetikasi

Yer-Yo'ldosh-Er taxminiy etaloni zanjiri bitta modulyator va bitta demodulyatordan tashkil topgan. TVni uzatishda, signallar yoyilishining (oq darajasidan qora darajasigacha) shovqinlarning vizometrik kuchlanishiga munosabati xohlagan o'yingning 80 % vaqtida 61 dB, 99% vaqtida 57 dB va 99,9 % vaqtida 49 dB dan kam bo'lmashligi kerak. Energiya bilan ta'minlash manbalari uchun signallar xalaqit munosabatlari 30 dB dan, ko'p bo'lmashligi, boshqa vaqti-vaqti bilan bo'ladigan xalaqitlar uchun esa 50 dBdan kam bo'lmashligi lozim.

Uzatishda nol nisbatan darajali nuqtada shovqinning psfometrik quvvati o'rtacha xohlagan soatda 10000 pW dan oshmasligi kerak.

Shovqinning o'rtacha minutli miqdorining 1000 pW da xohlagan o'yingning 20% dan ko'p bo'lmagan vaqtida va 50000 pW xohlagan o'yingning 0,3 % dan ko'p bo'lmagan vaqtda oshishiga yo'l qo'yiladi. O'Ichamagan shovqinning 106 pWda xohlagan o'yingning 0,03 %da oshishiga yo'l qo'yiladi. YeSYli tizimlarda guruhli tarqatish vaqtlarining yo'l qo'yiladigan kechikishi 300 ms dan oshmasligi kerak.

Yo'ldoshli aloqa tizimi ikkita qismdan tashkil topgan: Yer-YeSY va YeSY-Yer. Hisob-kitob ikkita intervalga ega bo'lgan to'g'ri ko'rinishli RRT hisob-kitobiga o'xshashdir. Lekin yo'ldoshli tizimlarda bu qismlardagi apparatlar farqli xususiyatlarini, shuningdek turli energetik potentsiillar va bu qismlardagi shovqinlarni hisobga olish lozim.

Yerdagi stansiya qabul qilgichi kirishidagi signal/shovqin munosabatlari ( $P_s/P_{sh}$ ).

$P_0$  qabul qilgichi kirishidagi signal quvvati uzatgich quvvati bilan quyidagi munosabatda bog'langan:

$$P_s = P_u \frac{G_u G_q}{\eta_u \eta_q V U}, \quad 9.1$$

bunda,  $G_u$  va  $G_q$  – antennalarning kuchaytirish koeffitsientlari;

$\eta_u$  va  $\eta_q$  – antenna-fider traktidagi yo'qotishlar;

$V = (4\pi/\lambda)^2$  – erkin kenglikda  $R$  masofadagi yo'qotishlar;

$U$  – real kenglikdagi qo'shimcha yo'qotishlar.

Yoki shunday yozish mumkin:

$$\left(\frac{P_s}{P_{sh}}\right)_{kir} = P_u \frac{G_u G_q}{\eta_u \eta_q} \cdot \frac{\lambda^2}{(4\pi/\lambda)^2} \cdot \frac{1}{U} \cdot \frac{1}{kT_\Sigma \Delta f_{sh}}, \quad (9.2)$$

$$P_{sh\Sigma} = kT_\Sigma \Delta f_{sh}.$$

YeSY li yalpi liniya uchun

$$\left(\frac{P_{sh}}{P_s}\right)_\Sigma = \left(\frac{P_{sh}}{P_s}\right)_{Ye-S} + \left(\frac{P_{sh}}{P_s}\right)_{S-Ye}. \quad (9.3)$$

Yer – Yo'ldosh qismi uchun

$$\left(\frac{P_{sh}}{P_s}\right)_{Y-Ye} = \frac{(4\pi R)^2 R_{Ye-Y}^2 \eta_u \eta_q k T_{Y\Sigma} \Delta f_{shY} U_{Ye-Y}}{P_{uYe} G_{uYe} G_{qY} \lambda_{Ye-Y}^2};$$

$$\left(\frac{P_{sh}}{P_s}\right)_{Y-Ye} = \frac{(4\pi R)^2 R_{Ye-Y}^2 \eta_u \eta_q k T_{Y\Sigma} \Delta f_{shY} U_{Ye-Ye}}{P_{uY} G_{uY} G_{qYe} \lambda_{Ye-Ye}^2}. \quad (9.4)$$

YeSY orqali aloqa tizimlari uchun taxminan shunday hisoblash mumkin:

$$R_{Y-Ye} = R_{Ye-Y} = R;$$

$$\eta_{uYe} = \eta_{qYe} = \eta_{Ye} \quad \text{va} \quad \eta_{uY} = \eta_{qY} = \eta_Y;$$

$$\Delta f_{shY} = \Delta f_{shYe};$$

$$U_{Ye-Y} = U_{Ye-Ye} = 1.$$

Shuning uchun yozish mumkin:

$$\left(\frac{P_{sh}}{P_s}\right) = 16\pi^2 R^2 \eta_{Ye} \eta_Y k \Delta f_{shYe} \left( \frac{T_{a\Sigma}}{P_{uYe} G_{uYe} G_{qY} \lambda_{Ye-Y}} + \frac{T_{a\Sigma}}{P_{uY} G_{uY} G_{qY} \lambda_{Ye-Ye}} \right). \quad (9.5)$$

Yerdagi qabul qilgichning shovqin temperaturasi shunday aniqlanadi:

1. Qabul qiluvchi qurilmaning o'z shovqinlari va antenna to'liq o'tkazgich traktining shovqin quvvati bilan;

2. Yerning atmosferadan issiqlikda nurlanish tasiri bilan aniqlanuvchi antenalarning shovqinlari quvvati bilan;

3. Quyosh va boshqa kosmik manbalarning radionurlanish shovqinlarining quvvati bilan.

Shunday qilib

$$T_{32} = T_{nr} + T_{aft} + (T_{atmos} + T_{kos})/nz,$$

bu yerda:

$T_{nr}$  – kirish zanjirlar va kam shovqinli O'YuChK turi bilan aniqlanadi;

$T_{aft} = T_0 (1-n\beta)$   $T_0 = 290$  K- absolyut temperatura;

$T_{atmos}$  – joy burchagining va chastotaning funksiyasi hisoblanadi. Joy burchagining kamayishi atmosfera shovqinlarini keskin oshiradi. shuning uchun  $B > 50$ ;

~~$T_{kos}$  – manbaning yorug'lik temperaturasi  $T_{ye}$  bilan aniqlanadi.~~

Agar nurlanish manbaning burchak o'lchamlari  $\Psi_n$  antenaning yo'naltirilish diagrammalari kengligidan yetarli darajada kam bo'lsa,  $\alpha_0$  u holda

$$T_{kos} = T_{ye} \Psi_n / \alpha_0.$$

Agar  $\alpha_n \leq \Psi_n$  bo'lsa, u holda  $T_{kos} = T_{ye}$ .

$T_{kos}$  osmonning antenna yo'naltirilgan qismiga bog'liq va maxsus xaritalar orqali aniqlanadi. Shovqinning manbai quyosh hisoblanadi.

YeSY bortidagi qabul qilgich shovqin temperaturasi shunday aniqlanadi:

$$T_{\text{or}} = T_3 + T_{\text{am}} + bT_{\text{koci}} + T_{\text{PR}}$$

bunda,  $T_3$  – ekvivalent shovqin darajasi;

$b$  – kosmik shovqinlarning faqat bordagi antennaning barglari orqali qabul qilishni aniqlovchi koeffitsient;

$T_{\text{pr.bor}}$  – bordagi qabul qilgichning kirish qurilmasi shovqini darajasi.

Qoidaga asosan  $T_3$  yuqori, ammo yerdagi uskunaning energetik parametrlari oshirib,  $T_3$  ning katta miqdori mavjud emas deb hisoblash mumkin.

## 9.2. SYA tizimidagi Yer stansiyalari. VSAT stansiyalari aloqa tarmog'i

Mikro elektronika va radiotexnika sohaslarining dunyo bozoridagi taraqqiyoti evaziga VSAT (Very Small Aperture Terminal) nomini olgan kichik gabaritli va nisbatan arzon yerdagi stansiyalar paydo bo'lishdi, ular mobil emas, balki tez yoyiluvchidir. VSAT texnologiyasi asosida 11/14 GHz diapazonli, diametri 1-3 m antennali kuchli bort retranslyatordan foydalanish yotadi, u telefon. YeXM lar o'rtasida malumotlar almashuvi va faksl aloqa turlarini taminlaydi. Axborotlarni uzatishning maksimal tezligi 64 kbit/s gacha. Har qanday bunday stansiya malumotlari raqamli uzatishning barcha standartlari bilan moslashadi, ular ikkitadan tortib to yuzlab abonentlarni birlashtiruvchi tizimlarni yig'ishi mumkin. Hozirgi davrdagi barcha ko'rsatayotgan VSAT tarmoqlarni yoki tizimlarni bir tomonlamali (keng eshittiruvchi) va interaktivlilarga ajratish mumkin. Birinchisi ko'p sonli abonentlarga turli xil axborotlarni tarqatish uchun, ikkinchisi esa abonentlar o'rtasida axborot almashuvini tashkil etish uchun mo'ljallangan.

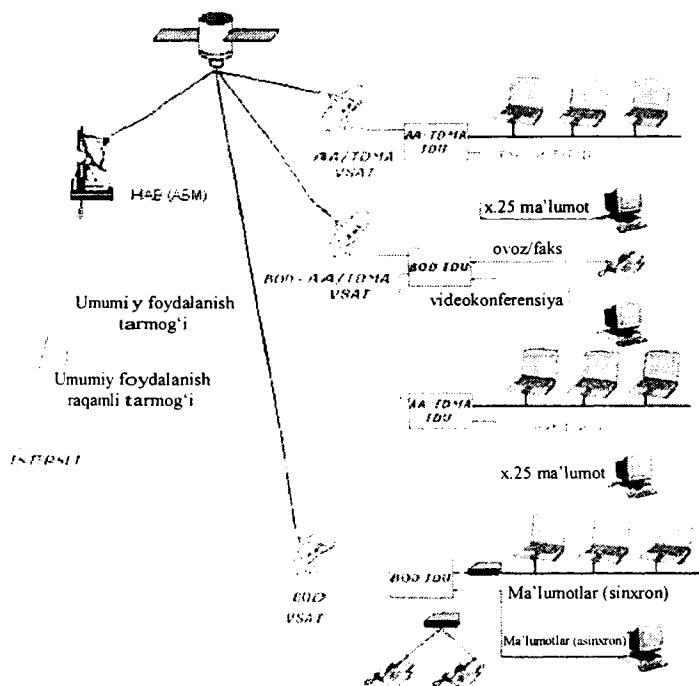
VSAT interaktiv tarmoqlari (yoki oddiy VSAT tarmoqlari) xizmatlari va texnologiyalari o'zining texnik amalga oshirish nuqtay nazaridan ko'proq qiziqish uyg'otadi va katta masshtabli korxonalar va mintaqalar iqtisodiy rivojlanishi uchun juda muhimdir. Hozirgi davrda VSAT tarmoqlaridan yerdagi stansiyalar o'rtasida axborot almashuvi, uzoqlashtirilgan abonentlarga malumotlarini uzatish tarmoqlari bilan aloqa o'rnatish uchun, shuningdek axborotlarni yig'ish va tarqatish tizimlarida foydalaniladi. VSAT apparaturalarini qo'llash aloqaning boshqa turlarini tashkillashtirish qiyin bo'lgan, tumanlarda ayniqsa samaralidir. Angliyaning Communications System kompaniyasi VSAT apparaturalarini ishlab chiqarish va sotish to'g'risida tekshiruv o'tkazdi va statistik hisobotni nashr qildi. Tekshiruvlar natijasiga binoan 2010 yilga kelib, yo'ldoshli aloqa xalqaro liniyalarning 50 % gacha terminal qurilmalari ushbu turdagi apparatura xizmatidan foydalanishadi. VSAT turdagi apparaturaga bo'lgan yeng katta talab AQSh larda kuzatiladi, ammo yildan-yilga VSAT apparaturasidan foydalanuvchilar soni AQSh dan tashqarida ham to'xtovsiz o'sib bormoqda.

VSAT yo'ldoshli tarmoqlari tuzilishining tamoillari. Bir tomonlama aloqa tizimlari markaziy punktdan antennalar faqat qabul qilishga sozlangan ko'plab uzoqlashtirilgan nuqtalarga uzatishni amalga oshirish imkonini beradi. Masalan, malumotlarni keng eshiritish maqsadida uzatish asosida "Intelnet" tarmog'i. O'z navbatida interaktiv aloqa tarmoqlari so'zlashuv va malumotlarni uzatishda

qo'llaniladi. Videotasviri bir tomonlama uzatishni interaktiv tarmoqda osongina qo'shish mumkin.

VSAT tarmoqlarining qurilishida foydalanuvchilar tomondan yo'ldoshli transponder zaxiralari to'lov rinalag'larini kamaytirish uchun ko'plab foydalanuvchilar o'rtasida bir nechta yo'ldoshli kanallarni bo'lishga asoslanadi.

VSAT tarmoqlari yo'ldoshli tarmoqlar qurishning eng zamonaviy texnologiyalariga asoslanadi ular ikkita bir-biriga bog'liq bo'lmagan ma'lumotlarni uzatish tarmoqlardan tashkil topgan (AA / TDMA va BOD), ular esa yo'ldoshli transponder zaxiralarni bo'lishning har xil tamoillariga asoslangan. VSAT yo'ldoshli tarmoqning tuzulishi 9.1-rasmda tasvirlangan.

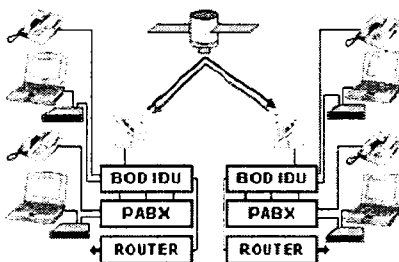


9.1-rasm. VSAT yo'ldoshli tarmoqning tuzulishi

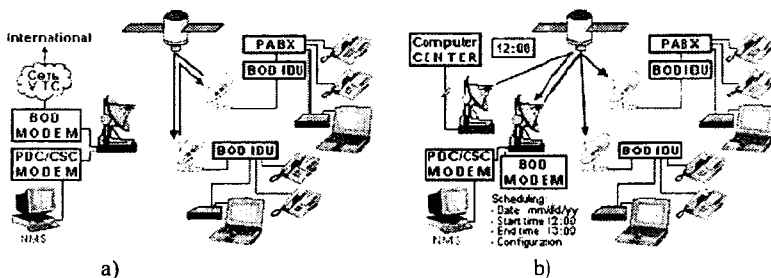
AA/ TDMA tarmog'i TDM (Time Division Multiplexing) va TDMA (Time Division Multiply Access) ma'lumotlarni uzatish kanallarini vaqtincha zichlash texnologiyasi asoslangan. AA/ TDMA texnologiyasi ma'lumotlarni uzatishda foydalanuvchilar tarmoqlarning x 25 va TSR / IP protokollari bilan

taminlashni tashkil etadi. Bevosita foydalanuvchining o'zida tarmoqni boshqaruv qurilmasini joylashtirish orqali to'liq mustaqil (tashqi kirishsiz) tarmoqlari tuzishga yo'l qo'yiladi. Tarmoqdan foydalanuvchilarga internet tarmog'iga kirish imkoniyatini beradi. AA/ TDMA (AA/ TDMA IDU) vazifalarini taminlovchi VSAT moduli X 25 protokolini qo'llab-quvvatlovchi RS 232 (1,2 -19,2 kbit/s) va kompyuterdan tarmoqga ulash uchun TCP/IP protokollari Yehemet (10 Base 5) uchta sinxron interfeysga egadir. BOD tarmog'i foydalanuvchilar talabi asosida belgilangan har xil tezlikda yo'ldoshli aloqa kanallari orqali ma'lumotlarni uzatishni taminlaydi.

BOD (Bandwidth On Demand) tarmog'i tuzilishi ovozli va faksimil xabarlarini uzoq masofali aloqa standartiga mos keltirgan holda sifatli ikki tomonlama uzatishni taminlovchi SCPC (Single Carrier Per Channel) texnologiyasiga asoslangan. BOD RAMA (kanal bilan doimiy taminlashga ega bo'lgan ko'p stansiyali kirish) (9.2-rasm) va DAMA (talab asosida kanal bilan taminlovchi ko'p stansiyali kirish) (9.3-rasm) ma'lumotlari va ovozli xabarlarini uzatish tartibini qo'llaydi. PAMA tartibida ma'lumotlarni va ovozli xabarlarini uzatish uchun doimiy kanal ajratuvchi ko'p stansiyali kirish taminlanadi (uzatish tezligi 2048 bit/s gacha)



9.2-rasm. RAMA rejimida ulanish

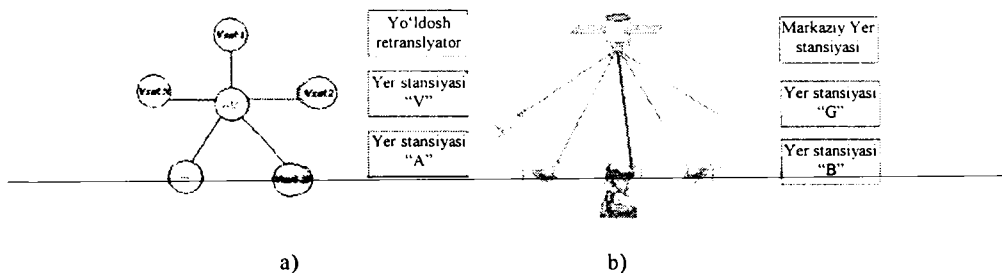


9.3-rasm. DAMA rejimida ulanish:  
a) «talab» rejimida; b) «kundalik jadval» rejimida.

BOD tarmog'i DAMA ("talab asosida" kanal) tartibida dinamik bog'lanishni ham va DAMA tartibida jadval (raspisaniya) bo'yicha bog'lanishni xam qo'llaydi. DAMA dinamik jarayonni xoh ovoz, xoh faksimil xabari yoki foydalanuvchi portidan kelgan malumotlar bo'lsin, aloqa o'rnatishga talab bilan yuritiladi. Birlamchi DAMA - kontroller KA retranslyatorida kerakli chastotalar polosalarining mavjudligiga asoslangan holda talablarni qabul qiladi yoki rad etadi. DAMA protsessori talab bo'yicha chastotalarni tayinlaydi, shuningdek so'ralgan bog'lanish o'lchamlari (parametiri)ga bog'liq ravishda tashuvchining ekvivalent izotrop nurlanish quvvatini boshqaradi. DAMA ning kundalik jadvali bo'yicha bog'lanishi tarmoqning boshqaruv tizimlari jadvalida ko'rsatilgan kunning ma'lum bir vaqtida yoki har kuni bir vaqtda belgilanadi va "nuqta ko'p nuqta" yoki "nuqta-nuqta" bog'lanish qo'llanilishi mumkin.

VSAT tarmoqlarining topologiyasi. Ishlab chiqarayotgan uskunalar VSAT tarmoqlari uchta asosiy topologiyalariga moslashgan.

"Yulduz" (STAR) topologiyasi. Tarmoqning ushbu topologiyasi markaziy boshqaruv stansiya (MBS yoki HUB)si bilan VSAT ning uzoqlashtirilgan terminalllari o'rtasida ko'p nuqtali aloqani taminlaydi. Tarmoqda abonentlik terminalllari o'rtasida malumotlar bilan butun almashuvni faqat SUS (9.4-rasm) orqali amalga oshiriladi. Natijada, signal VSAT terminalidan VSAT 2 terminaliga VSAT 1- KA -MES-KA- VSAT 2 yo'lini bosib o'tadi, bunda "qo'shaloq sakrash" yuzaga kelishi mumkin va tarqalish vaqtida 0,6 s gacha yetadi. Bu vaziyatda kechikishga tasirchan bo'lgan turli axborotlarni tashkil etishga chegara qo'yadi, ammo ma'lumotlarni uzatish bilan bog'liq ko'pchilik ilovalar uchun qo'llanilishi mumkin. Shuning uchun uzoqlashtirilgan stansiyalar bilan markaz o'rtasida malumotlarni yig'ish va ikki tomonlama uzatish birinchi o'rinda turadi, sifatli telefonli aloqa esa faqat markaz bilan alohida uzoqlashtirilgan stansiyalar o'rtasidagi amalga oshiriladigan qo'shimcha xizmat hisoblanadi. (umumiy foydalanish tarmog'iga chiqish va xalqaro bog'lanishlarni tashkil etish so'zlashuv sifatining yomonlashuviga olib keladi)



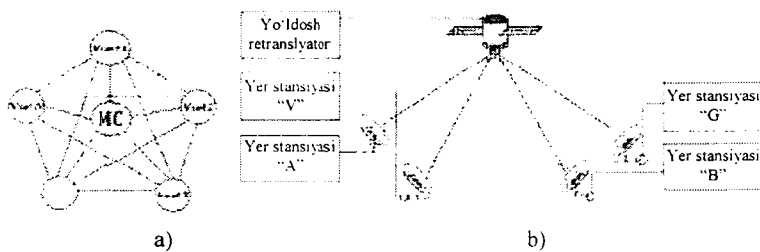
9.4-rasm. « Yulduz » turdagi VSAT yo'ldoshi tarmoqning topologiyasi: a) umumiy sxema; b) tarmoq elementlarining o'zaro ishlash sxemasi

Bunday turdagi tarmoq misolida Amerikaning M-tel kompaniyasiga qarashli, "Nextar 1" tarmog'ining Ki diapazonida ishlashi uchun Racal Milgo va Sky Networks kompaniyalarining joriy qilingan. "M-Tel" tarmog'i xizmat qilishi mumkin. "Yulduz" turidagi tarmoqlar tuzuk bo'lib, bir nuqtadan ko'p sonli nuqталarga aloqa uchun foydalaniladi va ayniqsa, ko'plab uzoqlashtirilgan stansiyalar bilan markaziy stansiya o'rtasida aloqa zarur bo'lgan vaziyatlarda juda yaxshi ishlaydi. Qoidaga asosan, ushbu tarmoqlar assimetrik bo'lib, yuqori tezlik kanallar asosiy stansiya (MBS) dan VSAT ning uzoqlashtirilgan YeS ga, past tezliklari teskari yo'nalishida yo'naltirilgan.

"Yulduz" turidagi tarmoqlarning xarakterli ko'rsatkichlari bu nisbatan past kanalli tezlik va uzoqlashtirilgan VSAT stansiyalari hosil qilgan trafikning notekisligi hisoblanadi. Teasom kompaniyasi uskunasi bunday turdagi uskunalarga misol bo'ladi. Boshqa tomondan "Star" turidagi tarmoqlardan qo'shimcha servis sifatida qo'shimcha TV axborotlarni tarqatishni tashkil etish taklif qilinadi. Masalan, shunga o'xshash yechimni Shiron kompaniyasi taklif qiladi.

«Har qaysisi har qaysi bilan» («Mesh») topologiyasi. «Mesh» tarmog'i topologiyasi VSAT stansiyasining bir "sakrash"da bog'lanishini ko'zda tutadi. MES (yoki tarmoqning uzoqlashtirilgan stansiyasi) esa ushbu holatda chaqiruv va bog'lanishni tashkil etishni ta'minlaydi. Bunda signalning kechikishi ikki marta kamayadi va 0.3 dan oshmaydi deyarli sezilmaydi.

"Mesh" turdagi tarmoq umumiy holatda uzoqlashtirilgan stansiyalar o'rtasida o'zaro teng huquqli aloqani ko'zda tutadi. "Star" topologiyasi bilan solishtirganda, bu holatda aloqa yo'nalishlari soni keskin ortadi. Agar "Star" tarmoqlarida aloqa yo'nalishlari soni N tarmog'i stansiyalari soniga teng bo'lsa, bu holatda esa yo'nalishlari soni  $N * (N-1) / 2$  (9.5-rasm) tashkil qildi.



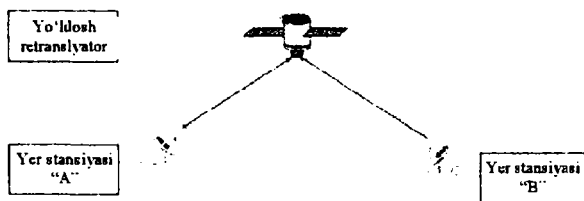
9.5-rasm. «Har qaysisi har qaysi bilan» («Mesh») turdagi yo'ldoshli tarmoqning topologiyasi: a) umumiy sxema; b) tarmoq elementlarining o'zaro ishlash sxemasi

Shunday qilib, "Mesh" turidagi tarmoqlar katta funksional imkoniyatlarga egadir. "Star" turidagi tarmoqlarda yechiladigan masalalardan tashqari, sifatli telefonli aloqani, vidiotelefonni va hatto vidiokonferensiyalar tarmog'ini tashkil qilish imkoniyatlari mavjud. Bunday tarmoqni qurish asosan mintaqaviy



tarqalgan bo'limlarga ega bo'lgan yirik korporatsiyalar ishlarini tashkil etish uchun uzoqlashtirilgan va yetib borish qiyin bo'lgan usullarni telefonlashtirish uchun dolzarbdir. "Mesh" turdagi tarmoqlar uchun DAMA ko'p stansiyali foydalanish texnologiyasining turli xil modifikatsiyalariga xarakterlidir.

"Nuqta-nuqta" (Point-to-point) topologiyasi. "Nuqta-nuqta" topologiyasi, ko'proq katta va o'rta o'tkazish imkoniyatiga ega bo'lgan magistral liniyalik kosmik segmentlarga qayd etilgan chastotalar polosasi asosida ikkita uzoqlashtirilgan VSAT terminallari o'rtasida ikki tomonlama aloqani ta'minlaydi (9.6-rasm).



9.6-rasm. «Nuqta-nuqta» turdagi yo'ldoshli tarmoq topologiyasi (tarmoq elementlarining o'zaro ishlash sxemasi)

Aloqaning bunday sxemasi kanallar vazifasidan ko'p bo'lganda (30-40 % kam bo'lmagan) ayniqsa samaralidir. Bunday arxitekturaning afzalligi aloqa kanallarini tashkil etishning soddaligi va turli xil protokollar almashuvchi uchun ularning to'liq shoffofligidir. Shundan tashqari, bunday tarmoq boshqaruv tizimlarini talab qilmaydi.

VSAT tarmoqlarni tashkil qilish uchun ko'pincha "Har qaysi har qaysi bilan" va "Yulduz" (9.4-rasm) turidagi topologiyali tarmoqlar qo'llaniladi.

VSAT yo'ldoshli tarmoqlarida ko'p stansiyali foydalanish. VSAT yo'ldoshli tarmoqlarida axborotni uzatishni tashkillashtirishda ko'p stansiyali foydalanishdagi kanallarni bo'lishning uchta asosiy usullariga tayanadi, va aynan: chastotaviy bo'lish (FDMA), vaqt bo'yicha bo'lish (TDMA), kodli bo'lish (CDMA). Tarmoqning o'tkazish imkoniyati va narxini optimallashtirish uchun har bir ochiq vaziyatda bu usullarning mujassamligi qo'llaniladi. "Star" turidagi tarmoq birinchi navbatda, umuman olganda signalning kechikishi muhim bo'lmagan malumotlarni uzatish bilan bog'liq bo'lgan xizmatlarni ta'minlaydi. Bu masalalarni yechish uchun eng ko'p tarqalgan usul, bu-TDM/FDMA. Har bir VSAT stansiyadan chiqayotgan oqimlar vaqt bo'yicha bo'lingan va MES ga translyatsiya qilinadi. Ijaraga olunuvchi chastotalar polosasini minimallashtirish maqsadida turli xil "Aloha" protokollari qo'llaniladi. Asosiy vazifa shundan iboratki, kolliziyaga, yani bitta vaqt mobaynida bitta chastotaga har xil VSAT stansiyalari uzatayotgan axborotlarning bir-birini qoplashiga yo'l qo'ymaslik kerak. Bunda "Aloha" protokoli qancha mukammal bo'lsa, axborotlarning kechikishi shuncha ko'p bo'ladi.

MES da signallar tarmoqning xohlagan abonentlik stansiyasi qabul qilishi uchun yetarli bo'lgan TDM (KA retranslyator)ning yagona raqamli oqimiga kommutatsiyalanadi va multipleksirlanadi.

Grafik vaqt mobaynida yetarli darajada mustahkam bo'lgan holatda SCRC / PAMA texnologiyasi qo'llaniladi. Bunday yechim real mashtabdagi vaqtda faqat ma'lumotlarni uzatishni emas, balki VSAT bilan MBS o'rtasida telefonli aloqani ham taminlaydi. SCRC / PAMA va TDMA larning mujassamligi tarmoqni ikki sotali yulduzlar sxemasida amalga oshirish imkonini beradi, bunda mustahkamlangan RAMA kanallari magistral hisoblanadi. "Mesh" tarmoqlarni tashkil qilishda boshqa masala dolzarbdir. Har bir abonentning har biri bilan aloqasini bitta sakrashda taminlash zarur. DAMA texnologiyasi ko'proq tarqalgan. U har bir abonentga ularning o'zaro aktiv ishlashlari vaqtidagi tarmoq zahiralarni ajratishni ko'zda tutadi. Bunda ikkita asosiy variant bo'lishi mumkin. Ulardan birinchisi ko'proq tarqalgan SCPC / DAMA bo'lib, unda abonentning talabiga ko'ra chastotali kanal ajratilgan. Ikkinchi variant TDMA / DAMA ga abonentning so'rovi bo'yicha TDMA kadrida vaqtinchalik slotlarni dinamik tarqatish ko'zda tutiladi. Abonentlik stansiyasi uchun kanal operatorini so'rov turli xil usullarda amalga oshirishi mumkin.

**Shaxsiy harakatdagi SYA tizimi. SYA tizimining kelajak rivoji va umumlashgan xarakteristikalar.**

Oxirgi paytda O'zbekiston Respublikasida sotali, trunking va peydjng aloqa apparatlari odatiy bo'lib qoldi va shaxsiy yo'ldoshli aloqa terminallarining ham keng tarqalishi kutilmoqda. Shunda yerdagi va yo'ldoshli tizimlarning global aloqa tizimiga birlashuvi amalga oshadi, yani global mashtabga shaxsiy aloqa imkoniyati paydo bo'ladi. TLF raqamini terish yo'li bilan dunyoning xohlagan nuqtadagi abonentga ulanish imkonini taminlash mumkin bo'ladi. Buning uchun yo'ldoshli aloqa tizimlari sinovdan muvaffaqiyatli o'tishlari va tijoratda foydalanish jarayonida bildirilgan texnik tavsiflar va iqtisodiy ko'rsatkichlari lozim.

Shaxsiy yo'ldoshli aloqa tizimlari yerdagi harakatdagi radioaloqa tizimlari bilan solishtirganda radioaloqaning mahalliy harakatdagi tarmog'i xizmat ko'rsatish doirasidan tashqarida ham abonentlarni aloqa bilan taminlashlari mumkin, chunki ular Yerning aniq bir joyiga bog'lab qo'yish bo'yicha cheklashga ega emas. Yo'ldoshli aloqa tizimlari taqdim qilinadigan xizmatlar bo'yicha uchta asosiy sinflarga bo'linadi:

- ma'lumotlarni paketli uzatish tizimlari (sirkulyar xabarlamani yetkazish, turli obektlar holati to'g'risidagi ma'lumotlarni avtomatik yig'ish);
- radiotelefonli aloqa tizimlari (so'zlashuvli);
- foydalanuvchilar turgan joyining koordinatasini aniqlash tizimlar.

Ma'lumotlarni paketli uzatish xohlagan axborotlarni raqamli uzatish uchun mo'ljallangan. Bunday tizimlarda ma'lumotlarni uzatish tezligi sekundiga bir kilobaytdan yuz kilobaytgacha tashkil qiladi, uzluksiz xizmat ko'rsatish mavjud

emas, yetkazib berishning tezkorligi esa foydalanuvchi talablariga asosan aniqlanadi (elektron pochta).

Radiotelefonli aloqaning yo'ldoshli tizimlarda, qoidaga asosan, xalqaro standartlarga muvofiq xabarlarini raqamli uzatishdan foydalaniladi. Bunda uzatkichdan qabul qilgichgacha translyasiyada signalning kechikishi 0.3 dan oshmasligi lozim, aloqa seansi davomidagi so'zlashuvlar esa uzilmasligi lozim. Radiotelefonli aloqaning yo'ldoshli tizimida sanab o'tilgan talablarni taminlash uchun quyidagilarni hisobga olish kerak:

- yo'ldosh antenna nurlarini belgilangan yo'nalishda ushlab turish uchun aniqlashning yuqori chastotali tizim bilan jixozlanishlari kerak;

- tizimida yo'ldoshlar soni xizmat ko'rsatish doirasini butunlay va uluksiz qoplashni taminlash uchun yetarli bo'lishi kerak;

- aloqa kanallarining yetarli miqdorini taminlash uchun yuqori chastotalarda (1.5 GHz dan yuqori) ishlaydigan ko'p nurli antennali tizimlarni qo'llash lozim, bu antenalar va kosmik apparatlar (KA) konstruksiyalarini bir muncha murakkablashtiradi;

- yo'ldosh orqali aloqaning ko'p nurli antennali tizimlar bilan jihozlash va ko'p sonli qimmat kommunikasion uskunali tugunli (shlyuzli) stansiyalarning mavjudligi bilan taminlanadi. Yerdan abonentlarning turgan joylari yoki koordinatlarini apparatlarning ikkita turidan foydalanib, aniqlanadi:

- standart navigatsiyali apparatni GPS GLONASS / NAVSTAR tizimi, foydalanuvchilar koordinatlarini aniqlashning yuqori aniqligini taminlaydi.

Maxsus navigasion apparatni shaxsiy aloqa va shlyuzli stansiyalar yo'ldoshlari signallari bo'yicha foydalanuvchilar koordinatlarini aniqlash imkonini beradi, lekin kamroq aniqlikda.

Maxsus navigasion apparatlardan foydalangan holatda abonent koordinatlarini quyidagi usullarda aniqlash mumkin:

- shaxsiy aloqaning yo'ldoshlari signallari bo'yicha;

- yerdagi shlyuzli stansiyalar signallari bo'yicha;

- yo'ldoshlar va shlyuzli stansiyalar bo'yicha.

Shaxsiy aloqa yo'ldoshli tizimlarining zamonaviy darajasi va keyingi rivojlanishi yangi texnik joriy qilish evaziga amalga oshiriladi. Bunday yechimlarga quyidagilar kiradi:

- retranslyator yo'ldoshli bortidagi signalga ishlov berish;

- axborotlar almashinuvining istiqbolli tarmoqli protokollarini yaratish;

- kam quvvat istemol qiluvchi arzon ixcham terminlarni ishlab chiqish;

- kommunikasion uskunalarni funksional qisimlarini mikrominalashtirish;

- quvvatli quyosh batareyalarni yaratish va yo'ldosh vazni og'irligini kamaytirish;

- maxsuslashtirilgan BIS da maxsus EHM ni ishlab chiqish;

SDMA kanallarining kodli bo'lish bilan ko'p stansiyali kirishning va taraqqiy parvar ( progressiv ) usullarini qo'llash. Shaxsiy aloqaning yo'ldoshli tizimlarida turli orbitalarda joylashgan yo'ldoshlardan foydalaniladi.

**YeSY orqali shaxsiy aloqani tashkil etishda orbitalarning o'ziga xos xususiyatlari.**

KA bog'lovchilari orbitalari uchta belgisi bo'yicha tasniflanadi:

- orbita shakli;

- Yerning ustki qatlami nuqtalari ustidan o'tish davriyligi.

Shakli bo'yicha orbitalar quyidagi turlarga bo'linadi:

- aylanaviy, amalda ro'yogba chiqishi qiyin va vaqti-vaqtida bordagi dvigitellar bilan tuzatib turishni talab qiladi.

- aylanaviyga yaqin, KA bog'lovchilarida juda keng qo'llaniladi, bunda orbitalarda apogey va perigey balandliklari o'nlab kilometrlarga farq qiladi;

- elliptik, NA apogey va N n (perigey balandliklari sezilarli darajada farq qiladi masalan : 38000-40000 km, N p=400-500 km).

**Yo'ldoshli aloqa tizimlarda qo'llaniladigan orbitalar turlari**

- geostasionar, aylanaviy ekvatorial orbitalar KA aylanish davri Yerning aylanish davriga teng ( $T = 23s 56 min$ );  $N_a = N_n = 36000 km$ .

KA yer ekvatori malum nuqtasi ustida doimiy joylashgan va katta kuzatish maydoniga egadir.

