

621.396

621.396.43

A 45

A.N. ARIPOV, I.M. ARIPOV

# RAQAMLI RADIORELELI UZATISH TIZIMLARI

gys.np.  
204 3120

Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti

17 2870

Axborot Resurs Markazi

«SHARQ» NASHRIYOT-MATBAA  
AKSIYADORLIK KOMPANIYASI  
BOSH TAHRIRIYATI  
TOSHKENT – 2015

1727 10001

UO'K: 621.396.43(075)  
KBK: 32.844  
A-81

A-81 **A.N. Aripov, I.M. Aripov**  
Raqamli radioreleli uzatish tizimlari. – T.: «Sharq»,  
2015. – 432 b.

ISBN 978-9943-26-348-2

UO'K: 621.396.43(075)  
KBK: 32.844

ISBN 978-9943-26-348-2

© «Sharq» nashriyot-matbaa aksiyadorlik kompaniyasi  
Bosh tahririyati, 2015.

## SO'ZBOSHI

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Islom Karimov tomonidan (1995-yil 1-avgustda 307-sonli) Qaror bilan tasdiqlangan «2010-yilgacha O'zbekiston telekommunikatsiya tarmoqlarini rekonstruksiyalash va rivojlantirish Milliy Dasturi»ning muvaffaqiyatli amalga oshirishi natijasida O'zbekiston telekommunikatsiya tarmoqlari raqamli texnologiyalar, jumladan, raqamli radioreleli uzatish tizimlari asosida modernizatsiyalandi.

Darslikda raqamli radioreleli uzatish tizimlarining nazariy asoslari, tuzilish va hisoblash prinsiplari tizimiy ravishda bayon etilgan. Mazkur darslik "Raqamli radioreleli aloqa liniyalari" kursining amaldagi dasturiga mos holda yozilgan, darslik 9 bobdan iborat va mazkur kursni o'rganadigan telekommunikatsiya fakulteti talabalariga mo'ljallangan, shuningdek, ushbu tizimga xizmat ko'rsatadigan injener-texnik xodimlarga ham foydali bo'lishi mumkin.

Dastlabki uchta bobda radioaloqani tashkil etishning umumiy prinsiplari, ultraqisqa to'lqinlar (UQT) tarqalish xususiyatlari va radiorele liniyalari (RRL)ning antenna-fider traktlari, shuningdek, ko'p kanalli aloqa tizimlarida raqamli uzatish usullarining asoslari ko'rilgan. To'rtinchi va beshinchi boblarda raqamli radioreleli aloqa liniyalarining klassifikatsiyasi (turkumlanishi) va qo'llanish sohalari keltirilgan. Raqamli aloqa tizimlarida qo'llaniladigan modulyatsiya usullari batafsil ko'rib chiqilgan. Oltinchi bobda raqamli radioreleli tizimlar zamonaviy apparaturalarining qurilish xususiyatlari, yettinchi bobda shovqinlar va xalaqitlarning ta'sirlari keltirilgan, shuningdek, raqamli radiorele aloqa liniyalarida rezervlash usullari ko'rib chiqilgan.

Sakkizinchi bob raqamli radioreleli liniyalarini loyihalashtirish masalalariga bag'ishlangan, to'qqizinchi bobda NEC Corporation ishlab chiqargan raqamli radioreleli tizimlar haqida umumiy ma'lumotlar keltirilgan.

Mualliflar 3,8 va 9 boblarni yozishda faol qatnashgan N.I. Fetlyayevga, A.S.Ibragimovga va Sh.B. Rahmatovlarga samimiy minnatdorchilik bildirishadi.

Darslikni tahrir qilish mehnatini o'ziga olgan R.R.Ibraimovga va D.T.Ibragimovaga minnatdorchilik bildirishni o'zimizning burchimiz deb hisoblaymiz.

Mazkur kurs bo'yicha OTM uchun darslik O'zbekiston da ilk bor yaratilmoqda, shuning uchun mualliflar tanqidiy mulohazalarga minnatdorchilik bildiradilar, ularni quyidagi manzilga yuborish mumkin:

«Sharq» nashriyot-matbaa aksiyadorlik kompaniyasi  
Bosh tahririyati, 100000, Toshkent shahri, Buyuk  
Turon ko'chasi, 41.

## KIRISH

Zamonaviy axborot uzatish tizimlari turli xil texnologiyalar to'plamlaridan foydalanmoqda, ularning soni tezkor ko'paymoqda.

Lekin ulardan ayrimlari keng tarqalmoqda:

- elektr kabellari bo'yicha aloqa tizimlari (KAT);
- optik-tolali aloqa tizimlari (OTAT);
- ochiq optik aloqa tizimlari.
- yer sun'iy yo'ldoshli aloqa tizimlari (YSY);
- tor polosali va keng polosali yerusti radioaloqa tizimlari.

Bu ro'yxatdagi aloqa tizimlari kabelli (OTAT va KAT) va simsiz tizimlarga ajratiladi.

Elektr kabellari bo'yicha aloqa tizimlari taqsimlangan tizimlarda (masalan, kabel televideniye tizimlarida) va uzoq aloqa tizimlarida eng ko'p tarqalishga ega. lekin qo'llanadigan materiallarning (rangli va qimmatbaho metallar) narxлари yuqoriligi, o'tkazish polosasining nisbatan katta emasligi, bunga o'xshash qurilmalarning kelajakda raqobatbardoshligiga muammolilik keltirib chiqaradi. Kabelli tuzilmalarning umumiy kamchiliklari quyidagilardir: yerosti va suvosti ishlari bilan bog'liq bo'lgan qurilish vaqtining kattaligi, tabiiy kataklizmlarga, vandalizm va terrorizm aktlariga ta'sirchanligi va qurilish ishlari narxlarining tobora ortib borishi. Simli tizimlarni joriy etish bo'yicha ishlarni ayrim joylarda, xususan, shaharlarning tarixiy joylarida, qo'riqlanadigan hududlarda yoki murakkab relyefli joylarda amalda bajarish mumkin emas. Bu bilan bog'liq aholi uchun noqulayliklar, transport ishining izdan chiqishi, buzilgan yo'llar va boshqalar turli instansiyalar bilan kelishish shunday oson bo'lmagan protseduralar iqtisodiy foydani kamaytiradi.

Simsiz tizimlarning muhim afzalligi uni joriy etish uchun oz vaqt kerakligidir. Bu, xususan transheyalar kavlash, kabel yotqizish, shuningdek, binolarda kabel va simlarni ichki o'tkazish zarurati bo'lmaganligidan kelib chiqadi. Istalgan tizimni yaratish uchun investitsiyalar talab qilinadi, ular vaqt bo'yicha qanday taqsimlangan va ekspluatatsiyadan qanday tez daromad olish mumkin, bu boshqa masaladir. Simsiz tizimlar ekspluatatsiyaga bosqichma-bosqich kiritilishi mumkin. Simli tizimlar esa barcha infrastrukturani bir vaqtda yaratishni talab qiladi. Simsiz tizimlarda daromad olishning boshlanishi birinchi fragmentni ishga tushishiga mos keladi va tizimning keyinchalik rivojlanishini amalda foydalanuvchilarning o'zlari moliyalashtiradi. Bundan tashqari, ishlab turgan struktura ko'rinishidagi ijobiy misol, kelajakdagi imtiyozlar hisobiga, potensial abonentlarning jamg'armalarini jalb etishga imkon beradi. Bu investorlarning moliyaviy tavakkalchilik bilan bog'liq moliyaviy zararni keskin kamaytiradi va kelajakka ishonchliroq qarash imkoniyatini beradi. Ishlar bir vaqtda boshlanganida, simsiz telekommunikatsiya tizimida xarajatlar, simli tizimlar ishga tushirishidan avval, to'liq qoplanishi mumkin.

**YSY aloqa tizimlarining** xarakterli xususiyatlari nisbatan katta bo'lmagan hajmdagi axborotlarni (10–60 Mbit/s gacha tezlikda) juda olis masofalarga, yer ustidagi katta-katta maydonlarni bosib o'tib (global tizimlarni qurishga qadar), uzatish imkoniyatiga ega ekanligidir. Uzatiladigan axborotlar hajmini cheklanishi Yerdagi maqbul elektr magnit vaziyatni ta'minlash maqsadida nurlantiriladigan signallar quvvati limitlanishi bilan aniqlanadi.

**Optik-tolali aloqa tizimlari** (OTAT) o'ta katta hajmdagi axborotlarni (raqamli oqimlarni uzatish tezligi 1 Tbit/s dan ortiq) bir necha minglab kilometr masofalarga ishonchli uzatish imkonini beradi. Masofalar kamayishi bilan OTAT joriy etilishidan kutilgan

iqtisodiy samaradorlik kamayishi mumkin va har bir konkret holatda atroflicha tahlil o'tkazish talab qilinadi.

**Yerusti simsiz tizimlari** axborot uzatish zamonaviy usullari orasida o'ta muhim rol o'ynaydi, ayniqsa, katta bo'lmagan masofada aloqa uchun optiktolali va yo'ldoshli strukturalar bilan muvaffaqiyatli raqobatlashmoqda. Yerusti radiovositalar sohasining texnologik yechimlarida revolyutsion o'zgarishlar ro'y berdi. Bir necha minglab kilometr masofalargacha aloqani mikroto'lqinli radioreleli aloqa tizimlari, ularning ishlash tezliklari sekundiga yuzlab megabitdan ortiqdir.

40 MGts chastota polosasida STM-4 (622 Mbit/s) raqamlar oqimini uzatishni tashkil etish imkonini beradigan raqamli radioreleli strukturalar paydo bo'lmoqda.

Uzoq bo'lmagan masofalarga (bir necha o'nlab kilometrlargacha) aloqa uchun ommaviy masshtabda kirish va axborot taqsimoti tizimlari imtiyozli sifatda rivojlanmoqda. Bunday tizimlarga tor polosali va keng polosali radioaloqa tizimlari, shuningdek, ochiq nurlanuvchi optik telekommunikatsion tizimlar mansubdirlar.

Radioaloqa tizimlari zamonaviy terminologiyalar bo'yicha **tor polosali** va **keng polosali** radioaloqa tizimlariga ajratiladi. Ularning farqlarini, avvalo, qo'llanadigan tashuvchi tebranishlar strukturasi belgilaydi. Tor polosali guruhga kiruvchi, an'anaviy radiovositalar tashuvchi signal sifatida bitta chastotali garmonik tebranishlardan foydalanadi. Ko'plab foydalanuvchilarni ajratilgan chastotalar diapazonida ishlash imkoniyatini ta'minlash uchun bunday tizimlarda uzatiladigan signallar chastotalar polosasini mumkin qadar tor qilishga intilishadi. Keng polosali aloqa tizimlarida tashuvchi tebranishlar sifatida keng polosali tasodifiy signallar qo'llanadi. Bu holda har bir foydalanuvchi signali chastotalar diapazonida ajratilgan uchastkani to'liq egallaydi, ayrim signallarni ajratish esa kodli usulda amalga oshiriladi.