Yerning ustki qatlami nuqtalari ustidan KA larning o'tish davriyligiga qarab orbitalar quyidagi turlarga bo'linadi:

- izomarshrutlilar va kvazimarshrutlilarga bo'linuvchi sinxronli orbitalar, izomarshrutli shu bilan xarakterlanadiki, KA orbitalar proeksiyalari yerning ustki qatlami (trassalar) bilan har sutkada bir birini qoplaydi, kvazimarshrutlida esa bir necha sutkada bir marta;

- nosinxronli orbitalar shunisi bilan xarakterliki atrofida KAning xohlagan ikkita aylanishiga mos keluvchi trassalar bir birini qoplamaydi;

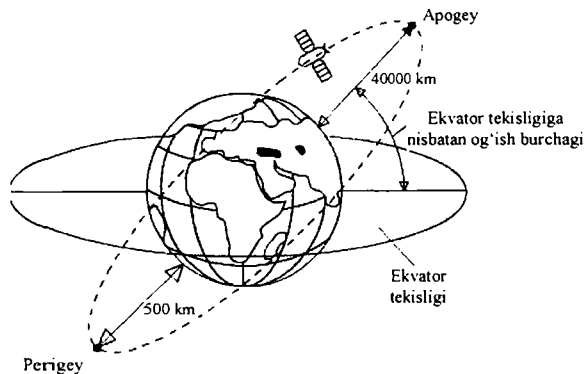
Orbitaning egilishida yerning ekvator tekisligi bilan KA orbitalari o'rtasida burchak hosil bo'ladi (9.7-rasm). Burchak ekvator tekisligidan orbita tekisligiga qarab soat strelkasi yo'nalishiga teskari yo'nalishda hisoblanadi va  $0^0$  dan  $180^0$  gacha o'zgarishi mumkin. Bu belgi bo'yicha orbitalarning quyidagi turlari mavjud:

- to'g'ri orbitalar (egilish  $a \geq 90^0$ );

- teskari orbitalar (egilish  $a \geq 90^0$ );

- ekvatorial orbitalar (egilish  $a = 90^0$ ).

$a=0^0$  da KA yer aylanishi yo'nalishi bo'yicha g'arbdan sharqqa harakatlanadi va geostasionar deb ataladi,  $a=180^0$ da esa KA yer aylanishi yo'nalishiga qarama-qarshi sharqdan g'arbg'a aylanadi.



9.7-rasm. KA orbitalari o'rtasida burchakka oid

KA orbitalarining keyingi o'ziga xos xususiyati protsessiya hisoblanadi bu KA orbitalari tekisliklarining o'zgarishi (protsessiyaga) (apogey va perageylarni birlashtiruvchi apogey chiziqlarning o'zgarishi) olib keluvchi yerning nosferikligi va uning massasining notekis tarqalganligi tufaylidir. Aytib o'tilgan presessiyalar (o'zgarishlar) tezligi orbita shakliga, apogey va peragey balandligiga, shuningdek egilishiga bog'liqdir. Natijada orbita tekisligining presessiyali KA ni dastlab orbitaga olib chiqilgandagi holatiga nisbatan ko'tariluvchi va pasayuvchi tugunlari (uzel)ning siljishiga olib keladi. Presessiya o'lchami yerning gravitasion maydoni kuchlanganligiga bog'liq. Gravitasion kuchlanganlikning ortishi ekvator yo'nalishida KA harakati tezligining ortishi evaziga ekvator yaqinligida orbitaning "to'g'rilanishi" ga olib keladi. Bunda to'g'ri orbitada harakatlanayotgan KA esa harakat davomida o'ngga og'adi, yani birinchi holatda presessiya g'arb yo'nalishida, ikkinchida esa sharq yo'nalishida boradi.

KA bog'lovchi orbitalar balandligi bo'yicha quyidagilarga bo'linadi:

- quyi orbitali guruhlar (700 – 1500 km);
- o'rtabalandlikdagi orbitalar (5000 – 15000);
- geostasionar kosmik (36000 km).

Quyi orbita guruhlar balandlik diapazonlari shu bilan tushuntiriladiki, 700 km dan pastda atmosfera zichligi baland va eksentrisitet kamayishi yuzaga keladi, shuning apogey balandligi sekin – asta kamayib boradi. O'z navbatida, orbita balandligining kamayishi yonilg'i sarflanishining ortishiga va berilgan orbitani ushlab turish uchun uslublar chastotasining oshishiga olib keladi. 1500 km dan yuqorida birinchi nurlanish mintaqasi (radiasionnqiy pole) joylashib, unda bordagi elektron apparatlarning ishlashining iloji yo'q.

Quyi orbitalardagi tizimlar o'rtta balandlikdagi KA larda foydalanuvchi tizimlar o'rtta balandlikdagi va geostasionar orbitalarga qaraganda radiolinilyalarining yaxshiroq energetik tavsiflariga ega.

Ammo, ularga KA aktivlik muddati bo'yicha boy beradi, chunki KA quyi orbitada 100 ming atrofida aylanish vaqtida deyarli 30 ming soya joyga to'g'ri keladi va bo'rtidagi akkumlyatorlar quyoshli batareyalardan yiliga 5 ming sikl zaryad/razryad oladi. O'rtta balandlikdagi orbitalar uchun davr 6 soatni tashkil qiladi, soya joyga esa faqat bir necha minut to'g'ri keladi. Quyi orbitada joylashgan KA ning yana bir kamchiligi u abonentning to'g'ri ko'rish maydoniga faqat 8-12 ming tushadi. Xohlagan abonentning uzluksiz aloqasini ta'minlash uchun shlyuzning stansiyalar yoki yo'ldoshlar aro aloqa kanallari yordamida uzluksiz aloqani ta'minlovchi ko'plab KA larga ega bo'lishi lozim.

O'rtta balandlikdagi orbitalar Van Allenning birinchi va ikkinchi nurlanish mintaqalari o'rtasida joylashgan. Bunday orbitalardagi KA lardan foydalanuvchi tizimlarda signalning tarqatilish vaqti 130 ms ni tashkil qiladi, bu inson eshitishi uchun sezilarlidir. Bundan tashqari, yo'ldosh – retranslyator va abonent to'g'ri ko'rish maydoni quyi orbitaning KA dan foydalanganiga nisbatan kam va shu tufayli uzluksiz aloqani ta'minlash uchun yo'ldoshlar soni kamayadi. Orbitalar balandliklari oshishi bilan xizmat ko'rsatish maydoni o'lchamli va vaqti oshib boradi, natijada bir xil teritoriyani qoplash uchun kam sonli yo'ldoshlar talab qilinadi.

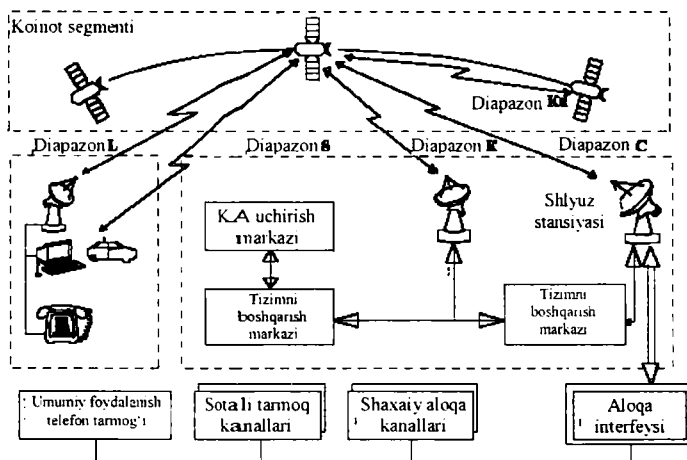
Hozirgi davrda shaxsiy radioaloqa masalalarini yechish uchun yo'ldoshli tizimlarda quyi (aylanali yoki aylanaga yaqinroq), o'rtta balandlikdagi (aylanali yoki eliptik) va geostasionar orbitalarda joylashgan KA lardan foydalaniladi.

### **9.3. Yo'ldoshli shaxsiy aloqa orqali aloqa tizimlarining tuzilishi**

Ixtiyoriy yo'ldoshli aloqa tizimi (9.8-rasm) tarkibiga quyidagilar kiradi:

- bir nechta yo'ldosh – retranslyatorlardan tashkil topgan kosmik segment;
- tizimli boshqaruv markazi KA o'chirish markazi, qo'mondonlik–o'lchov stansiyalari, aloqani boshqaruv markazi va shlyuzli stansiyalarni o'z ichiga olgan yerdagi segment;
- shaxsiy yo'ldoshning terminlar bilan aloqani tashkil etish uchun xizmat qiluvchi – abonentli (foydalanuvchi) segmenti;
- yerdagi aloqa tarmoqlari bilan bog'lovchi yo'ldoshli tizimlarning tuzulishli (shlyuzli) stansiyalari.

Yo'ldosh – retranslyatorlarning orbitalarda joylashtirilishi va o'zaro xalqit bema'sligini ta'minlovchi chastotalardan foydalanish radio bo'yicha xalqaro maslahat qo'mitasi (RXMQ) va chastotalarni ro'yxatga olish xalqaro qo'mitasi (ChRXQ) tomonidan hal qilinadi.



9.8-rasm. Shaxsiy aloqa yo'ldoshli tizimlarining tuzilishi

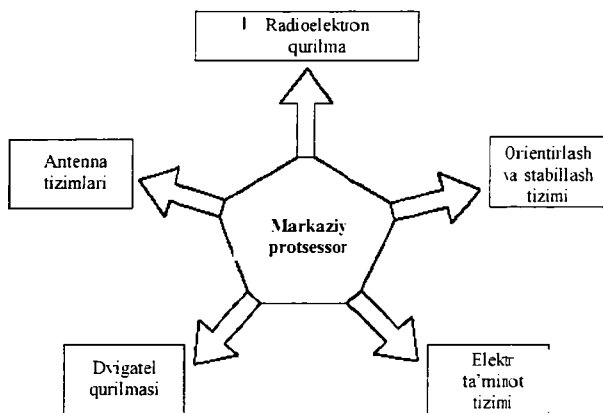
### Kosmik segment.

Kosmik segmentga kiruvchi yo'ldoshli retranslyatorlar kosmik guruhni hosil qiladi va qoidaga asosan ma'lum orbitalarda bir tekis joylashadi. Yo'ldosh retranslyator quyidagi asosiy elementlardan tashkil topgan:

- markaziy protsessor;
- bordagi retranslyatsiya majmuasi radioelektron uskunasi (BRTK);
- antennalar tizimlari;
- mo'ljallash va barqarorlashtirish tizimlari;
- harakatlantiruvchi qurilma;
- elektr ta'minot tizimlari (akumlyatorlar va quyoshli batareyalar).

Yo'ldoshli retranslyatorlarning umumlashtirilgan tuzulish sxemasi 9.9-rasmda keltirilgan.

Yerning butun maydonini ishonchli qamrab olish uchun quyi orbitali guruhda asosan o'nlab yo'llarda yo'ldoshlar kerak bo'ladi (Teledesic loyihasida yo'ldoshlar soni mingtaga yaqinlashmoqda). Ma'lumki, orbita balandligi oshishi bilan kerakli yo'ldoshlar soni kamayadi, chunki ko'rinish vaqti va maydoni oshadi, bu esa o'z navbatida orbital guruxlarning narxini pasaytiradi. Ammo, ~~hunda masofalarning kattalashishi tufayli shaxsiy yo'ldoshli terminallar~~ murakkablashadi va narxlar qiymatlashadi. Shunday qilib, shaxsiy aloqa yo'ldoshli tizimi tanlaganda orbital guruhlar soni va narxi bir tomondan, shaxsiy yo'ldoshli terminallar murakkabligi va narxi ikkinchi tomondan kelishishlari lozim bo'ladi.



9.9-rasm. Yo'ldosh-retranslyatorning umumiy tuzilish sxemasi

#### **KAni uchirish va tizimni boshqaruv markazining yerdagi segmenti.**

KAni o'chirish markazi o'chirish dasturini aniqlaydi va o'chirish amalga oshirilgandan keyin o'chirishni aktiv qismida harakat yo'lini o'lchaydi, keyinchalik tuzatish uchun tizimni boshqaruv markaziga translyatsiya qilinadi. Keyin KA boshqarish tizimida boshqaruv markazida topshiriladi va u boshqarishni qo'mondonlik o'lchov stansiyalari yordamida quyidagi dastur bo'yicha amalga oshiriladi:

- KAning quyoshli batareyalari ochiladi;
- KAni asosiy orbitaga o'tkazish uchun qisqa vaqtda tuzatuvchi harakatlantiruvchilar qo'shiladi;
- KAning bortdagi uskunalarini ahvolini nazorat qilish uchun telemetrik axborotlar oshadi.

Tizimni boshqaruv markazi (TBM) orbital guruhning har bir KA dan kelayotgan telemetrik axborotlar asosida, KA ni kuzatishni, ularning koordinatalarini hisoblashni, vaqti solishtirish va tuzatishni, bortdagi apparatlarning ishga yaroqliligini tashxis qilish, rasmiy axborotni uzatish va hokozo amalga oshiradi. TBM qoidaga asosan, mintaqaviy tarqalgan qo'mondonlik –o'lchov stansiyalaridan tashkil topgan bo'lib, yetarli darajadagi yuqori tezkorlikda quyidagilarni taminlash imkonini beradi:

- malum orbitaga KA ni chiqarish aniqligi va o'chirishni nazorat;
- har bir KA ahvolini nazorat qilish;
- alohida KA orbitani boshqaruv va nazorat;
- KA ni orbital gurux tarkibidan chiqarish.



KA larda rasmiy axborotlarni uzatish qo'mondonlik – o'lchov tizimining mintaqalarga tarqatilgan asosiy va zahiradagi stansiyalari orqali amalga oshiriladi.

### 9.3.1. Aloqani boshqaruv markazi va shlyuzli stansiyalar

Shlyuzli stansiyalar tarkibiga o'zlarining kuzatuvchi parabolik antennalari bilan uchtadan kam bo'lmagan qabul qilib uzatuvchi ma'lumotlar kiradi. Bir nechta qabul qilib uzatuvchi majmualar K.Aning bittasidan ikkinchisiga o'tishda aloqaning uzluksizligini taminlash uchun kerak bo'ladi. Masalan, birinchi majmua KA bilan aloqaga kirishsa, ikkinchi majmua esa  $i + 1$ -m KA da aloqaga kirishadi. Keyin birinchi majmua  $i$  KA ko'rishish maydonidan ketgandan so'ng  $i + 2 - m$  KA bilan aloqaga kirishadi, ikkinchi majmua esa  $i + 1$  KA maydonidan ketgandan so'ng  $i + 3 - m$  KA bilan aloqaga kirishadi va h.k. uchinchi majmua zahirada bo'ladi.

Shlyuzli stansiyalarning asosiy vazifalari dupleksli telefon aloqani tashkil qilish, faksimal xabarlar va katta hajmdagi malumotlarni uzatishdan iborat. Bu vazifalarni bajarish uchun shlyuzli stansiyalar tarkibiga tez ishlaydigan, shaxsiy terminallar malumotlari bankiga ega bo'lgan EHM shuningdek yerdagi turli aloqa tizimlari bilan bog'lash uchun kommutatsiya uskunalari (aloqa interfeysi) kiradi.

Aloqani boshqaruv markazida aloqani tahlil qilish va nazoratni, shuningdek boshqaruvni milliy shlyuzli stansiyalar orqali amalga oshiradi.

### 9.3.2. Shaxsiy foydalanuvchi segment

Shaxsiy aloqa yo'ldoshli tizimlari quyidagi xizmat ko'rsatish turlarini amalga oshirishga mo'ljallangan:

- shaxsiy yo'ldosh terminalga ega bo'lgan abonentlar o'rtasidagi o'zaro aloqa:

- shaxsiy yo'ldoshli terminallar abonentlarining telefondan umumiy foydalanish tarmog'i peydjingli va sotali tarmoqlar shuningdek shlyuzli stansiyalarning aloqa interfeyslariga ulangan xususiy aloqa kanallari abonentlari bilan dupleksli aloqa:

- SSPS abonentlarining turganlarini (koordinatalarini) aniqlash.

KSAT ni tashkil qilishda, ko'chma shaxsiy yo'ldoshli terminallari (og'irligi 700 g gacha) va mobil terminallar (og'irligi 2,5 kg gacha) qo'llaniladi.

Ushbu terminallar sotali aloqa tizimidagi kabi abonentlar o'rtasidagi aloqani 2 sekundda o'rnatishga qodir.

Mavjud yo'ldoshli terminallar quyidagi turlarga bo'linadi:

- Ixcham (portativ) terminallar (yo'ldoshli TLF);

- Ko'chma shaxsiy terminallar;

- Avto, havo va dengiz transport vositalari uchun mobil terminallar;

- Kichik gabaritli peydjingli terminallar;

- Jamoa bo'lib foydalanish uchun terminallar.

KSAT amalda sotali aloqa chastotalar diapazoni 450-1800 MHz ga mos keluvchi 137-900 MHz va 1970-2520 MHz diapazonda ishlaydi. Yo'ldoshli aloqada uzatkich quvvati katta emas (Iridium tizimi yo'ldoshli terminali uchun 15-400 mW) va sotali radiotelefon quvvatidan oshmaydi.

Ta'kidlash lozimki, shaxsiy yo'ldoshli terminallarning sanoatdagi namunalari kamchiliklari to'ldirilmoqda, ammo ko'rsatiladigan xizmatlar doirasi yetarli darajada keng, shakli esa oddiy sotali radiotelefonga yaqinlashmoqda.

Oxirgi vaqtda 2,5 m gacha diametrdan antennali VSAT (kichik yo'ldoshli terminalli aloqa tizimlari) texnologiyasi asosidagi aloqa tizimlari keng tarqalmoqda. VSAT terminallarida axborotlarni uzatish tezligi 64 kbit/s dan to 2048 kbit/s gacha o'zgarishi mumkin, terminalning o'zi esa bevosita foydalanuvchi ish joyiga yaqin o'rnatiladi.

Global yo'ldoshli aloqa tizimlari bir xil (standart) xizmatlar to'plamini tavsiya qiladi:

- telefonli aloqa;
- faksimiy xabarini uzatish;
- malumotlarni uzatish;
- abonent turgan joyini aniqlash;
- global rouming.

Bu xizmatlarning barchasi so'rov bo'yicha kanal ajratilishi tartibida amalga oshiriladi, bunda xizmat ko'rsatishga ketadigan vaqt 2 sekunddan oshmaydi.

#### **9.4. Yo'ldoshli aloqaning quyi orbitali tizimlari**

Qayd qilib o'tilgandek, quyi orbitali yo'ldoshlar LEO (Low Earth Orbit) orbitalari balandligi 700-1500 km chegarasida bo'lgan va tarkibida bittadan tortib og'irligi 500kg gacha bo'lgan kichik yo'ldoshlar guruhiga ega bo'lgan KA kiradi. Yer maydonini qamrash uchun turli tekisliklarda yotuvchi KA orbitalari qo'llaniladi.

Yo'ldoshli aloqa quyi orbitali tizimlarining fazilati bu shaxsiy aloqa xizmatlarini ko'rsatish imkoniyatlari hisoblanadi, bunga yerning xohlagan nuqtasida joylashgan kichik gabaritli arzon yo'ldoshli terminallardan foydalanuvchi radiotelefonli almashinuv ham kiradi. Aholisi zich bo'lmagan va telekommunikatsiya tarmoqlari zaif rivojlangan mintaqalarda unga alternativ yo'qdir.

Yo'ldoshli aloqa quyi orbitali tizimning keyingi fazilati shundaki, radiotelefonning uzluksiz nurlanish quvvati (50W) bo'lib, O'YuCh nurlanishdan insonni biologik himoya qilish talablaridan oshmaydi. Geostasionar orbitada joylashgan yo'ldosh tomonidan bunday quvvatdagi signalni samarali qabul qilish KA ni murakkablashtiradi, katta antennalarni qo'llashni va aniq pozitsiyada bo'lishi talab qiladi. Quyi orbitada joylashgan yo'ldoshning radiochiziqlari uzunligi ancha kam va shuning uchun KA ning murakkablashishi

masalasi unga keskin emas va ko'proq sodda va arzon antennalarni qo'llash mumkin.

Yo'ldoshli aloqa tizimlarini joriy etishning boshlanishida quyi orbitalar deyarli qo'llanilmagan. Ammo, hozirgi vaqtda telekommunikatsiya bozoringa 35 % xizmatlari quyi orbitali yo'ldoshli tizimlar tomonidan taqdim qilinadi. Ulardan eng mashhurlari Iridium va Globalstar bo'lib, bundan tashqari yana har xil firmalar tomonidan 40 ga yaqin real amalga oshirish mumkin bo'lgan quyi orbitali tizimlarni barpo qilish loyihalar rejalashtirilgan. Shuning uchun kommunikatsiya uskunasini to'g'risidagi ma'lumotlar bankda saqlanadi. To'g'ri ko'rinishda joylashgan KA lar bilan navbatma-navbat aloqani ushlab turadigan ikkita qabul qilib uzatuvchi majmua doimo ish jarayonida bo'ladi va uchinchi esa - zahirada turadi.

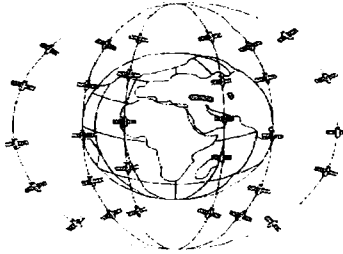
**Iridium yo'ldoshli aloqa tizimi.** Iridium loyihasi Motorola Inc va Yaponiyaning yetakchi firmalari (DDI), AQSh ning (Sprint, Lockheed va Raytheon), Rossiyaning (M.V. Xrunichev nomli Davlat koinot ilmiy - ishlab chiqarish markazi) va boshqa kompaniyalarning birgaligidagi keng xalqaro hamkorlik asosida tashkillashtirilgan. Avvallari kosmik segment 77 ta KA dan tashkil qilinadi deb taxmin qilinardi, ammo ayrim sabablarga ko'ra kosmik guruhdagi KA lar soni 66 gacha (Mendeleev jadvalida 77-chi element bo'lib Iridium hisoblanadi).

Qo'shni KA larning orasidagi masofaning minimal qiymatini ta'minlash maqsadida orbita guruhlarining orbital tekisliklari aro burchaklar farqi  $27^\circ$  ga teng qilib olingan (9.10-rasm).

Orbitalar kvaziqutbli bo'lib, qiyaligi  $i = 86.4^\circ$ , tekisliklar soni - 6, har bir tekislikda 11 ta KA, orbitalar balandligi 780 km teng, bir tekislikda joylashgan KA lar orasidagi burchakli masofa -  $32.7^\circ$  va KA ning Yer atrofida aylanish davri - 100 minutdir.

Iridium yo'ldoshli aloqa tizimi global ko'chma (harakatdagi) shaxsiy aloqani «har kim har kim bilan» prinsipida yo'ldoshlar aro aloqa asosida tashkil qilingan bo'lib quyidagi xizmatlarni taqdim etadi:

- dupleksli radiotelefon aloqa;
  - faksimil aloqa;
  - ma'lumotlar uzatish;
  - shaxsiy terminalga ega bo'lgan abonentlar orasidagi aloqa;
  - umumiy telefon tarmoqlari abonentlarning yo'ldoshli shaxsiy terminallardan foydalanuvchilar bilan aloqa o'rnatish;
  - ogohlantirish signallarini peydjerga uzatish;
  - abonent joylashuvini (koordinatlarini) aniqlash.
-



9. 10-rasm. Iridium yo'ldoshli aloqa tizimining tuzilish sxemasi

Sanab o'tilgan xizmatlar kichik o'lchamli shaxsiy (vazni 700 g gacha) va mobil (vazni 2.5 kg gacha) bo'lgan shaxsiy (kodli nomer va birlamchi joylanish hududning adresi belgilangan milliy shlyuz stansiyalarda qayd qilingan) terminal orqali amalga oshiriladi.

Quy i orbitali guruhlarining har bir KA Yerdagi sotalar bilan diametri 640 km bo'lgari har qanday nur uchun nurlanuvchi 48 ta nurlarni shakllantiradi.

Yo'ldosh ostidagi maydonning umumiy diametri taxminan 4500 km ni tashkil qiladi. Butun guruh esa kvazi yaxlit yo'ldosh osti maydonini hosil qiladi, va bu Yer ustki qatlamini butunlay qoplaydi.

Yo'ldosh osti maydoni KA lar da joylashgan o'z navbatida sakkizta nur oltitadan antennali fazali panjaralar (AFAR) yordamida hosil qilinadi. Bunday yo'naltirilgan ko'p nurl antennalarni qo'llash evaziga tizimda ishchi chastotalardan bir necha bor takroriy foydalaniladi. 1616.0-1626.5 MHz diapazonidagi chastotalar tizimida 150 dan ortiq marta takrorlanadi. Iridium tizimi radioaloqalari chastotalar diapazoni 9.1-jadvalda ko'rsatilgan.

Iridium tizimida ko'p stansiyali kirish hajmi har bir sota uchun kanallarni vaqt bo'yicha ajratish va oraliq sotalar (FDMA) uchun chastotalar bo'yicha ajratish bilan aloqa qilinadi. Raqamli so'zlashuv signali FM - 4 yordamida uzatiladi, y'ani suzlashuv axboroti raqamli holatda 2 marta siqiladi.

Siqish to'g'risidagi axborot va siklik va taktili sinxronlashtirish signallari "KA - abonent" radio liniyada 4 ta radio kanaldan foydalanuvchi boshqaruv kanali bo'yicha uzatiladi. Radio telefonli axborotlarni uzatishda xatolik bilan qabul qilish ehtimolligi 10 - 3, raqamli malumotlarni esa 10 - 6 ga tengdir. Tizimning KA orbital guruhi Yerning sirtida taxminan 2150 ta sotalarni hosil qiladi, o'tkazish qobiliyati 3835 dupleksli TLF kanallarni tashkil qiladi.

KA orbital guruhida yo'ldoshlararo aloqa har bir KA ning u bilan bir orbital tekislikda joylashgan ikkita KA va yonma - yon (chap tomondan o'ng tomondan) orbital tekislikda joylashgan ikkita KA bilan radioliniya tashkil qilish yo'li bilan amalga oshiriladi. Buning uchun har bir KA da kuchaytirish koeffitsienti 35 dB va +5<sup>o</sup> gacha aniqlikda yo'naltirish diagrammasi boshqariladigan to'rtta tirqishli panjarali antennalari mavjud. Foydalaniladigan chastotalar polosi 26.18 - 23.38 GHz diapazonda 200 MHz kenglikka ega va

25 Mbit/s tezlikdagi alohida aloqa kanallarini hosil qiluvchi 8 ta alohida chastotalar polosasiga bo'lingan.

9.1 -jadval

*Iridium tizimi liniyalarining chastotalar diapazoni*

Diapazonlar nomi	Radioliniya	Chastotalar diapazoni	Kanalning chastotalar polosasining kengligi
L	"abonent - KA"	1616,0 - 1626,5 MHz	126 kHz
L	"KA - abonent"	1616,0 - 1626,5 MHz	280 kHz
Ka	"KA - shlyuzovaya stansiya"	19,6 GHz	100 MHz
Ka	"shlyuzli stansiya - KA"	29,1 - 29,3 GHz	100 MHz
Ka	Yo'ldoshlar aro aloqa "KA - KA"	23,18 - 23,38 GHz	200 MHz
Buyruq yoki TLM – axborot			
Ka	"Er - KA" (RL)	29,1 - 29.3 GHz	-
Ka	"KA - Yer" (TLM)	19.6 GHz	-

Shlyuzli stansiyalar tez ishlaydigan EHMga ega bo'lgan 3 ta qabul qilib uzatuvchi qurilmalardan tashkil topgan. Bu EHM larda shaxsiy terminallar va TLF bilan umumiy foydalanish aloqa tarmoqlari uchun kommutatsiya uskunasi to'g'risidagi ma'lumotlar banki saqlanadi.

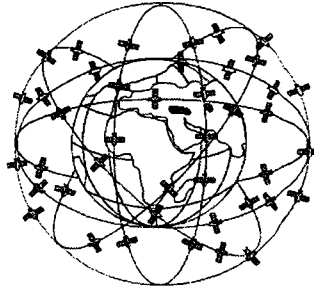
To'g'ri ko'rinishdan joylashgan KA lar bilan navbatma – navbat aloqani ushlab turadigan ikkita qabul qilib uzatuvchi majmua doimo ish jarayonida bo'ladi, uchinchi esa zahirada.

**Globalstar yo'ldoshli aloqa tizimi.** Globalstar tizimining orbital guruhi 1400 km balandlikda 8 ta aylanali orbitalarning har birida oltitadan joylashgan 48 ta qo'yi orbitali yo'ldoshlar – retranslyatorlardan tashkil topgan. Orbitaning  $i=52^0$  ga qiyalanishi o'рта kengliklarda abonentlarga maksimal tez-tez xizmat ko'rsatishga imkon beradi, qutbli hududlar esa ( $70^0$  dan yuqori sh.k. va j.k.) kosmik segment xizmatidan foydalanmaydilar (9.11-rasm).

Tizimda yo'ldoshlar aro aloqa mavjud emas, ammo yerning sirtini doimiy ravishda ikki martalab qoplash ko'zda tutiladi va bu quyidagilarga imkon beradi:

- ~~bir yo'ldosh turli xil nurlarning ta'sir qilish zonasidan boshqa yo'ldoshlar ta'sir qilish zonasiga o'tishda aloqaning uzluksizligini ta'minlash;~~
- joyning relef qatlamlari ta'siri natijasida hosil bo'luvchi terminal qabul qiluvchi antenanasining qorong'ilashuv effektini yo'qotish evaziga ko'chma harakatdagi abonentlar bilan aloqaning ishonchligini sezilarli darajada oshirish.

Globalstar tizimining tavsiflari 9.2-jadvalda keltirilgan.



9.11-rasm. Globalstar tizimning orbital guruhlari

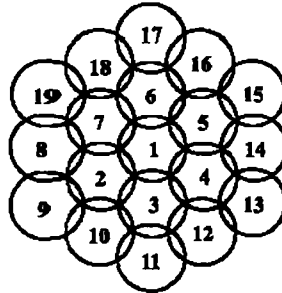
9.2-jadval

Globalstar tizimning tasnifi

Tizimning nomi	Globalstar
Orbita turi	LEO
Yo'ldoshlar soni	48
Orbita balanligi, km	1400
Orbitaning qiyaligi, grad	52
Yo'ldoshning og'irligi, kg	450
Iste'mol qiladigan quvvat, Vt	1200
Nurlar soni	16
Yo'ldoshning xizmat qilish muddati, yil	
Ko'p stansiyali foydalanish uslubi	CDMA/FDMA
Chastota diapazoni, MHz	1610-1626,5 (qabul) 2483,5- 2500 (uzatish)
Kanallar soni. 4.8 kbit/s ga ekvivalent	
Bo'g'in stansiyalar soni	150-210

Tizim TLF, faksimil va peydjing aloqani ta'minlashga, abonentlar turgan joy (koordinatalar) ni aniqlashga, shuningdek xizmat (buyruq) axborotlarning signallarini uzatishga mo'ljallangan. Axborotni uzatish signallarni kod bilan bo'lib (CDMA), keng polasali shovqinsimon signallarni (KPSHS) qo'llagan holda amalga oshiriladi. KPSHS (ShPS) ni hosil qilish uchun bitta manba bilan shakllanuvchi, lekin pilot-signalga nisbatan siljigan Uolsh ketma-ketligidan foydalaniladi. Pilot-signal Uolsh funksiyasining nolli ketma-ketligida uzatiladi (hamma belgilar nollar).

KPSHSni qo'llash begona ob'ektlardan aks etgan signallarni ko'p kanalli qabul qilgichlar yordamida asosiy signal bilan qo'shish imkoniyatini beradi. Bu esa tizimning xalaqitdan himoyalanganligini oshiradi. Undan tashqari u abonentning bir nur ta'sir qilish zonasidan boshqasining ta'sir zonasiga aloqani yo'qotmasdan "yumshoq" o'tishni amalga oshirish imkonini beradi (9.12-rasm).



9.12-rasm. *Glo balstar* tizimning ishlash algoritmi

Rasmdan ko'rinib turibdiki, kanallarni vaqt bo'yicha va chastotali ajratish tizimlaridan farqli ravishda o'tishlarda abonent aloqasi ikkita nur bilan ulardan birining signal darajasi belgilangan miqdordan kamaymaguncha ushlab turiladi. Bunday algoritm boshqa tizimlarga xos bo'lgan o'tishlardagi chiqillashdan (shelchok) qutilish imkonini beradi va uzluksiz aloqa ehtimolligini oshiradi. Kanalda raqamli oqimli o'tkazish tezligi o'zgaruvchan (1200-9600 bit/s) bo'lib CDMA qabul qilgichi bilan birgalikda yuqori o'tkazish imkoniyatini, shuningdek so'zlashuv pauzasida rasmiy (buyruq) axborot signallarini uzatish imkoniyatini aniqlaydi. Tizimning yo'ldoshli retransiyatorlari abonent koordinatalarini 10 km hududda aniqlaydi, agar kordinatalar shlyuzli stansiyalar ishtirokida aniqlashsa, u holda aniqlik 300 metrgacha yetadi.

Abonentlik terminalari, qoidaga asosan universal bo'lib, aloqa xizmatlarini tavsiya qiladi va ob'ekt turgan joyini aniqlaydi va ular ikki turga bo'linadi: mobil va ko'chmas.

Mobil terminallar ixcham (portativ) va ular sotali aloqaning harakatdagi stansiyalari bilan birlashgan. O'z navbatida, ular quyidagi variantlarga bo'linishi mumkin:

- ikki modulli variant – *Glo balstar*. (GS) va AMPS;
- ikki modulli variant - GS va GSM;
- ikki modulli variant - GS va PSS;
- uch modulli variant - GS, AMPS va SDMA;
- standart abonentlik terminali –faqat GS uchun.

Portativ abonentlik terminalarning quvati 0.6 W, ko'chmasda esa- 3 W. *Glo balstar* tizimida yuldoshlararo aloqa mavjud emas, shuning uchun shlyuzli stansiyalar soni katta (bir necha yuzgacha). Shlyuzli stansiyalar tarkibiga bir-biriga o'xshash to'rtta qabul qilib uzatuvchi majmualar o'zlarining 3.4 m diametrlil kuzatuvchi parabolik antennalari bilan kiradi. TLF va peydjingli kanallarning ma'lumotlarni uzatish kanallarini tashkil qilish va saqlash, shuningdek harakatdagi ko'chma ob'ektlar koordinatalarini aniqlashni ta'minlash shlyuzli stansiyalarning asosiy vazifalari hisoblanadi. Bundan tashqari har bir abonentdan kelgan signal sathini o'lchaydi va uni bo'sag'aviy

signal bilan solishtiradi, so'ng abonentlik terminalga uning quvvatini oshirishga yoki kamaytirishga buyruq beradi.

Globarstar tizimining orbital qurilishi AQSh va G'arbiy Yevropa mintaqalariga moslashgan. Ko'rib chiqilgan harakatdagi ko'chma radioaloqa quyi orbitali yulduzli tizimlaridan tashqari ishlab chikarish bosqichidagi ko'plab boshqa "Gones", "Globsat" va h. k. kabi loyihalar mavjud.

### 9.5. Yo'ldoshli aloqaning o'rta orbitali tizimlari

Yo'ldoshli aloqaning o'rta orbitali tizimlari MEO yo'ldoshli aloqaning o'rta orbitali tizimlarida KA lar 5000-6000 km blandlikdagi orbitalarda joylashgan. Bunday yo'ldoshlarda ko'rish vaqti bir necha soatga yetadi va shuning uchun KA sonini 10-12 tagacha kamaytirish mumkin va undan tashqari abonentlik terminallari tagidan "kuzatadigan" burchaklarni oshiradi. Yo'ldoshlar og'irligi 1000 kg atrofida bo'ladi. Bunday MEO tizimlardan ko'proq mashhurlari Inmarsat, Odyssey. ELLIPSO hisoblanadi. MEO-tizimlari arxitekturalari afzalligi shundaki, yo'ldoshlar orbital guruhlar va abonentlik terminallaridan tashqari shlyuzli stansiyalarning radiochastotali, chiziqli kommutatsiyalovchi uskunalarining majmuasi mavjud bo'lib. ular KSAT ning mobil yoki turg'un abonentlarini TLF tarmoqidan umumiy foydalanish abonentlari va boshqa yerdagi tarmoqlar va xizmatlar, sotali radioaloqa tizimlari bilan bog'lashga mo'ljallangan.