Zamonaviy radiovositalar xarakterli xususiyatiga

2 dan 100 GGts gacha radiodiapazonning yuqoriroq chastotali uchastkalariga o'tishni ko'rsatish mumkin. Bu holda bevosita ko'rinish masofasiga yetarlicha katta hajmdagi axborotlarni uzatish ta'minlanadi. Bu holda diapazonning quyi uchastkalar chastotalari atmosfera-dan yaxshi o'tadi va misol sifatida, 2 GGts diapazonda 90 km gacha masofa qoplanishi mumkin, 38 GGts diapazonda radiotizim uzatkichining shu quvvatida masofa 5–7 km dan ortmaydi.

2–100 GGts diapazonlarda ishlovchi yerusti tizimlarining nomlaridan biri – mikro to'liqinli aloqadir. Ularga radiorele liniyalari va bevosita ko'rinishli aloqa tarmoqlari, axborotni taqsimlash tizimlari, radioko'priklar va ayrim mobil tuzilmalar kiradi.

Radiorele liniyalari va bevosita ko'rinishli aloqa tarmoqlari uchun zamonaviy apparaturalar 2, 4, 6, 8, 11, 13, 15, 17, 23, 27, 38 GGts va yuqori chastotalar diapazoniga chiqarilmoqda. Dunyodagi bir necha o'nlab firmalar, jumladan, NEC Corporation, Ericsson, Siemens, Nokia, Nera, Harris, MRC, Alcatel, Rossiya kompaniyalari va boshqalar mikro to'liqinli aloqa uchun uskunalarning yuzlab variantlarini ishlab chiqarishmoqda.

Keyingi yillarda ishlab chiqilgan ochiq tarqaluvchi optik aloqa tizimlari infraqizil va lazer tizimlariga ajraladi. Bu tizimlar yaqin masofalarga (yuzlab va minglab metrlarga) axborotning juda katta hajmlarini uzatishga imkon beradi. Masofaning cheklanishi tuman, yomg'ir, qor, do'l, namgarchilik va boshqa tabiiy va sun'iy to'siqlar ta'siri natijasidir. Eng yaxshi tizimlar (masalan, Canobeam, Lightpoint tizimlari) turli ob-havo sharoitlarida 4–5 km masofagacha 155 Mbit/s tezlikda raqamli oqimlarni uzatish imkonini beradi, ularda signal haddan tashqari zich nurda kontsentratsiyalash va yorug'lik nurini antenna aperturasida ushlab turadigan avtomatik izlash va tizimni yustirovkalash qo'llanilgan ([www.canon.com](http://www.canon.com), [www.lightpointcom.com](http://www.lightpointcom.com)). Infraqizil



va lazer uskunalarining eng muhim ustuvorligi sifatida, boshqa tizimlardan farqli ravishda ularni hech qanday litsenziyasiz va ruxsatnomasiz qo'llash imkoniyatini ko'rsatish mumkin.

## 1-BOB

### UZATISH RADIOTIZIMLARINING TUZILISH UMUMIY PRINSIPLARI

#### 1.1 Radioaloqani tashkil etish prinsiplari

Radioaloqaning umumlashgan sxemasi 1.1-rasmda ko'rsatilgan.



1.1-rasm. Radioaloqaning umumlashgan sxemasi

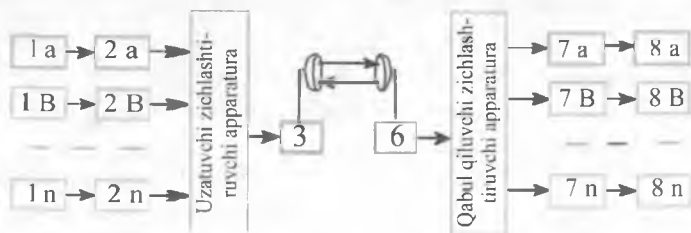
Signalni modulyatsiyalash zaruriyati, axborotni aks ettiruvchi elektr signali nisbatan past chastotali bo'ladi, va ma'lumki, uni atrof-muhitda sust tarqalishi bilan bog'langan. Radiosignal deb ataluvchi modulyatsiyalangan yuqori chastotali (YUCH) tebranishlar tarqatuvchi (uzatuvchi) antennaga beriladi va atrof fazoda elektromagnit to'lqinlarni qo'zg'atadi. Uzatgichdan tarqatilayotgan elektromagnit to'lqin energiyasining o'ziga qismi qabul qilish antenasiga etib kelib, unda modulyatsiyalangan yuqori chastotali zaif elektr tokini hosil qiladi.

Qabul qilgichda 4 YUCH modulyatsiyalangan tebranishlar kuchaytiriladi, so'ng 5 da qayta o'zgartirilib, uzatgich punktida o'zgartirgichdan olingan aynan signal ko'rinishiga o'zgartiriladi. Bunday o'zgartirish detektirlash deyiladi. So'ngra signal qayta tiklash qurilmasiga 6 – xarf bosuvchi apparat, telefon, televizion qabul qiluvchi trubkasi va h.k. kelib tushadi, undan so'ng qabul qilingan axborot foydalanuvchiga yetib boradi.

Uzatkich, uzatuvchi antenna, to'liqlar tarqalish muhiti, qabul qiluvchi antenna va qabullagichdan iborat majmua (kompleks) radioliniyani tashkil etadi. 1.1-rasmdagi radioliniya, axborotni uzatuvchi stansiya joylashgan punktdan qabullagich joylashgan punktga bir tomonlama uzatish imkoniyatini ko'rsatadi. Bu holda teskari uzatish ko'zda tutilmaydi.

Bir tomonlama uzatish radioaloqada emas, balki TV va radio eshittirishlarda, matbuot agentliklari uchun axborot uzatish xizmatlarida, meteorologik axborotlarni, aniq vaqt signallarini, aniq chastotani uzatishlarda va x.k. qo'llaniladi (ishlatiladi). Uskunalar samaradorligini oshirish va radiolinyalarning o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish maqsadida zichlashtirish apparaturasi qollaniladi (1.2-rasm.). Apparaturaning uzatish qismi har xil 1a-1n axborot manbalari signal-laridan 2a-2n o'zgartirgichlar vositasida o'zgartirilgan yagona guruhiy signal hosil qiladi. Bu apparaturaning qabul qilish qismi signallarni ajratadi, ularni (5a-5n) o'zgartiradi va undan keyin axborot signallari (6a-6n) iste'molchilarga yetib keladi. Xabarni bir axborot manbayidan iste'molchiga uzatuvchi texnik vositalar majmuasi radioaloqa kanali deb ataladi.

Zichlashtirilgan radioliniyalik radioaloqa tizimi ko'p kanalli radioaloqa deyiladi.



1.2-rasm. Ko'p kanalli radioaloqa tizimi

Ikki punkt orasida axborot almashish uchun ikki tomonlama radioaloqa tashkil qilinadi. Buning uchun bir-biriga qarama-qarshi yo'nalishda ishlovchi ikki komplekt bir tomonlama ishlaydigan radioaloqa qurilmalari

qo'llaniladi. Ikki tomonlama radioaloqa liniyaning har bir oxirgi punktida ham uzatuvchi, ham qabul qiluvchi qurilmalar joylashtiriladi. Axborot manbayi va iste'molchi odatda birlashtirilgan bo'ladi, shuningdek, ayrim hollarda uzatkich bilan qabul qilg'ich yagona qabul qilgich-uzatkich radiostansiyaga birlashtiriladi. Bunday holda odatda har bir punktida ikkita antenna o'rniga bitta umumiy qabul qiluvchi-uzatuvchi antenadan foydalaniladi. Ikki tomonlama radioaloqa quyidagi variantlar bo'yicha tashkil etilishi mumkin:

1. Ikkala uzatkich bir xil chastotada ishlaydi, ya'ni qabul qilgichlar ham bir xil chastotaga sozlanadi. Bunday holatda radioliniya bir vaqtning o'zida ikkita yo'nalish bo'yicha ishlay olmaydi. Ishlash galmagal yo'nalishlarning biri bo'yicha amalga oshiriladi. Bunday aloqa simpleks aloqa deb ataladi.

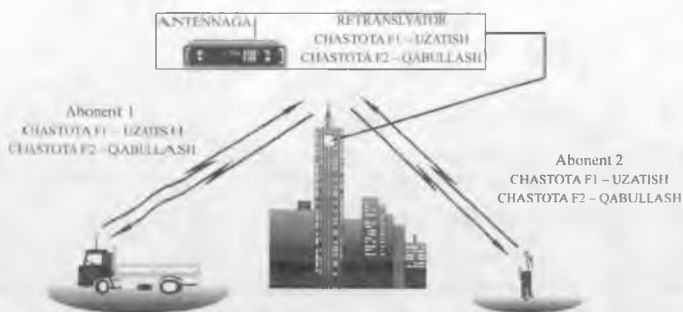
2. Uzatkichlar har xil chastotada ishlaydi, shunga muvofiq qabul qilgichlar ham boshqa-boshqa chastotalarga sozlanadi. Bu holatda radioliniya bir vaqtning o'zida ikkala yo'nalish bo'yicha ishlashi mumkin. Bunday aloqa dupleks aloqa deb ataladi.

3. Radioaloqa ikkita chastotadan foydalangan holda amalga oshiriladi: qabul qilgich va uzatkichlar baravariga emas, balki dupleksdagidek, navbatma-navbat amalga oshiriladi. Signal bir chastotada qabul qilinib boshqa chastotada uzatiladi. Abonent bir vaqtning o'zida «qabul», yoki «uzatish» rejimida bo'lishi mumkin. Bunday aloqa yarimdupleks (ikkita chastotali simpleks) aloqa deb ataladi.

Yarimdupleks aloqa quyidagi hollarda qo'llaniladi. Odatda, har qanday aloqa tizimining birlamchi vazifasi talab qilingan uzoqlikdagi masofaga aloqani ta'minlashdir. Lekin sayyoramiz shar shaklida bo'lganligi va uning sirti egri ekanligi gorizontdan tashqari aloqani amalga oshirish imkoniyatini bermaydi. Bu, ochiq tekislik joyda portativ radiostansiyalar orasidagi aloqa masofasi 5 km gacha bo'lishi mumkinligini bildiradi.

Agar masofa bundan ortiq bo'lsa (99,9% hollarda) retranslyatorlar qo'llaniladi.

Retranslyator – qurilma bo'lib, radiosignalni qabul qiladi va efiirga uzatadi. Koinotdagi Yerning sun'iy yo'ldoshiga o'rnatilgan retranslyator eng katta qamrov maydoniga (zonasiga) egadir. Yerdan belgilangan kerakli qamrovni ta'minlash uchun retranslyatorni sun'iy yoki tabiiy balandlikka, inshootlar (imorat, minora, tepalik)ga o'rnatiladi. Amalda zamonaviy aloqa tizimlaridan hech qaysisi retranslyatorsiz ishlamaydi. Retranslyatsiya prinsipi 1.3-rasmda keltirilgan.



1.3-rasm. Retranslyatsiya prinsipi

1.3-rasmda yarimdupleks (ikki chastotali simpleks) uzatish nima uchun zarurligi ko'rinib turibdi. Retranslyator qabul qilingan signallarni uzluksiz ravishda uzatadi (dupleks), shuning uchun u bu vazifani bitta chastotada bajara olmaydi (uzatkich signallari darhol qabul qilgichda qabul qilinadi – yopiq aylana). Shuning uchun dupleks retranslyator har xil chastotalarda ishlaydi, ularning nominallari uskunalarga, tizimlarga va boshqalarga bog'liq ravishda ma'lum kattalikda farqlanishi zarur. Mos ravishda abonent radiostansiyalarida ayni shu chastotalar, faqat o'rni almashgan holda qo'llanilishi lozim (retranslyatorning qabul qiluvchi chastotasi radiostansiyaning uzatuvchi chastotasiga mos kelishi kerak va aksincha). Barcha abonent radiostansiyalarining uzatuvchi va qabul

qiluvchi chastotalari bir xil bo'lganligi tufayli, ular orasida bevosita (to'g'ridan to'g'ri) aloqa imkoniyati bo'lmaydi.

Dernak, retranslyator qabul qilgan signallarni uzluksiz tarqatadi, abonent radiostansiyalarida esa qabul qilish-uzatish rejimi o'zgarib turishi kerak. Bir vaqtning o'zida yo sozlanadi yoki eshitiladi. Retranslyatorning sezgirligi va quvvati qancha yuqori bo'lsa va antennalar qancha baland o'rnatilgan bo'lsa, barqaror radio aloqaning qamrov maydoni shunchalik keng bo'ladi.

Agar chastotalar, mablag'lar yoki unisi va bunisi ham yetarli bo'lmasa, unda simpleks uzatish bilan kifoyalanasa bo'ladi. Bunday holda abonent uskunasi shundayligicha qoladi, faqat unda bir xil bo'lgan qabul qilish va uzatish chastotalari dasturlashtiriladi. Retranslyator sifatida esa oddiy abonent radiostansiyasidan foydalanish mumkin. Lekin u bir vaqtda qabul qilmaydi va uzatmaydi, bu esa yuqorida ko'rsatilganidek mumkin emas.

Bunday retranslyatorning (odatda simpleks deb ataladi) ishlashi uchun maxsus qurilma – simpleks retranslyatorining kontrolleri talab etiladi. Bu qurilma raqamli magnitofon deb ataladi va u efir mobaynida qabul qilingan axborotlarni to'xtovsiz (yoki xotira hajmi tugaguncha) yozib boradi. Signal yo'qolgandan so'ng kontroller radiostansiyani uzatish rejimiga o'zgartiradi va yozib olingan axborot efirga aks ettiriladi. Demak, bitta chastota va bitta (dupleksli bo'lmagan) radiostansiya yetarli bo'ladi.

Bu usul sodda va nisbatan arzon bo'lganligi bilan unda quyidagi jiddiy kamchiliklar mavjud: abonent axborotni gapirishiga va uning efirga aks etirilishini kutishiga ko'p vaqtini yo'qotishga majbur. Shunday qilib radiomuloqatda simpleks retranslyatorni ishlatganda dupleksli uzatishga nisbatan ikki baravar vaqt ko'p sarflanadi. Agar pul mablag' miqdori va chastotalar soni hal qiluvchi omil bo'lsa va tezkorlikni

yo'qotishga ko'nikish mumkin bo'lsa, simpleks retranslyatoridan foydalanish masalani yechishda yuqori samarali bo'lishi mumkin (ularni «simplekser», «exorepiter», «kukushka» yoki «popugay» deb atashadi).

Shunday qilib, dupleks uzluksiz retranslyatsiyada, simpleks esa bevosita aloqada (retranslyatorsiz) yoki simpleks retranslyatsiya holatida qo'llaniladi.

To'liq dupleksda (shuningdek, yarimdupleksda ham) ikkita chastota qo'llaniladi, lekin abonent radio-stansiyasi bir paytning o'zida birdaniga ham qabul qilish, ham uzatish rejimida bo'lishi mumkin, ya'ni telefon kabi. Shubhasiz, bu insonga xos bo'lgan odatda bo'lgani uchun muloqotning qulayligini oshiradi.

Ammo dupleksning ishlatilishida abonent stansiyasi ikkita mustaqil traktlar – qabul qilgich va uzatkichlarga ega bo'lishi kerakligi tufayli qurilmaning murakkablashishiga va natijada uning narxi qimmatlashishiga olib keladi (odatda simpleks stansiyalarida elektr sxemasining asosiy qismi umumlashtiriladi). Bundan tashqari, ko'pgina tizimlarda radioabonentlar orasida dupleks aloqa imkoni bo'lmaydi, buni faqat telefon tarmog'i bilan ulangan holda amalga oshirish mumkin. Hatto bunda murakkab aloqa tizimlarida (masalan, MRT 1327 trunking tizimlarda) dupleks aloqa amalga oshirilganida ikkita dupleks kanal ajratiladi (4 radio chastota!). Bu esa tizimga yuklamani orttiradi va kanallarni ko'paytirishni talab qiladi, va bu o'z navbatida tizimning murakkablashishiga va qimmatlashishiga olib keladi. Dupleks uzatishning turli chastotalar diapazonidagi variantlari ham mavjud, masalan: qabul 138 – 174 MGts, uzatish 400–470 MGts larda.

Lekin bunday yondoshish ham bir qator murakkabliklar bilan bog'liq: turli diapazonlarda chastotalar ajratish, tizimning murakkablashishi, va sozlash bo'yicha talablarning ortishi. MRT 1327 va LTR protokollari asosidagi analogli trunk tizimlari dupleksni bitta chas-

totaviy dipazonda qo'llash imkonini beradi, ammo dupleksli uzatish radiostansiyalar bu tizimlarda kam quvvatga ega, bu esa sotali mobil aloqa tarmog'i kabi ko'p zonali konfiguratsiyani nazarda tutadi. Raqamli aloqa tizimlarida (TETRA, Tetrapol, APCO-25, GSM) dupleksni amalga oshirish birmuncha oson. Biroq bunda dupleks uzatish tushunchasi analog aloqada qabul qilingan tushunchadan farq qiladi. Raqamli turdagi dupleks uzatish – bu bir vaqtdagi qabul qilish va uzatish emas, balki, vaqt bo'yicha ajratilgan qabul qilish va uzatishdir. Ya'ni har bir vaqt lahzasida (momentida) radiostansiya yo qabul yoki uzatish rejimida bo'ladi. Qayta ulanishlar shunchalik tez amalga oshiriladiki, abonent buni shunchaki eshitmaydi (masalan, TETRAda sekundiga 18 marta). Demak, radiostansiya konstruksiyasiga hajmi nisbatan katta bo'lgan dupleks uzatish filtrini o'rnatish shart emas. Dupleks radioaloqa harakatdagi aloqa tizimlari orasida keng tarqalmaganligining sababi, operativ sharoitlarda ob-havo to'g'risida yoki salomatlikni surishtirish kabi mufassal suhbat qurishga ehtiyoj va o'rin yo'q. Xizmat aloqasi ishlab chiqarish, boshqarish va xavfsizlik masalalarini yechishga qaratilgan. Bu sohalarida esa odatda ko'rsatma, buyruq va topshiriqlar beriladi va bajarilgan ishlar bo'yicha hisobotlar qabul qilinadi.

Radio aloqa liniyasi bir nechta yoki ko'pgina kesmalardan tashkil topishi mumkin va uning ko'lamida radiosignallarning uzatilishi qabullovchi-uzatuvchi uskunalar komplektlari orqali ta'minlanadi. Signallar bir punktdan chiqib ikkinchi punktda qabul qilinadi, ku-

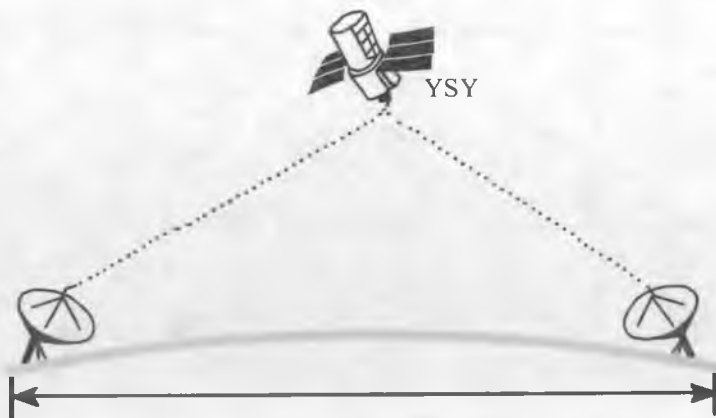


1.4-rasm. Radioreleli aloqa liniyasining qurilishi



chaytiriladi va uchinchi punktga uzatiladi, u yerda yana kuchaytirilib, to'rtinchi punktga uzatiladi va h.k. Radiolinyaning bunday tuzilishi radioreleli aloqa liniyasi (RRL) deb ataladi (1.4-rasm)

Aloqa yo'ldoshlari ham shunday tarzda ishlaydi (1.5-rasm). Yer usti stansiyalarining biridan signal Yerning sun'iy yo'ldoshida (YSY) qabul qilinadi, kuchaytiriladi va yo'ldosh uzatkichi orqali birinchidan ancha uzoq masofada joylashgan Yer ustidagidagi boshqa stansiyaga uzatiladi.



1.5-rasm. Yo'ldoshli aloqa liniyasi

RRL liniyalari yo'ldoshli aloqa linyalari kabi oxirgi punktlarda har doim zichlashtirish apparaturalariga ega bo'ladi va axborotning katta oqimini uzatish imkonini beradi.