**INMARSAT yo'ldoshli aloqa tizimlari.** Inmarsat dengiz yo'ldoshli aloqaning xalqaro tashkiloti birinchi Inmarsat-A tizimni 1982-yilda foydalanishga topshirdi va u safardagi dengiz kemalarini ishonchli aloqa bilan ta'minlashga mo'ljallangan. Keyinchalik bu tizimdan quruqlikdagi va havo xizmatlarida foydalana boshladi. Xizmatlar tijorat asosida amalga oshiriladi va o'z ichiga global telefonli, teletekstli, faksimal aloqani, ma'lumotlar almashinuvi va shaxsiy radio chaqiruvni o'z ichiga oladi. 1993 - yilda Inmarsat tizimini MEO va GEO orbital guruhlardan foydalanish asosida qurishga qaror qilindi. 1994 - yil may oyida har tomonlama taxlildan so'ng aloqa tizimi asosiga MEO konsepsiyasini qo'yishga va istiqbolli Inmarsat - R tizimlarini ishlab chiqish maqsadida keyingi tekshiruvlarni o'tkazishga qaror qilindi.

Loyihalashtirilayotgan Inmarsat - R tizimi  $i=45^\circ$  egilish bilan ikkita o'rta balandlikdagi orbitalarida joylashgan 10 ta KA dan foydalanish va quyidagi imkoniyatlarga ega bo'lishni ko'zda tutadi:

- global ishchi doiraga;
- yo'ldoshlarning baland burchaklari va bir vaqtning o'zida kuzatuvchi nazar doirasida joylashtirilgan yo'ldoshlar sonining ko'pligi;
- yo'ldoshlarning uzoq muddatli xizmatlari;
- orbital guruhlarini boshqaruvning ma'qul murakkabligi;
- loyiha oqilona narxi (\$2.4 mlrd).

Hozirgi davrda Inmarsat tizimi geostasionar orbitada joylashgan Atlantika, Tinch va Hind okeanlari ekvatoriyalariga to'liq xizmat ko'rsatish



imkoniyatlarini beruvchi 5 ta doimiy ishlaydigan yo'ldoshlar – retranslyatorlardan tashkil topgan.

### 9.6. Geostasionar yo'ldoshlardan foydalanuvchi aloqa tizimlari

Shaxsiy yo'ldoshli aloqa tizimi GEO geostasionar orbitada joylashgan yo'ldoshlar retranslyatorlar yordamida analga oshirilishi mumkin. GEO orbitasi balandligi 35875 km ni KA ko'chib yurishi tezligi esa yerning aylanish tezligiga mos keladi, shuning uchun yo'ldosh – retranslyator yerning oldindan tanlangan nuqtalari ustida “qimirlamay turib qoladi” va qo'yidagilarga imkon beradi:

- aloqa se'anisi vaqtida uzluksizlikni ta'minlashga;
- GEO dagi uchta KA dan tashkil topgan tizim bilan Yer chetki qatlamining 95 % ni qamrab olish;
- tizimni yo'ldoshlar aro aloqani tashkil etmasdan ishlash imkoniyati.

GEO orbitalarining kamchiliklaridan biri bu signal qabul qilish va uzatishdagi uzoq kechikishdir (300 ms). Ma'lumotlarni uzatishda signalning bunday kechikishi umuman sezilmaydi, ammo TLF aloqa vaqtida bu juda kuchli bilinadi va aloqa kanaliga yuqoridagi talablarda ma'qul bo'lmaydi.

Agar Yer ustki qatlamida hosil qilinadigan sotalar taxminan bir xil bo'lsa. GEO orbitalar asosida shaxsiy aloqa tizimlari qo'yi orbitali tizimlar xizmatlari bilan taqqoslanadigan xizmatlarni tavsiya qilishlari mumkin. Bunda yo'naltirilganlikning tor diagrammasini hosil qilish uchun kerak bo'lgan KA ning bortdagi antennalari katta bo'lishlari kerak. lekin ishlab chiqarilayotgan loyihalarning iqtisodiy samaradorligini baholashda aniqlovchi omil bo'lgan zamonaviy texnologiyalar imkoniyatlari chegarasida.

Shunga o'xshash muvaffaqiyatli ishlayotgan tizimlardan biri “Yamal” yo'ldoshli aloqa tizimi bo'lib. u Rossiyaning neft va gaz konlariga boy bo'lgan shimoliy mintaqalarida telekommunikatsiya tarmoqlarini rivojlantirish uchun. shuningdek dunyoning boshqa mamlakatlari bilan tezkor aloqani amalga oshirish uchun mo'ljallangan. 1977 yilda GEO orbitaga “Yamal” ning ikkita kichik bog'lovchi KA lari  $19^{\circ}$  g.d. va  $75^{\circ}$  sh.u. pozitsiyasida uchirildi. Rossiya va MDH mamlakatlari hududlarini to'liq qoplashni ta'minlash maqsadida yo'ldoshli guruh xuddi shu orbitada joylashgan bitta “Ekspress” KA bilan to'ldiriladi. KA tizimning qabul qilib va uzatishi uchun ikkita ko'p nurli antenalari bilan jihozlangan retranslyatorlari bor. Yuqoriga uzatish 4 GHz diapozonida. pastga uzatish esa 6 GHz diapazonida amalga oshiriladi. Mintaqalar aro xizmat ko'rsatish ko'p nurli aloqalar asosida ko'zda tutilgan bo'lib, yerdagi stansiyalarga o'zaro aloqa o'rnatish imkonini beradi.

“Yamal” tizimining yerdagi tizimlari 250 dan ortiq TLF xabarlari va ma'lumotlarni uzatish kanallarini ta'minlovchi 30 dan ortiq shlyuzli stansiyalarni o'z ichiga oladi. Shlyuzli stansiyalarda diametri 4-5 metr parabolik antennalar rasmiy tarmoqlar TLF aloqasi va ma'lumotlarni uzatish uchun diametri 3,5 metr antennalar qo'llaniladi. Tizim televizion signallarni o'tkazish polosasi 34 MHz zonada translatsiya qilish imkonini beradi. TV signallarni

MREG-2 standarti bo'yicha axborotlarni siqish bilan raqamli uzatish holatida bitta stvolda bir vaqtning o'zida televideniyaning 4 ta dasturini uzatish mumkin.

Ko'rib chiqilgan "Yamal" tizimidan tashqari hozirgi vaqtda "Bankir" yo'ldoshli tizimi ko'rsatadi va GEO "somsat" asosida shaxsiy aloqaning yo'ldoshli tizimini ko'rish konsepsiyasi ishlab chiqilmoqda.

Yaponiyaning Spase Communication Reasearch Corporation firmasi shaxsiy yo'ldoshli tizimlarda 26500...40000 MHz diapozonli KA lardan foydalanishni tavsiya qildi. Bunda KA bortida ko'p funktsiyali protsessordan kanallarni kommutatsiyalash uchun esa ko'p nurli antenadan foydalanish ko'zda tutiladi. Apparaturalarni ishlatish uchun texnik yechimlar topildi va KA diapozonida ishlaydigan arzon abonentlik terminallarining tajribali nusxalari yaratildi. KA diapozonlarini qo'llash antennalarning o'lchamini sezilarli kamaytirdi va yerdagi, ham bortdagi "yuqoriga" apparatlarida kanallarni bo'lish usuli FDMA "Pastga" esa TDMA dan foydalanish tavsiya qilinadi, bu har ikkala radio liniyada bortdagi retranslyatordan samarali foydalanishga imkon beradi.

"Yuqoriga" 50.4-51.4 GHz diapozon ajratilgan : "Pastga" 39.5 – 40.5 GHz diapozon ajratilgan.

Uzatish tezligi "Pastga" 64 kbit/s ni, "Yuqoriga" esa 144 kbit/s dan ko'prog'ini tashkil qilishi lozim.

Modulyatsiyalash usuli minimal chastotali siljish bilan (MSK yoki GMSK) tanlangan, axborotlarni uzatish kanallarini tarqoqligi esa 150 kGs.

### *Nazorat savollari*

- 1. YeSY orbitalarini tashkil qilish tamoyillari nimalardan iborat?*
- 2. YeSY orqali aloqa tizimlarining fazilatleri va ishchi chastotalar diapazonini tanlash.*
- 3. Yo'ldoshli aloqa tizimlarning sifat ko'rsatkichlari va yo'ldoshli tizimlarning energetik hisob-kitobi.*
- 4. YeSY da ko'p stansiyali foydalanishning qanday ajzalliklari mavjud?*
- 5. Yo'ldoshli aloqa tizimlari uskunalarining muhim tomonlari nimalardan iborat?*
- 6. Yo'ldoshli shaxsiy radio aloqa tizimlarining tuzilish tamoyillarini tushuntiring.*
- 7. Yo'ldoshli shaxsiy aloqa tizimlarining tuzilish strukturasi keltiring.*
- 8. Yo'ldosh – retranslyatorning ununlashtirilgan strukturaviy sxemasini keltiring.*
- 9. Yerdagi foydalanish segment ishini tushuntiring va KA larni uchirish tizim va aloqani boshqaruv markazlari – shlyuzli stansiyalar qanday vazifalarni bajaradi?*
- 10. Yo'ldoshli aloqaning qo'yi orbitali, o'rtta orbitali va geostasionar tizimlarning ishlashini tushuntiring.*

## 10. SOTALI RADIOALOQA TIZIMLARI

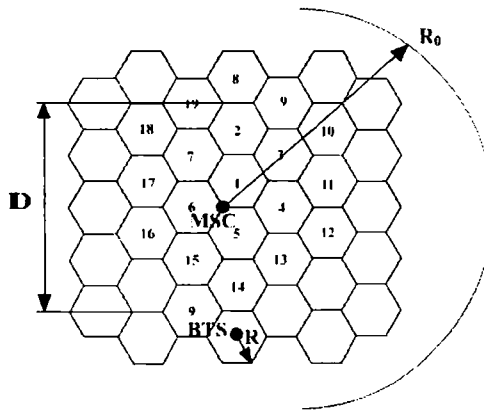
### 10.1. Sotali aloqa tizimining rivojlanish bosqichlari. Sotali aloqa tizimining ishlash prinsipi

Harakatdagi ob'ektlar bilan radioaloqa tizimlariga yildan-yilga ehtiyoj oshgan sari ular quyidagicha bo'linadi:

- Shaxsiy radiochaqiriq tizimlari (Paging Systems);
- Professional (shaxsiy) ko'chma radioaloqa tizimlar (PMR, PAMR);
- Ko'chma sotali radioaloqa tizimlari (Cellular Radio System);
- Simsiz tele fonlar tizimi (Cordless Telephony);
- YeSY vositadagi shaxsiy aloqa tizimi.

Hozirgi vaqtda hamma joyda peydjning tizimlari o'rini sotali aloqa tizimlari egallamoqda.

Radiusi  $R_0$  bo'lgan KSRAT ning xizmat ko'rsatish hududi shartli ravishda radiusi  $R$  ga teng bo'lgan aylanalarga bo'linadi (10.1-rasm).



10.1-rasm. KSRAT xizmat ko'rsatish hududi

Sotaning (katakcha, uya, ko'z) ideal shakli aylana bo'lsa ham, elektromagnit maydonlarning tarqalishini va ularning o'zaro ta'sir hisoblarini soddalashtirish maqsadida mazkur maydon to'g'ri olti burchak sifatida asos qilib olinadi. Ammo real holatda, hudud reliefi, imoratlar va boshqa omillar tufayli sota to'g'ri aylana shakliga ega emasdir.

Har bir sota da joylashgan BTS ga MS dan chaqiriq kelib tushganda, shu sota ko'lamidagi ko'chma abonentlarga xizmat ko'rsatishga binoan band bo'lmagan chastota kanalini taqdim etadi. KSRAT kommutatsiyalash tizimi barcha BTS lami bir-biri bilan tutashishini hosil qiladi, shuningdek odatdagi TLF tamog'iga chiqishni ham ta'minlaydi. O'z navbatida kommutatsiyalash

tizimi SS kabi bir joyga mujassamlangan yoki taqsimlangan bo'lishi mumkin. Ikkinchi variantdan foydalanish paytida bunday ko'rinishdagi xizmatlarga boshlang'ich sarflar kamayadi. Bunday holatda kommutatsiya uzellari BTS da joylashtiriladi. Qabul qilish-uzatish apparaturasi bilan jihozlangan har bir BTS ga chastotali kanallar to'plami taqdim etiladi. Shu bilan birga himoya intervali  $D$  bilan ajratilgan barcha BTS larda xuddi o'sha kanallar takroriy ishlatiladi. Bu esa KSRA T ning asosiy prinsipi bo'lib tizimning yuqori darajadagi chastotaviy samaradorligini belgilaydi. Har xil chastotali kanallarni ishlatuvchi chegaradosh qo'shni BTS lar  $C$  – stansiyalardan tashkil topgan guruhni tashkil qiladi (10.2-rasm). Tizimning (klaster) chastotaviy parametri bo'lib  $C$  kattalik hisoblanadi, chunki u KSRA T kanallarining mumkin qadar minimal sonini aniqlaydi. Agar har bir BTS dagi to'plam  $F_k$  polosali  $L$  kanallardan tashkil topgan bo'lsa, unda uzatish yunalishidagi KSRA T polosasining kengligi  $F_c = F_k C$  bilan aniqlanadi.  $R_0$  – radiusli xizmat hududidagi BTS lar soni  $L$  esa taxminan quyidagicha aniqlanadi:

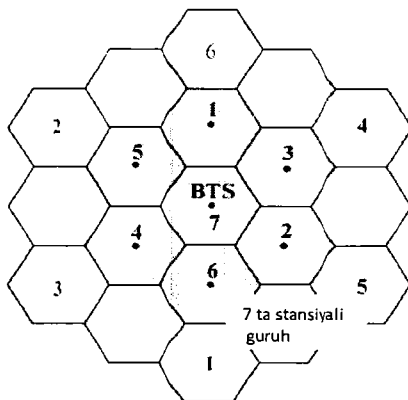
$$L = 1,21 (R_0/R)^2$$

Bundan kelib chiqqan holda xizmatdagi butun hudud bo'yicha faol abonentlar soni  $N = L \ell$ , bilan aniqlanadi, chastota spektrining foydalanish samaradorligi esa:

$$B = N/F_c = L/F_k C = 1,21 R_0^2 / F_k C R^2$$

bilan aniqlanadi.

Ya'ni u  $B$  to'plamdagi kanallar soniga bog'liq emas va sota radiusining kamayishi bilan oshib boradi. Bundan kelib chiqadiki, qanchalik sotaning radiusi  $R$  kichik bo'lsa, chastotalarni shuncha tez tez takrorlash mumkin ya'ni ularning baravar ishlatilishini (foydalanishini). Bundan tashqari chastota parametri  $C$  ning kichikroq qiymatini tanlab olish zarur.



10.2-rasm. Chegaradosh qo'shni stansiyalar guruhi

Sotaning shakli 6 burchakli deb qaralganda C bilan himoya intervali D (takrorlanuvchi chastotalarga ega sotalar aro masofa) qiymatlarining optimal bog'lanishini quyidagichadir

$$C = (D/R)^2 / 3.$$

Bundan tashqari. 6 burchak shakldagi sota MS uzatgichining quvvati chegaralangach va chastotaviy kanallarning taqsimlanishini muntazamlash imkoni bor tizimlarida doiraviy zonaning eng yaxshi aproksimatsiyalanishini ta'minlaydi.

Ko'rib chiqilgan hududiy ikki o'lchovli qoplash sxemasi bir chiziq bo'yicha uzun zanjir shaklida sotalarning joylashish sxemasidan bir muncha farq qiladi. Chiziqli joylashtirish radial yunalishlga qaraganda, masalan avtomagistrallar buylab tizimlar qurishda ko'proq e'tiborga sazavordir. Bunda chastota kanallarining minimal zarur soni  $C=D/2R$  bilan aniqlanadi.

Ishlatish (foydalanish) tajribasi va hisoblashlar shuni ko'rsatadiki. R va D/R nisbatning kamaytirilishi KSAT da yuqori o'tkazuvchanlik imkoniyatini va chastotaviy samaradorligiga erishishni ta'minlaydi. Ammo, sota radiusini haddan tashqari kamaytirish abonentlarning ko'chishida sotaning shartli chegaralarini kesib o'tish soni juda ko'payib ketishiga olib keladi. Shu tufayli qayta ishlashni talab qiluvchi ma'lumotlar oqimi oshadi. bu esa boshqarish va kommutatsiya quyi tizimlarining o'ta yuklanishiga olib keladi, va natijada tizimning ishlamay qolishiga olib kelish mumkin. Bundan tashqari R ning kichik qiymatlarida, hududning real sharoitlarida BTS antenasining aniq joylanishi holatidan chetlanishi mumkin.

Hisoblashlar ko'rsatadiki. R=1.6 km bo'lganda. BTS antenasining geometrik markaziga nisbatan radiusning to'rt dan bir masofaga o'z joyidan siljishi qabul qilgich kirishidagi signal/xalaqit nisbatining 10% kamayishiga olib keladi.

D/R qiymati o'zaro xalaqitlarning belgilangan satxi bilan aniqlanadi. D/R qiymatlari kamaygan holda, qabul qilishning xalaqitbardoshligini yuqori darajada saqlash maqsadida maxsus chora ko'rish talab qilinadi.

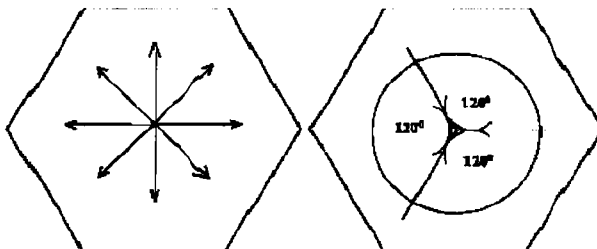
Qabul qilishda xalaqit bardoshlikni oshirish usullardan biri yunaltirilgan antennalardan foydalanishdir.

Masalan. AMPS (AQSh) tizimida yo'naltirilmagan antenna o'rniga 3 ta 120° antennalarni qo'llash natijasida qabul qilgich kirishidagi belgilangan signal/xalaqit nisbat chastotaviy parametmi  $C=7$  ( $C=12$  yo'naltirilmagan antennalar uchura) qiymatgacha kamaytirish imkonini beradi (10.3-rasm).

Kanallarning taqsimlash usullaridan biri bo'lib ikkilangan struktura hisoblanadi. Bu usulning eng sodda qoidasiga binoan BTSga  $k, k+1, k+C$  nomli kanallar to'plami ajratiladi. Bu yerda k stansiyalar guruhidagi BTS ning nomeri. Stansiyalar guruhidagi turli xil to'plamlar ishlatiladi, ya'ni  $k=1,2...C$

Masalan 3 raqami bilan belgilangan  $l=7$  sotalarda 3.10.17.24... va h.k. kanallar ishlatiladi.

Yo'naltirilgan antennalari bor tizimda simvollararo xalaqitlarni yo'qotishning yanada samarali usullaridan biri – bu qo'shni kanallar antennalarini kerakli fazaviy sozlab yo'naltirishdir.



10.3-rasm. AMPS tizimidagi antennalar

Shunga o'xshash boshqa chastotaviy rejalar usullari (taxminan) simvollararo xalaqitlar satxini ta'minlaydi taxminan xuddi o'sha natijani beradi.

Chastotaviy kanallarning taqsimlashlarida tayinlangan (fiksirlangan) usuldan farqli dinamik taqsimlash yo'li ham mavjud. Bu usuldan foydalanishdan asosiy maqsad kanallardan samarali foydalanishdir va shu kanalning barcha sotalari band bo'lgan holda chaqiriqning blokirovka ehtimolligini ham pasaytirishdir.

Bu chog'da aloqa seansi vaqtida barcha kanallari band bo'lgan BTS larga qo'shni sotalarning kanallari taqdim etiladi.

Kanallarni taqsimlashda gibrid usullardan ham foydalanish mumkin. Bundan tashqari har bir BTS ga tayinlangan kanallar to'plami ajratiladi va dinamik taqsimlangan kanallarning bir nechta son birlashtiriladi. Bunday tuzilishni tashkil etishda chaqiriqning blokirovkalanish ehtimolligi kanalda mavjud bo'lgan yuklanishga, hamda tayinlangan va dinamik kanallar sonlari orasidagi nisbatga ham bog'liq bo'ladi.

Dinamik va gibrid taqsimlashning muhim afzalligi shundan iboratki, bitta kanalga to'g'ri keladigan TLF yuklanish zichligi doimiy bo'lmasa, uni bir tekis meyorga keltirish imkonini beradi. Tayinlangan taqsimlashda esa bu yacheyka radiusini kamaytirish yo'li bilan erishiladi, hamda trafik yuqori bo'lgan joylarda BTS dagi kanallar sonini oshirish hisobiga.

Shunday prinsip asosida tizimning daslabki ishga tushirilishi amalga oshiriladi. Ya'ni avval katta yacheykali bir nechta BTS ishga kiritiladi, so'ng asta sekin sota panjarasini katagini parchalash yo'li bilan tizim mukammal o'tkazish qobiliyat rejimiga o'tadi.

KSRAT ni loyihalash chog'ida faqatgina chastota bo'yicha rejalarini o'rganish muhim ahamiyatga ega bo'lib qolmay. Shahar ichida va shahar atrofidagi zonalarda UQT tarqalishini ham tadqiq qilish zarurdir.

Shahar va qishloqqa oid joylarda UQT tarqalishi ustidagi ko'p sonli eksperimental tadqiqotlar mavjud.

Shahar va qishloqqa oid joylarda qaerda ko'p marotaba akslanish mumkin (ko'p nurlilik), UQT tarqalishiga doir ko'p marta o'kazilgan

eksperimental tadqiqotlar ko'rsatadiki, to'liqning so'nishi sezilarli darajada faqat BTS antenmasining balandligi  $K$  ga bog'liq va balandlikni oshirgan sari u kamayadi. Bundan tashqari signalning quvvati antenalararo masofaga bog'liq ravishda deyarli bir xil o'zgaradi.

KSRAT ga bir tomondan o'rindosh kanallar sotalarining o'zaro xalaqitlari tufayli va boshqa tomondan, kanallar xalaqitlar mavjudligi sababli hosil bo'ladigan tizim ichidagi xalaqitlar ham mansub. O'zaro xalaqitlar sathi tarmoqning tanlab olingan  $C$  va  $D$  parametri bilan aniqlanadi. Bu parametrlar aniq berilgan o'tkazish imkoniyatda va belgilangan chastota polosada xalaqit qiluvchi stansiya sonini aniqlash imkonini beradi. Agar BTS larning umumiy soni uncha katta bo'lmasa, ya'ni  $L$  sezirarli ravishda  $C$  kattalikdan oshmasa, unda tizim ichida bitta yoki bir nechta xalaqit qiluvchi stansiya bo'lishi mumkin.

Tizim ichida o'zaro xalaqitlarni hisoblashning har xil turdagi uslublari mavjud. Bunday uslublar bilan hisoblash natijalari deyarli bir xil.

Bunday hisoblash tahlili shuni ko'rsatadiki, xalaqitga bardoshlikni oshirish va spektrdan samarali foydalanish uchun BTS dagi abonentlarni  $120^\circ$  yo'naltirilgan qilib o'rnatish maqsadga muvofiqdir. Bunday vaziyatda olti burchakli sotaning bir burchagida joylashtirilgan har bir BTS ga uch sektorli antenna o'rnatiladi. Natijada birdaniga uchta sotani bitta BTS qoplaydi. Har bir sotadagi uchta BTS ning uch sektori mos kelganligi tufayli BTS larning umumiy soni tizimdagi sotalar soniga tengdir. Yomonroq holatda, ya'ni  $MS$  olti burchakli sotaning bir burchagida joylashib qolgan paytda  $C=1$  qabul qilgich kirishidagi signal/xalaqit nisbati  $1,7$  dB kattaligigacha oshadi.

Umuman olganda, yunaltilgan nurlanish KSRAT dagi o'zaro xalaqitlarni kamaytirishning samarali chorasidir.

## 10.2. Ko'chma sotali radioaloqa tizimlari standartlari

Birinchi avlod (1G) analogli KSRAT larning 9 ta asosiy standartlari ma'lum. Shularning ichidan O'zbekiston Respublikasida NMT-450 va AMPS ekspluatatsiyalangan.

Ko'chma sotali radioaloqa tizimga moslangan NMT-450 analog standarti Daniya, Finlyandiya, Norvegiya va Shvesiya Aloqa Ma'muriyatlarining birligida avtomatik ko'chma telefon aloqa tizimini tashkil qilish maqsadida ishlab chiqilgan va 1981 yili kommersiyali ishga tushirilgan. Bu standartning ko'chma stansiyalari tizimining barcha tayanch stansiyalari bilan to'la moslashgan bo'lib shunga muvofiq mamlakatlar ichida ishlashi mumkin bo'lgan.

---

AMPS standartidagi ko'chma sotali aloqa tizimi eng avval 1979 yil AQSh da ishga tushirilgan. Bu tizimda yunaltilish diagrammasi  $120^\circ$  kenglikka ega bo'lgan antennali tayanch stansiyalar qo'llanilgan, va ular sotalarning burchagida joylashtirilgan. Tayanch stansiyalar kommutatsiya markazlariga simli liniyalar bilan ulanadi. Bu liniyalar orqali nutq signallari va xizmat axboroti uzatiladi. Ammo, analogli KSRAT lar ko'p sonli nuqsonlarga ega

bo'lganligi tufayli axborot texnologiyalarning zamonaviy rivojlanish darajasini qoniqtirmadilar va bu kamchiliklarning asosiy lari:

- "standartlarning moslanmasligi";
- ishlash zonasining cheklanganligi;
- aloqa sifati pastligi, xabarni maxfiylashtirish;
- ma'lumotni sekretlash va integrallashgan xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoq IXKRT (ISDN) bilan o'zaro ishlash va ma'lumotlarni paketli ravishda uzatish (PDN) imkoniyatlari yo'qligi.

Analog standartlar imkoniyatlarining cheklanganligi sabab, butun jahon bo'yicha foydalanuvchilar o'sishining tobora kamayishi kuzatila boshlandi. 80 yillarda rivojlangan mamlakatlarda perspektiv raqamli KSAT qurish prinsiplarini jadal o'rganishga kirishdilar va radiuslari 35 km gacha bo'lgan sota va makrosota topologiyalarga ega bo'lgan tarmoqlar tizimining uchta standarti ishlab chiqildi (10.1-jadval).

10.1-jadval

*Tarmoqlari makrosota topologiyali tizim standartlari*

Standart tavsiflari	GSM, DCS-1800, PCS -1900	D-AMPS	JDS
Foydalanish usuli	TDMA (KVAKF)	TDMA (KVAKF)	TDMA (KVAKF)
Chastota tarqoqligi	200kHz	30kHz	25kHz
Tashuvchidagi nutq kanallarining sifati	8 (16)	3	3 (6)
Nutqni o'zgartirish tezligi	13 kbit/s (6.5kbit/s)	8 kbit/s	11,2 kbit/s (5.6 kbit/s)
Nutqni o'zgartirish algoritmi	RPE-LTP	VSELP	VSELP
Umumiy uzatish tezligi	270 kbit/s	48 kbit/s	42 kbit/s
Tarqoqlash usuli	chastota bo'yicha sakrash	saralash	saralash
Nutq kanalinig ekvivalent chastota polosasi	25kHz (12.5kHz)	10kHz	8.3kHz; 4.15kHz
Modulyatsiya turi	0.3 GMSK	p/4 DQPSK	p/4 DQPSK
Talab etiluvchi nisbat tashuvchi/interferensiya (C/I)	9dB	16dB	13dB
Chastotalarning ishchi diapazoni	935-960 MHz 890-915 MHz	824-840 MHz 869-894kHz	810-826 MHz 840-956 MHz 1429-1441 MHz 1447-1489 MHz 1453-1465 MHz 1501-1513 MHz
Sota radiusi	0,5-35km	0,5-20 km	0,5-20 km



GSM – unumevropa standarti;  
ADS(D-AMPS) – Amerika standarti;  
JDS – Yaponiya standarti.

GSM – jahondagi raqamli KSRAT ning birinchi standarti bo'lib 900 MHz diapazonida barpo etilishi ko'zda tutiladi va DCS-1800 (diapazon 1800 MHz) KSRAT standartining negizi hisoblanadi. GSM standarti shimoliy Amerikada 1900 MHz diapazonida ham amalga oshiriladi.

Yuqorida qayd etilgan raqamli KSRAT larga doir standartlar o'zining tavsiflari bilan bir biridan farq qiladi, ammo ular yagona birlashgan prinsiplar va konsepsiyalar asosida qurilgan va zamonaviy axborot texnologiyalari talabiga javob beradilar. GSM dagi ishlab chiqilgan tizim va texnik yechimlar boshqa barcha perspektiv raqamli KSRAT lar uchun foydalanilishi mumkin. Birinchi navbatda bunday yechimlarga qo'vidagilar kiradi:

- intellektual tarmoq prinsiplari asosida GSM tarmoqlarini barpo etish;
- KSRAT tizimlarining ochiq modellarini keng tarqatmoq;
- Chastotalardan takroriy foydalanishning yangi samarador modellarini

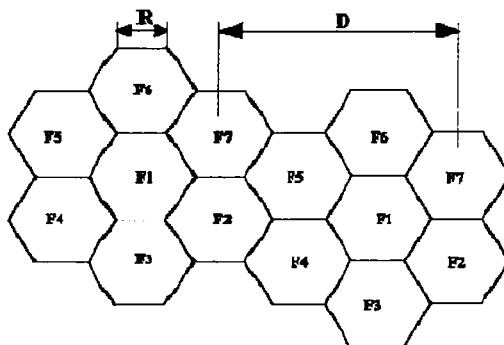
joriy qilish:

- kanallarni vaqt bo'yicha ajratish bilan ko'p stasion foydalana olish – KBAKF (TDMA);
- paketlangan ma'lumotlarni qabul qilish va uzatish rejimlarini vaqt bo'yicha ajratish;
- signallarning tinishlari bilan kurashda effektiv uslublarni qo'llash;
- to'g'ri burchakli va diagonalli oralatmoq bilan birgalikda blokli va svertkali kodlashni qo'llash;
- mantiqiy aloqa kanallarini va boshqarishni dasturiy shakllantirish;
- modulyatsiyaning spektral samarador uslubidan foydalanish;
- yuqori sifatli past tezlikli nutq kanallarini ishlab chiqish;
- uzatiladigan ma'lumotni shifrlash va foydalanuvchi ma'lumotini yopish (maxfiy lashtirish).

### 10.3. Raqamli KSRATni barpo qilish tamoyillari

Raqamli KSRATlar sotali tarmoqlarni tashkil etishda ananaviy tarmoqlarga qaraganda chastotaning takror ishlatilishini samaradorlikroq modelini tadbiiq qilish inkoniyatini beradi. Natijada aloqa tizimining umumiy chastota polosasini ko'paytirmasdan bir sotaga taalluqli kanallar soni ancha ortadi. Birinchi navbatda aytilgan ibora GSM standartiga taalluqli. GSMda ~~qabul qilingan modulyatsiya turi aloqa kanalidagi signallari kodlash va~~ shakllantirish uslublari signal/xalaqit nisbati 9 dB teng bo'lgan signalni qabul qilishini taminlaydi. Analog tizimlarda esa bu ko'rsatkich 17-18 dB ta teng. Shu sababli mos tushuvchi chastotalarda ishlovchi BTS larning uzatgichlari ancha yaqin bo'lib joylashgan sotalarda qabul qilish sifatini yo'qotmasdan o'rnat mumkin. Analogli KSRATlarda qo'llanilgan chastotani takroriy ishlatish modellaridan birinchilari bo'lib tayanch stansiyalarda doiraviy yo'naltirilgan diagrammali (YD) antennalar edi. Raqamli KSRAT tarmoqlaridagi doiraviy YD

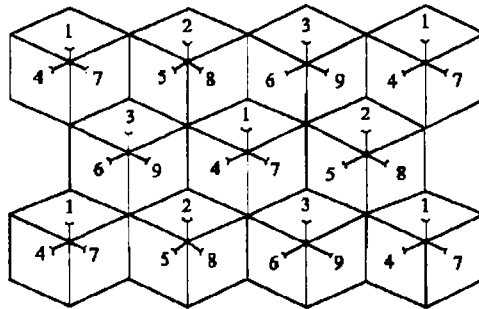
antennalari bor sotalar uchun chastotani takroriy foydalanish modeli qo'llaniladi va ular 7 yoki 9 soti o'z tarkibiga oladi. 10.4-rasmda 7 sota uchun chastotaning takroriy foydalanish modeli keltirilgan. Bu modelda doiraviy YDli antennalar qo'llanilishi faraz qilinadi va bunda BTSning signal nurlanishi hamma tomonga bir xil bo'ladi. O'z navbatida, abonent stansiyalar uchun hamma tomondan kelayotgan xalaqitlarni qabul qilishiga ekvivalentdir. Mos tushgan chastotaviy kanallar bo'yicha xalaqitlarni pasaytirish maqsadida sektorli antennalar foydalaniladi. Yo'naltirilgan antennaning sektorida signal bir tomonga nurlantiradi, teskari tomonga nurlash sathi esa minimal darajaga kamayadi. Sotalarni sektorlash xalaqitlar sathini pasaytirish bilan birga bir vaqtning o'zida sotalardagi chastotalarni tez-tez takrorlash imkoniyatini beradi.



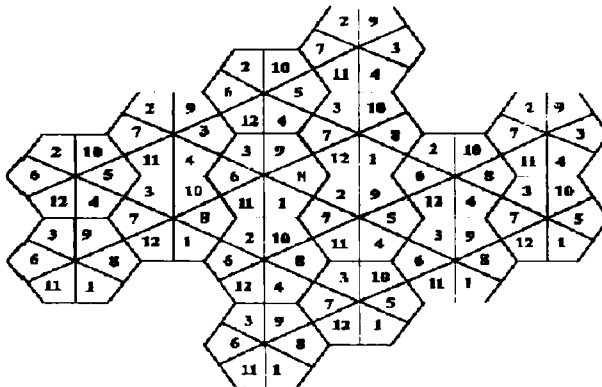
10.4-rasm. 7 ta sota uchun chastotani takroriy ishlatish modeli

Hammaga ma'lum bo'lgan chastotalardan takror foydalanish modeli sektorlangan sotalarda o'z tarkibiga uchta sota ya'ni uchta BTSni kiritadi. Bu holda 10.5-rasmda tasvirlangan 9 ta chastotalar guruhini shakllovchi uchta 120° gradusli antennali BTS qo'llaniladi.

Motorolla (AQSh) firmasi ishlab chiqqan chastotalardan takror foydalanish modeli o'z tarkibida ikki BTSga ega bo'lib, chastota polosasidan foydalanishda eng yuqori samaradorlikni ta'minlaydi, ya'ni tarmoqning ajratilgan polosasida abonentlarning eng ko'p soniga amal qiladi. Kanallarni taxsimlash sxemasiga asosan to'rtta BTSli modelni qo'llashda har bir chastotadan takroriy ikki marotaba foydalaniladi. Buning evaziga 4 ta BTSning har biri oltita 60° gradusli antennalarning xizmat ko'rsatish ko'lamida 12 ta guruh chastotalarida ishlashi mumkin(10.6-rasm).



10.5-rasm . Sektorlangan sotalarda chastotalarni takroriy ishlatish modeli



10.6-rasm. Tarkibiga ikkita BTS kiruvchi chastotalarni takroriy ishlatish modeli

Masalan umumiy polosasi 7.2 MHz (36 chastotalar) bo'lgan GSM tarmog'ida chastotalardan takroriy foydalanishli 2 ta BTSli model bir vaqtning o'zida bitta BTS dagi 18 ta chastotalarda baravariga ishlash inkonini beradi (uchta BTSli modelda bunday chastotalar soni 12 xolos). Tarmoq sig'imi 50 % oshadi, ammo aloqa kanalining blokirovka ehtimolligining avvalgi qiymatini ta'minlash maqsadida bu ko'rsatgichni 40 % pasaytirish (kamaytirish) lozim.

Mavjud bo'lgan sotalar tuzilishi va chastotalarni takroriy foydalanish sxemalari xarakterdagi ko'chuvchi abonentlarning turar joyini, mavzesini oldindan bilish qiyin va kutilmagan tasodifiy bo'lgan shartlar asosida ishlab chiqilgan.

Hozirgi paytda intellektual antennalar tizimini qo'llash asosidagi ko'chma aloqada yangi yo'nalish rivojlanmoqda. Bunday antennalar o'zining yo'naltirilish diagrammasini signal protsessorlari komandalariga (buyruqlari) qarab nurlanuvchi signalning manbasi tomoniga avtomatik ravishda sozlanadi.

Intellektual antennalar tizimini barpo etishning ikkita usuli ma'lum bo'lib, bular nurlarni kommutatsiyalash va yo'naltirilish diagrammasini adaptatsiyalashga asoslangan. Har ikki usul abonent stansiya yo'nalishiga qaratilgan antennaning kuchaytirish koeffitsientini oshirishga asoslangan. Bu yerda faqat adaptiv antennalar maksimal kuchaytirish koeffitsientini va minimal kanallarning xalaqit sathini ta'minlaydi.