## 1.2. Radiochastotalar klassifikatsiyasi

Radioaloqaning barcha tizimlari odatda uzatiluvchi alohida yoki guruhviy signallar bilan modulyatsiyalangan YCh garmonik (sinusoidal) tebranishlar ko'rinishidagi radio signallardan foydalanadilar. Radioaloqaning har bir liniyasiga muayyan polosa ajratiladi. Ajratilgan polosaning o'rta chastotasi uzatuvchi radiostansiyaning nominal chastotasi deb ataladi. Ra-

radioaloqaning xalqaro reglamentiga ko'ra radiochastotalar 9 ta diapazonga bo'linadi, bu diapazonlarda radio to'liqlar tarqalish sharoitlari deyarli bir xil va ular 4 dan 12 gacha tartib raqami bilan belgilanadi. N – tartib raqamli diapazon pastdan  $0,3 \cdot 10^N$  Gts chastota va yuqoridan  $3 \cdot 10^N$  Gts chastota bilan chegaralangan. Diapazonlarga quyidagi nomlar berilgan:

Diapazonning tartib raqami	Chastotalar diapazoni	Chastotalar diapazoni nomi
4	$f_4 = 0,3 \cdot 10^4 \div 3 \cdot 10^4 = 3 \div 30$ kGts	o'ta uzun to'liqlar
5	$f_5 = 0,3 \cdot 10^5 \div 3 \cdot 10^5 = 30 \div 300$ kGts	uzun to'liqlar
6	$f_6 = 0,3 \cdot 10^6 \div 3 \cdot 10^6 = 300 \div 3000$ kGts	o'rtacha to'liqlar
7	$f_7 = 0,3 \cdot 10^7 \div 3 \cdot 10^7 = 3 \div 30$ MGts	qisqa to'liqlar
8	$f_8 = 0,3 \cdot 10^8 \div 3 \cdot 10^8 = 30 \div 3000$ MGts	metrli to'liqlar
9	$f_9 = 0,3 \cdot 10^9 \div 3 \cdot 10^9 = 300 \div 3000$ MGts	detsimetrli to'liqlar
10	$f_{10} = 0,3 \cdot 10^{10} \div 3 \cdot 10^{10} = 3 \div 30$ GGts	santimetrli to'liqlar
11	$f_{11} = 0,3 \cdot 10^{11} \div 3 \cdot 10^{11} = 30 \div 300$ GGts	millimetrli to'liqlar
12	$f_{12} = 0,3 \cdot 10^{12} \div 3 \cdot 10^{12} = 300 \div 3000$ GGts	detsimillimetrli to'liqlar

Diapazonlar tasnifidan ko'rinadiki, ularning nomi ortishi bilan chastotalar diapazonining kengligi kattalashib boradi. Masalan, 4-sonli diapazon  $\Delta f_4 = 27$  kGts polosani egallaydi, 12-sonli esa  $\Delta f_{12} = 2700$  kGts. Diapazon ko'lamiga chegarasida radioto'liqlar tarqalish sharoiti deyarli bir xil. Xabarni uzatish joyidan qabul qilish joyiga yetkazish uchun qo'llaniladigan eltuvchi chastota deb ataluvchi yoki ishchi chastota quyidagi talablarni hisobga olgan holda tanlanadi:

1) Rejalashtirilayotgan liniyaning zarur punktlarida radioqabulga xalaqit beruvchi va shu chastotada ishlovchi radiostansiyalarning mavjud bo'lmashligi;

2) Bu chastotada radioaloqa va eshittirish tizimlarining mavjud bo'lmashligi (chunki yangi uzatkichning o'rnatilishi ularning ishiga xalaqit berishi mumkin);

3) Tanlanadigan chastota radioaloqaning ushbu turi uchun radiochastotalarni taqsimlash mavjud rejasi bo'yicha belgilangan diapazonda yotishi kerak;

4) Uzati ladigan radiosignallar spektrining kengligiga mos, yetarli keng chastotalar polosasini egallash imkoniyati bo'lishi kerak.

Keltirilgan talablarni tahlil qilib, shuni ko'rsatish mumkin, barcha 9 ta diapazonlarda ko'p kanalli radioliniyani qurish maqsadga muvofiq emas. Masalan: 4-sonli diapazonda AM ni qo'llash bilan faqat uch kanalli TLF radioliniyani tashkil qilish mumkin ( $\Delta F_{\text{if}} = 0,3 \div 3,4$  kGts,  $\Delta f_p = 8$  kGts,  $\Delta f_4 = 27$  kGts). Bu diapazonda hatto bitta yuqori sifatli eshittirish kanalini ( $\Delta F_{\text{eshit}} = 15$  kGts) va TV ( $\Delta F_{\text{TV}} = 6$  MGts) tashkil qilib bo'lmaydi. Shuning uchun ushbu maqsadlarda yuqoriroq sonli diapazon to'liqlaridan foydalaniladi. Teleko'rsatuvlar uchun 8-sonli, radioeshittirishlar uchun 5-sonli va undan yuqori va h.k., ko'p kanalli radiostansiyalarni tashkil etish uchun esa, odatda UQT diapazondan (8-sonli diapazon va undan yuqori) foydalaniladi. Modomiki, odatda RRL ko'p kanalli radioliniya bo'lganligi sababli, shuningdek YSY orqali aloqa tizimlarida ham tashuvchi chastotalar UQT diapazonidan tanlanadi.

### 1.3. RRLning qurilish prinsiplari

RRL aloqasi — signallarni ko'p marotaba retranslyatsiya qiluvchi radioaloqaning UQT to'liqlardagi o'zgacha bir turidir. UQT radioto'liqlarga uzunliklari 10 m dan qisqa bo'lgan to'liqlar kiradi, ular 30 MGts dan yuqori chastotalarga mos keladi. UQT diapazoniga mos keluvchi chastotalar polosasi juda keng bo'lib, bu diapazonga uzunroq to'liqlardagi diapazonlarga nisbatan bir-biriga xalaqit bermasdan ishlaydigan radiostansiyalarni ko'p miqdorda joylashtirish mumkin. UQT diapazonida qabul qilish uzatish qurilmasining chastotalar polosasi juda keng qilinishi mumkin. Ma'lumki,

yakka tebranishlar konturini o'tkazish chastotalar polosi kengligining uning rezonansli chastotaga nisbatan munosabati  $\Delta f/f_0=1/Q$  bo'ladi, bunda  $Q$ -kontur aslligi. Odatda, radioqurilmalarda qo'llaniladigan konturlarda bu munosabat bir necha foizdan oshmaydi (1–3%) natijada, agar 1000 m uzunlikdagi to'liqinda kontur polosasi kengligi  $3 \div 9$  kGts bo'lsa, uzunligi 10 sm bo'lgan to'liqinda esa u  $30 \div 90$  MGts ni tashkil etadi.

Shunday qilib, UQTda juda keng chastotalar polosi egallovchi signallarni uzatish mumkin, masalan TV yoki ko'p sonli TLF.

UQT diapazonning muhim xususiyati bu to'liqlarda amalda tashqi xalaqitlarining (atmosfera va ishlab chiqarish) mavjud emasligidir. UQT diapazonidan mavjud yagona xalaqitlarining turi radioqabullagich elementlarning xususiy shovqinlaridir.

UQT da katta yo'naltirilganlikka ega bo'lgan antenalar nisbatan katta bo'lmagan o'lchamli bo'ladi, chunki antenna maydoni doimiy bo'lganda f.i.k. to'liqin uzunligining kvadratiga teskari proporsionaldir,  $Q_a \gg 40$  dB ( $\gg 10000$  raz) quvvat bo'yicha.

Bunday antenna bilan quvvati 1 Vt bo'lgan uzatkich qabul nuqtasida yo'naltirilmagan antennada ishlayotgan quvvati 10 kVt ga teng bo'lgan uzatkich yaratadigan kuchlanganlik maydonini yuzaga keltiradi.

Shunday qilib, aloqani tashkil etish uchun UQTdan foydalanish quydagilar bilan ta'minlaydi:

– juda keng chastotalar polosi egallovchi signallarni uzatish imkoniyati (TV, ko'p kanalli TLF), tashqi xalaqitlarning yo'qligi;

– yo'naltirilgan antennalarni qo'llash evaziga, kam quvvatli uzatkichlar bilan barqaror aloqani amalga oshirish imkoniyati.

UQTdagi radioaloqaning kamchiligi masofaning chegaralanganligidir.

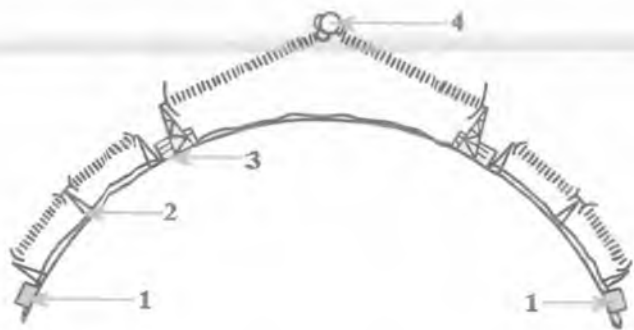
UQT radioto'liqlar, ayniqsa, detsimetrli va santimetrli radioto'liqlar ionosferalardan qaytmaydi (aks



radioto'liqlari asoson yuza to'liqini hisobiga to'g'ri chiziq bo'yicha tarqaladi (radioto'liqlar difraksiyasi bu diapazonda juda sust ifodalanadi). Shuning uchun uning yordamida aloqa faqat bevosita ko'rinish masofasini tashkil etilishi mumkin. RRS lar orasida bevosita ko'rinish masofasini maksimal oshirish uchun ularning antennalari, imkoniyati bo'lsa – tepalik joylardagi balandligi 70–100 m bo'lgan machtalar yoki minoralarga o'rnatiladi.

Radioaloqaning maksimal uzoqligi (yuqori chastotalar uchun kritik, zarurat, Frenel birinchi zonasi sirtga tegishi mumkin emas), foydalanilgan RRSning chastotaviy diapazoniga, stvol sig'imiga (oqim tezligi), antenna diametriga bog'liqligi sababli, (1.1) formula bo'yicha hisoblanganda juda oz farqlanishi mumkin.

Tekislik joyda RRSlar orasidagi masofa odatda 40–70 km tashkil etadi, past-baland joylarda RRSni balandliklarga yoki tepalik cho'qqilariga o'rnatish hisobiga masofa uzaytirilishi mumkin. Agar RRSlar orasidagi masofa bevosita ko'rinish chegarasidan ortiq bo'lsa, u holda oraliq (retranslyatsion) RRSlar o'rnatiladi. Yo'ldoshli aloqa stansiyalarini qo'llash (zanjir ayrim zvenolarida) bu masofani ancha uzaytirish imkonini beradi (1.7-rasm).



1.7-rasm. Yer sun'iy yo'ldoshli (YSY) radioreleli aloqa liniyasi sxemasi bunda: 1–liniyaning oxirgi punktlari; 2–oraliq punkt; 3–YSY li radioaloqaning yerusti stansiyasi; 4 – aktiv retranslyatorli YSY

DTST va ST diapazonlar, bu diapazonlar chastotalar polosasining kengligi unda bir vaqtda signal-lar spektri kengligi bir necha o'nlab MGts li keng polosali ko'pgina radiouzatkichlar ishlashiga imkoniyat berishiga qarab tanlanadi. Bu diapazonlarda radioqabulga atmosferali va industrial xalaqitlar ta'sirlari kam bo'ladi va shuning uchun o'tkir yo'naltirilgan (tarqatish burchagi kichik) kichik hajmli antennalar qo'llash mumkin bo'ladi. Ikkita RRS orasidagi aloqaning maksimal samaradorligiga, agar antennalar o'lchamlari to'liq uzunligining choragi bilan bir o'lchamli bo'lgan holdagina erishish mumkin. Masalan, agar to'liq uzunligi 100 sm bo'lsa, antenna diametri 25 sm bo'lishi kerak.

Analog aloqa raqamli texnologiyalarga o'z o'mini bo'shatmoqda. Analog tizimlar, raqamli tizimlardan farqli ravishda sifatli aloqa kanallarini qurish imkonini bermaydi va minimal servislar to'plamini ta'minlaydi. Raqamli aloqa – bu birinchi navbatda, sifatli va boy to'plamdagi servis funksiyali ishonchli aloqa, unda transport sifatida optik, mis simli, radiorele aloqa liniyalari yoki keng polosali simsiz kirish ishlatiladi.