Intellektual antenna bir nechta faza va amplituda bo'yicha tahlil qiluvchi analizator qurilmalarning elektron sxemalari bilan birlashtirilgan antennalardan iborat. Antennaning har xil elementlariga kelib tushgan qabul qilinuvchi signalni tahlil qilish natijasida qabul qilishning optimal yo'nalishi hisoblanadi. Qabul qilinuvchi signalning chastotasini va ba'zi boshqa parametrlarini hisobga olgan holda vaqtning real mashtabida signal protsessor antenna yo'naltirilishining jamlangan diagrammasini shakllantiradi.

GSM, DECT va h.k. standartlarga mansub bo'lishidan mustasno intellektual antennalar tizimlarini sotali aloqaga tadbiiq (joriy) qilish istiqbolli deb hisoblanadi. Bularning qo'llanilishi yuklanish oshishi bilan sotalarning katta-kichikligini kamaytirishini talab qilmaydi. Sotali aloqa tarmog'ining sig'imini oshirish uchun bunday holda yangi qurilma vositalarni va taalluqli dasturlashni tadbiiq etish bilan erishish mumkin. Bunday usullarning biri bo'lib mikrosota tarmoq tuzilishiga o'tish hisoblanadi.

Raqamli (GSM, DECT va h.k.) standartlarni tadbiiq va qabul qilish makrosotali tuzulish tarmog'idan mikrosotaliga o'tishga imkon beradi. Radiusi bir necha yuz metr ko'lamda ularning sig'imi makrosotaga nisbatan 5-10 barovar oshirilishi mumkin. Bundan tashqari shaxsiy aloqa tashiiq qilishda asosiy bo'lib hisoblanuvchi portativ radiostansiyalar bilan bir qatorda mavjud bo'lgan raqamli KSRAT standartlarining abonent radiostansiyalari qo'llanilishi mumkin.

KSRAT mikrosota tuzilishi (strukturasi) makrosota bilan uyg'unlashadi. Mikrosotalar uchun ko'chalar bo'ylab, binolarga, xonalarga (do'konlar, aeroportlar, vakzallar va h.k.) xizmat qiluvchi kam quvvatli bo'lgan BTSlar foydalaniladi.

Mikrosotali struktura bu – umumiy kontroller yordamida boshqariluvchi va o'zaro 60 kbit/s tezlikda ishlaydigan liniya yordamida ulangan makrosota tayanch stansiyasi qurilmasining takomillashtirilishi deb ataladi.

Mikrosotalar asta sekin ko'chuvchi abonentlar, masalan, piyodalar va harakatsiz avtomobillar tomonlaridan hosil bo'ladigan yuklamani o'ziga oladi.

Mavjud bo'lgan makrosotali tarmoqlardan barpo etiluvchi mikrosotali ko'chma radioaloqa tarmoqlarini qurish prinsiplarining (negizlarining) farqi, umumiy tushunishda chastota rejalashtirish va "Estafetali uzatish" (handover) mexanizmining yo'qligidan iborat.

Chastota rejalarini taqsimlashni mikrosotalarda amaliy qo'llab bo'lmaydi, chunki radioto'lqinlarning tarqalish sharoitini oldindan aniqlash va sotaning xalaqitlariga baho berish qiyin. Undan tashqari, kanallarning tayinlangan taqsimlanishida chastota spektrining foydalanish samaradorligi past bo'ladi. Shu sababli mikrosotali aloqa tarmoqlarida aloqa kanallarining avtomatik adaptiv taqsimlanishi qo'llaniladi (AAT). Masalan, Yevropa standarti DECTda umumiy foydalanish simsiz telefon raqamli tizimlarida bunday taqsimlash amalga oshirilgan. AATning muhim afzalliklaridan biri bo'lib aloqa tarmoqning sig'imini oshirish hisoblanadi, chunki bu holatda bog'lovchi liniyalarning ishlatishida samaradorlik yo'qotishlar bo'lmaydi, kanalning takroriy ishlatilishi esa xalaqitning maksimal emas, balki o'rtacha sathiga bog'liq.

Sotalarning o'lchamlari kamaygan sari mikrosotali tarmoqlarda oddiy telefon ulanish jarayonida BTSlararo almashlab ta'minlash uchun tez ishlovchi almashlab ulovchi (handover) yangi algoritmlar klassiga mansub bo'lgan majburiy almashlab ulanishlar algoritmi KSRATning markazlashtirilgan algoritmiga qaraganda ancha tez ishlaydi. Mikrosotali (strukturadi) tuzimlarda almashlab ulanishda zarur bo'ladigan radiokanal sathini o'lchash mobil stansiya bilan amalga oshiriladi. Mobil stansiya o'lchash natijalarini BTSga uzatadi. Mobil aloqa kommutatsiya markazi almashlab ulanishlar amalda bajarilmaganga qadar ishga tushmaydi.

Birinchi bo'lib mikrosotali tuzim tarmog'i umumiy foydalanish telefon tizimlarida (Cordless telephone) amalga oshirilgan. Hozirgi vaqtda bu tuzim GSM standarti radiointerfeysining moslashuvini ta'minlovchi Yevropadagi DCS-1800 standarti asosida yaratiluvchi shaxsiy aloqa (PCN) konsepsiyasi ko'lamidagi tarmoqlarni amalga oshirishda foydalaniladi. Shaxsiy aloqani amalga oshirishda tarmoqlar tuzimiga radiusi 10-60 mbo'lgan pikasotalar kiritiladi. Pikasotalar aholisi zich bo'lgan shahar tumanlari va yopiq zonalar (ofislar, turar joylar, yer osti garajlar va h.k.) abonentlariga xizmat ko'rsatish uchun mo'ljallangan. Pikasota KSRAT sig'imini oshirishdagi yana bir yirik qo'shilgan hissadir.

#### 10.4. Sotali harakatdagi analog tizimlar

GSM standartidagi ko'chma aloqaga CEPT 1980 yilgi tavsiyasiga muvofiq 862-960 MHz diapazonda chastota spektri ajratilgan. Ko'chma stansiyalar uzatgichlariga 890-915 MHz diapazon va tayanch stansiyalar uzatgichlariga 935-960 MHz diapazon ajratilgan.

GSM standartida tor polosali ko'p stansion foydalanish (NB TDMA) kombinasion usul qo'llaniladi (VTRF+ChTK). Kadr tuzulishida 124 ta tashuvchilarining har biriga ajratilgan 8 ta vaqt pozitsiyalari bor (hammasi  $124 \times 8 = 992$ ). Axborotli paketni uzatishda xalaqitbardoshlikni oshirish uchun blokli va svertkali ko'chuvchi kodlash usuli qo'llaniladi. Ko'chma stansiyalarning kichik tezlikda harakatlanishdagi ko'chuvchi kodlash samaradorligini aloqa seansi jarayonida ishchi chastotalarni asta sekin sekundiga 217 sakratib o'zgartirish yo'li bilan oshiriladi.

Ma'lumki shahar sharoitida radioto'lqinlarning ko'p nurli bo'lib tarqalishi evaziga qabul qilish, signallarning interferensiyasini tinishtirish paydo bo'ladi. Bunday yuz beruvchi hodisa bilan kurashish maqsadida ushlanish vaqtining 16  $\mu$ s ga o'rtacha kvadratik og'ishli impuls signallarini to'g'irllovchi ekvalayzerlar qo'llaniladi. Qo'llaniluvchi sinxronizatsiya tizimi signalning 233  $\mu$ s gacha, (ya'ni so'zning maksimal radiusiga 35 km teng masofani to'liq bosib o'tishi kerak) bo'lgan, absolyut kechikish vaqtini kompensiyalashini ta'minlaydi.

GSM standartida minimal chastotaviy siljishli Gauss chastota bo'yicha manipulyatsiya (GMSK) ishlatiladi. So'zlashuv signali nutqni uzluqli uzatish (DTX) yo'li bilan qayta ishlanadi. Bunday holatda uzatgich faqat signal mavjud bo'lgandagina ulanadi, pauzalarda va so'zlashuv so'ngida uzatgich o'chiriladi. Buning uchun tartibli impuls uyg'otishli nutq koderi qo'llaniladi. Bu qurilma chiziqli predikativ kodlashga, uzoq vaqtli oldindan aytish va qoldiqli impuls uyg'otishga asoslangan (PRE/LTR-LTR -kodek). So'zlashuv signalining umumiy o'zgartirish tezligi – 13 kbit/s. GSM standartida aloqaning maxfiyligini ta'minlash maqsadida ochiq kalitli algoritmi bo'yicha shifrlash qo'llaniladi.

Umumiy holatda GSM standarti foydalanuvchilarga keng ko'lamli xizmatlarni taqdim etuvchi tarmoq yaratish imkonini beradi. Bular ichki umumiy foydalanishdagi kommutatsiyalangan telefon tarmoqlari (PSTN), umumiy foydalanishdagi ma'lumotlar uzatish tarmoqlari (PDN) va integrallashgan xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar (ISDN) kiradilar. GSM standarti asosiy xarakteristikalarini 10.2-jadvalda keltirilgan.

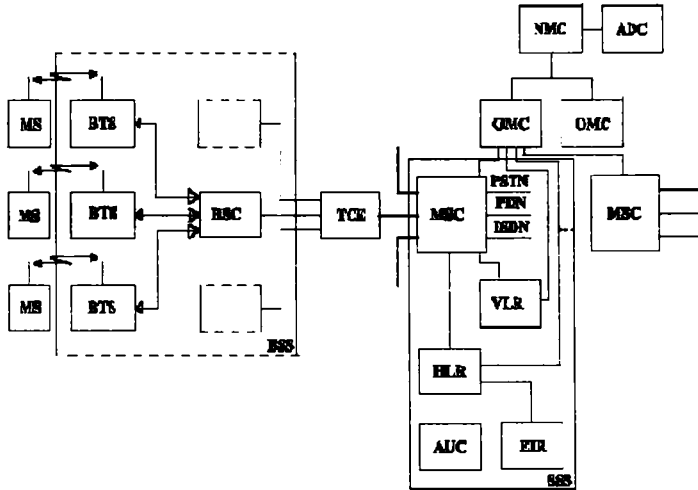
10.2-jadval

*GSM standartining asosiy tavsiflari*

Ko'chma stansiyaning uzatish va qabul qilish chastotasi, MHz	890 - 915
Ko'chma stansiyaning qabul qilish va tayanch stansiyaning uzatish chastotasi, MHz	935 - 960
Qabul qilish va uzatish chastotalarning dupleks tarqoqligi, MHz	45
Radiokanal bo'yicha ma'lumot uzatish tezligi, kbit/s	270, 883
Nutq kodekining o'zgartirish tezligi, kbit/s	13
Aloqa kanalining polosa kengligi, kHz	200
Aloqa kanalining maksimal soni	124
Tayanch stansiyada tashkil qilinuvchi aloqa kanallarining maksimal soni	16 - 20
Modulyatsiya turi	GMSK
Modulyatsiya indeksi	BT 0,3
Modulyatsiyadan oldin Gauss filtrining polosa kengligi, kHz	81,2

Chastota bo'yiicha bir sekunda sakrashlar soni	217
Ko'chma stansiya uchun TDMA kadri (uzatish/qabul qilish) intervalidagi vaqt bo'yiicha tarqoqlanish	2
Nutq kodekingi turi	RPE/LTR
Sotaning maksimal radiusi. km	35 gacha
Kanallarning tashkil etish sxemasi	kombinatsiyalangan TDMA/FDMA

GSM standartida qabul qilingan funksional sxema 10.7-rasmda keltirilgan. Bu yerda MSC (Mobile Station) – ko'chma aloqa kommutatsiya markazi, BSS (Base Station System) – tayanch stansiya uskunalari, OMC (Operation and Maintenance Centre) – boshqarish va xizmat ko'rsatish markazi, MS (Mobile Stations) – ko'chma stansiyalar.



10.7-rasm. GSM standartida qabul qilingan funksional sxemasi

Tizim elementlarini tutashirish uchun bir nechta interfeyslar bor va ular MKKT №7 signalizatsiya tizimiga muvofiq o'zaro bog'liq holda ishlaydi. Sotalar guruhiga xizmat ko'rsatuvchi MSC aynan ISDNning kommutatsiya markaziga o'xshab ketadi va tayinlangan tarmoqlar bilan ko'chma aloqa oralig'idagi interfeys vazifasini bajaradi. Bundan tashqari chaqiriqlarni marshrutlashtirishini ta'minlaydi va chaqiriqlarni boshqarish funksiyasini bajaradi. Shu bilan birga MSning bir sotadan boshqa sotaga ko'chish jarayonida "estafetali uzatishni" ta'minlab xalaqitlar yoki buzilishlar paydo bo'lganda

sotadagi ishchi kanallarni almashlab ulashni ham MSC bajaradi. Tarmoqning ishlashini nazorat qilish va uni optimizatsiyalashga zarur bo'lgan statistik ma'lumotlarni to'plash ham MSC funksiyasiga kiradi. Shuningdek hisob-kitob qiluvchi markazga (billing markazi) jo'natuvchi hisob ma'lumotlarini shakllaydi. Tarmoqqa ruxsatsiz kirishni ta'qiqlovchi protsedurani bajaradi. MSC shuningdek MSning turgan joyini qayd qilish va boshqarishni uzatish tayanch stansiyalarning quyi tizimlariga (BSS) boshqarishini topshirishdan mustasno tartibda boshqaradi.

MS ko'chma stansiya xizmat ko'rsatuvchi bir zonadan boshqa zonaga harakatlanib ko'chishi mobaynida chaqiriqni uzatish ulanishlarni saqlaydi va gaplashishini ta'minlaydi. Sotalarda chaqiriq uzatishini BSC amalga oshiradi, agarda chaqiriq ikkita teng BSC boshqarish tarmoqlari orasida amalga oshirilayotgan bo'lsa, unda birlamchi boshqaruv MSC tomondan bajariladi. Bundan tashqari har xil MSClarga taalluqli tarmoqlari orasida ham chaqiriq uzatilishi mumkin.

MSning ko'chishlarini kuzatish uchun kommutatsiya markazida holat registri HLR va ko'chish registri VLR ko'zda tutilgan. HLRda MS turar joyi xaqidagi axborotning qismi saqlangan bo'lib, unga asosan kommutatsiya markazi stansiyaga chaqiriqni yetkazishi mumkin. Bundan tashqari ko'chma stansiyaga mansub bo'lgan xalqaro identifikatsiya nomeri (IMSI) ham saqlanadi. Shu nomerga asosan autentifikatsiya markazida (AUC). MS tanib oladi. Umumiy holatda HLR tarmoqdagi doimiy abonentlarning ma'lumot-axborot bazasini taqdim etadi. Bu registrda tanib olish nomerlari va adreslar, abonentlarning haqiqiyliigi, aloqa xizmatlar tarkibi va marshrutlash haqidagi maxsus axborot saqlanadi. Abonentning roumingi to'g'risidagi ma'lumotlar (adashib yurish) va taalluqli VLRdagi ko'chib yuruvchi abonentning vaqtinchalik identifikatsion nomeri (TIMSI) ham qayd qilinadi.

Abonentlarning tarmoqlararo roumingini ta'minlash uchun HLRda saqlanuvchi ma'lumotlarga shu tarmoqning va boshqa tarmoqlarning barcha MSC va VLRlari masofadan kirib foydalanish imkoniga ega. Agar tarmoqda bir necha NLR bor bo'lsa, unda abonent haqida yozuv bir martagina qilinadi va bu yerda har bir NLR umumiy ma'lumot bazasining qismi bo'lib qoladi. NLR da saqlanuvchi ma'lumotlarga kirib foydalanish imkoniga ega bo'lishi uchun IMSI yoki MS, ISDN (ISDN tarmog'idagi ko'chma abonentning nomeri) nomerini bilish zarur.

Ko'chish registri VLR ko'chma stansiyaning HLR bilan nazorat qilinuvchi zona chegarasidan tashqarida ishlab turishiga xizmat qiladi. Birorta BSC nazoratidagi zonada boshqa BSC nazoratidagi zonaga MS ko'chirilsa, unda oxirgi BSC ko'chma stansiyaning qayd qiladi. VLRga ega stansiya chaqirig'iga yetkaziladigan aloqa hududi nomeri haqida axborot kiritiladi. VLRga HLRdagi ma'lumotlarning aynan o'zi yoziladi. Ammo lekin VLRdagi ma'lumotlar uning nazorati ostidagi zonada MSning qancha vaqt turishiga (joydashishiga) qadar saqlanadi, va undan keyin o'chiriladi. Xotira qurilmasining xatoligiga qarshi HLR va VLR himoyaga ega.



GSM standartiga sotalar geografik zonalarga guruhiylashtiriladi (LA) va ularga taalluqli identifikasion belgilanadi (LAC). Bir nechta LAdan joylashgan abonentlardan haqidagi ma'lumotlar VLRda saqlanadi.

MSning bir LAdan boshqasiga ko'chishida, uning turgan joyi haqidagi ma'lumot VLRda avtomatik ravishda yangilanadi. Agar eski va yangi LA har xil VLR boshqarishi ostida bo'lsa, unda bu holda eski VLRdagi ma'lumotlar yangisiga yozilgandan so'ng o'chiriladi. Bu yerda MSning joriy adresi ham HLRda yangilanadi. VLR "adashib" yuruvchi MS (MSRN)ning ham nomerini o'z ichiga oladi. MS chaqiriqni qabul qilgan paytda VLR uning MSRN chiqarib olib eng yaqin turgan tayanch stansiyaga bog'lash uchun MSCga uzatadi.

Bir MSCdan ikkinchisiga ulanishlar o'tkazilganda boshqarishni uzatish nomerlarini taqsimlash ham VLR tomonidan bajariladi. Bundan tashqari VLR yangi TMSIlarning taqsimlanishini bshqaradi va ularni HLRga uzatib beradi. Chaqiriqqa ishlov berish vaqtidagi haqiqiylikni aniqlash protsedurasini ham nazorat qiladi. Tarmoqdan ruxsatsiz foydalanishning oldini olish maqsadida TMSIni davriy ravishda o'zgartirib turish mumkin. Umuman olganda belgilangan zonadagi MS uchun VLR ma'lumotlarning lokal bazasi bo'lib qoladi va unga foydalanish uchun kirish IMSI, TMSI yoki MSPNlar bilan amalga oshiriladi. VLR chaqiriq xizmatiga ketadigan vaqtni qisqartiradi va HLRga bo'lgan doimiy so'roqlashni chiqarib tashlaydi.

Tarmoqni ruxsatsiz (sanksiyasiz) kirib foydalanishdan himoya qilish maqsadida autentifikatsiya – abonentning xaqiqiyiligiga ishonch hosil qilish – mexanizmi kiritiladi. Autentifikatsiya markazi (AUC) abonent vakolatini tekshiradi va uning tarmoqqa kirib foydalanishini ta'minlaydi. Bir nechta bloklardan iborat bo'lib AUC kalitlarini va algoritmini shakllantiradi. AUCning asosiy bloklaridan biri bo'lib uskuna identifikatsiya qilish registri (EIR-Equipment Identification Register) hisoblanadi va unda shifrlash kalitlari jamlangan.

Tarmoqdan foydalanish jarayonida har bir MS abonentning standart haqiqiylik moduliga (SIM) ega bo'ladi. Buning ichiga xalqaro identifikasion nomer (ISMI), o'zining individual autentifikatsiya kaliti (Ki) va autentifikatsiya algoritmi (AS) kiradi. SIMda saqlanuvchi axborot MS va tarmoq orasidagi ma'lumot almashuvi jarayonida AUCning to'la siklini amalga oshirish imkonini beradi va tarmoqqa kirib foydalanishga ruxsat beradi.

Uskunani identifikatsiya qilish registri (EIR) IMSI ning haqiqiyligini tasdiqlovchi markazlashtirilgan ma'lumotlar bazasiga ega va quydagicha tashkillashtirilgan nomerlar ro'yxatini o'z tarkibiga oladi:

- Oq ro'yxat – shu tarmoqqa ta'luqli MS lar nomerlarini ichiga oladi;
  - Qora ro'yxat – o'g'irlangan yoki ayrim sabablarga ko'ra ishlashi
- 

~~taqiqlangan MS nomerlarni ichiga oladi;~~

- Kul rang ro'yxat – ayrim muammolari bor, lekin qora ro'yxatga kiritishga asos yo'q MSlar nomerlarini o'z ichiga oladi.

EIRda saqlanuvchi ma'lumotlarga shu tarmoqning MSC va boshqa ko'chma tarmoqlarning MSClari ham kirib foydalanish imkoniga ega. Tarmoq

bir nechta EIRni tarkibiga olishi mumkin va bunday holda har bir EIR aniqlangan IMSI guruhini boshqaradi.

GSM tarmog'ining markaziy elementi bo'luvchi ekspluatatsiya qilish (boshqarish) va texnik xizmat ko'rsatish markazi (OMC) nazorat va tarmoqning boshqa komponentlarini boshqarishni ta'minlaydi va ularning ishlash sifatini nazorat qiladi. X.25 protokoli uzatish kanallari yordamida o'zaro ulanadi.

Tarmoqni boshqarish markazi (NMC) GSM tarmog'ini rasional, ierarxik boshqarishni ta'minlaydi. Uning funksiyasiga ekspluatatsiya ham barcha tarmoqlar darajasida texnik ko'rsatish ham kiradi. Tarmoqlar o'z navbatida mintaqaviy tarmoqlarni boshqaruviga javob beruvchi OMC markazlar tomonidan qo'llab quvvatlanadi. NMCda butun tarmoq holati haqidagi ma'lumotlar to'planadi, u regional muammolarni yechishda strategiyani o'zgartirish ko'rsatmalarini berishi mumkin. BSS tayanch stansiyaning uskunasi tayanch stansiya kontrolleridan va qabul qilish – uzatish tayanch stansiyasidan tashkil topadi. BSS bir nechta qabul qilish – uzatish bloklar ustidan, hamda radiokanal taqsimlashini, ulanish kontrollerini, ularning navbatini tartiblashni saqrovchi chastota bo'yicha ishlash rejimini, signalning modulyatsiya va demodulyatsiyasini, xabarni kodlash va dekodlashni, nutq kodlash, nutq ma'lumot va chaqiriqlar uchun tezligini adaptatsiya qilishni, shaxsiy chaqiriq xabarini uzatish navbat tartibini boshqarishi mumkin.

Transkoder TCE nutq va ma'lumot uzatish kanallarining chiqish MSC (64 kbit/s IKM) signallarni raqamli 13 kbit/s tezlikdagi signalga o'zgartiradi. Bu esa GSMning radiointerfeys tavsiyasiga to'g'ri keladi. (rek. GSM 04.09). Bunday nutqni uzatish bo'yicha raqamli kanal "to'la tezlikli" deb ataladi. Uzatish tezligi 6.5 kbit/s bo'lganda "yarim tezlikli" deb ataladi. Uzatish tezligini pasaytirish uchun maxsus nutq o'zgartiruvchi qurilma qo'llaniladi. Bunday qurilma chiziqli predikativ kodlashga (LPS) asoslangan, uzoq vaqtli oldindan aytish (LTR) va qoldiqli impuls uyg'otish (RPE yoki RELP) hosil qiladi.

MSC bilan transkoder birgalikda joylashtiriladi. Bu holda 13 kbit/s tezlikli BSC tomon yo'naltirilgan xabar oqimiga qo'shimcha bitlar qo'shiladi (stafigovaniye) va ma'lumot uzatish tezligi 16 kbit/s ga yetkaziladi. So'ng 4-darajali zichlashtirilgan amalga oshirilib 64 kbit/s li standart kanalga o'tkaziladi. Shunday qilib, GSM tavsiyaga asosan 120 nutq kanal uzatishni ta'minlovchi 30 kanalli IKM liniya shakllantiriladi. O'n oltinchi kanal (64 kbit/s) – "vaqtincha deraza" alohida ajratiladi va u signalizatsiya axborotini uzatishga mo'ljallangan.

"Vaqtincha deraza" deb nomlanuvchi o'n oltinchi kanal alohida ajratilgan bo'lib signalizatsiya axborotini uzatishga mo'ljallangan, ko'pincha tez-tez SSN7 yoki LAPD trafigini o'z ichiga oladi. Boshqa (64 kbit/s) kanalda MKKTning X.25 protokoli bilan moslashtirilgan bo'lib ma'lumot paketlarni uzatishi ham mumkin. Natijada ko'rsatilgan interfeys orqali hosil bo'lgan uzatish tezligi  $30 \times 64 \text{ kbit/s} + 64 \text{ kbit/s} + 64 \text{ kbit/s} = 2048 \text{ kbit/s}$  tashkil qilinadi.

*Quvvatning sinflanishi*

Quvvat sinfi	Uzatgich quvvatining maksimal satx qiymati
1	20 W
2	8 W
3	5 W
4	2 W
5	0.8 W

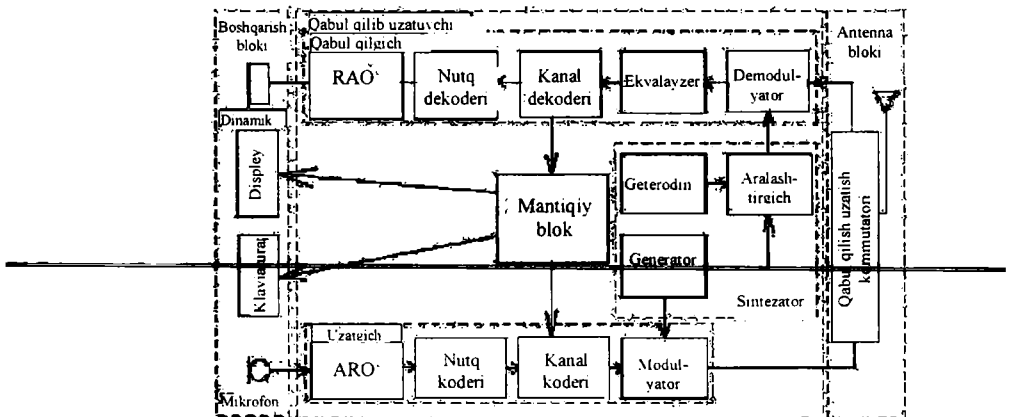
Ko'chma stansiya MS abonentning GSM tarmog'iga va uning davomida tayinlangan elektroaloqa tarmog'iga kirib foydalanishga xizmat qiladi. GSM standartida 5-klassga bo'linuvchi MSlar mavjud va ular bir-biridan chiqish quvvati bilan farqlanadi

Aloqani tashkil etishda talabga javob beruvchi aloqa sifatini ta'minlovchi uzatgichning quvvati adaptiv sozlanishi ko'zda tutiladi. Har bir birlamchi stansiya o'zining halqaro identifikasion nomeri belgilanadi. Bu nomer o'g'irlangan yoki vakolatsiz stansiyaning GSM tarmog'iga kirib foydalanishining taqiqlash uchun ham xizmat qiladi.

**10.5. Ko'chma stansiyaning tuzilish sxemasi**

MS ko'chma stansiyaning (struktur) tuzilish sxemasi 10.8-rasmda keltirilgan. Uning tarkibiga quyidagilar kiradi: boshqarish bloki, qabul qilish uzatish bloki, antenna bloki.

Boshqarish bloki o'z tarkibiga mikrotelefon trubkani (mikrofon va radiokarnay), klaviyaturni va displeyni kiritadi.



10.8-rasm. Raqamli ko'chma stansiyaning tuzilish sxemasi

Klaviatura chaqiriluvchi abonentning telefon nomerini terishga, hamda MSning ishlash rejimini tayinlash uchun xizmat qiladi. Qurilmaga ta'luqli har-xil axborotni (tasvirlash uchun) va stansiyaning ishlash rejimini aks ettirish uchun displey xizmat qiladi.

Qabul qiluvchi-uzatuvchi blok uzatkichdan, qabul qilgichdan, chastota sintezatoridan va mantiqiy blokdan tashkil topgan. Uzatgich tarkibiga kiradilar:

- ARO<sup>+</sup> mikrofon chiqishidan olingan signalni raqamli shaklga o'zgartiradi va barcha keyingi ketma-ket nutq signaliga ishlov berish va uzatish raqamli shaklda amalga oshiriladi:

- nutq koderi nutq signalini kodlashtiradi, ya'ni uning ortiqchasini qisqartirib raqamli shaklga ega bo'lgan signalni ma'lum qonun bo'yicha o'zgartiradi:

- kanal koderi nutq koderi chiqishidan olingan raqamli signalga qo'shimcha axborotni qo'shadi. Bu amal aloqa liniyalari bo'yicha signalni uzatishda uni xatoliklardan himoya qilish uchun qo'llaniladi, xuddi shu maqsadni ko'zlagan holda axborot ustida ma'lum qayta o'rab oralatib joylash amali bajariladi: bundan tashqari kanal koderi uzatiluvchi signal tarkibiga mantiq blokidan keluvchi boshqarish axborotini kiritadi:

- modulyator kodlangan audiosignal axborotni tashuvchi chastotaga o'tkazishni ta'minlaydi:

- qabul qilgich o'zining tarkibi bilan uzatgichga mos keladi, lekin faqat uning tarkibiga kiruvchi bloklar teskari funksiyalarni bajaradi;

- demodulyator modulyatsiyalangan radiosignalidan foydali axborotni tashuvchi kodlangan audiosignalni ajratib olish:

- kanal dekoderi chiqish oqimidan boshqaruvchi axborotni ajratadi va uni mantiq blokiga jo'natadi, qabul qilingan axborot xatolari bir bo'qligicha tekshiriladi va qayd qilingan xatolar to'g'rilanadi:

- navbatdagi ishlov berishga doir qabul qilingan axborot ustida (koderga nisbatan) qayta tekshirish amali bajariladi:

- nutq dekoderi kanal koderidan kirib keluvchi nutq signalini tiklaydi, ya'ni uni raqamli turdagi tabiiy shakliga o'tkazadi:

- RAO<sup>+</sup> qabul qilingan raqamli nutq signalini analog shaklga o'zgartiradi va uni radiokarnay kirishiga beradi:

- ekvalayzer radioto'lqinlar ko'p nurli tarzida tarqalishi sababli signalning buzilishlarini qisman kompensatsiyalashga xizmat qiladi. Mohiyati jihatdan adaptiv filtr bo'lib, axborot tarkibini tashkil qiluvchi simvollar ketma-ketligiga intellektual sozdanuvchi qurilmadir. Ekvalayzer bloki funksional emasdir va ayrim hollarda qo'llanmasligi mumkin.

Mantiq bloki bu MS ning ishlashini boshqaruvchi mikrokompyuterdir. Sintezator radiokanal bo'yicha axborotni uzatishda foydalaniladigan tashuvchi chastota tebranishlaridir. Uzatish va qabul qilishda chastota spektrining har-xil joylari (chastota bo'yicha dupleksli aratilishi) ishlatilishi sababli MSda geterodin va chastota o'zgartirgichi ishlaydi.

Antenna bloki o'z ichiga antennani (eng sodda holda chorak to'liqlikli shtir va qabul qilish – uzatish kommutatorlarni kiritadi. Kommutator raqamli stansiyalarda elektron kommutator bo'lib, antennani yo' uzatgich chiqishiga yoki qabul qilgich kirishiga ulashi mumkin, chunki raqamli tizimlardagi MS hech vaqt birdaniga qabul qilish va uzatishda ishlamaydi.

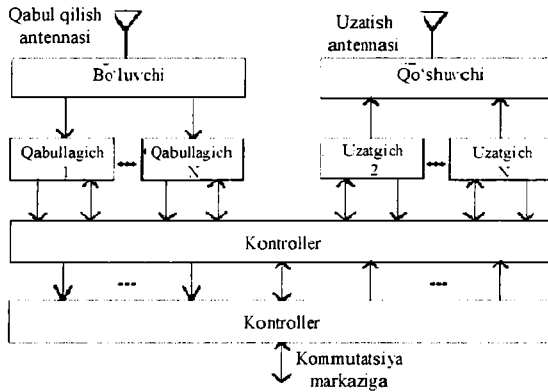
10.8-rasmda keltirilgan ko'chma stansiyaning tuzilish sxemasi soddalashtirilgan turda berilgan. Sxemada kuchaytirgichlar, seleksiyalash zanjiri, sinxrochastota signallar generatori va ularni tarqatish zanjirlari, uzatish va qabul qilishdagi quvvatni kuzatish va boshqarish sxemasi, aniqlangan chastota kanalida ishlash uchun generator chastotasini boshqarish sxemasi va boshqalar ko'rsatilmagan. Axborotni uzatishda uning konfidensiyalashini ta'minlash maqsadida ayrim tizimlarda shifrlash rejimi qo'llanilishi mumkin. Bunday holatlarda GSM standartida MSning qabul qilgichi va uzatgichi maxsus ajratib olinuvchi modul bilan ta'minlanadi. Bu abonentni identifikatsiyalash modulidir. (Subscriber Identity Module-SIM).

GSM standartidagi ko'chma stansiya nutq gapirish faolligni aniqlovchi detektorga ega. Nutq detektori elektr toki manbaining energiya sarflanishini tejashi uchun xizmat qilib (o'rtacha nurlanish quvvatini kamaytiradi) boshqa stansiyalarga xalaqit bermaslikni ta'minlaydi. Ya'ni uzatgichni faqat abonent gapirgandagina ishga qo'shadi. Shunday qilib MS uzatgichi faqat boshqarish signalini uzatish yoki gapirish vaqt intervallarida energiya sarflanadi. Uzatgichning ishlashida pauza paydo bo'lganda qabul qilish traktiga qo'shimcha "komfort" shovqin kiritiladi. Ayrim zaruriyatlarda MS tarkibiga alohida terminal uskunalari kiritiladi, masalan faksimal apparati, va shular qatorida maxsus adapterlar ham loyiq interfeyslar yordamida ulanishi mumkin.

Analogli ko'chma stansiyaning blok-sxemasi ko'rib chiqilgan raqamlarnikiga qaraganda soddaroqdir, chunki ARO'-RAO' va kodeklar ishlatilmaydi. Ammo analogli stansiya bir vaqtning o'zida baravariga ham uzatish ham qabul qilish rejimida ishlaganligi uchun dupleks antenna almashib, ulagichi esa murakkab va kattaroqdir.

### 10.5.1 . Tayanch stansiyaning tuzilish sxemasi

Tayanch stansiyaning tuzilish sxemasi 10.9-rasmda keltirilgan. Signalni ajratilgan holda qabul qilish, ya'ni buning uchun tayanch stansiya ikkita qabul qilish antennalariga ega bo'lishligi BTSning xususiyatlaridan biridir. Bundan tashqari BTS ajratilgan uzatish va alohida qabul qilish antennalarga ega bo'lishi ~~mumkin (10.9-rasmda shunga mos tuzilish sxema keltirilgan). Yana bir muhim~~ xossalardan biri uning bir nechta qabul qilgichlarga va shuncha sonli uzatgichlarga ega bo'lishidir. Bular har xil chastotali bir nechta kanallarda bir vaqtning ichida baravariga ishlash imkoniyatini yaratadi.



10.9-rasm. Tayanch stansiyaning tuzilish sxemasi

Bir xil nomli qabul qilgichlar va uzatgichlar umumiy sozlanuvchi tayanch generatorlarga egadir. Bular bir kanaldan boshqasiga o'tishda moslashilgan chastotaga qayta sozlanishni ta'minlaydi. Bitta qabul qilish antennaga  $N$  sonli qabul qilgichlar va bitta uzatish antennaga  $N$  ta uzatgichlar ulanadi. Qabul qilish antenasi bilan qabul qilgich orasiga  $N$  ta kirishli quvvat bo'laklagichi o'rnatiladi. uzatgich bilan uzatish antenasi orasiga esa  $N$  ta kirishiga ega bo'lgan quvvat summatori (jamlagich) joylashtiriladi.

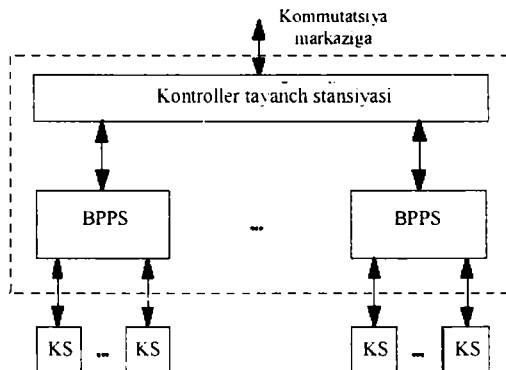
Qabul qilgich va uzatgich MS dagidek ayni tuzilishga ega, faqat undan farqli tomoni shundan iboratki RAO' va ARO'lar qo'yilmaydi, chunki uzatgichning kirishi va qabul qilgichning chiqishi signallari raqamli shakilga ega. Funktsional jihatdan kodeklar (yo faqat nutq kodeki, yoki nutq kodeki bilan kanal kodeki) qabul qilgich-uzatgichning elementlari bo'lib qolsada, BTSning qabul qilgich-uzatgichi tarkibida emas, balki MSC konstruksiyasi tarkibida joylashtirish amalga oshiriladi.

Aloqa liniya bilan bog'lab tutashtiruvchi blok aloqa liniyasi orqali MSC ga jo'natiladigan axborotni dastlab joylaydi va undan keluvchi axborotlarni ochib beradi.

Odatda BTS bilan MSC ni bog'lash uchun radioReley yoki optik tolali aloqa liniya qo'llaniladi. Agar ular yonma-yon bir hududda joylashgan bo'lsa, simli kabellar ishlatiladi. Stansiya ishlashini boshqarishni, hamda tayanch stansiya tarkibiga kiruvchi barcha bloklar va qismlarning ishga yaroqliligini BTS nazoratchisi (kompyuter) amalga oshiriladi.

Ishonchlilikni ta'minlash maqsadida BTS ning ko'p bloklari va elektron qismlari zahiralashtiriladi (dublirovaniye), stansiya tarkibiga avtonom uzluksiz (to'xtovsiz) elektr energiya manbalari kiritiladi (akkamulyatorlar).

GSM standartida tayanch stansiya tizimi tushunchasi yuritiladi, va unga tayanch stansiya nazoratchisi BSC, hamda bir nechta (masalan, o'n oltigacha) tayanch qabul qilib uzatuvchi stansiyalar kiradi (10.10-rasm).



10.10-rasm. *Tayanch stansiya tizimi*

Xususan bir joyda o'rnatilgan va umumiy tayanch stansiya kontrolleriga birlashtirilgan uchta tayanch qabul qilib-uzatuvchi stansiyalarning har biri sota ko'lamida o'zining 120° gradus sektorga xizmat ko'rsatishi mumkin. Yoki bitta tayanch stansiya nazoratchisiga ega bo'lgan oltita tayanch qabul qilib uzatuvchi stansiyalar olti 60° gradusli sektorga xizmat ko'rsatadi. Shunga o'xshash holatni D-AMPS standartiga nisbatan olib ko'radigan bo'lsak, unda uchta yoki oltita mustaqil BTSlar, har qaysisi o'zining ish joyida o'rnatilgan nazoratchi bilan o'ziga ajratilgan sektor antennalariga ishlashi mumkin.

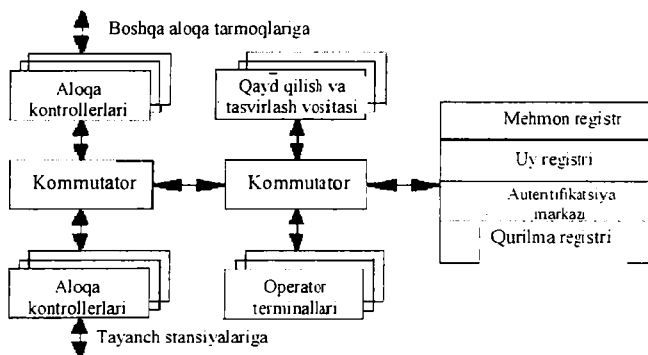
### 10.5.2. Kommutatsiya markazi

Kommutatsiya markazi (KM) – bu KSRATning avtomatik telefon stansiyasi bo'lib, tarmoq boshqarishning barcha funksiyasining bajarilishini ta'minlaydi. KM har doim MS lar ustidan kuzatib boradi, ularni estafetali ravishda bir sotadan boshqa sotaga uzatib beradi. Bu jarayonda MS ning bir sotadan boshqa sotaga uzatib o'tishi mobaynida aloqaning uzluksizligi ta'minlanadi va xalaqitlar yoki buzilganliklar paydo bo'lganda KM ishchi kanallarni almashtirib ulaydi.

KM ga hamma BTS larning axborot oqimlari tutashadi va u orqali boshqa tizimlariga stasionar telefon tarmoq, shaharlararo aloqa tarmog'i, yo'ldoshli aloqa va boshqa sotali tarmoqqa chiqish amalga oshiriladi.

KM tarkibiga bir nechta protsessorlar (kontrollerlar) kiradi. Kommutatsiya markazining tuzilish sxemasi 10.11-rasmda keltirilgan.

Kommutatorlar aloqa liniyalarga tegishli aloqa kontrollerlar orqali bog'lanadi. Aloqa kontrolleri axborot oqimlariga oraliq ishlov beradilar (dastlabki joylash, dastani ochish, buferli saqlash). KMning ishlashini boshqarishida operatorlarning ishtiroki ko'zda tutiladi, shu sababli markaz tarkibiga tegishli terminallar, hamda axborotni aks ettirib tasvirlovchi va qayd qiluvchi (xujjatlash) vositalar ham kiradi. Xususan, operatorlar tomonidan abonentlar haqidagi va ularga ko'rsatiluvchi xizmat shartlariga doir ma'lumotlar tizimining ishlash rejimi bo'yicha dastlabki ma'lumotlar kiritiladi. Zarur holatlarda ish jarayonida talab qilinuvchi buyruqlar ham beriladi.



10.11-rasm. Kommutatsiya markazining tuzilish sxemasi

Tizimning muhim elementlari bo'lib, HLR – abonentlar joylashgan joyning registri “xonadon registri”, VLR – ko'chma abonent joylashgan joyning registri “mehmon registri”, autentifikatsiya markazi, apparatura registri qoladilar. Abonentlar joylashgan joyning registri shu tizimda qayd qilingan barcha abonentlar to'g'risida va ularga ko'rsatilishi mumkin bo'lgan xizmatlar turi ma'lumotlar saqlanadi. HLRda abonentga chaqiriqni tashkil qilish va tizimga bog'lanish maqsadida uning joylashgan joyi va haqiqiy amalda ko'rsatilgan xizmatlar qaydlanadi (fiksiyalanadi). Ko'chma abonent joylashgan registr “mehmon registri” deb ham nomlanadi va unda abonentlar mehmonlar (roumerlar) haqidagi ma'lumot saqlanadi, ya'ni boshqa tizimda qayd qilingan abonentlar to'g'risidagi ma'lumotlar. Autentifikatsiya markazi (Authentication Center) abonentlarni autentifikatsiyalash va xabarni shifrlash protsedurasini ta'minlanadi. Apparaturani identifikatsiyalash registri (Equipment Identity Register), agar u tizim tarkibida bor bo'lsa, ishlatiluvchi MS larning shikastlanmaganligi va ruxsat etilganligi haqidagi ma'lumotga ega.

Xususan, bu registrda o'g'irlangan apparatlar qayd qilinishi mumkin, hamda texnik nuqson bor apparatlar, ya'ni masalan, yo'l qo'yib bo'lmaydigan yuqori darajada xalaqitlar hosil qiluvchi apparatlar.



Xuddi BTS lardagi kabi KMda ham apparaturaning asosiy elementlarini zahiralash ko'zda tutiladi, bular ichiga elektr energiya ta'minoti, protsessor va ma'lumotlar to'plamlari (baza). Ma'lumotlar to'plamlari ko'p hollarda KM tarkibiga kirmaydi, balki alohida elementlar turida amalga oshiriladi. KM qurilmasi har xil turda va har kompaniyalar tomonidan ishlab chiqarilgan bo'lishi mumkin.

### 10.5.3. Sotali aloqa interfeyslari

Har bir sotali aloqa standartida bir necha interfeyslar qo'llaniladi, umuman olganda ular har xil turda va har xil standartda bo'lishi mumkin. MS bilan BTS ni, BTS bilan KM ni o'zaro aloqa bog'lash uchun o'zlarining interfeyslari ko'zda tutilgan (GSM standartida BTS qabul qilgich uzatgichni BSC kontrolleri bilan bog'lash uchun alohida interfeys ishlatiladi). Kommutatsiya markazi "xonadon" registri bilan, "mehmon" registri bilan, apparatura registri bilan, stasionar telefon tarmog'i bilan va boshqalar bilan ham o'zlarining interfeyslari bilan bog'lanadi.

Turli firma ishlab chiqaruvida yasatilgan apparaturalarning moslashuvini ta'minlash uchun hamma interfeyslarni standartlash talab etiladi, ammo aynan bir xil turdagi axborot tutashishlarni amalga oshirish uchun boshqa standartga mansub har xil interfeyslar qo'llanilishi man etiladi. Ayrim hollarda ko'pdan beri ishlatilib kelinayotgan mavjud standartdagi interfeyslar foydalaniladi, masalan raqamli axborot tarmoqlarda almashinish protokoliga muvofiqi.

MS bilan BTS orasida o'zaro almashish interfeysi efir interfeysi yoki radiointerfeysi (air interface) deb nomlanadi va ikkita asosiy raqamli sotali aloqa (D-AMPS va GSM) standartlari ichida, har xil yo'l bilan tashkillashtirilganiga qaramay odatda Dm deb bir xil belgilanadi. Efir interfeysi albatta har qanday KSATda uning turli konfiguratsiyalarida va barcha sotali aloqa standartlar variantida yagona imkon qo'llaniladigan interfeysdir. Bunday holat har qanday firma tomonidan ishlab chiqarilgan MS ga istalgan turli xil firmalarda yaratilgan BTS bilan bema'lol o'zaro ishlash imkoniyatini tug'diradi, shu tufayli kompaniya – operatorlar uchun qulay va rouming tashkil qilishda ham zarurdir. Samarali foydalanishni ta'minlash maqsadida radioaloqa kanaliga ajratilgan chastota polosasini mumkin qadar qancha efir interfeys standartlari juda puxta loyihalashtirib ishlab chiqiladi.

GSM standartida 10.4-jadvalda keltirilgan chastota polosalari ishlatiladi.

#### 10.4-jadval

GSM standartida ishlatiluvchi chastotalar polosasi

Standart	Chastota, MHz		To'lqin uzunligi, sm	
	Teskari kanal	To'g'ri kanal	Teskari kanal	To'g'ri kanal
GSM - 900	890 - 915	935 - 960	32,8 - 33,7	31,2 - 32,1
GSM - 1800	1710 - 1785	1805 - 1880	16,8 - 17,6	16,0 - 16,6
GSM - 1900	1850 - 1910	1930 - 1990	15,7 - 16,2	15,1 - 15,6

KSRATning yana bir xossaligidan biri - bu o'z tarkibiga ko'p emas sondagi chastotali kanallarini kiratuvchi ajratilgan chastotalar polosasining qat'iyati cheklanganligidir. Bundan shunday talab kelib chiqadiki ajratilgan diapazonni mumkin qadar rasional foydalanish, uning ishlatilishini optimalash va aloqa tizimining sig'imini oshirish zarur.

Boshqa xossasi shundan iboratki, sotali aloqada ishlatiluvchi chastotalar polosalari disimetr diapazoniga ta'luqlidirlar. Desimetrli radioto'lqinlar, to'g'ri ko'rinish ko'lamini bo'yicha tarqaladi va bu chastotalarda difraksiya zaif nomayon bo'lda, molekulyar yutilishlar va gidrometyorlardagi (qor, yomg'ir) yutilishlar deyarli yo'qdir. Ammo lekin yerning sirtqi qatlami yaqinligi va ayniqsa shahar sharoitidagi to'siqlarning (binolar) mavjudligi akslanuvchi signalning paydo bo'lishiga va ularning o'zaro interferensiyalashuvchiga olib keladi. Bunday hodisa signalning ko'p nurli bo'lib tarqalishi deb ataladi. Yerning sirtqi qatlamidan akslanish shunga olib keladiki, qabul qilinuvchi signalning quvvati uzatgich bilan qabul qilgich orasidagi masofaning ikkinchi darajasiga proporsional bo'lib kamayishi o'rniga (erkin fazoda tarqalganda) shu masofaning to'rtinchi darajasiga proporsional kamayishi kuzatiladi, ya'ni maydon kuchlaniligi masofaning kvadratiga proporsional kamayadi. Har xil yo'l bosib o'tgan bir necha signallar interferensiyasi hosil bo'lgan signalning tinch holatiga olib keladi, natijada qabul qilinuvchi signalning intensivligi ko'chma stansiyaning siljishida katta qiymat chegaralarida o'zgaradi. Bundan tashqari bir necha intensivliklari yaqin bo'lgan va bir-biriga nisbatan vaqt bo'yicha siljigan signallarining ustma-ust tushish natijasida xabarning buzilishiga va qabul qilinuvchi axborotda xatolar paydo bo'lishiga olib keladi. Tayanch stansiyadan uzoqlashishiga bog'liq ravishda signal intensivligini hisoblashga ko'p nurli tarqalish faktor sezilarli darajada qiyinchilik tug'diradi. Bunday hisob tuzilishni korrektili loyihalashda juda zarur bo'ladi.

Eng ko'p tarqalgan GSM standarti 800-900 MHz diapazonida ishlaydi. Ko'chma stansiyalarga xabar uzatilganda (liniya «pastga») 890-915 MHz polosa qo'llaniladi, tayanch stansiyalarga uzatishda esa (liniya «yuqori») 935-960 MHz polosadan foydalaniladi. GSM tarmoqlari o'z vaqtida NMT-900, TACS, ETACS analog standart tizimlari bilan birgalikda ishlanganligi tufayli ularning xossalari hisobga olgan holda chastota rejaları ishlab chiqilgan.

GSM standartida kanallar orasidagi chastotalar farqi 200 kHz ni tashkil etadi, ajratib berilgan polosadagi chastotaviy kanallarning soni 124 ga teng. Dupleks kanalinii tashkil qilish uchun chastotalar juftlash yo'li bilan guruhlashtiriladi va «past» va «yuqori» liniyalar chastotalarining farqi 45 MHz. Bu chastotalar juftligida chastota farqlari saqlanib qoladi. Har bir sotaga ma'lum sonli chastotalar jufti taqdim etiladi. Agar 890-915 MHz chastota polosasida tashuvchi chastota nomerini  $F1 (n)$  deb belgilansan, 938-960 MHz polosadagi tashuvchi chastotaning nomerini  $F2 (n)$  bo'lsa, unda kanallar chastotasi quyidagicha aniqlanadi.

$$F1(n) = 890.2 + 0.2(n-1), \text{MHz}$$

$$F2(n) = F1(n) + 45 \text{MHz}$$

Har bir tashuvchi chastota 8 ta fizik kanallar bilan zichlashtiriladi. bular esa TDMA kadri ko'lamidagi va kadrlar ketma-ketligidagi 8-ta vaqt bo'yicha darchalarda joylashtiriladi. Shu bilan birga har bir fizik kanal har bir vaqt bo'yicha TDMA kadrda birgina avvalgi vaqt bo'yicha darcha ishlatiladi.

Fizik kanalni shakllantirishdan oldin raqamli shaklga keltirilgan barcha xabarlar va ma'lumotlar guruhlashtiriladi va ikki xil mantiq kanallarga birlashtiriladi:

- aloqa kanallar kodlangan nutqni yoki ma'lumotlarni uzatishga mo'ljallangan;

- boshqarish kanallar boshqaruv signallarini va sinxronizatsiyani uzatishga (SSN) mo'ljallangan.

Bitta fizik kanal orqali bir necha turdagi mantiqiy kanallar uzatilishi mumkin, faqat ularni tegishli kombinatsiyalanganda.

KSRATning funksiyalaridan biri bo'lib sotali aloqaning foydalanish imkoniga birgina ("xonadon") tizimi ko'lamidan tashqarida ham kengaytirishni taqdim etadi.

**Roaming** shunday funksiya – birorta operatorning abonentiga boshqa bir operator tizimida xizmat ko'rsatish protsedurasidir. Roaming atamasi ingliz tilidan "roam" – darbadorlik, sang'ib yurish, ko'chib yurish ma'nosini bildiradi. ya'ni roaming xizmatidan foydalanuvchi abonentni roumer deb ataladi (ingliz tilida "roamer"). Roamingni amalga oshirish uchun uni hosil qilish imkonini beradigan texnik taxmin bo'lishi shart. Ya'ni, eng sodda holda ikkala foydalanuvchi tizimlarda bir xil standartli sotali aloqa bo'lishi zarur va ta'luqli kompaniya-operatorlar orasida roaming xizmatini ko'rsatish o'zaro kelishuv shartnomasi ishlashi kerak. Mobil aloqaning taraqqiyoti evaziga tizimlari orasida ham roaming imkoniyati vujudga keladi.

Roamingni barpo etish uchun KSATlar bir xil standartda ishlashi kerak, ko'chma aloqaning kommutatsiya markazlari va abonent joylanish haqidagi ma'muriy almashishi uchun maxsus aloqa kanallari bilan bog'langan bo'lishi zarur. Roaming taqdim qilish uchun quyidagi uchta shart bajarilishi kerak:

- talab qilinuvchi mintaqalarda radiotelefon sotib olingan kompaniya standartiga moslashtirilgan KSRAT mavjudligi;

- abonentlarga roaming xizmat ko'rsatish bo'yicha tashkiliy va iqtisodiy shartnomalar bo'lishi;

- roaming abonentlariga tovush va boshqa axborot uzatishni ta'minlovchi aloqa kanallarining tizimlar orasida mavjudligi.

Uch xil roaming bir-biridan farq qiladi:

- avtomatik;

- yarim avtomatik – bu yerda abonent biror bir xudud xizmatidan foydalanishi uchun u bu haqida o'zining operatorini oldindan bildirib qo'yishi zarur;

- qo'lda, ya'ni radiotelefonni boshqa operatorning KSRATiga ulanganiga almashtirish.

Roumingni tashkil etishning ideal va juda soddalashtirilgan sxemasi quyidagicha bo'lishi mumkin. Masalan sotali aloqa abonent rouming xizmat ko'rsata biladigan boshqa "begona" tizimning hududiga borib oddiy yo'l bilan xuddi "o'zining" xududidagi tizim joylashgan kabi chaqiriq jo'natadi, ya'ni biror nomerga telefon qiladi.

Kommutatsiya markazi esa uning xonadon registrida bo'lgan abonent ro'yxatida yo'qligini aniqlab "mehmon" registri roumer sifatida kiritib qo'yadi. Bir vaqtning o'zida (yoki biror kechikish bilan) "o'zining" tizimidagi xonadon roumer registridan uning haqidagi va xizmatni amalga oshirish (shifr, tisdirlangan shartnomalar) ma'lumotlarni so'raydi va ayni paytda qaysi tizimda roumer joylashganligi haqida xabar beradi, so'ngi axborot roumeri asli xonadon registrida qayd etiladi. Bundan so'ng roumer huddi o'zining uyida kabi sotali aloqadan foydalanadi. Undan chaqiruvchi chaqiriqlarga odatdagidek, unga ta'liqli ma'lumotlar xonadon registrida emas, balki mehmon registrida, uning nomeriga kelib tushuvchi chaqiriqlar (vatanidagi) uyidagi tizim orqali roumer mehmon bo'lib turgan joyning tizimiga qayta adreslanadi. Roumer o'zining hududiga qaytib kelgandan so'ng xonadon registridagi oldingi tizimning adresi o'chiriladi, va roumerning u tizimdagi saqlanib qolgan ma'lumotlari o'chiriladi. Rouming xizmat to'lovi abonent o'zining tizimini to'laydi. Kompaniya operatori o'z navbatida shartnoma asosida xizmat ko'rsatgan boshqa hudud tizimiga to'lovni o'tkazadi.

Bayon qilingan sxema avtomatik roumingga ta'liqlidir. Buni yakunlash uchun bu sxema kompaniyalararo hisob-kitobni avtomatik yo'l bilan bajaruvchi tizim bilan qo'shib to'ldirilgan bo'lishi lozim. Bu masala o'zining yechilishi bo'yicha ancha murakkabdir, chunki kompaniya-operatorlari orasidagi o'zaro hisob-kitoblar shartnomalar o'zgarib turishi tufayli tez-tez o'zgarib turadi. Avtomatik roumingning teskarisi bu qo'lda amal qilish yoki administrativ yo'li bilan amalga oshirishdir.

Qo'l roumingi holatida abonent o'zining kompaniyasiga qo'ng'iroq qilib boshqa tizim hududiga boratani oldindan xabar beradi va boshqa hududga kelishi bilan mahalliy kompaniya - operatorni o'zining kirib kelganligi bilan ma'lum qiladi. Kerakli ma'lumotlar yangi operatorlar tomonidan ta'liqli kommutatsiya markazining mehmon va xonadon registrariga kiritiladi.

Oraliq variantlar ham mavjud bo'lgan yangi alohida qayd qilish protsedurasi bilan oshirish, faqat tizimdan kelgan chaqiriqni aniq marshrutlash yo'li bilan va h.k.

Roumingni tashkil qilish markazi to'la bo'lmagan bo'lar edi, agar rouminga xos ayrim muammolar va tarix momentlari eslab o'tilmasa. Sota aloqasi paydo bo'layotganda rouming tushunchasining o'zi yo'q edi, shuning uchun muammolar ham paydo bo'lmagan edi, sotali aloqaning shunchalik taraqqiy topishiga va keng ko'lamda tarqalishini hech kim oldindan aytib berishi mumkin bo'lmagan. Shu sababli rouming sota tizimlarning rivojlanishi har xil

standartlarda, mamlakatlarda va mintaqalarda har xil texnikaviy va tashkiliy yechimlar asta sekin ro'yobga chiqq boshladi.

Roumingning sezilarli rivojlanishini analog standart AMPS (Shimoliy Amerika) va NMT (Skandinaviya)larda topdi, lekin raqamli standartlarning paydo bo'lishi undagi ko'pgina qabul qilingan yechimlarni qayta ko'rib chiqishini taqazo etdi. Raqamli standart D-AMPSdagi rouming masalasining yechilishi tizimlararo operatsiyalarni belgilovchi alohida IS-41 standartiga tayanadi. Bularga nisbatan GSM standarti ancha qulay imkoniyatiga ega, chunki u eng boshidan unimevropalik tarzda loyhalashtirilib ishlab chiqara boshlandi va unda rouming protsedurasi majburiy element bo'lib joylashtirilgan. Bundan tashqari, GSM standarti SIM kartali yoki plastik rouming deb ataluvchi rouming imkoniyati mavjud. Bunda GSM (GSM 900, GSM 1800 GSM 1900) standartlarining turli xil variantdagi apparatlari orasida SIM kartani o'rin almashtirib ishlatish mumkin, chunki GSM standartining uchala variantida ham unifikatsiyalangan SIM kartalar foydalaniladi. Ikki rejimli va kelajakda uch rejimli abonent terminallarining (GSM 900/GSM 1800/GSM 1900) paydo bo'lishi bilan GSM standartidagi rouming protsedurasi yanada ko'p qulaylik olib kelmoqda. Shuni ta'kidlash kerakki, GSM standarti hali o'zining ko'p imkoniyatlarini ro'yobga chiqarib ulgurani yo'q, xususan unga kiritilgan prinsipial texnik yechimlarni.

Rouming rivojlanishiga doir ayrim texnikaviy va tashkiliy qiyinchiliklarni ko'rsatib ketishi zarur. Ular ichiga: abonentlarni autentifikatsiya qilish masalasi (inisiyativ va hatto agressiv froda muqarrar bo'lish tufayli); rouming xizmatlar to'lovini tashkillashtirish rouming geografiasining kengayishi va uning masshtabini oshishi bilan ancha murakkablashishi; proteksionizm (masalan ayrim mamlakatlarda xorijda ishlab chiqarilgan apparatning ishlatilishi taqiqlanadi).

Xulosa qilib shuni ta'kidlash mumkinki, mintaqalararo va xalqaro aloqalarning nihoyatda qatta o'sish va ish yuzasidan aloqalarni tashkillashtirishda sota aloqaning avtomatik to'laonli roumingni barpo qilish aktual muommolardan biri bo'lib qoladi va uni yechishda qo'shimcha ishlar bajarilishi talab etiladi.

## **10.6. Sotali harakatdagi raqamli tizimlar**

### **10.6.1. CDMA standarti**

---

~~CDMA standarti (Code Division Multiple Access) asosida kanallarni kod bo'yicha ajratish bilan ko'p stansiyali foydalana olish texnologiyasi yotadi. CDMA tizimlarida har bir ovoz oqimi o'zining yagona noyob kodi bilan belgilanadi va bir vaqtning o'zida boshqa ko'plab kodlashtirilgan ovozlar oqimi bilan birgalikda bitta kanalda uzatiladi. Qabul qiluvchi tomon signalni shovqindan ajratish uchun aynan shu koddan foydalanadi. Ko'plab ovozli oqimlar orasidagi yagona farq bu noyob koddir.~~

Qoidaga asosan kanalning kengligi juda katta bo'lib, har bir ovoz oqimi diapazonning butun spektrini egallaydi. Mazkur tizim kengligi 1,23 MHz bo'lgan kanallar to'plamidan foydalanadi. Ovoz 8,55 Kbit/s tezlikda kodlashtiriladi, ammo ovoz aktivligini va kodlashtirishning turli tezliklarini aniqlash jarayoni ma'lumotlar oqimini 1200 bit/s gacha kamaytirishi mumkin. CDMA tizimlarida signal quvvatining o'lchami ekstremal past bo'lishiga qaramasdan juda mustahkam va ximoyalangan barqaror bog'lanishlar o'rnatiladi. Nazariy jixatdan signal o'lchami shovqin darajasiga qaraganda kuchsiz bo'lishi mumkin.

### 10.6.2. IS-95 standartining asosiy xususiyatlari

Bu standartni ishlab chiqarishdan asosiy maqsad KSAT sig'imini analoglilarga qaraganda kattalashtirishdir. CDMA tizimiga qo'yiladigan texnik talablar aloqa sanoati assotsiyasi (TIA) tomonidan quyidagi standartlarda ifodalangan:

- IS-95 -CDMA radiointerfeysi;
- IS-96 -CDMA so'zlashuv xizmatlari;
- IS-97 -CDMA ko'chma stansiya;
- IS-98 -CDMA tayanch stansiyali;
- IS-99 -CDMA ma'lumotlarni uzatish xizmati.

Tizim AMPS/DAMPS standartlari KSRAT tarmoqlari uchun ajratilgan 800 MHz diapazonda ishlash uchun mo'ljallangan. CDMAning texnologik afzalliklaridan biri bo'lib aloqani sir saqlash (maxfiyligi) hisoblanadi, shuning uchun xabarlarni shifrlash talab qilinmaydi.

IS-95 standarti Uolsh funksiyalarining 64 ketma-ketliklari asosida chastotalar spektrini to'g'ri kengaytirishni qo'llaydi. So'zlashuv xabarlari o'zgarish tezligi 8000 bit/s bilan CELP algoritmi bo'yicha o'zgartiriladi, kanallarda esa xalaqitga chidamlilikni oshirish uchun qo'shimcha simvolni hisobga olgan holda 9600 bit/s gacha yetkaziladi. Tizim 4800, 2400 va 1200 bit/s tezliklarda ishlash rejimini ta'minlaydi. "Pastga" uzatishda tizimda 1/2, "yuqoriga" esa 1/3 tezlik bilan o'rnamli kodlashtirish qo'llaniladi. Bundan tashqari, uzatilayotgan xabarlarning navbatma-navbatligi, qabulda esa «yumshoq» yechimli Viterbi dekoderi qo'llaniladi.

Qualcomm CDMA standartidagi aloqa kanal 1,25 MHz polosani egallaydi, asosiy tavsiflari va texnik parametrlari esa 10.5-jadvalda keltirilgan.

Qabul qilishda akslanish natijasida har xil kechikish bilan kelgan signallarga alohida ishlov beriladi, so'ng vazn bo'yicha qo'shish amalga oshiriladi. Qabulning bunday tarzda amal qilinishi ko'p nurlilik effektining salbiy ta'sirini yetarli darajada pasaytiradi.

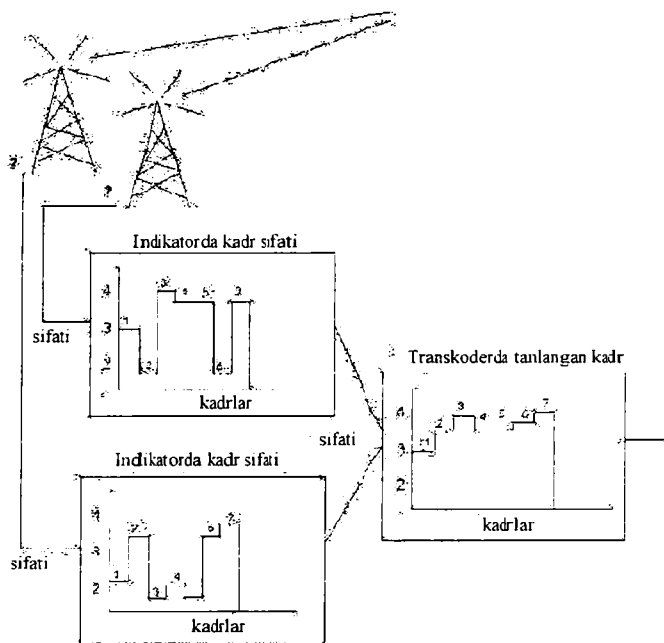
10.5-jadval

*Qualcomm CDMA standartining asosiy tafsifi va texnik parametrlari*

MS uzatish chastota diapozoni	824.040 – 848.970 MHz
BTS uzatish chastota diapozoni	869.040 – 893.970 MHz
MS tashuvchi chastotasining nisbiy nomotadilligi	$\pm 2,5 \cdot 10^{-6}$
BTS tashuvchi chastotasining nisbiy nomotadilligi	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$
Modulyatsiya turining nisbiy nomotadilligi	QPSK (BTS), O-QPSK (MS)
Uzatiluvchi signal spektrining kengligi	
Satxi 3 dB bo'yicha	1,25 MHz
Satxi 40 dB bo'yicha	1,50 MHz
PTK ning takt chastotasi	1.2288 MHz
PTK dagi elementlar soni	
BTS uchun	32768 bit
MS uchun	$2^{42} - 1$ bit
BTS ning 1 ta tashuvchisidagi kanallar soni	1 pilot kanali 1 signalizatsiya kanali 7 shaxsiy chaqiriq kanallari 55 aloqa kanallari
MS ning kanallari soni	1 foydalanish kanali 1 aloqa kanali
Ma'lumot uzatish tezligi	
sinxronizatsiya kanalida	1200 bit/s
shaxsiy chaqirish va foydalanish kanalida	9600,4800 bit/s
aloqa kanalida	9600,4800,2400.1200 bit/s
BTS uzatish kanallaridagi kodlash (sinx. Kanali, shaxsiy chaqiriq aloqasi)	O'ta aniqlik bilan kodlash r = $\frac{1}{2}$ , K = 9
MS uzatish kanallaridagi kodlash	U = 1/3, K = 9 Uolsh signali bilan 64 lamchi kodlash
Qabul qilgichdagi axborot bit energiyasining shovqin spektral zichligining nisbati ( $E_b/N_0$ )	6 – 7 dB
BTS ning maksimal samarali uzatish quvvati	50 Vt gacha
MS ning maksimal samarali uzatish quvvati	
1 sinf	6,3 W
2 sinf	2,5 W
3 sinf	1,0 W
MS uzatichining quvvati boshqarish aniqligi	$\pm 0,5$ dB

Signallarga alohida raqamli ishlov berish uchun har bir qabul kanalida 4 ta korrelyator BTSda, 3 ta korrelyator MSda parallel ravishda ishlaydi. Bundan tashqari parallel ishlovchi korrelyatorlar sotalarni kesib o'tishda «Estafetali uzatib berish» ning (Soft Handoff) ohista o'tish rejimini amalga oshirish imkoniyatini yaratadi. Bu MS ning ikkita va undan ko'p BTS lar tomonidan boshqarilishi hisobiga yuzaga keladi. Asosiy uskunaning tarkibiga kiruvchi

transkoder ikkita BTS dan keluvchi signallarni qabul qilish sifatini ketma-ket axbo rot kadrlari vositasida baholaydi (10.12-rasm).

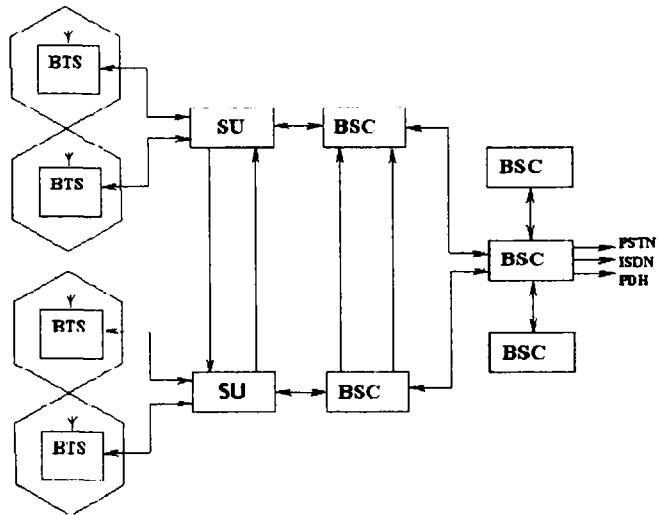


10.12-rasm. Har xil tayanch stansiyalar bilan qabul qilinuvchi kadrlarning eng yaxshisini bir biriga «yopishtirish» prinsipi

Eng yaxshi kadmi aniqlash jarayoni bu so'ngi natijaviy signalni tanlash bo'lib uzluksiz kommutatsiya va yumshoq rejimni ta'minlovchi "Estafetali uzatish"da ishtrok etuvchi turli tayanch stansiyalar bilan qabul qilingan va keyinchalik yopishtirilgan kadrlar yo'li bilan shakllanadi. Bunda, nutq xabarlarini qabul qilishning yuqori sifat darajasi ta'minlanadi va boshqa standartli sotali aloqa tarmoqlarda uchraydigan aloqa seanslaridagi uzilishlarni bartaraf qiladi.

CDMA standartining umumlashtirilgan strukturaviy sxemasi 10.13-rasm da keltirilgan. Ko'rinib turibdiki, keltirilgan sxemaning asosiy elementlari KSA Tning analogli va raqamli standartlarida qo'llaniladigan elementlariga o'xshashdir. Tafavut faqat sifatni baxolovchi va kadmi tanlovchi (SU – Selection Unit) qurilmaning qullanilishidadir. Bundan tashqari, «estafetali uzatishning» ohista rejimini amalga oshirish uchun turli kontrollerlar (BSC) tomonidan boshqariluvchi BTS lar orasiga SU va BSC (Inter BSC Soft Handoff) o'rtasidagi uzatish liniya kiritiladi.





BTS (Base Transceiver Station) – Tayanch qabul qiluvchi-uzatuvchi stansiya  
 BSC (Base Station Controller) – Tayanch stansiyalar kontrolleri  
 OMC (Operation and Maintenance Centre) – Boshqarish va xizmat ko'rsatish markazi  
 SU (Selector Unit) – Kadr saralaydigan qurilma  
 DB (Date Base) – Abonentlar va qurilmalar haqida ma'lumotlar bazasi  
 MSC (Mobile Switching Centre) – Ko'chma aloqa kommutatsiya markazi

10.13-rasm. CDMA sotali ko'chma (harakatdagi) radioaloqa tarmog'ining tuzilish sxemasi

Aloqa o'rnatish protokollari CDMA dagi to'g'ri (forward), teskari (reverse), "yuqoriga" uzatishlarga bo'lingan mantiqiy kanallardan foydalanadi. IS-95 standartining bunday kanallari strukturasi 10.14-rasmda keltirilgan.

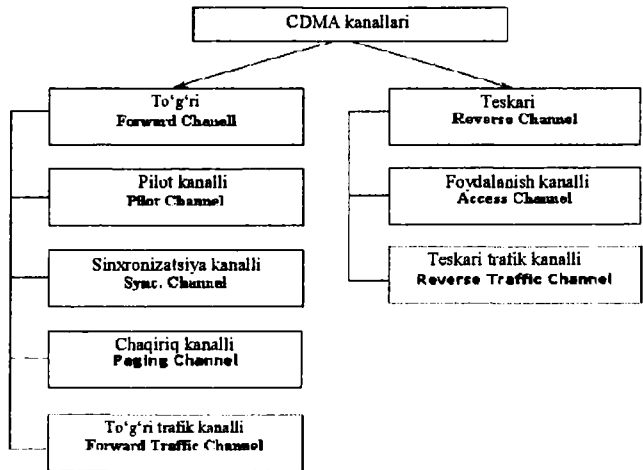
To'g'ri pilot kanali MSning tarmoq bilan sinxronlashuvi va BTS signallarini vaqt, chastota va faza bo'yicha nazorat qilish uchun xizmat qiladi.

Sinxronlashtirish kanali BTSni, pilot signal nurlashish darajasini. BTSdagi PTKning fazalarini identifikatsiyalash uchun foydalaniladi.