Sifatli raqamli aloqa faqat optik kanallarda mumkin degan fikrlar paydo bo'lgan. Bu fikrga qarshi, zamonaviy radiorele liniyalari yilning istalgan vaqtida kanalda ruxsat berilgan xatoliklar chegaraviy soni bo'yicha, optik aloqa liniyalaridan kam bo'lmagan sifatli va ishonchli aloqani ta'minlaydi. Radiorele aloqa liniyalari 0.15 – 80 GGts chastotalar diapazonida ishlashga, bitta oraliq uzunligini 70 km gacha ta'minlashga qodirdir.

Radiorele aloqa liniyalarining keng tarqalishiga infrastrukturasi sust rivojlangan yoki mavjud bo'lmagan regionlarda, murakkab geografik va klimatik sharoitlarda ko'p kanalli aloqani operativ tashkil etish imkoniyati sabab bo'ldi.

Botqoqlik joylar, doimiy muzlaydigan hududlar,

qo'riqlanmaydigan territoriyalar yoki begona tasarrufidagi hududlar orqali raqamli aloqa kanalini tashkil etish zaruriyati bo'lganda radiorele aloqa liniyalariga muqobilni topish og'ir ishdir. Oxirgi holatlarda ustunlar o'rnatishga, transheyalar qazishga va h.k. ko'p sonli kelishuvlarga hojat qolmaydi. Chastotaga ruxsatnomani rasmiylashtirish davomli va xarajatli protsedurasi noxush momentdir. Chastota olishga kapital jamg'arma sifatida qarash lozim – katta bir vaqtli xarajatlar va chastota resursidan foydalanganlik uchun har yili juda kichik foydalar.

Bevosita ko'rinish zaruriyati joy relyefiga juda katta bog'liqlikni qat'iy belgilaydi, bu ayrim hollarda radiorele aloqa liniyalarini tashkil etishni imkoniyatsiz qiladi yoki xarajatlarni jiddiy ravishda orttiradi, chunki baland machtalar va minoralar o'rnatish yoki qo'shimcha oraliqlar tashkil etish talab qilinadi.

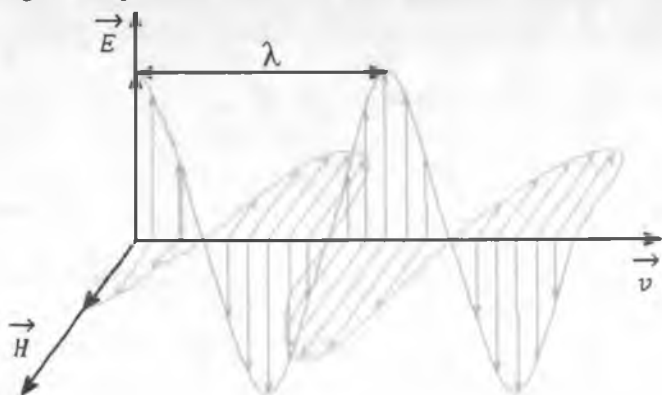


## 2-BOB

### UQT TARQALISH XUSUSIYATLARI VA RRL ANTENNALARI

#### 2.1. Radioto'qlinlarning umumiy xususiyatlari

Radioto'qlinlar tarqalish jarayonida ba'zi bir sabablarga ko'ra kuchsizlanishga duchor bo'ladi. Uzatkichdan uzoqlashgan sari energiya katta-katta hajmda tarqaladi, demak, energiya oqimining zichligi kamayadi. Radioto'qlinlar tarqalish muhiti ham ularning kuchsizlanishini keltirib chiqaradi. Bu to'qlin energiyasini issiqliq yo'qolishi natijasida yutilishi va yer sharining qabariqligi yoki tepaliklar ko'rinishidagi to'siqlarni aylanib o'tishida maydon kuchlanganligining kamayishi bilan bog'liq elektr magnit to'qlin elektr va magnit maydonlardan iborat (2.1-rasm).



2.1-rasm. Elektr magnit to'qlinining tuzilishi

Fazoning har bir nuqtasida to'qlin elektr maydoni E kuchlanganligining vektori magnit maydoni N kuch-

langanligining vektoriga perpendikulyar va ikkala vektor to'liqin tarqalishi yo'nalishiga perpendikulyardir.

Radioto'liqlarning tarqalishi ma'lum umumiy qonunlarga bo'ysinadi:

1. Bir jinsli muhitda to'g'ri chiziqli tarqalish, ya'ni muhit, barcha nuqtalarda uning xususiyatlari bir xil.

2. Bitta muhitdan boshqasiga o'tganda qaytish va sinish. Tushish burchagi qaytish burchagiga teng.

3. Difraksiya. O'z yo'lida tiniq bo'lmagan jism uchraganda, radioto'liqlar uni aylanib o'tadi. Difraksiya to'siq geometrik o'lchamlari va to'liqin uzunligi munosabatlariga bog'liq holda turlicha aks etadi.

4. Refraksiya. Bir jinsli bo'lmagan muhitlarda, xususiyatlari nuqtadan nuqtagacha bir tekis o'zgaruvchi muhitda radioto'liqlar egrilgan chiziqli trayektoriyalar bo'yicha tarqaladi. Muhitning xususiyatlari qanchalik tez o'zgarsa, trayektoriyaning egriligi ham shuncha ko'p bo'ladi.

5. To'liq ichki qaytish. Agar optik o'ta zich muhitdan zichligi kamga o'tilganda tushish burchagi qandaydir kritik qiymatdan ortiq bo'ladi, u holda nur ikkinchi muhitga o'tmaydi va muhitlarni ajratuvchi chegaradan to'liq qaytadi. Tushish kritik burchagini to'liq ichki qaytish burchagi deb aytishadi.

6. Interferensiya. Bu hodisa fazoda bir nechta to'liqlarni qo'shilishida kuzatiladi. Fazoning turli nuqtalarida qo'shilayotgan to'liqlar fazalari munosabatiga bog'liq holda natijaviy to'liqinning amplitudasi ortadi yoki kamayadi.

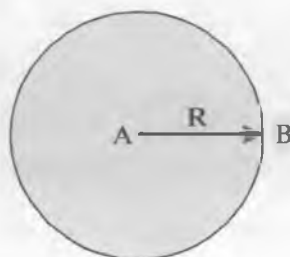
Difraksiya natijasida, yer shari qavariqligini qisman aylanib o'tadigan, Yer ustida tarqaluvchi radioto'liqlar, yuza to'liqlar deb ataladi. Yuza to'liqlarning tarqalishi erusti xususiyatlariga juda ham qattiq bog'liqdir. Katta balandlikda atmosferada tarqalayotgan va atmosferaning bir jinsli bo'lmaganligidan akslanishi natijasida yerga qaytgan radioto'liqlar, fazoviy to'liqlar deb ataladi.

### 2.1.1. Ochiq fazoda radioto'lqinlarning tarqalishi

Ochiq fazo deyilganda shunday cheksiz bir jinsli fazo tushuniladi, unda molekularlar, atomlar, bo'sh zaryadlar mavjud bo'lmaydi. Ochiq fazo tushunchasining kiritilishi radioto'lqinlar tarqalishi istalgan mexanizmiga taalluqli, maydonning umumiy xususiyatlarini aniqlash imkonini beradi.

Agar ochiq fazoning nisbiy dielektrik o'tkazuvchanligi  $\epsilon_0=1$  va nisbiy magnit o'tkazuvchanligi  $\mu_0=1$  bo'lgan A nuqtasida, yo'naltirilmagan tarqatkich joylashtirilsa, u holda tarqatkichdan R masofada elektr maydonning kuchlanganligini  $E_0$  quyidagicha aniqlash mumkin:

A nuqta atrofida R radiusli sfera o'tkazamiz (2.2-rasm):



2.2-rasm. Radioto'lqinlarning ochiq fazoda tarqalishi

U holda sfera sirti birligiga to'g'ri keladigan quvvatni  $|P|$ , ya'ni davr ichida Poyting vektori moduli qiymatining o'rtachasini quyidagicha aniqlash mumkin

$$|P| = P / 4\pi R^2,$$

bunda R – tarqatuvchiga berilgan quvvat.

Poyting vektori elektr maydoni kuchlanganligi  $E_0$  va magnit maydoni kuchlanganligining  $H_0$  vektor ko'paytmasidir

$$P = [E_0; H_0] \text{ yoki } E_0 \perp H_0, \text{ u holda } |P| = |E_0| \cdot |H_0|.$$

Poyting vektori yoʻnalishi mazkur nuqtada energiyani tarqalish yoʻnalishiga mos keladi.

Tarqatkichdan yetarlicha uzoq masofada, u tarqatayotgan sferik toʻlqinni, qabul qiluvchi antenna joylashgan, katta boʻlmagan maydon doirasida, taxminan tekis deb hisoblash mumkin, uning uchun quyidagi munosabat mavjud:

$$\frac{|\vec{E}_0|}{|\vec{H}_0|} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi,$$

u ochiq fazoning toʻlqin qarshiligi deb ataladi.

Demak,  $|\vec{H}| = |\vec{E}_0| / 120\pi$  deb yozish mumkin yoki  $|\vec{P}|$  qiymatini hisobga olib, quyidagini olamiz:

$$\frac{P}{4\pi R^2} = \frac{|\vec{E}_0|^2}{120\pi} \quad |\vec{E}_0| = \sqrt{\frac{P \cdot 120\pi}{4\pi R^2}} = \sqrt{\frac{30P}{R^2}}$$

yaʼni tarqatkichdan  $R$  masofada elektr maydoni kuchlanganligi.

$\vec{E}_0$  vektor fazasi toʻlqin  $R$  masofani oʻtganda  $\varphi = (2\pi/\lambda) \cdot R$  qiymatga ega boʻladi, bunda  $\lambda$  – toʻlqin uzunligi.

Radiotoʻlqinlar chastota va ular tashiydigan energiyadan tashqari, fazoda elektromagnit toʻlqinning elektr tashkil etuvchisi vektorining yoʻnaltirilganligini tavsiflovchi, qutblanish bilan xarakterlanadi.

Qutblanishlanishlar vertikal, gorizontal va aylanma qutblanishlarga ajratiladi. Gorizontal qutblanishda elektr toʻlqini gorizont liniyasiga parallel yoʻnaltiriladi, magnit toʻlqini esa gorizont liniyasiga perpendikulyar yoʻnaltiriladi. Agar elektr toʻlqini gorizont liniyasiga perpendikular yoʻnaltirilsa, magnit toʻlqini esa gorizont liniyasiga parallel yoʻnaltirilsa, u holda elektr magnit toʻlqin chiziqli vertikal qutblanishga ega deyiladi. Agar elektr toʻlqini (mos holda magnit toʻlqini ham) gorizont liniyasiga nisbatan qiyalikka ega boʻlsa – burchak nolga

yoki  $90^{\circ}$  ga teng bo'lmasa, u holda elektr magnit to'liqin chiziqli qiyali qutblanishga ega deyiladi.

Shuningdek, uzatish (qabul qilish) masofasini oshirish va radio qabul qiluvchi apparaturaning xalaqitdan himoyasini yaxshilash uchun qo'llanadigan, qutblanishning boshqa turi – aylanma qutblanish mavjuddir. Aylanma qutblanish – elektr magnit to'liqin qutblanishining turi bo'lib, unda elektr magnit to'liqinning bitta davrida radioto'liqin to'liq  $360^{\circ}$  ga aylanadi. Aylanma qutblanishning turlaridan biri – elliptik qutblanishdir – aylanma qutblanish tekisliklarining biri "yassi"langan bo'ladi.

Ko'rsatilgan qutblanishlarning barcha turlari qurilma va radioantennaning yo'naltirilganligi bo'yicha aniqlanadi.

Qutblanishlarning amaliy ahamiyati shundaki, agar radiouzatkich va radioqabulqilgich bir xil chastotaga sozlangan bo'lsa, lekin turli qutblanishlarga ega bo'lsa, masalan, uzatkichda vertikal, qabul qilgichda gorizontaal qutblanish bo'lsa, radioaloqa yomon bo'lishi, hatto umuman bo'lmasligi mumkin.

### 2.1.2. UQT tarqalish xususiyatlari

UQT to'liqlar uzunligi kam bo'lganligi sababli yer sferik sirti, yerning tekis bo'lmagan katta joylarida yoki boshqa to'siqlar atrofida yomon difraksiyalanadi. Shuning uchun UQT diapazonda antennalarni yer ustidan mumkin qadar yetarlicha balandlikka joylashtirishga harakat qilishadi, bunda, birinchidan, bevosita ko'rinish masofasi ortadi, ikkinchidan, antenna yaqinida bo'lgan mahalliy predmetlarning ekranlovchi ta'siri kamayadi. Shunday qilib, UQT diapazonida, qoida sifatida, antennani joylashtirish balandligi to'liqin uzunligidan ancha katta bo'lish sharti bajariladi va maydoni kuchlanganligi hisoblash interferensiyon formulalar bo'yicha olib borilishi mumkin.

UQT diapazonida Yer sirti ideal dielektrik sifatida qaralishi mumkin. Shuning uchun tuproqning o'tkazuvchanlik xususiyatlari o'zgarishi UQTni tarqalishiga amalda ta'sir qilmaydi.

Shu bilan birga, Yer ustining oz bo'lsa ham notekisligi UQTni Yerustidan qaytish shartini sezilarli o'zgartiradi.

Uncha katta bo'lmagan masofalarda, masofa bevosita ko'rinish chegarasidan ko'p marta kam bo'lganda  $l < 0,2 \cdot l_0$ , UQT diapazonida Yer sirti sferikligi ta'sirini va troposferada radioto'lqinlar refratsiyasi ta'sirini hisobga olmaslik mumkin. Bu holda UQTni tarqalish xarakterli xususiyati katta barqarorlik va vaqt bo'yicha signal sathining o'zgarishidir.

$0,2 \cdot l_0 < l < 0,8 \cdot l_0$  dan tashqarida yotuvchi, sezilarli katta masofalar holatida, Yer sirti sferikligi ta'sirini hisobga olish zarur. Shu bilan birga yer ekvivalent radiusi tushunchasidan foydalanish orqali refraksiyani ta'sirini ham hisobga olish kerak.

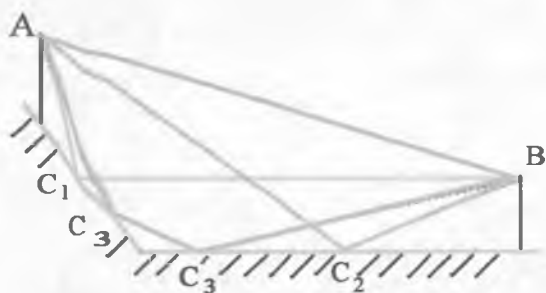
Bunday masofalarda UQTni tarqalishiga meteorologik sharoitlar ham ta'sir ko'rsatadi. Troposferaning sindirish koeffitsienti o'zgarishi bilan to'lqin trayektoriyasining egriligi o'zgaradi, bunda bevosita va yer sirtidan qaytgan nurlar uchun bu o'zgarishlar turlicha bo'lishi mumkin. Natijada to'g'ri (bevosita) va qaytgan nurlar orasidagi fazalar farqi o'zgaradi, buning natijasida radioto'lqinlar maydonining sathi o'zgaradi, signal qotishi deb ataladigan hodisa yuz beradi. Qotishning xalaqitlari masofa ortishi bilan kuchayadi.

Odatda aloqa liniyalari bo'yicha baland-past ko'rinishdagi notekisliklar bo'ladi, ularning mavjudligi radioto'lqinlar tarqalishiga ta'sir qiladi. Umumiy holda bu ta'sirlarni hisobga olishning imkoniyati yo'q. Har bir konkret holda elektr maydoni kuchlanganligini E hisoblash uchun trassa profilini tuzish lozim va bu profil xarakteriga bog'liq holda u yoki bu usulda hisoblar bajariladi.

Trassa profillariga bir nechta misollar ko'ramiz:

A) Katta bo'lmagan qiya tepaliklar ustidan o'tuvchi trassa.

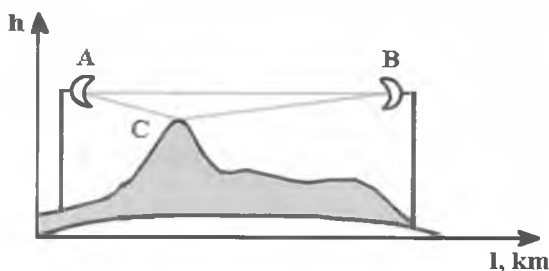
2.3-rasm — uzatuvchi antenna yotiq tepalikdagi uyumda joylashgan trassa profili tasvirlangan.



2.3-rasm. Balandlikning qiya tomonida joylashgan antennali trassaning profili

Bu holda qabullovchi antennaga  $V$  to'g'ri (bevosita) nur  $AV$  va uchta qaytgan nurlar  $AS_1V$ ,  $AS_2V$  va  $AS_3S_3'V$  kelishi mumkin. Elektr maydoni kuchlanganligini  $E$  hisoblashda bu nurlar fazalarining farqini hisobga olish lozim, fazalari farqi yo'llar farqi va  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  i  $S_3'$  nuqtalarda qaytish shartlari turlichaligidan kelib chiqadi. Natijada interferension formulalarga o'xshash, lekin murakkabroq, maydoni kuchlanganligini hisoblash ifodasini olish mumkin. Agar ham uzatuvchi, ham qabullovchi antennalar qiyalik yonbag'rida joylashgan bo'lsa, u holda antennalar ko'tarilgan balandliklarining ma'lum bir munosabatlarida umumiy maydon 8 nurlarning interferensiyasida yaratiladi.

Bu holda, agar interval o'rtasida balandlik bo'lsa (2.4-rasm), shuningdek  $V$  nuqtaga  $S$  nuqtadan qaytgan faqat 1 nur kelsa, u holda bunday trassani hisoblash uchun antennalarning keltirilgan balandligi tushunchasidan foydalaniladi va masalani qaytish nuqtasida yer sirtiga urinma bo'lgan radioto'lqinlarni fiktiv sirt ustidan tarqalayotgan deb yechiladi.



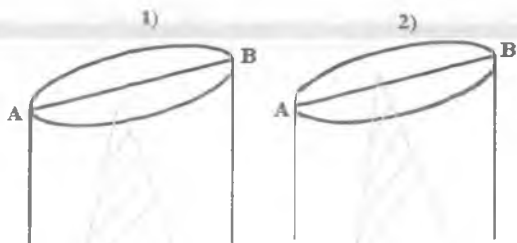
2.4- rasm. Tepalikli intervallar

Bir nechta qaytgan nurlar mavjudligida masala murakkablashadi.

To'liqin tarqalishi yo'lida shakli va o'lchamlari turlicha bo'lgan bir nechta to'siqlar uchraydigan bo'lsa, elektr maydoni kuchlanganligini  $E$  amalda hisoblab bo'lmaydi.

V) Baland tepalik yoki tog' tizmasidan o'tuvchi trassa

Baland tepalik yoki tog' tizmasidan o'tuvchi trassaning maydon kuchlanganligini taxminiy aniqlash uchun elektr magnit to'liqlarning pona ko'rinishidagi tiniq bo'lmagan ekrandagi difraksiya nazariyasidan foydalanish mumkin. 2.5-rasmda shunday trassalarning sxemalari tasvirlangan.



2.5-rasm. Baland tepalikli yoki tizma tog'li intervallar

Birinchi holda to'siq antennalar orasidagi bevosita ko'rinish liniyalarini berkitmaydi va trassa ochiq deb ataladi, ikkinchi holda to'siq bevosita ko'rinish lini-



yalaridan yuqoriga ko'tarilgan va trassa yopiq deb ataladi.

Tadqiqotlar, ponaga o'xshash to'siq nafaqat yopiq, balki ochiq trassada ham radioto'lqinlar tarqalishiga ta'sir qilishini ko'rsatdi. Bu quyidagicha tushushtiriladi, xaqiqatda radioto'lqinlar geometrik liniyani aks ettiruvchi nur sifatida tarqalmaydi: tarqalishda fazoning ma'lum qismi (Frenel zonasi) qatnashadi.

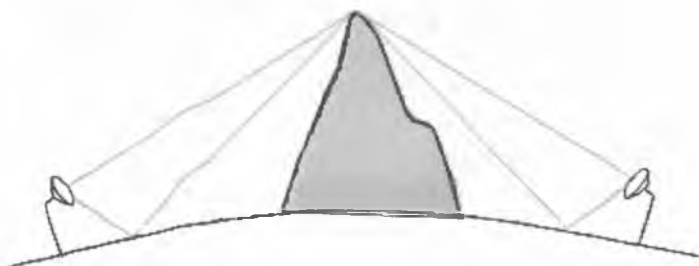
Agar to'siq bu kanalni qisman berkitsa ham, trassadagi elektr magnit maydon intensivligi o'zgaradi.

Bunday trassalarni hisoblash elektr magnit maydoni kuchlanganligini kuchsizlantirish (susayish ko'paytirgichi  $V$ ) ko'paytirish orqali amalga oshirildi. Susayish ko'paytirgichi  $V$  to'lqin uzunligi va tiqish  $d$  kattaligiga bog'liqdir, tiqish yopiq trassada musbat va ochiq trassada manfiy deb hisoblash qabul qilingan.

Bir nechta to'siqlar mavjudligida elektr maydoni kuchlanganligini hisoblash amalda mumkin emas va faqat eksperiment ma'lumotlaridan foydalanish lozim bo'ladi.

S) Pona ko'rinishidagi to'siqda kuchaytirish.