Sinxronlashtirishning qayd qilib o'tilgan etaplari tugagandan so'ng **bog'lanish o'rnatishlar boshlanadi.**

Chaqiruv kanali bo'yicha MS ni chaqirish amalga oshiriladi. Chaqiruv signalini qabul qilgandan so'ng MS tasdiqlovchi signalni BTSga uzatadi. Shundan so'ng BTSdan bog'lanishning o'rnatilganligi va aloqa kanalining tayinlanishi to'g'risidagi axborot uzatiladi.

Kanal o'zining to'liq ishini faqat MS barcha tizimga ta'luqli axborotni qabul qilgandan so'ng boshlaydi (tayanch chastota, taktili chastota, sinxronlashtirish kanali bo'yicha signalning kechikishi).



10.14-rasm. CDMA IS-95 standartidagi aloqa kanalining tuzilishi

Trafikning to'g'ri kanali so'zlashuv xabarlarini va ma'lumotlarni uzatish uchun xizmat qiladi, shuningdek BTSdan MSga boshqarish axborotlarni uzatish uchun.

Agar MS trafik kanaldan foydalanmasa, unda BTS bilan aloqani tashkil qilish uchun teskari foydalanish kanal xizmat qiladi. Ushbu kanal vositasida da o'rnatuvchi chaqiruvlar, kanalda uzatiladigan xabarlarga javoblar va tarmoqda ro'yxatdan o'tkazishga ta'qiqlanish amalga oshiriladi. Chaqiruv va kirish kanali umumlashtiriladi.

Teskari trafik kanali bo'yicha nutq xabarlarini va MS dan BTS ga boshqaruv axborotlari uzatiladi.

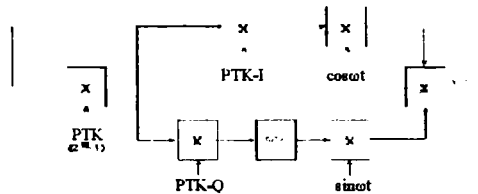
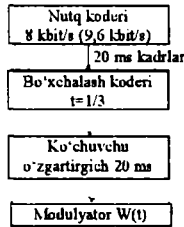
BTSda kanallar soni 64 ta, ulardan 2 ta kanal sinxronlashtirish uchun qo'llaniladi, 7 tasi shaxsiy chaqiruvlar uchun (Paging), kolgan 55 tasi esa nutq xabarlarini uchun.

BTSning hamma 64 ta kanali bir xil PTKdan foydalanadi. Uzatish vaqtda kanallarni ajratish uchun Uolshning 64 ta o'zaro to'g'riburchakli (ortogonal) ketma-ketligi qo'llaniladi. Shu sababli, bitta BTSdagi uzatish kanallar orasida o'zaro xalaqitlar yo'qdir. Ammo, boshqa siklik siljishli aynan shu PTK dan foydalanuvchi bir xil radiochastotali polosada ishlovchi qo'shni BTS lar hosil qiluvchi xalaqitlar bo'lib turadi.

MS dan uzatishda ham xuddi shu Uolshning to'g'riburchakli ketma-ketligi qo'llaniladi, lekin kanallarni bo'lish uchun emas, balki xalaqitlarga chidamlilikni ko'paytirish uchun. Buning uchun uzatishda har bir 6 bit axborot xabarlarini guruhiga Uolshning 64 ta to'g'riburchakli ketma-ketligidan bittasi

qo'yiladi. MS signallarini ajratish turli siklik siljishlarga ega bo'lgan PTKni qo'llash yo'li bilan ta'minlanadi.

Ko'chma stansiyadagi signalning shakllanishi 10.15-rasmda va qabul qiluvchi tayanch stansiyaning strukturaviy sxemasi esa 10.16-rasmda keltirilgan.



10.15-rasm. Ko'chma (harakatdagi) stansiya signalini shakllantirish

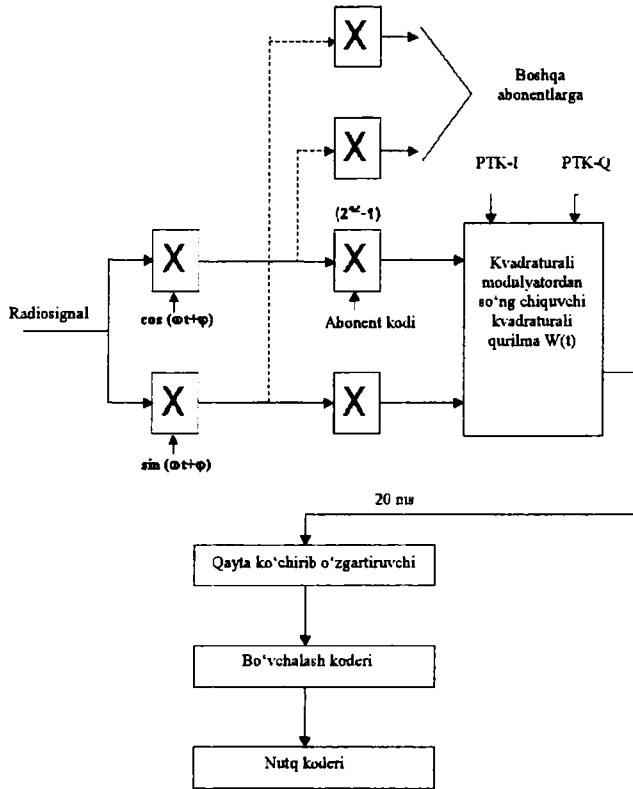
Qo'shni BTSlar va boshqa MSlar hosil qiladigan xalaqitlar darajasi CDMA standarti tarmog'ining o'tkazish qobiliyatining yuqori bo'sag'asini aniqlaydi.

CDMA tizimining sotasida aktiv abonentlar sonini hisoblash uchun hamma k aktiv abonentlar sotada F umumiy chastotalar polosasida ishlashadi, xabarlarining uzatish tezligi esa doimiy bo'lib, S ga teng deb faraz qilinadi. Bunda BTS qabul qilgichining sezgirliги P<sub>0</sub>ga, fon shovqin darajasi esa R<sub>sh</sub> ga teng.

Berilgan dastlabki shartlarda, BTS qabul qilgichining kirishidagi signal/shovqin nisbati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\frac{P_0}{P_{sh}} = \frac{P_0}{(k-1)P_0 + P_{sh}}$$

bu yerda,  $(k-1)P_0$  — boshqa aktiv stansiyalarning signal darajasi.



10.16-rasm. Tayanch stansiya qabul qilgichining tuzilish sxemasi

O'z navbatida, bitta bit  $E_0$  axborot signali quvvatining  $N_0$  shovqinning spektral zichligiga munosabat shunday ifodalanadi:

$$\frac{E_0}{N_0} = \frac{P_0/C}{[(k-1)P_0 + P_{sh}]/F} = \frac{F/C}{(k-1) + P_0/P_{sh}}$$

bu yerda,  $F/C=B=FT=F(1/c)$  va  $P_{sh}/P_0 \ll 1$ .

Barcha MS dan keluvchi signallar darajasi BTS kirishida deyarli teng va minimal,  $P_0$  ga yaqin bo'lgan sharoitda  $k-1=B/(E_0/N_0)$ . Bundan kelib chiqadiki MS signallarining quvvat darajasini sozlash nihoyat darajada aniq va katta diapazonda bo'lishi lozim.

IS-95 standartda MS ning signal quvvatining darajasi 84 dB diapazonda 1 dB qadam bilan sozlanadi, bu esa BTS kirishidagi signal sathini

minimallashtirishga imkon beradi. Bu esa o'z navbatida tizimdagi o'zaro xalaqitlar darajasini pasaytiradi va uning sig'imini oshiradi.

Qualcomm CDMA tizimining keyingi kamchiligi bo'lib butun tarmoq bo'yicha bir xil o'lchamdagi sotalarni ishlatish zaruriyati kasb etadi. Chunki, aks holda, turli o'lchamdagi qo'shni sotalarda joylashgan mobil stansiyalar signallaridan o'zaro xalaqitlar paydo bo'ladi. Bundan tashqari "estafetali uzatish" muammolariga ham olib keladi.

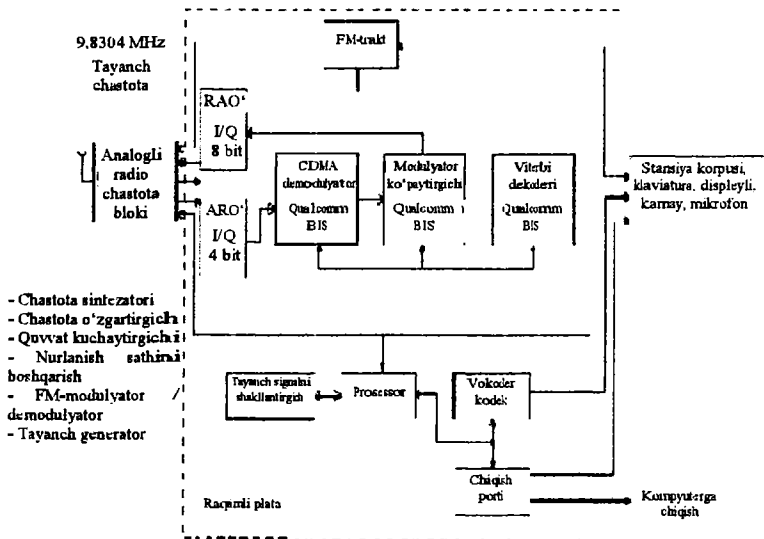
CDMAli tizimda o'zaro xalaqitni pasaytirish, va buning natijasida tarmoq sig'imini ken gaytirish usullaridan biri bo'lib bu nutq aktivligining detektorini va CELP algoritimli vokoderni, shuningdek analog so'zlashuv signalini raqamli signalga aylantirishning o'zgaruvchan tezligini ishlatish asosida nutqni uzlikli uzatish hisoblanadi.

IS-95 standartida xabarlar uzatilishi kadrlar bilan amalga oshiriladi, qo'llanilayotgan qabul texnologiya esa har bir axborot kadridagi xatolarni tahlil qilish imkoniyatini beradi. Bunda, agar xatolar soni yo'l qo'yiladigan qiymatdan oshib ketsa, unda kadr o'chiriladi (*frame erasure*). O'z navbatida "bitlarni o'chirish chastotasi"  $E_b/N_0$  munosabat bilan aniqlanadi. Sotadagi aktiv abonentlar soni ko'payganda, o'zaro xalaqitlar tufayli  $E_b/N_0$  nisbat pasayadi, xatolar takrorlanishi esa oshadi. Bunday xatolar kattaligi bo'yicha umumiy normalar hali qabul qilinmagan, shuning uchun turli xil ishlab chiqaruvchi firmalar o'zlari tomonidan tez-tez uchrab turadigan xatolarning joiz qiymatini qabul qilishadi. Masalan Qualcomm firmasi xatolarning tez-tez sodir bo'lish qiymat kattaligini uch foizga teng deb hisoblaydi, bunda CDMA tizimining sig'imi AMPS tizimiga qaraganda 20.30 marta kattalashadi. O'z navbatida Motorola firmasi yo'l qo'yiladigan xatolar soni bir foizga teng deb hisoblaydi, unda AMPS tizimiga qaraganda CDMA tizimi sig'imi faqat 15 marta kattalashadi.

Motorola firmasining ma'lumotlariga asosan  $E_b/N_0=7...8\text{dB}$  nisbatda va yo'l qo'yilgan xatolar takrorlanishi bir foiz bo'lganda uch sektorli sotada 60 tagacha aktiv kanallar tashkil qilish mumkin.

### 10.6.3. IS-95 standarti MS ning xususiyatlari

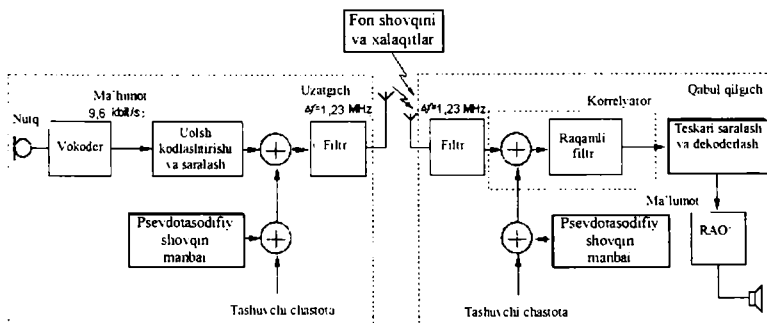
IS-95 standarti uchun ishlab chiqarilgan MS ikki rejimli hisoblanadi. Ya'ni CDMA tarmog'idan boshqa mavjud chastotali modulyatsilastirilgan analogli standartlar (AMPS) tarmoqlari bilan ham aloqa o'rnatish imkonini beradi. Bu esa CDMA abonentlariga jiddiy afzallik tug'diradi, chunki mavjud sotali analog tarmoqlar ta'minlagan radioqamrov joyda ham MSdan foydalanish imkonini beradi. Bunday MS larning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, mavjud analog standartli stansiyalarga signallarni raqamli ishlov berish funksiyalari qo'shilgan. Qualcomm firmasining IS-95 standartida bu funksiyalar bitta qurilmaga konstruktiv jixatdan birlashtirilgan uchta buyurtmali SBISda amalga oshirilgan. CDMA ko'chma stansiyasining tuzilish sxemasi 10.17-rasmda keltirilgan.



10.17-rasm. CDMA ko'chma stansiyasining tuzilish sxemasi

CDMA standart tizimining ishlash prinsipini tushintiruvchi soddalashtirilgan tuzilish sxema 10.18-rasmida keltirilgan. Axborot signal Uolsh qoyidasiga binon kodlashiriladi, so'ng spektri oldindan psevdotoasodifiy shovqin manbaining signali bilan ko'paytirilgan eltuvchi bilan aralashiriladi. Har bir axborot signalga o'zining Uolsh kodi tayinlanadi, so'ng ular uzatgichda birlashtiriladi, filtr orqali o'tkaziladi, va umumiy shovqinsi mon signal uzatuvchi antenama bilan nurlatiladi.

Qabul qilgich kirishiga foydali signal, fon shovqini, qo'shni sotalarining tayanch stansiyalaridan (BTS) va boshqa abonentlamig MS laridan xalaqitlar kelib tushadilar. Yuqori chastotali filtrlashdan so'ng signal korrelyatorga kelib unda spektrning toraytirilishi amalga oshiriladi va belgilangan Uolsh kodi yordami tufayli raqamli filtrda foydali signal ajratib olinadi. Xalaqitlar spektri kengayadi va ular korrelyator chiqishida shovqin ko'rinishida paydo bo'ladi. Amalda har xil vaqt bo'yicha tarqaluvchi radiotrakt signallarini yoki turli tayanch stansiyalar uzatuvchi signallarini qabul qilish uchun MS larda bir necha korrelyatorlardan foydalaniladi.



10.18-rasm. CDMA standarti sotali aloqa tizimning ishlash prinsipi

#### 10.6.4. IS-95 standart BTS ning mohiyatlari

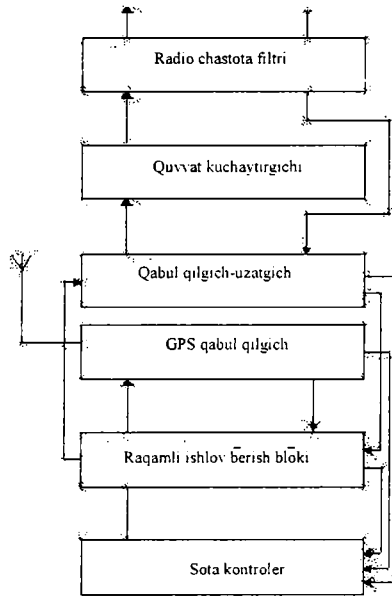
Bu standartda BTS ham doiraviy diagramma bo'yicha yo'naltirilgan, ham sektorli (odatda 120 gradusli) antennalar bilan ishlashi mumkin. CDMA standartidagi BTS ning tuzilish sxemasi 10.19- rasmda keltirilgan.

Bu yerda sotalarda doiraviy diagrammali yo'naltirilgan antenna qurilmalaridan foydalanish nazarda tutiladi, va ularning tarkibiga kanal bloklari, raqamli universal, shuningdek konfiguratsiyalangan axborot yoki xizmat kanallari kiradi. Tarmoq ishlashini sinxronlashtirish uchun joyli aniqlovchi global tizimning (GPS) qabul qilgichi qo'llaniladi. shuningdek uning tarkibiga tayanch takt generatori va sekund impulsini shakllovchi qurilma ham kiradi.

Raqamli ishlov berish blokida shakllantirilgan oraliq chastota signali qabul qilib uzatuvchi blokiga kiradi va u yerda eltuvchi chastota radio signaliga o'zgartiriladi. Keyin u quvvat kuchaytirgichida kuchaytiriladi va radiochastotali filtr orqali uzatuvchi antennaga keladi.

Qabul qilishda esa, qabul qiluvchi antennadan so'ng signal radiochastotali filtr yordamida ajratiladi, kam shovqinli kuchaytargich bilan kuchaytiriladi va oraliq chastotali signalga o'zgartiriladi so'ng raqamli ishlov berish blokiga uzatiladi. Qabul qilish va uzatish traktlari ajratilgan, ya'ni quvvat jamlagichi mavjud emas, bu esa qo'shib taxlashda quvvat yo'qolishiga yo'l qo'ymaydi.

BTS ishining kerakli rejim va algoritmini sotaning kontrolleri ta'minlaydi. Bundan tashqari kontroller sotaning ishlari to'g'risidagi statistik axborotni tuzadi, shuningdek xabarlarini raqamli liniyalarda tarmoq kontrolleriga va ko'chma aloqa kommutatsiyalash markaziga uzatuvchi kanalli bloklar portlarini boshqaradi.



10.19-rasm. CDMA tayanch stansiyasining tuzilish sxemasi

#### 10.6.5. IS-95 stnadartida aloqaning xavfsizligi va maxfiyligi

IS-95 standartida kanallar bo'yicha kodlashtirish va ornatish yordamida, uzatiluvchi signallarning "kengaytirilishi" natijasidagi xabarlarni kadrlar bilan uzatishga asoslangan murakkab radiointerfeysning qo'llanilishi uzatilayotgan xabarlarning yuqori darajada xavfsizligini ta'minlash imkonini beradi. Keng polosali (shovqinsimon) signal tarkiblari yordamida Uolshning 64 ta turlardagi ketma-ketliklari va elementlar soni  $2^{15}$  va  $(2^{42-1})$  bo'lgan psevido tasodifiy ketma-ketliklar (PTK) asosida shakllantirilib uzatiladi. Bundan tashqari aloqa xavfsizligi autentifikatsiya protseduralarini qo'llash va xabarlarni shifrlash bilan ta'minlanadi.

Ham kanallarni chastota bo'yicha ajratish rejimida, ham CDMA rejimida ishlash uchun autentifikatsiyalash protsedurasiga MS da bitta A kalit va maxfiy ma'lumotlarning bitta umumiy to'plami saqlanadi. Autentifikatsiyalash 18 bitdan tashkil topgan "raqamli imzo"ni uzatish yo'li bilan amalga oshiriladi. U xabarning boshlanishida stansiyalarni qidirish vaqtida tarmoqning talabiga muvofiq MS ning javobida uzatiladi va qayd qiluvchi xabarlarga yoki kirish kanal orqali uzatiladigan ma'lumotlar paketiga qo'shiladi. Umumiy yashirin



ma'lumotlarning autentifikatsiyalangan to'plamini o'zgartirish mumkinligi ham ko'zda tutiladi.

Aloqa kanalida uzatish uchun mo'ljallangan xabarlarini shifrlash IS-54 standartiga muvofiq amalga oshiriladi. Bundan tashqari "Aloqaning xususiy xarakterli" rejimida ishlash imkoni mavjud, buning uchun IS-54 standartida tavsiflangan singari uzun kod ko'rinishidagi maxfiy niqob (maska) qo'llanilishi ko'zda tutiladi.

Aloqaning nixoyat yuqori darajadagi maxfiyligi ko'p pog'onali kodlashirish bilan erishiladi, va shifrlangan axborotdagi ma'lumotni sanksiyasiz aynan qayta tiklash uchun esa bir necha yil tinmay mehnat qilish talab qilinadi. Masalan analogli standart signallarini do'konlarda bemaol sotib olish mumkin bo'lgan eng oddiy o'lchov qabul qilgichlari orqali eshitish mumkin bo'lsa, GSM va DAMPS standartlari signallarini efridan eshitirish uchun esa radionazoratning bir muncha takomillashirilgan apparatura zarur bo'ladi.

CDMA texnologiyalarining signallarini efridan qidirib topish masalasiga kelsak, ularning yuqori kriptochidanlilik va shovqinlar ostida yashirilligi tufayli bu vazifa juda murakkab hisoblanadi. Qiziqarlilik, kriptochidamlilik, xalaqitga chidamliliklik va xalaqitdan himoyalanih kabi sifatlarning birligi hamda akkumulyator batereyasi sig'imining energiyasi kam sarf bo'lishini hisobga olgan holda CDMA texnologiyasini xavfsizlik kuchlari, muassasalari ehtiyojlari uchun qo'llash maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi.

### 10.7. WCDMA standarti

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) – keng polosali, kod bo'yicha ajratilgan kanallar orqali ko'p stansiyali foydalanishdir. WCDMA tarmoqlari mavjud GSM tarmoqlari ustidan quriladi. Bunda tarmoqlar paralel ravishda ishlaydi: tarmoqning eski foydalanuvchilari GSM tarmog'idan foydalanashadi, yangilari esa sharoitga qarab, yoki GSM yoki WCDMAdan foydalanishadi. Abonent terminali tarmoqlar o'rtasida avtomatik ravishda o'zgartiriladi, buning ustiga bir tarmoqdan boshqa tarmoqqa o'zgartirish aloqani uzmasdan turib amalga oshirish mumkin. WCDMA ning GSM ga qaraganda bosh afzalligi ma'lumotlarni yuqori tezlikda uzatishdir, nazariy jixatdan 2 Mbit/s gacha amalda erishib bo'ladigani 384 kbit/s (solishtirganda maksimal nazariy erishiladigan tezlik PRS 155 kbit/s xisobiga 64 kbit/s, amalda yerishiladigani 48 kbit/s)! Bundan tashqari mobil videotelefonli aloqa va mobil terminalga to'laqonli audio va videofayllarni yuklash imkoniyatlari mavzuda WCDMA ning qo'llanilishi telefon narxini oshiradi. Bugungi kunda O'zbekistonda uchinchi avlod tarmoqlari test rejimida va cheklangan territoriyada ishlaydi.

UMTS (Universal Mobile Telecommunication Systems) Universal mobil telekommunikatsiya tizimlari bu 3G ni Yevropadagi Telekommunikatsiya Standartlari Instituti (ETSI) tomonidan ishlab chiqilgan standartlardan biridir. Bugungi kunda mobil aloqaning rivojlanishini aniqlovchi asosiy omil ovozli telefondir. GPRS va EDGE larning yuzaga kelishi, keyin UMTS ga o'tishi ovozli aloqadan tashqari ko'plab qo'shimcha imkoniyatlarga yo'l ochib berdi.

UMTS- bu ma'lumotlarni yuqori tezlikda uzatishni, mobil internet, internet va multimedia asosida turli qo'shimcha imkoniyatlarni taqdim etadi. UMTS uchun keng polosani kod bo'yicha ajratishlar bilan ko'p stansion foydalanishning (WCDMA) asosiy texnologiyasi xisoblanadi. 1998 yili sentabr oyida Yevropa telekommunikatsiyalar standartlari instituti tomonidan taqdim etilgan bunday revolyusion radioaloqa texnologiyasi shu davrgacha to'plangan 3G ning barcha multimedia xizmatlarini amalda bajara oladi.

WCDMA/UMTS tizimlari GSMning takomillashgan tarmog'i va WCDMA texnologiyalari bo'yicha radiointereysni o'z ichiga oladi. Mobil abonent uchun radiokanalda uzatish tezligi 2 Mbit/s ga yetadi. WCDMA 2GHz chastotali diapazonda ishlaydigan tizimlarda qo'llaniladi, bu esa ushbu texnologiyaning barcha afzalliklaridan to'liq foydalanish imkonini beradi. Masalan, 5 MHz kenglikdagi bittagina asosiy WCDMA 8 Kbit/s gacha bo'lgan tezlikdagi uzatishlarni talab qiluvchi aralash xizmatlarni taqdim qiladi. Mobil terminallar esa WCDMA bilan birlashib, ITU tavsiyalariga asosan baravariga bir necha xizmatlar bilan ishlashi mumkin.

**CDMA-2000 standartlari.** CDMA-2000 bu simsiz radiofoydalanish, ITU/IMT-2000 aniqlanganidek, sotali aloqa xizmatlarining uchinchi avlodi 3G ni qo'llab-quvvatlaydi.

Avvaldan CDMA-2000 ishlab chiqarishda quyidagi shartlar qo'yildi:

- aloqa xizmatlari hajmi va sifatining ITUning 3G ga talablariga to'la mos kelishi;

- operatorlik kompaniyalari xavf-xatarlarini kamaytirish va ularning kapital mablag'larini himoya qilish;

- operatorlik kompaniyalarining tarmoqni rivojlantirish ishlarini yengillashtirish.

CDMA-2000 sotali tarmoqlari CDMA ONE (IS-95) raqamli tarmoqlari bilan bir-biriga to'la mos keladi, bu esa simsiz aloqaning yangi avlodiga sodda va arzon o'tishni ta'minlaydi, bu bilan operatorlik kompaniyalarning kapital operatorlik kompaniyalarning kapital mablag'larini himoya qilish imkonini beradi.

CDMA-2000 sotali tarmoqlari ma'lumotlarni yuqori tezlik va multimodallikda uzatishda tovush sifatini yetarli darajada yaxshilash va tovushli kanallar hajmini kengaytirishni tavsiya qiladi. CDMA-2000 ga evolyusion o'tish ikkita: 2x va 3x fazalariga bo'linadi. IMT-2000 ga evolyusion o'tishni amalga oshirish uchun 1.25 MHz chastotalar polosasida IXEV standartini rivojlantirishning. U esa CDMA-2000 imkoniyatlarini I xdan oshirish imkonini beradi. CDMA kongressida butun dunyoning operatorlari, tomonidan yig'ilgan CDG tomonidan umumlashtirilgan va bu standartga qo'yilgan talablar qabul qilinadi.

CDMA 2000 ning yechimi 450 MHz diapazonda telekommunikatsiyaning universal xizmatlarini amalga oshirish uchun asos bo'lishi mumkin. Masalan, O'zbekistonning butun territoriyasi bo'yicha, ayniqsa uzoqlashgan qishloq joylarda na faqat ovozlarni, balki ma'lumotlarni ham uzatish mumkin. Bunday holatda aloqaga oddiy erishibgina qolmasdan, balki mobil yoki qayd qilingan

aloqa tarmoqlarini kengaytirish narxi balandligi tufayli aholiga bunday xizmatlarni ko'rsatish imkonini bo'lmagan joylarda ham amalga oshirish mumkin.

CDMA 2000 texnologiyalarini, ayniqsa, 450 MHz diapazonida foydalanish "elektron hukumat" tizimini tuzishni bir muncha yengillashtirishi mumkin. Bu standartning turli taqdim etiluvchi xizmatlari xukumat, davlat xavfsizligi va boshqa muassasalar uchun istiqbolli qo'llanilishlar egadir. Bu texnologiya sanab o'tilgan afzalliklardan tashqari autentifikatsiyalash, kodlashtirish yordamida uzatishda axborotlarni himoya qilishning yuqori darajasini va ma'lumotlarning butunligini ta'minlaydi.

### *Nazorat savollari*

- 1. KSRATda chastotaviy rejalashtirish qanday qilib amalga oshiriladi?*
- 2. Raqamli standartning asosiy xarakteristikalarini keltiring?*
- 3. GSM standartining funksional sxemasini va qurilmalar tarkibini keltiring va asosiy bo'g'iratlarni tushuntiring.*
- 4. Raqamli ko'chma stansiyaning funksional sxemasini keltiring va asosiy qismlarini tushuntiring.*
- 5. Raqamli tayanch stansiyaning funksional sxemasini keltiring va asosiy qismlarini tushuntiring.*
- 6. KSRATdagi ra'uming, tashkil qilish shartlari va turlari.*
- 7. IS-95 standartini ko'chma stansiyasi strukturaviy sxemasini keltiring (tuzilish) va uni tushuntiring.*
- 8. IS-95 standartini tayanch stansiyasi tuzilish sxemasini keltiring va uni tushuntiring, IS-95 standartida aloqaning xavfsizligi va maxfiyligi qanday ta'minlanadi?*
- 9. KSRAT hamma avlodlari tomonidan ko'rsatiladigan xizmatlar imkoniyatlarini taqqoslang.*
- 10. CDMA 2000 standartlarining turlarini keltiring.*

## RADIOALOQANING RIVOJLANISH BOSQICHLARI

### *Radioaloqa texnologiyalari rivojlanishining uch bosqichi:*

- *Birinchi bosqich* – signallarni analog shaklda uzatish va kommunikatsiyalashdan raqamli shaklga o'tish.
- *Ikkinchi bosqich* – sotali aloqa tizimining rivojlanishi. Ikki kishi bir-biri bilan hoxlagan vaqtda, hoxlagan joyda bog'lana olishi. Sotali telefonlar soni sim orqali aloqa telefonlaridan anchagina ko'pligi.
- *Uchinchi bosqich* – bu global axborot jamiyatiga o'tish. Aholini axborot resurslaridan va butun jahon sivilizatsiyasi taraqqiyoti xaqidagi ma'lumotlardan yangi NGN aloqa tizimi orqali xabardor bo'lishligi. 2010 yilga kelib INTERNET trafigi ovoz orqali axborot berish trafigidan bir necha bor oshdi. Kompyuter inson uchun telefondan ko'ra muxim o'rin egalladi.

### *Butun jahon telekommunikatsiyasi*

Jahonda axborot – telekommunikatsiya sohasining rivojlanish tezligi moddiy maxsulotlar ishlab chiqarishga qaraganda 8 marotaba katta.

Televizion texnologiyalar ishlab chiqarishning asosiy tarmoqlaridan va jamiyat taraqqiyotining asosiy tashkil etuvchilaridan biri.

AQSh savdo vazirligi iqtisodiy tahlil byurosi ma'lumotlari bo'yicha:

- 1965 kompaniyalarning axborot texnologiyalarini xarid qilish va foydalanish uchun harajatlari kompaniya harajatlarining 5% dan kamini tashkil etgan.
- Ushbu ko'rsatkich 1980 yillar boshlarida, shaxsiy kompyuterlarning ommaviy ravishda sotib olinishi boshlanishi sababli 15%ni tashkil etgan.
- 1990 yillar boshida esa bu ko'rsatkich – 30% ga yetgan.
- XX asr oxirida 50% ni tashkil etgan.

### *Telekommunikatsiyalar jahon bozori*

Telekommunikatsiya sanoati Assotsiyasining 2007 yil hisoboti bo'yicha AKT sohasi mahsulotlari:

- 2006 yilda taxminan 3 trl. dollarni tashkil etgan, o'sish tezligi 11.2%.
- 2010 yilda taxminan 4,3 trl. dollarni tashkil etgan, o'sish tezligi 9,1%.

### *Umumjamoa foydalanadigan simli telefondan foydalanish uchun to'lovlar:*

- 2006 yilda - 693 mlr.dollarni tashkil etgan.
- 2010 yilda - 710 mlr.dollarni tashkil etgan.

### *Simsiz aloqadan foydalanganlik uchun to'lovlar:*

- 2006 yilda – 689 mlr.dollarni tashkil etgan.
- 2010 yilda – 1.07 trl.dollarni tashkil etgan.

### *Keng polosali radioaloqa tizimidan foydalanganlik uchun to'lovlar:*

- 2006 yilda - 113 mlr.dollarni tashkil etgan.

- 2010 yilda - 208 mlr. dollari tashkil etgan.

### ***Elektr aloqa – axborot kommunikatsiya texnologiyalarining rivojlanish darajasi***

- Oxirgi besh yillarda elektr aloqaning yillik o'sishi 40%ni tashkil etdi.
- Oxirgi o'n yilda simli telefonlar soni ikki barobar ko'paydi va har 100 kishiga 36 tani tashkil etdi.
- AKTning ichki ishlab chiqilgan maxsulotdagi hajmi 2002 yilda 32% ni tashkil etgan bo'lsa, 2006 yilda 5% ga yetdi.
- 2004 yilda AKT ning o'sishi ichki ishlab chiqarilgan mahsulot o'sishiga qaraganda 4 marotaba katta bo'ldi.
- Harakatdagi aloqa vositalari har yili deyarli ikki marta ko'paydi. O'zbekistonda mobil aloqa telefonlaridan foydalanuvchilar soni 18,0 mln.dan ortiq. Rossiyada 2007 yilda mobil telefon abonentlari soni 150.0 mln.ga yetdi. Moskva shaxrida mobil telefon abonentlari zichligi 145.0%ni, Sankt-Peterburgda esa 124% ni tashkil etdi.
- Rossiyada INTERNET tizimidan foydalanuvchilar soni 2010 yil oxirida 30,0 mln.ni tashkil etgan (har besh kishidan biri). Moskvada har 2-kishining biri INTERNETdan foydalanadi. 2006 yilda ular foydalanadigan kompyuterlar soni 25,0 mln. tashkil etgan. O'zbekistonda INTERNETdan foydalanuvchi soni - mln. ga yaqin.
- 2008 yilda Rossiyaning hamma jamoa yashaydigan hududlari telefonlashtirilishi rejalashtirilgan edi. 2007 yilda 52940 ta maktab tizimiga ulanishi rejalashtirilgan edi. 2006 yilda Rossiyada AKTning rivojlanishi 15% ni, tovush orqali aloqa 1,7 marotaba, ma'lumotlarni uzatish esa 20% ga o'sdi. (shu jumladan INTERNET ham).

### ***Texnologik o'sish sabablari***

- Mikroelektronikaning rivojlanishi;
- Optik aloqa tizimining rivojlanishi;
- Axborot uzatish tizimining rivojlanishi;
- Abonentlar orasidagi masofaning aloqa o'rnatish imkoniyatiga ta'siri umuman yo'q bo'ldi:
- Kommutatsiya tizimlaridagi jiddiy o'zgarishlar;
- Aloqa o'rnatish tarmoqlarining tezkor rivojlanishi;

### ***Mikroelektronikaning rivojlanishi***

Mikrosxemalar 1 Mbaytini tan narxining o'zgarishi:

- 1977 yil – 150.0 nemis markasi (tuning yarmi)
- 1988 yil – 60.0 nemis markasi (bitta ko'ylak)
- 1993 yil – 1,0 nemis markasi (bitta pochta markasi)
- 2002 yil – 5,0 (bitta saqich)
- 2012 yil - 0,5 (bir varaq qog'oz)

***Sekundiga 1 mln. bosharuvchi hisoblash quvvati tan narxining o'zgarishi:***

- 1978 yil – 480 \$
- 1985 yil – 50 \$
- 1995 yil – 4 \$

***Signallarni raqamli uzatish tizimlarining afzalliklari***

• Yuqori sifat. Radioeshittirish va teleko'rsatuv signallarini harakatdagi ob'ektlar (avtomashina, poezd) da qabullash. Mobil qabul. Yuqori sifatli televideniya amalga oshirish imkoniyatining paydo bo'lishi. Yuqori xalaqitbardoshlik. Qabullangan signal sifati masofaga bog'liq bo'lmaydi, qayta-qayta ko'chirib yozish natijasida axborot sifati va halaqitbardoshligi o'zgarmaydi.

• Axborotlarni uzatish turli tizimlarining bir-biriga moslashtirish imkoniyati, shu jumladan elektron telefon stansiyalari bilan. Turli multimedia xizmatlarini tashkil etish imkoniyati paydo bo'ladi.

• Signallarga raqamli ishlov berish imkoniyati, shu jumladan raqamli kompressiya (siqish) imkoniyati yuzaga keladi. Sotali aloqa tizimining imkoniyati 3 martaga ortadi.

• Radiochastotalar spektridan foydalanish samaradorligi sezilarli darajada ortadi. Bitta analog televidizion kanal egallaydigan 8.0 mHz chastotalar po'lasida 8-12 ta raqamli telekanallar tashkil etish imkoniyati paydo bo'ladi.

• Raqamli TV va RE hizmat ko'rsatish hududi saqlangan holda radiouzatkichlar chiqish quvvatini kamaytirish imkoniyatini beradi, shunga mos ravishda elektr energiyasi manbaidan talab qilinadigan quvvat ham kamayadi.

***Konvergensiya – turli aloqa tizimlarining bir-biriga qo'shilib ketishi***

***Konvergensiyaning 3 ta yo'nalishi:***

• Hizmat ko'rsatish turlarining konvergensiya – aloqa tizimidan foydalanuvchilar uchun yangi keng imkoniyatlarni beradi.