Uzunligi taxminan  $100 \div 150$  km, balandligi  $1000 \div 2000$  m tog' tizmasi orqali o'tuvchi UQT trassada, to'siq kuchaytirishi deb ataladigan hodisa kuzatiladi. Bu hodisa quyidagicha tushuntiriladi, radio-to'lqin elektr magnit maydoni intensivligi to'siqdan ma'lum masofaga uzoqlashganda, uzatkichdan shu



2.6-ras m. Pona ko'rinishidagi to'siqli interval

masofada to'siqsiz trassadagiga (2.6-rasm) qaraganda ko'p bo'lishi ekan.

"To'siq kuchaytirishi" hodisasining fizikasi quyidagicha, tog' cho'qqilari tabiiy retranslyator bo'lib xizmat qiladi. Tog' cho'qqisini qo'zg'atuvchi maydon ikkita to'lqinlarning – bevosita AS va qaytgan ADS – yig'indisidir. To'lqinlar tog'ning o'tkir cho'qqisida, ponaga o'xshash to'siqda difraksiyalanadi va tog' ortidagi hududga tarqaladi.

Bu holda qabullovchi antenna joylashgan joyga V ikkita nur SEV va SV keladi. Shunday qilib, trassaning uzatkich – tog' va tog' – qabullagich uchastkalarida to'lqin tarqalishi bevosita ko'rinish chegarasida bo'ladi.

To'siq mavjud bo'lmaganda  $100 \div 150$  km masofa bevosita ko'rinish chegarasidan ancha ortiq bo'ladi va qabul joyida, yer sirti sferikligidan difraksiyalanish va refraksiyalanish sababli, juda sust maydon bo'ladi. Hisoblashlar va eksperimentlar bunday to'siq-retranslyator elektr maydoni kuchlanganligini  $60 \div 80$  dB kuchaytirishi mumkinligini ko'rsatadi.

D) Troposferali to'lqin o'tkazgich.

O'ta yuqori refraksiya hududi yer sirtidan ancha baland masofada joylashsa, UQT uzatkichdan ancha olis masofalarda qabul qilinishi mumkin. Bu holda UQT tarqalishi quyidagicha bo'ladi. Tarqalayotgan to'lqin atmosferada defraksiyalanadi va yana Yerga qaytadi, u yerda qaytish amalga oshadi. Shunday qilib, radio to'lqin ikkita ketma-ket keladigan hodisalar: atmosferada refraksiya va Yerga sirtidan qaytish hodisalar takrorlanishiga mos holda tarqaladi. Bu hodisa radio to'lqinlarni volnovodda tarqalishiga o'xshashdir, shuning uchun u to'lqinlarni "troposferali volnovod" sharoitlarida tarqalishi nomini olgan. Metall volnovoddan farqli ravishda troposferali to'lqin o'tkazgichning devorlari yarim ko'rinishlidir. Troposferadan to'lqin

energiyasining faqat bir qismigina qaytadi, boshqa qismi sindirilib oʻtadi va qabul uchun yoʻqoladi.

Troposferali volnovodlarning balandligi bir necha oʻnlab metrlarga yetadi va shuning uchun bunday volnovodlarda faqat santimetrli va detsimetrli toʻlqinlar tarqalishi mumkin.

Troposferali volnovodlardan amaliy maqsadlarda foydalanish mumkin emas, chunki qachon va qaysi joyda troposferali volnovod paydo boʻlishini avvaldan aytish amalda juda mushkul. Lekin bu hodisa toʻlqinlarning santimetrli diapazonida ishlovchi va katta masofalarga joylashgan stansiyalar oʻzaro xalaqitlar yaratishiga sabab boʻlishi mumkin.

## 2.2. Radio qabulga xalaqitlar

Radio qabul sharti signal maydoni kuchlanganligining absolut qiymati bilan emas, balki signal maydoni kuchlanganligini xalaqitlar maydoni kuchlanganligiga nisbati bilan aniqlanadi.

Aloqaning turli koʻrinishlarini amalga oshirish uchun – radiotelefon, radiotelegraf, radio eshittirish va h.k. signal/xalaqitlarning maʼlum minimal nisbati talab qilinadi. Mazkur joyda va berilgan chastotalar diapazonida xalaqitlar sathini (darajasini) aniqlashni bilish katta amaliy ahamiyatga ega, chunki xalaqitlarning maʼlum sathi boʻyicha talab qilingan maydon kuchlanganligini aniqlash mumkin.

Faqat tashqi xalaqitlarni koʻramiz, chunki radio-apparaturaning ichki shovqinlari “Qabullovchi qurilmalar” kursida batafsil koʻriladi.

Ishlab chiqarish va atmosfera xalaqitlari. Ishlab chiqarish xalaqitlarining manba quyidagilardir; birinchidan, ishlashi uchqun chiqarish bilan bogʻliq elektr uskunalari, ikkinchidan, oʻta qisqa toʻlqinli stansiyalar ishchi diapazoniga tushadigan, asosiy chastotaning yuqori garmonikalarini tarqatuvchi radiostansiyalar.

Ishlab chiqarish xalaqtlari katta shaharlarda juda ham sezilarli, ularda  $2000 \div 10000$  m. to'liqlar diapazonida xalaqitlar maydoni kuchlanganligi  $1000$  mkV/m gacha bo'lishi mumkin. Qisqaroq to'liqlarda, odatda, ishlab chiqarish xalaqitlarining sathi kamayadi.

Har bir holda ishlab chiqarish xalaqitlarining sathi maxsus o'lgagichlar yordamida aniqlanadi.

Ishlab chiqarish xalaqitlarini, radioto'liqlar tarqalishiga xalaqit bermasligi, shuningdek ularni ta'minot simlaridan tarqalishining oldini olish uchun, ular paydo bo'ladigan joylarda, filtrlash yoki ekranlash usullarini qo'llab bostirishga harakat qilinadi.

Atmosfera xalaqitlarining asosiy manbalari chaqmoq-lardir. Chaqmoq razryadi vaqtida tokning quvvatli impulsi paydo bo'ladi, u aperiodik xarakterga yoki so'nuvchi tebranishlar xarakteriga ega va davomliligi  $t = 0,1 \div 3$  msek bo'ladi. Bunday impuls uzluksiz chastotalar spektrini yaratadi, bu holda spektrning sinusoidal tashkil etuvchilarining amplitudasi chasto-taga teskari proporsional so'nadi.

Amplitudaning eng katta qiymati  $f_m = 1/t_2$  chastotada, ya'ni  $300 \div 10000$  Gts da bo'ladi.

Chaqmoq razryadi vaqtida paydo bo'ladigan, turli uzunliklardagi radioto'liqlar, mos diapazon to'liqlariga o'xshash tarqaladi va qabullovchi qurilmalarga xalaqitlar ko'rinishida ta'sir qiladi.

Atmosfera xalaqitlarga o'rta to'liqlar va qisman qisqa to'liqlar sohasida yotuvchi diapazonlar eng ko'p ta'sirchan bo'ladi.

UQT diapazonida atmosfera xalaqitlarining ta'siri, shuningdek ishlab chiqarish xalaqitlarining ta'siri ham ko'p bo'lmaydi.

**Kosmik (koinot) xalaqitlar.** Yerdan tashqaridagi manbalar yaratadigan radio tarqalishlar, kosmik radio tarqalishlar, bu tarqalishlar yaratadigan xalaqitlar — kosmik xalaqitlar deb ataladi.

Radio tarqalishlarning asosiy manbasi galaktikadir,

u radio tarqalishlar fonini yaratadi, unda ko'plab diskret manbalarning tarqatmalari qo'shiladi. Radio tarqalishlarning quvvatli diskret manbalari Quyosh, Yupiter, Saturn, Venera, Oy, yulduzlardir.

Galaktikaning radio tarqalishlari barcha yo'nalishlarda kuzatiladi, lekin uning eng intensivligi ekvatorial tekislikda, galaktika markaziga yo'nalishda bo'ladi.

Galaktika xalaqitlarining eng yuqori intensivligi  $18 \div 30$  MGts diapazonda bo'ladi. Bu xalaqitlarning sathi juda ham o'zgarmasdir, lekin Yer aylanishi hisobiga yer sirtining mazkur nuqtasida xalaqitlar sathining sut-kalik o'zgarishi kuzatiladi.

Quyosh va planeta radio tarqalishlari galaktika tarqalishlariga qaraganda ikkilamchi ahamiyatga ega, chunki u antenra tarqalish manbasiga yo'naltirilgan holdagina sezilarli xalaqitlar yaratadi.

Quyosh tarqalishlari spektri murakkab va o'zgaruvchidir. Tarqalishlar intensivligi Quyoshda portlashlar va to'fonlar paytida keskin ortadi. Bu qisqa to'lqinli diapazonda juda ham kuchli bo'ladi.

**Yer sirti va atmosferasi yaratadigan xalaqitlar.** Yer ham radio tarqalishlar manbasidir. Yerning radio tarqalishlari Yerda joylashgan antennalar yo'naltirilganlik diagrammalarining yon yaproqchalari yoki kosmik kemalar antennalar tomonidan Yer bilan aloqa vaqtida qabul qilinishi mumkin. Yerning issiqlik radio tarqalishlaridan tashqari, xalaqitlar Yer atmosferasining tarqalishlaridan paydo bo'ladi. Fizikadan ma'lumki, agar gaz ayrim chastotalar tarqalishlarini selektiv qabul qilsa, u holda shu chastotada nur chiqaradi.

Santimetrli to'lqinlar diapazonida Quyosh nurlanishi kislorodlar va suv parlari tomonidan yutiladi va qayta tarqatiladi.

Atmosfera shovqini  $1000 \div 20000$  MGts diapazonda yaxshi kuzatiladi. Bu diapazonda u galaktik shovqindan u ustun bo'ladi va amalda tashqi xalaqitlarning yagona turidir.

**Radioqurilmalar o‘zaro xalaqitlari.** Radioqurilmalarni qo‘llanish sohasi kengayishi bilan, ko‘p hollarda ularning o‘zaro xalaqitlari cheklovchi omillar bo‘la boshlaydi. O‘zaro xalaqitlar kattaligi tanlangan chastotalar diapazoni va ma‘lum darajada atmosfera holati bilan aniqlanadi. Shuning uchun yangi radioqurilmalarni joylashtirishda, mumkin bo‘ladigan o‘zaro xalaqitlari ehtimolligini va darajasini aniqlashga yo‘naltilgan maxsus tadqiqotlar o‘tkazish zarur.

### 2.3. UQT diapazon antenallari

Radioto‘lqinlarni tarqatish va qabullash uchun mo‘ljallangan qurilma antenna deb ataladi.

O‘zgaruvchan tok oqayotgan har qanday o‘tkazuvchi jism elektr magnit to‘lqinlarni nurlantirish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Lekin bu nurlanish ancha sezilarli bo‘lishi va amaliy maqsadlarga xizmat qilishga qodir bo‘lishi uchun, jism o‘lchamlari nurlantirilayotgan tebranishlar to‘lqin uzunliklari bilan bir o‘lchamda bo‘lishi lozim.