• Qurilmalar konvertensiyasi – operator va provayderlarga turli korxonalar ishlab chiqargan aloqa texnikasi va texnologiyalardan foydalanish imkoniyatlarini yaratadi va aloqa tizimi xizmatlaridan foydalanuvchilar uchun yangi samarali xizmat turlarini ko'rsatish imkoniyatini beradi. Xizmatlardan foydalanuvchilar uchun konvergensiya shaxsiy kompyuterlar, terminallar va televideniya signallarini qabullash qurilmalarini foydalanuvchilar ommasi uchun yagona bir qurilma shakliga keltirish imkoniyati paydo bo'ladi.

• Aloqa tarmoqlarining konvergensiya turli tarmoq texnologiyalari va tizimlarini bir-biriga yaqinlashtirish yoki birlashtirishni va xizmat turlarini xam konvergentsiyalashni ta'minlashni anglatadi.

***Terminallarning konvergensiya***

- GSM mobil aloqa terminali vazifasini ham bajaruvchi YeMA noutbuklari
- WI-FI va GSM/GPRS interfeysli noutbuk va cho'ntak shaxsiy kompyuterlari
- DECT va GSM tizimlarida ishlovchi mobil telefonlar va smartfonlar
- WI-FI telefonlar va SIP telefonlar

### ***Radioaloqa tizimlarini taqqoslash***

• Cheklangan aloqa kanallaridan ko'p sonli abonentlar foydalanish usuli (misol uchun, 6-kanal – 320 abonentlar va 25-kanal – 2160 ta abonentlar foydalanadi).

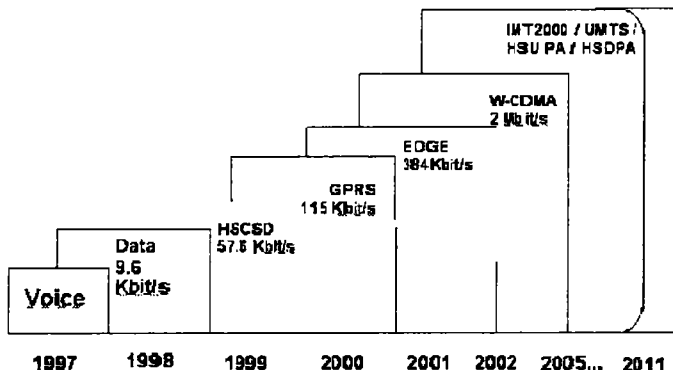
- Radiochastotalar spektridan tejamli foydalanish.
- Boshqa aloqa tarmoqlariga chiqish imkoniyati (umum foydalanish telefon tizimi – UFTT, ma'lumotlar uzatish tizimi – MUT).
- Ma'lumotlarni va telemetrik axborotlarni uzatish.
- Chaqirish tizimining ko'p imkoniyatligi: xususiy, guruxiy.
- Radioeshittirishda ustuvor, avariya foydalanish imkoniyatlari.
- Numerlash tizimining ko'p imkoniyatligi – 2 va 3 raqamidan to'xtatish UFTT dagi numerlashgacha.
- Guruxda ishlash imkoniyati.
- Abonent stansiya (AS) larining bir – biri bilan bazaviy stansiya (BS) ishtirokisiz aloqa rejimi.

### ***Sotali aloqa tizimini qurish bosqichlari***

- Sotali aloqa tizimining asosiy qismlari: Harakatdagi aloqa tizimi kommutatsiya markazi (XATKM); Baza va abonent stansiyalari (BS va AS).
- Hamma BS o'zlarining XATKM bilan aloqa liniyalari (kabel, optik aloqa, RRL va boshqalar) orqali bog'langan.
- Hamma XATKM lari UFTT kommutatorlariga ulangan.
- Turli chastotalar guruxidan foydalanadigan sotalar jamlamasi klaster deb ataladi. Odatda klaster o'lchami 7 ga teng qilib olinadi.
- BSlarda yaltirish diagrammasi doirasimon antennalar bilan bir qatorda sektorli (60, 90 yoki 120 gradus) antennalardan ham foydalaniladi.
- Territoriyada klasterlarning takrorlanishi hisobiga chastotalar spektridan ham takroran samarali foydalaniladi.
- Radiochastotalar resursi cheklanganligiga qaramasdan undan takroran foydalanish ko'p sonli abonentlarga xizmat ko'rsatish imkoniyatini keltirib chiqaradi.

### ***Sotali aloqa tarmoqlarining rivojlanish bosqichlari***

- Birinchi avlod (1G) – AMPS, NMT va boshqa analog sotali tarmoq standartlari.
- Ikkinchi avlod (2G) – GSM, DAMPS, IS-95, CDMA raqamli texnologiyalari standartlari.
- Uchinchi avlod (3G) – hizmatlardan foydalanuvchilar uchun ma'lumotlar olish telefon trafigi qaranganda zarurligi tan olindi, cdma 2000, W-CDMA, UMTS, IMT-2000 va boshqa standartlar ishlab chiqildi (I.1-rasm).
- To'rtinchi avlod (4G) – keng polosali kanallar va IP texnologiyalar paydo bo'lishi bilan bog'liq.
- 2003 yil boshida bir abonent foydalanish tezligi 2Mbit/s va 2005 yilga kelib 14 Mbit/s ga teng bo'ldi.



I.1-rasm. Uchinchi avlod tizimini amalga oshirish bosqichlari

### ***GPRS va EDGE texnologiyalari***

- GPRS dan foydalanish GSM tarmog'ini rekonstruksiya qilishni talab qilmaydi, faqat IP ga asoslangan tarmoq bilan moslashtirish uchun qo'shimcha GPRS tarmog'ini tashkil etildi.
- Nisbatan kichik tezlik (9,6 – 14,4 kbit/s.)
- EDGE konsepsiyasi – GPRS texnologiyasini rivojlantirish uzatish tezligini 60 kbit/s gacha oshirdi.
- EDGE va GSM texnologiyalarining birlashtirilishi natijasida GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network) konsepsiyasiga olib keldi.
- GERAN texnologiyasi butun jahon uchun umumiy – universal mobil aloqa tizimi (UMDS) konsepsiyasiga asos bo'ldi.

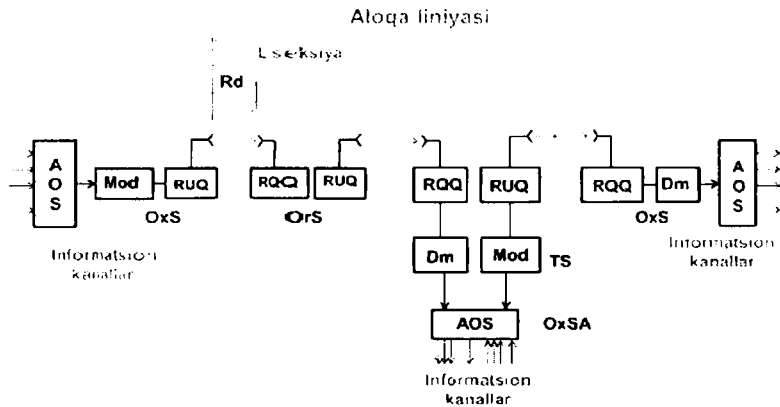
### ***IMT-2000 konsepsiyasi***

- XEI (ITU-T) vositasida IMT-2000 deb nomlanuvchi keng polosali aloqa tizimiga kirish konsepsiyasi yaratildi.
- Bu 4G sotali aloqa tizimi konsepsiyasi.
- IMT-2000 konsepsiyasi cdma 2000; UMTS; UMTS TDD; TD-SCDMA; juda ham keng polosali CDMA-UWC-135 DECT keng polosali sotali aloqa tarmog'iga birlashtiradi.
- 3G va 4G sotali aloqa tarmoqlarining rivojlanishi keng polosali NGN imkoniyat beradigan turli yechimlarni bajarishga imkoniyat beradi.
- Ofis ichi va ofisdan tashqari tarmoqlarni integratsiyalash – birlashtirish imkoniyatini beradi.
- Ma'lumot uzatish tezligini oshiradi.
- Radiochastotalar spektridan samarali foydalanishni ta'minlaydi.
- Multi hizmatlar ko'rsatish tizimini amalga oshiradi.



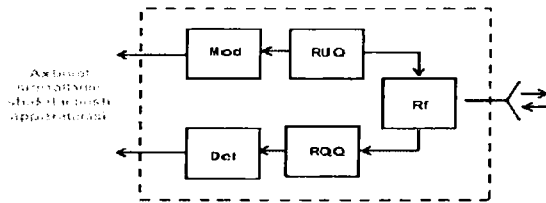
## RRL LARNING TUZILISH ASOSLARI. TURLI CHASTOTALAR DIAPAZONI ZAMONAVIY RRL LARI

RRL (oxirgi, oraliq va tugun) antennalari 60-100 m balandda bo'lganda to'g'ridan-to'g'ri ko'rinish masofasi 6-8 GHz gacha chastotalarda 40-70 km, 30-50 GHz chastotalar diapazonida bir necha km bo'lgan radiosignallarni qabul qilish va uzatish stansiyalari tizimidir.



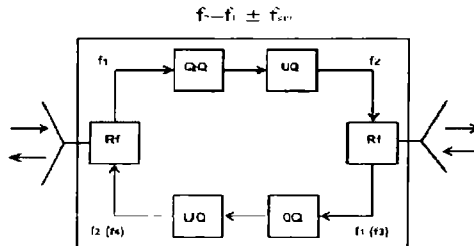
1.2-rasm. Radioreley aloqa liniyasi bir yo'nalishli strukturaviy sxemasi

- Oxirgi stansiyalar aloqa liniyasining eng oxiriga o'rnatiladi va signal uzatish yo'nalishida modulyator va radiouzatgichlari, signal qabul qilish yo'nalishida radioqabullash qurilmalari va demodulyatorlardan tashkil topgan bo'ladi. Signallarni uzatish va qabullash uchun uzatish va qabullash traktlariga ulangan tarmoq ajratuvchisi dupleksor orqali bitta antenna yoki ikkita antennadan foydalaniladi.
- Standart oraliq chastota (70, 1000 MHz) lardan birida signallar modulyatsiyalanadi va demodulyatsiyalanadi. Bunda modellar turli chastotalardan foydalanuvchi ulanish va qabullash qurilmalarida ishlashi mumkin. Radiouzatgichlar oraliq chastota diapazoni signalini SVCh (JYuCh) diapazoniga almashtiradi. Radio qabul qilish qurilmalari esa SVCh signallarni oraliq chastotaga o'zgartirish va oraliq chastota signallarini kuchaytirish uchun xizmat qiladi.
- SVCh signallarni to'g'ridan-to'g'ri modulyatsiyalashga asoslangan RRLlar ham bor (masalan, FRIKOM-II apparaturasi). Ammo ulardan foydalanish keng tarqalmagan.

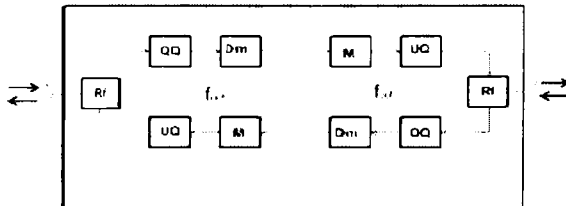


1.3-rasm. RRL oxirgi stansiyasi

- Yaqin joylashgan stansiyalardan teskari (orqaga) nurlanishlar taʼsirida yuzaga keladigan zararli (parazitli) aloqalarni yoʻqotish uchun oraliq stansiyalarda signallarni qabullash va uzatish turli chastotalarda amalga oshiriladi. Uzatish va qabullash chastotalari orasidagi farq "surish chastotasi"  $-f_{sv}$  deb ataladi.
- Tugun stansiyalari oraliq stansiyalar vazifasini va axborotni chiqarish vazifasini bajaradi. Shuning uchun ular aholi yashaydigan yirik qishloqlarda yoki aloqa liniyalari kesishadigan (tarmoqlarga boʻlinadigan) joylarga oʻrnatiladi.



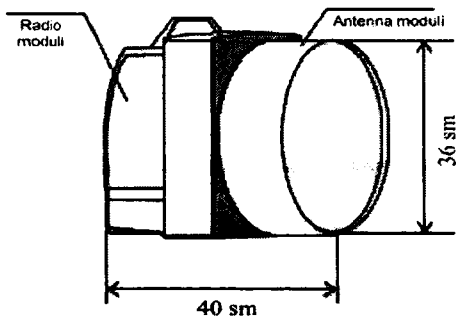
1.4-rasm. RRL oraliq stansiyasi



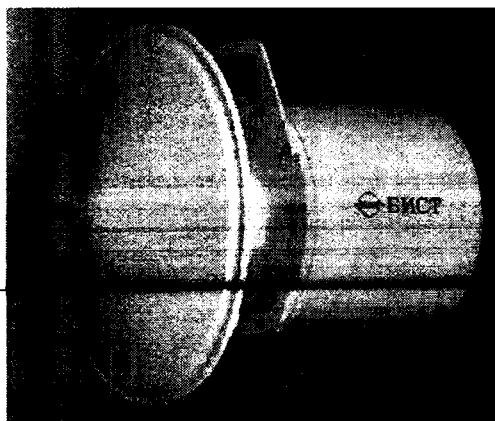
1.5-rasm. RRL tugun stansiyasi

### ***RRL larning konstruksiyalari***

- 10 GHz gacha bo'lgan chastotalar diapazonida uzatish va qabullash apparaturasi odatda yetari darajada katta shkaflardan iborat bo'lib, maxsus apparatura xonasiga o'rnatiladi. Stansiyalar antennalar bilan anchagina uzun to'liq uzatish fideri orqali bo'lib, bu signal quvvatining sezilarli qismi yo'qotishlarga olib keladi.
- 10 GHz dan yuqori chastotalardan RRL aloqasi uchun foydalanish uning konstruktiv bajarilishini sezilarli darajada o'zgartirdi. Bunday RRLlar uncha katta bo'lmagan o'lchamli bo'lib, uni antenna machtasi ust qismiga o'rnatish va antenna bilan bir yagona blok shaklida bo'lishini ta'minlaydi.



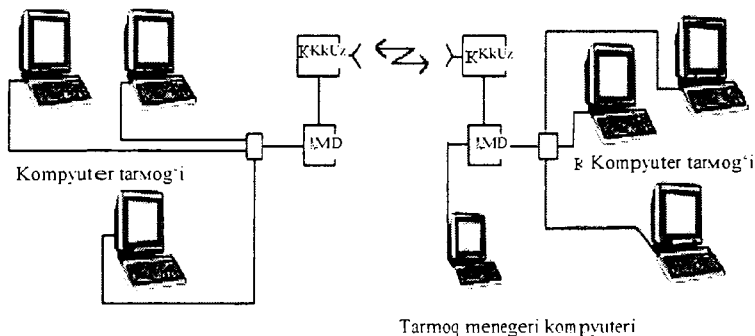
1.6-rasm. 23-38 GHz chastotalar diapazoni uchun MINI-LINK



1.7-rasm. Rossiya BIST apparaturasi

### Zamonaviy modem jixozlari

- Qabullash – uzatish apparatlari texnik bino ichida joylashgan modem jihozi bilan koaksial kabel orqali ulangan.
- Zamonaviy modemlar – modulyatsiyalash va demodulyatsiyalash parametrlarini markazda joylashgan yoki stansiya texnik binosida joylashgan kompyuter orqali boshqariladi.
- Modem jixozlari 1 dan 34 Mbit/sek tezlikdagi raqamli oqimlarni shakllantiruvchi va ularga ishlov berishni ta'minlashi mumkin, bundan tashqari raqamli signallar oqimini multipleksiyalaydi va har qanday ko'rinishdagi aloqa tarmoqlarida foydalanishi mumkin.
- Misol tariqasida lokal kompyuter tarmog'ini tashkil etish sxemasi I.8-rasmda keltirilgan. Shunga o'xshash sxemani sotali va harakatdagi aloqa tizirni bazaviy stansiyalari orasida aloqa o'rnatishda ham qo'llash mumkin.



I.8-rasm. Lokal kompyuter tarmoqlari orasidagi aloqa tizimi

### RRL larning turlari

- RRLlarning ikki turi mavjud:
  - To'g'ridan-to'g'ri ko'rinish masofasi uchun:
  - Troposfera RRLi:
- Vazifasiga ko'ra:
  - Magistral
  - Zona ichi
  - Xuudiy
- Chastotalar diapazoni bo'yicha:
  - 2,4,6,8,11 va 13 GHz chastotalar diapazonida polosalar ajratilgan.
  - 18 GHz va undan yuqori chastotalarda foydalaniladigan RRLlar yaratish ustida ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ammo bu chastotalarda signal yog'ingarchilik vaqtida juda katta so'nish xususiyatiga ega.

### *Modulyatsiya usullari*

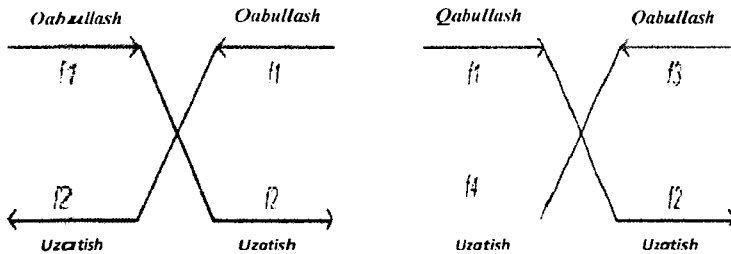
- Analog RRI larda amaliyotda hamma vaqt ChM signali qo'llaniladi  
$$f(t) = f_c + k \cdot U_{\text{g}}(t) \quad f_c = \Delta f [U_{\text{g}}(t)]$$
- Amplituda modulyatsiyasi va bir polosali modulyatsiyada amplituda xarakteristikasi mochiyiqiligi natijasida hosil bo'ladigan buzilishlar bilan qiyinlashadi va harakat shovqinlariga xalaqitbadoshlik past bo'ladi.
- O'rtacha signal uzatish qobiliyatiga ega bo'lgan raqamli RRI.larda nisbiy faza modulyatsiyadan foydalaniladi, bunda ikki qo'shni radioimpulslar fazalari kodlanadi.
- Chastota manipulyatsiyada radioimpulslar chastotasi o'zgaradi. Ikkilik ChM va AM dan kichik o'tkazish qobiliyatiga ega RRI.larda foydalaniladi
- Amplituda-faza modulyatsiyasi (AFM) dan foydalanish radiochastotalar spektridan foydalanish yuqori samaradorligini ta'minlaydi. Misol uchun, QAM-16 va OFM.

### *Radioreley stansiyalarini zahiralash*

- Aloqa liniyalari mustahkamligini ta'minlash maqsadida turli zahiralash usullari qo'llaniladi. 10 GHz chastotalar diapazonidan yuqori chastotalarida foydalaniladigan raqamli RRI (RRRI) larda bitta zahira stvoli (D+1) to'g'ri keladi.
- Radio to'lqinlar tarqalishi murakkab sharoitlarda, aloqa tizimining barqaror ishlashini ta'minlash uchun har ikki stvoldan birini hiridan ma'lum oraliqda joylashtirib, signallarni qabul qilish usulidan foydalaniladi.
- Zamonaviy aloqa texnikasining yuqori darajada mustaqilligini e'tiborga olib, odatda oddiy bir stvolli - zahirasiz aloqa tizimidan foydalaniladi. Misol uchun, Shvetsiyaning Erikson firmasi ishlab chiqarayotgan MINI-LINK raqamli RRI. apparaturasi ishida to'xtash 20-30 yilni tashkil etadi.

### *Radiochastotalar diapazoni*

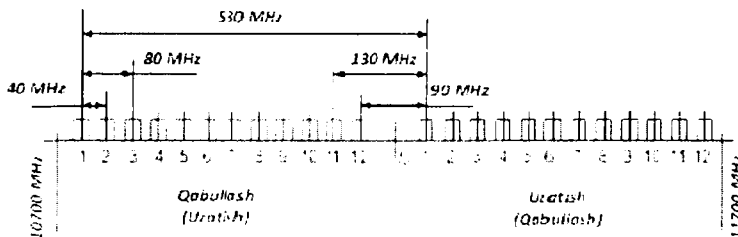
- Atmosfera va sanoat xalaqitlari deyarli yo'q bo'lgan va 30, 1000 MHz chastotalar polosasini ta'minlash mumkin bo'lgan detsimetr va santimetr diapazonidan foydalaniladi.
- Agar antennalar yo'naltirilganlik diagrammasi tor bo'lsa, RRI.larda ikki chastotadan (SMV) foydalanish mumkin: hunda trassa siniq to'g'ri chiziqlar ko'rinishida bo'ladi.
- Nisbatan past chastotalarda to'rt chastotalardan foydalaniladi, hunda to'g'ri va teskari yo'nalishlar uchun chastotalar turli juftliklari ajratiladi.
- Troposfera RRI.lari uchun 1,2 va 4,5 GHz chastotalar diapazonida polosalar ajratilgan. Bunda siganl o'tkazish qobiliyati 120 kanalgacha, chiqish quvvati  $R=3 \dots 10$  kVt, aloqa o'rnatish masofasi 300-400 km, alohida hollarda 600-800 km gacha.



1.9-rasm. Ikki va to'rt chastotali tizimlar

### Ikki va to'rt chastotali tizimlar

- Radioreley aloqasini tashkil etish uchun ajratilgan chastotalar polosasidan 2-chastotali tizim asosida foydalanish nuqtai nazaridan samarali hisoblanadi, ammo yon va teskari yo'nalishdagi signallarni qabullash va uzatishdan yaxshi himoyalangan antennalardan foydalanish kerak bo'ladi.
- 10 GHz chastotadan yuqori chastotalarda kerakli ko'rsatkichlarni ta'minlovchi, sifati qo'shimcha yoqasimon moslama (ekran) lar bilan ta'minlangan parabolik antennalar keng qo'llaniladi.
- To'rt chastotali tizim nisbatan oddiy va arzon antennalardan foydalanish va o'zaro halaqitlardan himoyalaniish imkonini beradi, ammo juda kam foydalaniladi. Odatda, to'rt chastotali tizimdan elektromagnit muhit juda murakkab bo'lgan holatlarda foydalanish tavsiya etiladi.



1.10-rasm. Uzatish va qabullash chastotalar taqsimoti

Axborot radioaloqa tarmoqlarining keng rivojlanayotganligi ajratilgan chastotalar diapazonida ishchi chastotalardan foydalanishni reglamentlarini qat'iy ravishda bajarishni taqazo etadi. Rasmda XE1-R ning 387-2 tavsiyasiga binoan 11 GHz chastotalar diapazonida ishlaydigan RRI uchun ishchi chastotalarni taqsimlash rejasi misol shaklida keltirilgan.

## **2 GHz (1,7-2,1 GHz) chastotalar diapazoni**

- Bu diapazon yetarli darajada katta (50-80 km gacha) masofaga signal tarqalishi imkoniyati bilan tavsiflanadi.
- To'liq tarqalishining barqaror bo'lishi atmosfera reaksiyasi yuz bergan holatda RRL oraliqlaridagi to'siqlarning ekranlash darajasiga bog'liq.
- Bu diapazonda parametrik antennalarning diametri 5 MHz gacha bo'ladi va ularning kuchaytirish koeffitsienti 35-38 dB dan katta bo'lmaydi.
- Antennalarning o'lchamlari kichiklashishi aloqa tizimi samaradorligini keskin yomoonlashadi. Bu chastotalar diapazoni boshqa radiotexnik vositalar halaqiti ta'sirida bo'ladi.

## **4 GHz (3,4 – 3,9 GHz) chastotalar diapazoni**

- Bu chastotalar diapazoni boshqa chastotalariga nisbatan yaxshi o'zlashtirilgan va samarali foydalaniladigan chastotalar diapazoni. Bu diapazondan ko'p magistral aloqa tizimlari foydalanadi. RRL stansiyalari orasidagi masofa 40-55 km bo'lganda aloqa sifati yaxshi saqlanib qolinadi.
- O'tkir yo'naltirilgan diagrammaga kuchaytirish koeffitsienti 40 dB gacha bo'lgan geometrik o'lchamlari va og'irligi katta bo'lib, tabiiy qiymatbaho antenaga machtalarini qurishni talab qiladi.
- Signallarning tarqalishiga signalni ekranlanishiga ikki qo'shni RRLlar orasidagi to'siqlar natijasida yuzaga keladigan atmosfera refraksiyasi ta'siri to'g'ri va qaytgan to'lqinlar katta ta'sir qiladi.
- 4 GHz chastotalar diapazoni elektromagnit muhit nuqtai nazaridan murakkab, chunki bu diapazonda boshqa turli radiotexnik vositalardan ham foydalaniladi.

## **6 GHz (5,6-6,2 GHz) chastotalar diapazoni**

- Bu chastotalar diapazoni oxirgi o'n yilda juda ommaviy, keng foydalanilayotgan bo'lib, magistral aloqa tizimlari uchun ajratilgan.
- Katta hajmdagi axborlarni uzatish uchun RRLlardan yetarli darajada samarali foydalanish imkoniyatini beradi. Stansiyalar orasidagi masofa 40-45 km.
- Antennalarning geometrik o'lchamlari juda katta emas. Misol uchun, 48 dB li kuchaytirish koeffitsientiga ega antenaning diametri 3,5 m.
- Signallarni tarqalishiga quyidagi jarayonlar sezilarli ta'sir qiladi:
- Atmosfera refraksiyasi
- Stansiyalar orasidagi to'siqlar ta'sirida signalni ekranlanishi
- To'g'ri va qaytgan to'lqinlar interferensiyasi.

## **8 GHz (7,9-8,4 GHz) chastotalar diapazoni**

- 8 GHz chastotalar diapazoni hozirgi vaqtda yaxshi o'zlashtirilgan.
- Bu diapazonda katta miqdordagi o'rtacha sig'imli radioreley liniyalari ishlaydi:

- Analog stvollar uchun 300-700 kanallar;
- Raqamli tizimlar uchun uzatish tezligi 55 Mbit/s gacha;
- Katta sig'imli STM-1 apparaturasi ham bor
- Signal tarqalishiga gidrometeo sharoitlari (yomg'ir, qor, tuman va boshqalar) ta'sir eta boshlaydi. Bundan tashqari atmosfera refraksiyasi xam ta'sir qiladi;
- Ikki RRA orasidagi masofa 30-40 km. Antennalar diametri 1,5-2,5 m bo'ladi. katta kuchaytirish koeffisientiga ega bo'ladi;
- Rossiyada bu diapazonda ishlaydigan RRAlar kam bo'lib, elektromagnit muxit yaxshi;
- Chastotalar zona diapazonidan zona aloqa liniyalarini tashkil etish uchun va magistral aloqa tizimlaridan. o'rtacha va katta sig'imli ahborotlarni ajratib olishda foydalaniladi

#### ***11 va 13 GHz (10,7-11,7; 12,7-13,7 GHz) chastotalar diapazoni***

- Stansiyalari orasidagi masofa 15-30 km bo'lib, yuqori samarali antennalar uncha katta bo'lmagan o'leham va og'irlikka ega. antenna machtalari nisbatan arzon;
- Aloqa tizimining barqaror ishlashiga atmosfera refraksiyasining ta'siri kamayadi, ammo gidrometeorlarning ta'siri oshib boradi;
- Bu chastotalar diapazonida 55 Mbit/s tezlikdagi raqamliradiorele tizimlari quriladi, ammo 155 Mbit/s tezlidra raqamli oqimlar uzatish imkoniyati ham bor;
- Ko'p xollarda apparatura uzatish. qabul qilish qurilmalari antenna bilan biriktirilgan yakka blok ko'rinishida bo'lib antenna machtasi teppasiga o'rnatiladi;
- Bu diapazondan ko'p sonli radiovositalar ham foydalanadi. Bular, Yer sun'iy yo'ldoshi orqali aloqatizimlari. radiokanallar, radiopelengatorlar va qo'riqlash tizimlari. 11 va 13 GHz chastotalar diapazonida elektromagnit muxit yaxshi emasligi. bu diapazonda RRS tizimlar ishini qiyinlashtiradi.

#### ***15 (14,5-15,5) va 18(17,7-19,7) chastotalar diapazoni***

- Aloqa tizimlarining tezkor rivojlanishi bu chastotalar diapazonining o'zlashtirilishiga sabab bo'ldi;
- Talab darajasidagi sifat bilan ahborot uzatish uchun RRL stansiyalar orasidagi masofa 20 km dan katta emas;
- Apparatura mono (yakka) blok ko'rinishida bo'ladi;
- Qo'llaniladigan antennalar kuchaytirish koeffisienti 38 dan 46 dB gacha bo'lib. antennalar diametri 0.6. 1.2 va 1.8 m;
- Rossiyaning bir qator rayonlarida 15 GHz diapazon radiotizimlar tomonidan yuqori darajada egallangan bo'lib. 18 GHzchastota diapazoni bo'shroq;
- Signal tarqalishiga gidrameteorlar, to'g'ri va qaytgan to'lqinlar interferensiyasi kuchli ta'sir qiladi. Yomg'ir yog'ishining jadalligi 20-160 mm/s da susayish 1-12 dB/km ni tashkil etadi;



- Kisloroq atomlaridagi va suv molekulari ham signalni biroz 0,1 dB/km ga so'nishiga sabab bo'ladi.

**23 (21,2-23,6) GHz chastotalar diapazoni**

- XEI-R tavsiyalari asosida bu chastotalar diapazonida har qanday sig'imli analog va raqamli RR tizimlarini qurish mumkin;
- Ikki qo'shni stansiya orasidagi o'rtacha masofa 20 km ga kichik;
- Radiosignallarning tarqalishiga gidrometeorlar va atmosferadagi so'nishlar kuchli ta'sir etadi;
- Har qanday qutblanishdan foydalanishga ruxsat borligiga qaramasdan, radioto'lqinlarning vertikal qutblanishdan foydalanish maqsadga muvofiq;
- Parabolik antennalar diametri 0,3; 0,6 va 1,2 m.
- Yomg'irgarchilik vaqtida radiosignallar so'nishi 2 dan 18 dB/km va atmosferada so'nishi 0,2 dB/km gacha yetadi.
- Bu diapazondan Yer sun'iy yo'ldoshi orqali aloqa tizimlarida foydalanishiga ruxsat etilgan, shuning uchun RR tizimlari YeSY yuzaga keltiradigan halaqatlarni e'tiborga olishi kerak.

**27 (25,25-27,5) GHz chastotalar diapazoni**

- Bu diapazon chastotalari doimiy birlashtirilgan radiohizmatlar ko'rsatish tizimlarini ko'rishga ajratilgan.
- Radiosignallarning atmosferada so'nishi 0,1 dB/km dan kam.
- Ikki qo'shni stansiyalar orasidagi o'rtacha masofa 12 km.
- Yomg'irgarchilik vaqtida radiosignallarning so'nishi 3-24 dB/km.
- Bu diapazonda foydalaniladigan parabolik antennalar diametri 0,3-0,6 m.

**38 (37,0-39,5; 38,6-40,0) GHz chastotalar diapazoni**

- XEI-R tavsiyalariga asosan bu diapazonda har qanday sig'imli analog va raqamli radiorele tizimlarini qurish mumkin.
- Ikki qo'shni stansiyalar orasidagi masofa 8 km dan kam. Agar RRL ning tayyorlik xolatiga talab lokal tizim sifatiga talab darajasiga bo'lsa, ikki qo'shni stansiyalar orasidagi masofani 15 km gacha uzaytirish mumkin.
- Aloqa tizimi apparaturasi antenasining diametri 0,3m bo'lgan yagona monoblokdan iborat. Yomg'irgarchilik vaqtida aloqa tizimi barqaror ishlashini ta'minlash uchun vertikal polarizatsiyadan foydalanish tavsiya etiladi.
- Radiosignallarning atmosferadagi so'nishi 0,12 dB/km, gidrometeorlar vaqtida — 5 dan 32 dB/km. (Kuchli yomg'ir vaqtida: soatiga 20 dan 160 mm gacha bo'lganda).

**55 (54,25-57,2) GHz chastotalar diapazoni**

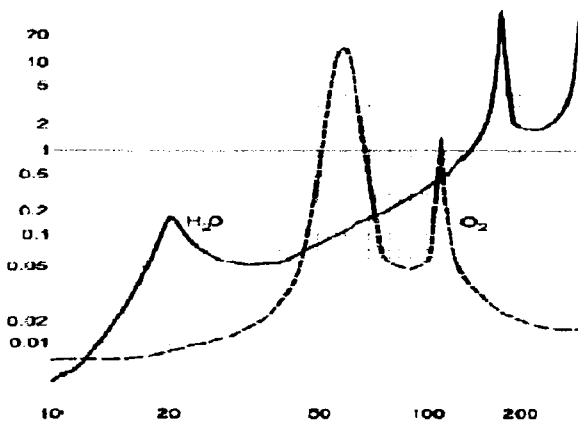
- Antennalar diametri 15 sm bo'lganda, ikki qo'shni stansiya orasidagi masofa bir necha kilometrni tashkil etadi.

**58 (57,2-58,2) GHz chastotalar diapazoni**

- Bu diapazonda har xil sig'imli analog va raqamli aloqa tizimini qurishga ruxsat berilgan. ammo hozircha tavsiyalar yo'q.
- Diametri 15 sm antennalardan foydalanib, qo'shni stansiyalar orasidagi masofa 1-2 kilometr bo'lgan RR tizimi yaratishda foydalanish mumkin.
- Radiosignallarning atmosferadagi so'nishi 12 dB/km gacha, yomg'irgarchilik vaqtida 9 dan 45 dB/km gacha. Yomg'irgarchilikning kuchli ta'siri natijasida aloqa tizimi barqaror ishlamasligi mumkin.

#### **60 GHz dan yuqori chastotalar diapazoni**

- 60 GHz chastotalardan yuqori chastotalar diapazonida kislorod atomlarida radioto'lqin energiyasining yutilishi natijasida atmosferaning shaffof emasligi kuzatiladi (energiyani yutish rezonans chastotalari 60 va 120 GHz (5, 2,5 mm).
- Ammo keyingi yillarda bu diapazonda stansiyalar oralig'i 1 – 2 km bo'lgan lisenziyasiz radioaloqa tizimlarini yaratishga qiziqishlar ortib bormoqda.
- Quruq ob-havo, yomg'irgarchiliklar bo'lishi ehtimolligi kam yoki ikki qo'shni stansiyalar orasidagi masofa kichik bo'lgan hollarda 84-86 GHz va undan yuqori chastotalarda RR aloqa tizimi qurish mumkin.
- Rossiya da 93 GHz diapazoni uchun RR apparaturasi yaratilgan va ishlab chiqilgan.



I.11-rasm. Atmosfera gazlarida signallarning yutilishi (so'nishi)

#### **Signallarni raqamli shaklda uzatishning afzalliklari**

- Yuqori sathli halaqit va buzilishlar aloqa kanallaridan foydalanilganda yuqori halaqitbardoshlikni ta'minlaydi.

- Turli xabarlarini uzatishga mo'ljallangan aloqa kanallari, elektron stansiyalar, yangi multimedia xizmatlari ko'rsatish kanallari bilan birga moslashib, ishlash imkoniyatini beradi.
- Signallarga raqamli ishlov berish, maxsus effektlar yaratish, signallarni raqamli siqish – kompressiyalash imkoniyatini beradi.
- Radiochastotalar spektridan foydalanishning yuqori samaradorligini ta'minlaydi, misol uchun bitta chastotalar polosasi kengligi 8 MHz bo'lgan analog TV kanal orqali 8-12 tagacha raqamli TV dasturni uzatish mumkin.

### ***Radiorele aloqa tizimi***

- Rossiya RR aloqa tarmog'i 133,3 ming km.ni tashkil etadi va o'rtacha ikkita telefon stvolidan va uchta TV stvolidan tashkil topgan. Asosan, "Vosxod", "Kurs", "Raduga" analog RRL apparatlaridan iborat.
- 2005 yilda RRL larining 25% ga yaqin qismi raqamli RRLlar bilan almashtirilgan.
- Magistral tarmoqlarda 620 Mbit/s (STM-2) tezlik bilan signal uzatish ta'minlanadi va 4,5; 6 GHz chastotalar diapazonidan foydalaniladi. 7,8; 11 GHz chastotalar diapazonidan ham magistral aloqa tarmoqlarida uzoq bo'lmagan masofalarda va qo'shimcha parallel kanallar tashkil etish uchun foydalaniladi.
- Zona ichi raqamli RR aloqa tarmoqlarida 7, 8, 11, 13, 15 GHz diapazonidan 31 Mbit/s tezlik bilan signal uzatish uchun foydalaniladi.
- Xudud raqamli RRL aloqa diapazonlarida 7dan 38 GHz chastotalar diapazonidan foydalanib shahar aloqa liniyalarida 620 Mbit/s tezlik bilan va qishloq aloqa liniyalarida 51 Mbit/s tezlik bilan signal uzatiladi.

### ***Radiorele stansiyalarda modulyatsiya turlari***

- Raqamli RRLlarda modulyatsiya atamasi o'rnida manipulyatsiya atamasidan foydalaniladi.
- Ikkilik nokogerent AMP va ChMp dan kam sig'imli RRLlarda foydalaniladi.
- NFMP qabul qilingan tashuvchi fazasidagi noaniqlikni bartaraf etish uchun qo'llanadi.
- Yuqori sig'imli RR stansiyalarda NFMP-4 va AFMP-16 (KAM-16) modulyatsiya turlaridan foydalaniladi.
- Radiorele aloqa tizimlarida SDMA, kod orqali ajratiladigan signallardan ham foydalaniladi.

### ***Raqamli RRLlardan foydalanish sohalari***

- Magistral, zona ichi, xududiy va ayrim tashkilotlar raqamli aloqa traktlarida:
- Mobil aloqa tizimi bazaviy (tayanch) stansiyalarini kommutatsiya markazlari bilan aloqa o'rnatish va ulanish liniyalarini tashkil etishda;
- Kabel aloqa liniyalarini zahiralash uchun;

- A loqa liniyalarida ta'mirlash, tiklash va favqulodda holatlarda;
- Zamonaviy raqamli RRLlar optik aloqa tizimlari signari yuqori sifat va mustahkamlik bilan aloqa o'rnatish imkonini beradi. Raqamli RRLlardan yer reliefi murakkab bo'lgan holatlarda foydalaniladi.

#### ***ALCATEL kompaniyasi radiorele stansiyalari***

- ALCATEL kompaniyasi PDH rusumli o'rta va kichik sig'imli (9400 LX, 9400LU, 9400LY) tizimlari va SDH rusumli katta sig'imli (9600 LSY, 9600 USY) tizimlarini ishlab chiqaradi.
- PDH rusumli tizimning yangi avlodi bo'lgan AWY apparaturasi 7,1-8,5 GHz, 10,7-11,7 GHz, 12,7-13,3 GHz chastotalar polosasida 1+1 yoki 1+0 shaklida tashkil etilib 34 Mbit/s gacha bo'lgan tezlik bilan signal uzatishni ta'minlaydi.
- PDH rusumli apparatlar 16 tagacha Ye1 yoki bitta Ye3 portlarini, yoki Ethernet va Ye1 portlaridan foydalanishni ta'minlaydi.

#### ***Izroilnirg GEPAGON NETWORKS kompaniyasi***

- Rossiya 2002 yildan boshlab Fibre Air rusumli RR stansiyalarni yetkazib beradi va 10% bozorni egallagan.
- Asosiy xaridorlari: "VimpelTelekom", "SibirTelekom", "Uralsvyazinform", "GoldenTelekom", "TELE2" va b.lar.
- Chastotalar diapazoni: 6. 7. 8. 11, 13. 15. 18. 23. 26. 28. 29. 31. 32 va 33 GHz.
- Ikki tashuvchili bo'lib signal o'tkazish imkoniyatini ikki marotaba oshiradi 2x34 Mbit/s va turli ikki nuqtalarda signallarni qabullab, yaxshisini tanlash imkoniyatini beradi.
- Radiorele apparaturasi interfeyslari: NxSTM-1, TM-4, NxE1, NxE3, NxFast, Ethernet, Gigabit Ethernet va apparaturaga o'rnatilgan SDH kirish va chiqish signallari multipleksorlaridan iborat.
- 2006 yildan katta quvvatli SDH magistral radiorele stansiyalarini ishlab chiqarmoqda.

#### ***Radiorele apparatlari bozori***

- RR stansiyalari bozorining tezkorlik bilan rivojlanishiga mobil (sotali) aloqa tizimining rivojlanishi sababdir. Umumiy sotilayotgan RR stansiyalarning 85% sotali aloqa tizimiga to'g'ri keladi.
- Rossiyada ishlab chiqilgan RRLlar umumiy bozorda sotilganlarning 30%ini ham tashkil etmaydi. Rossiya va chet el ishlab chiqaruvchilari orasida apparatura narxlarini to'g'risida ziddiyatlar mavjud.
- Rossiyada ishlab chiqilgan RRLlar asosan mudofaa, ichki ishlar, favqulodda hodisalar vazirligi tashkilotlari tomonidan xarid qilinadi. chunki tan narxi chet el kompaniyalari tomonidan ishlab chiqilganlarga qaraganda arzon.

***ERICSSON kompaniyasi radiorele stansiyalari***

- ERICSSON kompaniyasi butun dunyodagi RRL apparatlarining 40% ini ishlab chiqaradi.
- Quyidagi RRSI larni ishlab chiqardi: Mini-Link E ETSI signal o'tkazish qobiliyati 34 Mbit/s gacha; Mini-Link Ns (SDH – 155 Mbit/c gacha. Mini-Link TN ETSI 32 tagacha Yer oqimlarini uzatish qobiliyatiga ega.
- Chastotalar diapazoni: 7, 8, 13, 15, 18, 23, 26, 28, 32 va 38 GHz.
- Norvegiyaning NERA kompaniyasi magistral SDH jihozlarini ishlab chiqarmoqda. Bular: signal uzatish tezligi 155 Mbit/s bo'lgan Inter Link va City Link tizimlari;
- SIEMENS kompaniyasi SRAL XD SPA4 (SDH turiga tegishli) rusumli signal o'tkazish tezligi va chastotalar o'tkazish polosasi dastur orqali boshqariladigan RRL jihozlari ishlab chiqmoqda.

## QISQARTMALAR

1. A – antenna
2. ABA – amplituda bo'yicha ajratish
3. ABT – axborotni buzish tizimi
4. ACh – amplituda cheklagich
5. AChOT – axborotni chiqarib olish tizimi
6. AChX – amplituda-chastota xarakteristikasi
7. AD – amplituda detektor
8. AE – aktiv element
9. AFK – amplituda-faza konvensiyasi
10. AG – avtogenerator
11. AIM – amplituda impuls modulyatsiyasi
12. AK – aloqa kanali
13. AKF – avtokorrelyatsiya funksiyasi
14. AL – aloqa liniyasi
15. AM – amplituda modulyatsiyasi
16. AMb – axborot manbai
17. AMp – amplituda manipulyatsiyasi
18. AO – axborot oluvchi
19. AOS – apparatura oxirgi stansiyasi
20. ARO' – analog raqam o'zgartirgich
21. AS – analog signal
22. AUT – axborot uzatish tizimi
23. AYD – antenna yo'naltirilganlik diagrammasi
24. BE – boshqaruvchi element
25. BG – boshqaruvchi generator

26. BM – balans modulyator
27. BT – bipolar tranzistor
28. ChA – chastota almashtirgich
29. ChBA – chastota bo'yicha ajratish
30. ChD – chastota detektor
31. ChE – chiziqli element
32. ChEZ – chiziqli elektr zanjir
33. ChFAS – chastotani fazaviy avtomatik sozlash
34. ChIM – chastota impuls modulyatsiyasi
35. ChK – chastota ko'paytirgich
36. ChM – chastota modulyatsiyasi
37. ChMp – chastota manipulyatsiyasi
38. ChO' – chastota o'zgartirgich
39. ChRE – chiziqli radiotexnik zanjir
40. ChS – chastota sintezatori
41. D – diod
42. D-AMPS – 825-890 MHz chastotalar diapazonidagi mobil aloqa raqamli standarti
43. Det – detektor
44. DK – deko der
45. Dm – demodulyator
46. DMX – dinamik modulyatsion xarakteristika
- 
47. DS – ~~diskret signal~~
48. EK – elektron kalit
49. EM – elektr manbai
50. YeSY – Yer sun'iy yo'ldoshi
51. F – filtr

- 52. FChX – faza chastota xarakteristikasi
- 53. FD – faza detektori
- 54. FDA – Fure diskret almashirishi
- 55. FDKA – Fure diskret kosinus almashtirishi
- 56. FIK – foydali ish koeffisienti
- 57. FIM – faza impuls modulyatsiyasi
- 58. FM – faza modulyatsiyasi
- 59. FMp – faza manipulyatsiyasi
- 60. FTA – Fure to'g'ri almashirishi
- 61. FTesA – Fure teskari almashirishi
- 62. FTezA – Fure tezkor alashtirishi
- 63. FX – fluktuasion xalaqit
- 64. G – geterodin. generator
- 65. GSM – Global System for Mobile  
Communications (Mobil aloqa global tizimi)
- 66. HM – halqasimon modulyator
- 67. IKM – impuls kod modulyatsiyasi
- 68. IM – impuls modulyatsiyasi
- 69. K – koder
- 70. KA – kosmik apparat
- 71. KAB – kuchaytirishni avtomatik boshqarish
- 72. KAM – kvadratura amplituda modulyatsiyasi
- 73. KBA – kod bo'yicha ajratish
- 74. KF – korrelyatsiya funksiyasi
- 75. KIM – kenglik impuls modulyatsiyasi
- 76. KM – ko'chma modulyatsiya
- 77. KPS – keng polosali signali



78. KPS – Keng polosali signal
79. KPShS – keng polosali shovqinsimon signal
80. KQ – kuch aytirish qurilmasi
81. KSRAT – ko'chma sotali radioaloqa tizimlari
82. KVA – kanalarni vaqt bo'yicha ajratish
83. M – modulyator
84. MChM – minimal chastota modulyatsiyasi
85. MF – moslashgan filtr
86. MT – maydon tranzistori
87. MTA – musbat teskari aloqa
88. NE – nochiqli element
89. NEZ – nochiqli elektr zanjir
90. NFD – nisbiy faza detektor
91. NFMp – nisbiy faza manipulyatsiyasi
92. NPE – nochiqli parametrik element
93. NPRZ – nochiqli parametrik radiotexnik zanjir
94. NRZ – nochiqli radiotexnik zanjir
95. NTQ – normal taqsimot qonuni
96. O'KF – o'zaro korrelyatsiya funksiyasi
97. OChF – oraliq chastota filtri
98. OChK – oraliq chastota kuchaytirgichi
99. OK – operasion kuchaytirgich
- 
100. OrS – oraliq stansiya
101. OxS – oxirgi stansiya
102. PChF – past chastotalar filtri
103. PChK – past chastotalar kuchaytirgichi
104. PE – parametrik element

- 105. PEZ — parametrik elektr zanjir
- 106. PK — parametrik kuchaytirgich
- 107. PRZ — parametrik radiotexnik zanjir
- 108. PTK — Pseudotasodifiy ketma-ketlik
- 109. QQ — qabullash qurilmasi
- 110. RAK — radioaloqa kanali
- 111. RAO — raqam analog o'zgartirgich
- 112. RBT — radioboshqaruv tizimi
- 113. REH — radioelektron himoya
- 114. REK — radioelektron kurash
- 115. REV — radioelektron vosita
- 116. RF — raqamli filtr
- 117. Rf — radio fider
- 118. RK — radiokanal
- 119. RLS — radiolokasion stansiya
- 120. RLT — radiolokatsiya tizimi
- 121. RNT — radionavigasion tizim
- 122. RQQ — radioqabullash qurilmasi
- 123. RTT — radiotexnik tizim
- 124. RUQ — radiouzatish qurilmasi
- 125. S/X — signal xalaqit nisbati
- 126. SAT — sotali aloqa tizimlari
- 127. SD — sinxron detektor
- 128. ShSS — shovqinsimon signal
- 129. SMX — statik modulyatsion xarakteristika
- 130. SQQ — signal qabullash qurilmasi
- 131. SRIB — signallarga raqamli ishlov berish

- 132. SS – siklik sinxronizatsiya
- 133. SShN – sign al shovqin nisbati
- 134. SXN – sign al xalaqit nisbati
- 135. SYA – sun ʻiy yoʻldoshli aloqa
- 136. TG – taya nch generatori
- 137. TK – tebranish konturi
- 138. TS – takt sinxronizatsiyasi
- 139. UDA – Uolsh diskret almashtirishi
- 140. UQ – uzatish qurilmasi
- 141. US – uzlu ksiz signal
- 142. UVA – uzlu ksiz veyvlet almashtirishi
- 143. VAX – volt–amper xarakteristikasi
- 144. VBA – vaqt boʻyicha ajratish
- 145. VIM – vaqt impuls modulyatsiyasi
- 146. XM – xabar manbai
- 147. YuChF – yuqori chastotalar filtri
- 148. YuChK – yuqori chastotalar kuchaytirgichi

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. **Abduazizov A.A.** Elektr aloqa nazariyasi. Darslik. – T.: TATU. 2013. 366 b.
2. **Abduazizov A.A., Muxitdinov M.M., Yusupov Ya.T.** Radiotexnik zanjirlar va signallar. Darslik. – T.: "Sams-ASA". 2013. 480 b.
3. **Abduazizov A.A.** Elektr aloqa nazariyasi. Darslik. – T.: Fan va texnologiyalar, 2011. 416 b.
4. **Abduazizov A.A., Muxitdinov M.M., Gataulina A.R. va boshq.** Radioelektron vositalar elektromagnit moslashuvi. O'quv qo'llanma. – T.: "FAN". 2012. 352 b.
5. **Abduazizov A.A., Faziljanov I.R., Yusupov Ya.T.** Signallarga raqamli ishlov berish. O'quv qo'llanma. – T.: Cho'lpon nomidagi NMIU-2013. 160 bet.
6. **Abduazizov A.A., Davronbekov D.A.** Radiouzatish va radioqabul qilish qurilmalari. O'quv qo'llanma. – T.: Fan va texnologiyalar. 2011. 272 b.
7. **Abduazizov A.A.** Radiochastotalar spektrini boshqarish va va elektromagnit moslashuv muammolariga tegishli atamalar. "TATU xabarlari". №1/2011. – T.: TATU-2011. 49-56 b.
8. **Абдуазизов А.А., Давронбеков Д.А.** Способ повышения энергетической и полосовой эффективности цифровых каналов радиосвязи. "Вестник ТУИТ", №3/2009. – T.: ТУИТ-2011. 45-48 стр.
9. **Абдуазизов А.А., Назиров Ш.А.** Применение системы Maple в научных исследованиях и в учебном процессе. Узбекский журнал "Проблемы информатики и энергетики". Ташкент-2009. №5. 10-19 стр.
10. **Абдуазизов А.А.** Переходные процессы в гармоническом частном детекторе. «Радиотехника», Т. 26. Москва-1971. №6. 98-100 стр.
11. **Абдуазизов А.А.** Нелинейные искажения в гармоническом ЧД в динамическом режиме. «Радиотехника». Т. 27. Москва-1972. №1. 75-76 стр.
12. **Абдуазизов А.А.** Анализ принципа работы гармонического частотного детектора на основе теории корреляции. «Радиотехника», Т. 27. Москва-1972. №4. 95-96 стр.
13. **Абдуазизов А.А., Мендельсон М.А.** Оптимальное формирование энергетического спектра сигнала в каналах с нелинейной амплитудной характеристикой. Труды учебных институтов связи «Теория передачи информации по каналам связи». Ленинград-1981. 27-31 стр.

14. **Абдуазизов А.А., Соатов Х.С.** Оценка искажений ОМ сигнала в передатчиках с раздельным усилением составляющих. Электронные устройства систем связи. Сборник научных трудов учебных институтов связи. Ленинград-1988. 64-68 стр.
15. **Бадалов А.Т., Михайлов А.С.** Нормы на параметры электромагнитной совместимости РЭС. Справочник – М.: Радио и связь, 1993.
16. **Банкет В.М., Дорофеев В.М.** Цифровые методы в спутниковой связи. – М.: Радио и связь, 1988.
17. **Баскаков С.И.** Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2000.
18. **Белов Л.А., Богачев В.М. и др.** Устройства генерирования и формирования сигналов. Под ред. Г.М. Уткина. – М.: Радио и связь, 2004.
19. **Богданович В.А., Вострецов А.Г.** Теория устойчивого обнаружения, различения и оценивания сигналов. – М.: Физматлит, 2003.
20. **Ван Трис Г.** Теория обнаружения, оценок и модуляции. В 3-х томах. Пер с англ. Под ред. В.И. Тихонова. – М.: Сов. Радио, 1972.
21. **Варакин Л.Е.** Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985.
22. **Волков Л.Н., Немировский М.С., Шниаков Ю.С.** Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики. – М.: Экотрендз, 2005.
23. **Галкин В.А.** Цифровая мобильная связь. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007.
24. **Головин О.В.** Радиоприемные устройства. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002.
25. **Гоноровский И.С.** Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1994.
26. **Григорьев В.А., Лагутенко О.П., Распаев Ю.А.** Сети и системы радиодоступа. – М.: Экотрендз, 2005.
27. **Гришин Ю.П., Ипатов Л.Д. и др.** Радиотехнические системы. Под ред. Ю.М. Казаринова. – М.: Высшая школа, 1990.
28. **Денисенко А.Н.** Сигналы. Теоретическая радиотехника. Справочное пособие. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005.
29. **Душин В.К.** Теоретические основы информационных процессов и систем. Учебник. 3-ое изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2009.

30. **Егоров Е.И., Калашников Н.И., Михайлов А.С.** Использование радиочастотного спектра и радиопомехи. — М.: Радио и связь. 1986.
31. **Журавлёв В.И., Трусевич Н.П.** Методы модуляции-демодуляции радиосигналов в системах передачи цифровых сообщений. — М.: МТУСИ, 2009.
32. **Зюко А.Г.** Помехоустойчивость и эффективность систем связи. — М.: Связь, 1972.
33. **Зюко А.Г., Фалько А.И. и др.** Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации. — М.: Радио и связь. 1985.
34. **Зюко А.Г., Коржик К.И., Назаров М.В., Кловский Д.Д.** Теория электрической связи: Учебник для вузов. / Под ред. Д.Д. Кловского — М.: Радио и связь. 1999 г.
35. **Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Назаров М.В., Финк Л.М.** Теория передачи сигналов. Учебник для вузов. — М.: Радио и связь, 1986.
36. **Иванов М.Т., Сергиенко А.Б., Ушаков В.Н.** Теоретические основы радиотехники. Учебное пособие. Под ред. В.Н. Ушакова. — М.: Высшая школа, 2002.
37. **Игнатов В.А.** Теория информации и передачи сигналов. — М.: Сов. Радио. 1979.
38. Информационные технологии в радиотехнических системах. Под ред. И.Б. Федорова. — М.: Изво МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2004.
39. **Каганов В.И.** «Радиотехника+компьютер+MathCAD». — М.: Горячая линия-Телеком. 2001.
40. **Каганов В.И.** Радиотехнические цепи и сигналы (компьютеризованный курс). — М.: Высшее образование, 2007.
41. **Калашников Н.И., Крупницкий Э.И. и др.** Системы радиосвязи. Под ред. Н.И. Калашникова. — М.: Радио и связь. 1988.
42. **Коржик В.П., Финк Л.М., Щелкунов К.Н.** Расчёт помехоустойчивости передачи дискретных сообщений. Справочник. М. Радио и связь. 1981.
43. **Котельников В.А.** Теория потенциальной помехоустойчивости. М. — Л.Госэнергоиздат. 1956.
44. **Котусов А.С.** Теория информации. — М.: Радио и связь, 2003.
45. **Котусов А.С.** Теоретические основы радиосистем радиосвязь. радиолокация. радионавигация. — М.: Радио и связь. 2002.
46. **Куприянов А.И.** Радиоэлектронная борьба. Основы теории / А.И. Куприянов, Л.Н. Шустов. — М.: Вузовская книга. 2011.
47. **Левин Б.Р.** Теоретические основы статистической радиотехники в 3-х томах. М.: Сов. Радио. 1974-1976.

48. **Лезин Ю.С.** Введение в теорию и технику радиотехнических систем. – М.: Высшая школа, 1992.
49. **Литвинская О.С.** Основы теории передачи информации. – М.: Кнорус, 2010.
50. **Маковеева М.М., Шинаков Ю.С.** Системы связи с подвижными объектами. – М.: Радио и связь, 2002.
51. **Морелто-Сарабоса Р.** Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. – М.: Техносфера, 2005.
52. **Немировский М.С.** Цифровая передача информации и радиосвязь. – М.: Связь, 1980.
53. **Окунев Ю.Б.** Теория фазоразностной модуляции. – М.: Связь, 1979.
54. **Онищук А.Г., Забеньков И.И. и др.** Радиоприемные устройства. – Минск, ООО «Новые знания», 2006.
55. **Побережский Е.С.** Цифровые радиоприемные устройства. – М.: Радио и связь, 1987.
56. **Пенин П.П., Филлипов Л.И.** Радиотехнические системы передачи информации. – М.: Радио и связь, 1984.
57. **Першин В.Т.** Основы радиоэлектроники и схематехники. – Ростов на Дону, Феникс, 2006.
58. **Питерсон У., Уелдун Э.** Коды, исправляющие ошибки. Пер с англ. / Под ред. Р.Д. Добрушина и С.И. Самойленко. – М.: Мир, 1976.
59. **Петров А.И.** Статистическая теория радиотехнических систем. – М.: Радиотехника, 2003.
60. **Прокс Дж.** Цифровая связь.– М: Радио и связь, 2000.
61. Радиосистемы передачи информации. Под ред. В.В. Кальмыкова. –М: Радио и связь, 2005.
62. Радиосистемы передачи информации. Под ред. В.В. Кальмыкова. –М: Радио и связь, 1990.
63. Радиопередающие устройства. Под ред. В.В. Шахгильдяна. 3-ое издание. – М.: Радио и связь, 2003.
64. Радиоприемные устройства / Под ред. проф. Н.Н. Фомина. – М.: Радио и связь, 2008.
- ~~65. Радиопередающие устройства / Под ред. проф. В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 2006.~~
66. Радиоприемные устройства. Под ред. Н.И. Чистякова. – М.: Радио и связь, 1985.
67. **Рихтер С.Г.** Цифровое радиовещание. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004.
68. **Романюк В.А.** Основы радио-связи. – М.: ЮРАЙТ, 2011.

69. **Сердюков П.Н., Бельчиков А.В., Дропов А.Е. и др.** Защищенные радиосистемы цифровой передачи информации. – М.: АСТ. 2006.
70. **Сердюков П.Н., Бельчиков А.В. и др.** Защищенные радиосистемы цифровой передачи информации. – М.: Из-во АСТ, 2005.
71. **Сергиенко А.Б.** Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер. 2002.
72. Системы мобильной связи. Под ред. В.П. Липатова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003.
73. **Сосулин Ю. Г.** Теоретические основы радиолокации и радионавигации. – М.: Радио и связь. 1992.
74. **Скляр Б.** Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: пер. с англ. – М.: Вильямс. 2003.
75. **Стратонович Р.Л.** Принципы адаптивного приема. – М.: Сов. Радио, 1973.
76. **Талем Ю.А., Садовский В.Б.** Спектральные методы оценки качества передачи цифровых сигналов. – М.: Радио и связь. 1994.
77. **Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б.** Сети мобильной связи LTE. Технология и архитектура. – М.: Эко-трендз, 2010.
78. **Тихонов В.И.** Статистическая радиотехника. – М.: Радио и связь. 1982.
79. **Тихонов В.И.** Оптимальный прием сигналов. – М.: Радио и связь. 1983.
80. **Тяжев А.И.** Выходные устройства приемников с цифровой обработкой сигналов. – С. Самарский университет. 1992.
81. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Под ред. д.т.н., проф. М.А. Быховского. М.: Эко-трендз. 2006.
82. **Урядников Ю.Ф., Аджемов С.С.** Сверхширокополосная связь. Теория и применения. – М.: Солон-Пресс. 2005.
83. **Феер К.** Беспроводная цифровая связь: методы модуляции и расширения спектры. –М: Радиои связь, 2000.
84. **Харкевич А.А.** Основы радиотехники. – М.: Физматгиз, 2007.
85. **Харкевич А.А.** Борьба с помехами. – М.: Наука. 1964.
86. Цифровые радиоприемные системы. Под ред. М.И. Жодзинского. – М.: Радио и связь. 1989.
87. **Шахгильдян В.В., Ляховкин А.А.** Системы фазовой автоподстройки частоты. – М.: Связь, 1972.
88. **Шахгильдян В.В., Лохвицкий М.С.** Методы адаптивного приема сигналов. – М.: Из-во Связь. 1974.



89. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / Пер. с англ. Под ред. Р.П. Добрушина и О.Б. Лупанова. – М.: ИЛ. 1963.
90. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем / В. И. Владимиров, А. Л. Докторов, Ф. В. Елизаров и др.: Под ред. Н. М. Царькова. — М: Радио и связь, 1985.
91. Kwang-Cheng Chen, Roberto B.de Marca. Mobil WiMAX. A wiley-IEEE press publication. 2008, 400 p.
92. Vern Fotheringham, Chetan Sharma. Wireless Broadband Technology. Conflict and Convergence. A wiley-IEEE press publication. 2008. 300 p.
93. Gonzalo Camarillo, Mirnguel-Angel Garcia-Martin. The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS). 2008., 512 p.
94. Tzi-Dar Chiueh, Pei-Yun Tsay. OFDM Baseband Receiver Design for Wireless Communications. 2008. 352 p.
95. Louis J. Ippolito. Satellite Communications Systems Engineering. Atmospheric Effects, Satellite Link Design and System Performance. 2008, 440 p.
96. John G. Proakis. Wiley Encyclopedia of Telecommunications. Five-volume set. 2003. 3074 p.
97. Hideaki Takagi, Bernhard H. Walke. Spectrum Requirement Planning in Wireless Communications. Model and Methodology for IMT-Advanced. 2008. 266 p.
98. Gerard Barue. Microwave Engineering. Land&Space Radiocommunications. 2008. 464 p.
99. Sivannarayana Nagireddi. VoIP Voice and Fax Signal Processing. 2008. 548 p.
100. Mohammad S. Obaidat, Hsiao-Hwa Chen. International Journal of Communication Systems.  
[www.interscience.wiley.com/journal/communicationssystemssystems](http://www.interscience.wiley.com/journal/communicationssystemssystems)
101. Barry G. Evans. International Journal of Satellite Communications and Networking. [www.interscience.wiley.com/journal/satellitecommunications](http://www.interscience.wiley.com/journal/satellitecommunications)
102. Achille Pattavina. European Transactions on Telecommunications.  
~~[www.interscience.wiley.com/journal/ETT](http://www.interscience.wiley.com/journal/ETT)~~

---

103. Tapan K. Sarkar, Magdalena Salazar-Pakma, Eris L. Mokole. Physics of Multiantenna Systems and Broadband Processing. 2008. 584 p.
104. Michel Mandjes. Large Deviations for Gaussian Queues. 2007. 336 p.
105. Kai Chang. Encyclopedia of RF and Microwave Engineering. Six-volume set. 2005. 5832 p.
106. D. Sundararajan. A Practical Approach to Signals and Systems. 2008. 400 p.

## MUNDARIJA

KIRISH .....	3
1. XABARLARNI YASHIRIN SHAKLDA UZATISH USULLARI.....	5
1.1. Garmonik tebranish shaklidagi tashuvchidan foydalanilgan holda signal spektrini kengaytirish .....	5
1.2. Axborot signallarini uni yopuvchi signal spektri ostida uzatish .....	11
1.3. Axborot uzatishda shovqinsimon signallardan foydalanish .....	11
1.4. Yashirinlikni baholash.....	14
1.5. Turli tarkibli signallarning yashirinlikni ta'minlash imkoniyatlari.....	16
<i>Nazorat savollari</i> .....	19
2. RAQAMLI RADIOALOQA TIZIMLARIDA SINXRONIZATSIYA .....	20
2.1. Radiotizimlarda signallarni sinxronlash. Sinxronlash tizim osti qismining vazifalari, turlari va ish holatlari.....	20
2.2. Sinxronizatsiyalash sxemalarining optimal ishlash algoritmlari.....	24
2.3. Tashuvchi, takt, sikl va kadrlarni sinxronizatsiyalash .....	29
2.3.1. Tashuvchini sinxronizatsiyalash.....	29
2.3.2. Signallarni takt bo'yicha sinxronizatsiyalash .....	31
2.3.3. Kanallarni vaqt bo'yicha ajratishda sinxronizatsiyalash.....	38
2.4. Kadr bo'yicha sinxronizatsiyalash.....	41
<i>Nazorat savollari</i> .....	42
3. CHASTOTALAR SINTEZATORLARI .....	44
3.1. Umumiy tushunchalar .....	44
3.2. Chastota sintezatorlarining turlari.....	47
3.2.1. Garmonikalar generatoridan foydalanishga asoslangan chastotalar sintezatori.....	47
3.3. Raqamli chastota sintezatorlari.....	50
3.4. Bilvosita usul asosida qurilgan chastotalar sintezatori .....	52
<i>Nazorat savollari</i> .....	58
4. RADIOTEXNIK TIZIMLARDA ELEKTROMAGNIT MOSLASHUV.....	59

4.1. Asosiy tushunchalar .....	59
4.2. Maxsus shakllantirilmagan xalaqitlar va radioelektron vositalar elektromagnit moslashuv muammosi .....	60
4.3. Radioelektron vositalarning texnik xarakteristikallari va elektromagnit moslashuv muammolari .....	63
4.4. Radioelektron tizimlar elektromagnit moslashuvini baholash. Elektromagnit moslashuv tenglamasi .....	71
4.5. Radioelektron tizimlarning elektromagnit moslashuvini ta'minlash usullari ..	77
4.6. Radioelektron kurash majmualarini boshqa radioelektron majmualar va boshqa vazifalarni bajaruvchi REVLar bilan elektromagnit moslashuvini ta'minlashning xos xususiyatlari .....	79
4.7. Radioelektron kurash komplekslarini boshqa radioelektron komplekslar va boshqa vazifalarni bajaruvchi radioelektron vositalar bilan elektromagnit moslashuvini ta'minlash texnik va tashkiliy tadbirlarini bajarilishining nazorati ..	80
<i>Nazorat savollari</i> .....	81
<b>5. BA'ZI RADIOTEKNIK TIZIMLAR HAQIDA MA'LUMOTLAR</b> .....	83
5.1. Radioboshqaruv tizimlarining asosiy texnik ko'rsatkichlari .....	83
5.2. Uchish apparatini radioboshqarishning umumiy xarakteristikallari. Uchishni boshqarishning asosiy turlari .....	84
5.3. Maqsad va radioboshqaruvli snaryadlarni vizirlash .....	86
5.4. Radioteleyo'naltirish. Radionurlanish bo'yicha yo'naltirish .....	87
5.5. Radionur asosida boshqaruvchi radioliniyaning uzatish qismi .....	89
5.6. Radionur asosida radioboshqaruv tizimining qabullash qismi .....	90
5.7. Radionurlanish hududida boshqarish tizimi .....	92
<del>5.8. Yo'naltirishni o'z boshqarish tizimi .....</del>	<del>93</del>
5.9. Faol bo'lmagan (passiv) issiqlik vizirlari .....	95
5.10. Optik-elektron o'z-o'zini boshqarish tizimlarining umumlashgan sxemasi ..	95
5.11. O'z-o'zini boshqarish tizimi kallagi optik qismi .....	97
5.12. Komanda orqali radioboshqaruv tizimi .....	97
5.13. Analog komanda liniyalari .....	98

5.14. Raqamli komanda radioliniyalari.....	99
5.15. Radionavigatsiya tizimlari.....	102
5.16. Yer sun'iy yo'ldoshidan foydalanishga asoslangan radionavigasion tizimlar.....	104
5.17. Kosmik apparatlarni boshqarishni tashkil etish. Kosmik tizimlarning vazifalari.....	105
5.18. Kosmik apparatlarni boshqarish. KAning o'zini-o'zi mustaqil boshqarish tizimi. KAni Yerdagi vositalar orqali boshqarish.....	109
5.19. Kosmik apparatlarning koordinatalarini o'lchash.....	111
5.20. Kosmik apparatlarni kuzatish stansiyalari.....	113
<i>Nazorat savollari</i> .....	115
<b>6. KO'P STANSIYALAR ORQALI ALOQA O'RNATISH ASOSLARI.</b>	
<b>ASINXRON MANZILLI TIZIMLAR</b> .....	116
6.1. Ko'p stansiyalar orqali aloqa o'rnatish prinsipi.....	116
6.2. Signallarni chastotalari orqali ajratish.....	119
6.3. Signallarni vaqt bo'yicha ajratish tizimi.....	122
6.4. Asinxron manzilli tizimlar.....	125
<i>Nazorat savollari</i> .....	127
<b>7. YER SUN'IY YO'LDOSHI ORQALI ALOQA TIZIMLARI</b> .....	129
7.1. Sun'iy yo'ldosh orqali aloqa tizimi tarkibi va foydalanish shartlari.....	129
7.2. Yo'ldoshli aloqa tizimlarning klassifikatsiyasi va ularning asosiy ko'rsatkichlari.....	130
7.3. Yer sun'iy yo'ldoshi orbitasi va uning xizmat ko'rsatish hududi.....	131
7.4. Yo'ldoshli aloqa xizmatlari.....	138
7.5. Ko'chma (harakatdagi) mobil aloqa tizimlari.....	140
<i>Nazorat savollari</i> .....	145
<b>8. YER SUN'IY YO'LDOSHI ORQALI ALOQA TIZIMIGA KO'P STANSIYALAR ORQALI KIRISH VA SIGNALLARNI AJRATISH TURLARI</b> .....	146
8.1. Yo'ldoshli aloqa tizimlarida ko'p stansiyali foydalanish.....	146

8.2. Kanallarni vaqt bo'yicha ajratish bilan ko'p stansiyali foydalanish (TDMA)	147
8.3. YeSY aloqa tizimlaridagi bort va yerdagi apparatlar	148
8.4. Regenerativ retranslyatorlar	152
<i>Nazorat savollari</i>	161
<b>9. YER SUN'IY YO'LDOSHI ORQALI ALOQA LINIYALARI</b>	
<b>ENERGETIKASI VA ULARDAN FOYDALANISH</b>	162
9.1. Sun'iy yo'ldosh orqali aloqa liniyalari energetikasi	162
9.2. SYA tizimidagi Yer stansiyalari. VSAT stansiyalari aloqa tarmog'i	164
9.3. Yo'ldoshli shaxsiy aloqa orqali aloqa tizimlarining tuzilishi	174
9.3.1. Aloqani boshqaruv markazi va shlyuzli stansiyalar	177
9.3.2. Shaxsiy foydalanuvchi segment	177
9.4. Yo'ldoshli aloqaning quyi orbital tizimlari	178
9.5. Yo'ldoshli aloqaning o'rta orbital tizimlari	184
9.6. Geostasionar yo'ldoshlardan foydalanuvchi aloqa tizimlari	185
<i>Nazorat savollari</i>	186
<b>10. SOTALI RADIOALOQA TIZIMLARI</b>	187
10.1. Sotali aloqa tizimining rivojlanish bosqichlari. Sotali aloqa tizimining ishlash prinsipi	187
10.2. Ko'chma sotali radioaloqa tizimlari standartlari	191
10.3. Raqamli KSRATni barpo qilish tamoyillari	193
10.4. Sotali harakatdagi analog tizimlar	197
10.5. Ko'chma stansiyaning tuzilish sxemasi	203
10.5.1. Tayanch stansiyaning tuzilish sxemasi	205
10.5.2. Kommutatsiya markazi	207
10.5.3. Sotali aloqa interfeyslari	209
10.6. Sotali harakatdagi raqamli tizimlar	213
10.6.1. CDMA standarti	213
10.6.2. IS-95 standartining asosiy xususiyatlari	214
10.6.3. IS-95 standarti MS ning xususiyatlari	221
10.6.4. IS-95 standart BTS ning mohiyatlari	223

10.6.5. IS-95 standartida aloqaning xavfsizligi va maxfiyligi.....	224
10.7. WCDMA standarti .....	225
<i>Nazorat savollari</i> .....	227
1-ILOVA. RADIOALOQANING RIVOJLANISH BOSQICHLARI.....	228
2-ILOVA. RRL LARNING TUZILISH ASOSLARI. TURLI CHASTOTALAR DIAPAZONI ZAMONAVIY RRL LARI.....	233
QISQARTMALAR.....	246
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	252

**Bosishga ruxsat etildi 22.01.2015. Bichimi 60x84<sup>1/16</sup>  
«Times New Roman» garniturasida. Ofset bosma usulda bosildi.  
Nashr b. t. 16,5. Nuxsasi: 100.**

**“O‘quv-ta’lim metodika” DUK bosmaxonasida chop etildi.  
Furqat ko‘chasi, 174-uy.  
Tel: (+998 71) 245-06-98**

---

**Abduazizov Amandjan Abdumadjidovich  
Raximov Toxir G'ofurovich**

# **RADIOTEXNIK TIZIMLAR**

**O'quv qo'llanma**

**2-QISM**

**Mas'ul muharrir A.ABDUAZIZOV**

**Badiiy muharrir O.MUXTOROV**

**Texnik muharrir S.ABDUVALIEV**

**Musahhih D.AKRAMOV**