Kvazistatsionar tizimlarda, bundaylarga, masalan, induktivlik g‘altaklari, kondensatorlar kiradi, ularning uzunliklari to‘lqin uzunliklariga nisbatan kam, tebranishlar ular bo‘yicha tarqalish vaqtini hisobga olmaslik mumkin (o‘ta qisqa to‘lqinlar holati bundan mustasno). Agar bunda energiyani issiqliq yo‘qotishlari hisobga olinmasa, u holda bunday tizimlarda tok va kuchlanish orasidagi fazalar farqi (siljishi)  $90^\circ$  tashkil etadi, va bu tizimlar aktiv quvvatni yutmaydi, demak, nurlantirmaydi ham. Agar u yoki bu tizim bo‘yicha tarqalishda tebranishlar ma‘lum vaqt oralig‘ida kechikishsa, u holda tizim qisqichlarida tok va kuchlanish orasidagi  $90^\circ$  ga qo‘shimcha fazalar siljishi (sos  $j$ ) paydo bo‘ladi. Sos  $j$  noldan katta bo‘la borishi bilan tizim tok manbasidan energiya iste‘mollaydi va uni nurlatishga sarflaydi.

Nurlatish tizimi sifatida. uzunligi to‘lqin uzunligi bilan bir o‘lchamda bo‘lgan o‘tkazuvchi jismdan foy-

dalanish eng qulaydir. Bu holda tok va kuchlanish orasidagi fazalar siljishi ortib boradi, bunda o'tkazgichning nurlatish qobiliyati ortadi.

Uzatuvchi antenna generator yaratadigan yuqori chastotali toklarining energiyasini elektr magnit to'lqinlar energiyasiga o'zgartiradi.

Qabullovchi antenna teskari vazifani bajaradi, qabullagich kirishida yuqori chastota kuchlanishini yaratadi.

Birgalik prinsipi asosida istalgan uzatuvchi antenna qabullovchi sifatida qo'llanganda, ular konstruktivlik jihatidan farqlansa ham, o'zining asosiy xarakteristikalarini saqlaydi. Birgalik prinsipi asosida uzatuvchi va qabullovchi antennalar qaytariluvchidir. Har qanday antenna ham qabullovchi, ham uzatuvchi bo'lishi mumkin. Radiochastotaviy energiyani qanchalik yaxshi tarqatgan antenna, uni shunchalik yaxshi qabul qiladi. Uzatuvchi antennalarning nazariyasi va hisoblash usullari sodda va yaxshi ishlab chiqilgan, shuning uchun istalgan qabullovchi antennani uzatuvchi sifatida hisoblash va birgalik prinsipi asosida olingan natijalarni qabul rejimiga o'tkazish mumkin.

Zamonaviy radioelektron apparatura millimetr ulushlaridan o'rn minglab metrlargacha to'lqin uzunliklari diapazonida ishlaydi. Antennalarning konstruktiv xususiyatlari, shuningdek ularning xarakteristikalari ko'p jihatdan antennalar ishlashi lozim bo'ladigan, to'lqinlar diapazoniga bog'liq.

**Vazifasi bo'yicha antennalar shartli ravishda quyidagi guruhlarga bo'linadi:**

*radioeshittirish stansiyalar antennalari;*

*radioaloqa stansiyalar antennalari (jumladan, RRL);*

*radiolokatsiya antennalari;*

*televizion antennalar;*

*radioastronomik antennalar.*

Bu guruhlarning har biri turli konstruktiv ijrodagi antennalardan tarkib topishi mumkin.

## **Ishlash prinsipi va konstruktiv ijrosi bo'yicha antennalar quyidagilarga ajraladi:**

*simli (vibratorli), ingichka (to'lqin uzunligiga nisbatan) sim yoki qalin trubada bajariladi;*

*optik turdagi antennalar (metalli oyna-reflektorlar va linzalar);*

*akustik turdagi antennalar (metall rупorlar);*

*sirtqi to'lqinlar antennalari ((dielektrik antennalar, metall sterjnlі yoki dielektrik qoplamali yoki davriy strukturali tekislikli antennalar);*

*tirqishli (difraksion) antennalar;*

*aylanadigan polyarizatsiyali (spiralli, kesishma ko'rinishli va boshqalar) elektr magnit to'lqinlarni tarqatuvchi antennalar.*

Ko'pchilik antennalarda asosiy nurlantiruvchi elementlar sifatida simmetrik vibratorlar qo'llanadi.

### **2.3.1. Antennalarning asosiy xarakteristikalari**

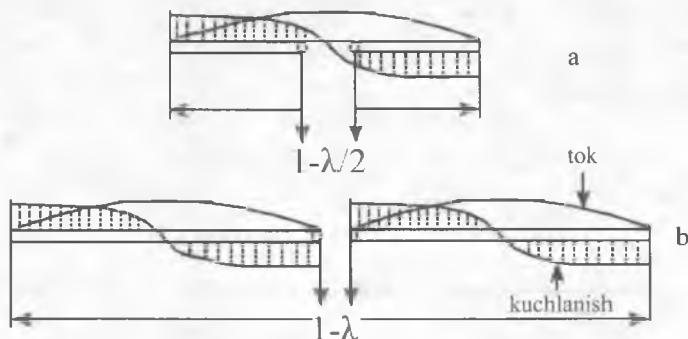
Izotropli nurlantirgich. Izotropli nurlantirgich deyilganda, elektr magnit energiyani bir tekisda hamma tomonga tarqatadigan qurilma tushuniladi. Lekin amaliyotda yo'naltirilmagan nurlantirgichlar mavjud emas. Har bir uzatuvchi antenna, hatto eng soddasi ham, energiyani bir tekis tarqatmaydi va albatta energiya maksimumini tarqatadigan yo'nalish mavjud bo'ladi.

Eng sodda yoki elementar nurlantirgich bu elektr magnitli elektrik vibratoridir, u to'lqin uzunligiga nisbatan juda kalta simdan iborat bo'lib, simning istalgan nuqtasida unda oqadigan elektr tokning amplituda va fazasi bir xil bo'ladi. Elementar vibratorning amaldagi modeli bu Gerts dipolidir. Gerts dipolining nurlanish maydoni strukturasi, dipolga perpendikulyar kesmada yotuvchi nuqtada, maksimumga ega bo'ladi. Dipol bo'ylab maydon = 0 bo'ladi.

**Simmetrik vibrator.** Uzunliklari bir xil ikkita o'tkazgichdan iborat bo'lib, ular orasida antennani uzatkich bilan bog'lovchi, ta'minot liniyasi – fider



ulanadi. Juda ko'p hollarda, yarim to'liqinli vibrator (2.7a-rasm) deb ataladigan, uzunligi  $\lambda$  ning yarmi 1 bo'lgan simmetrik vibrator qo'llanadi.



2.7-rasm. Simmetrik vibrator

Tok va kuchlanishning antenna simlari oxirida qaytishi sababli, simlar bo'ylab tok va kuchlanishning turg'un to'liqini o'rnatiladi.

Yarim to'liqinli vibrator bo'ylab tok va kuchlanishning yarim to'liqini, uzunligi to'liqinga teng vibrator bo'ylab – tok va kuchlanish to'liqini o'rnatiladi (2.7b-rasm). Lekin barcha holda oxirlarda tok uzeli va kuchlanish bog'lami o'rnatiladi.

**Antenna yo'naltirilganligining amplitudaviy xarakteristikasi.** Antennaning yo'naltirilganlik xususiyatlarini yo'naltirilganlik amplitudaviy xarakteristikasi bo'yicha aniqlash qabul qilingan, ya'ni o'zgarmas masofadagi kuzatish nuqtasida antenna tarqatadigan maydoni kuchlanganligi bog'lanishi  $E(q, j)$  orqali aniqlanadi. Yo'naltirilganlik amplitudaviy xarakteristikasining grafik tasvirlanishi yo'naltirilganlik diagrammasi deyiladi, u uzunligi har bir yo'nalishda  $F(q, j)$  funksiyaga proporsional, koordinata boshidan boshlanadigan radius-vektor sifatida tavsiflanadigan sirt sifatida tasvirlanadi.

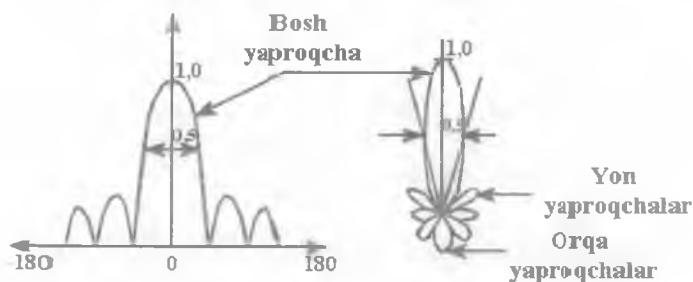
Yo'naltirilganlik diagrammasi (YD) ham polyar

(2.8a-rasm), ham to'g'ri burchakli (2.8b-rasm) koordinata sistemalarida quriladi.

Antenna maksimal nurlantiradigan yo'nalish bosh yo'nalish, unga mos yaproqcha – bosh yaproqcha deyiladi. Boshqa yaproqchalar yon yaproqchalardir. Antenna qabul qilmaydigan va nurlantirmaydigan yo'nalishlar, yo'naltirilganlik diagrammasining nollari deyiladi.

Bosh yaproqcha quvvat yarimlanganligining  $q_{0,5}$  kengligi bo'yicha va nollar  $q_0$  kengligi bo'yicha xarakterlanadi.  $q_{0,5}$  kengligi YD dan 0,707 sathda aniqlanadi, u 0,5 sathdagi quvvat va 0,707 sathdagi maydon kuchlanganligi quyidagi munosabat bilan bog'langanligidan kelib chiqadi

$$R_{0,5} / R_{\max} = E_{0,707}^2 / E_{\max}^2 = 0,5.$$



2.8-rasm. Antennaning yo'naltirilganlik diagrammasi

Yo'naltirilganlik harakati koeffitsienti (YXK) antenani qaysidir bir yo'nalishda nurlantirayotgan elektr magnit maydonini konsentratsiyalash qobiliyati xarakterlaydi. YXK mazkur yo'nalishda antenna nurlantirayotgan quvvat oqimining zichligini barcha yo'nalishlar bo'yicha quvvat oqimi zichligining o'rtachasiga nisbatini ko'rsatadi. Boshqacha qilib aytganda, antenani YXK ni aniqlashda ko'rilayotgan quvvatni tarqatayotgan deb taxmin qilingan, absolyut yo'naltirilmagan yoki izotrop antenna bilan taqqoslanadi.

Aperturali antenna uchun

$$K_{nd} = 4p K_{isp} S_a / l^2,$$

bunda:  $K_{isp}$  — nurlantirayotgan sirdan foydalanish ko'effitsienti (NSFK);

$S_a$  — antennaning ochilish maydoni.

Ko'pchilik RRL va yo'ldoshli uzatish tizimlari antennalarida vertikal tekislikdagi yarimlangan quvvat bo'yicha YD kengligi gorizont tekislikdagi diagramma kengligiga deyarli tengdir.

Real antenna FIK ni hisobga olish uchun antennani kuchaytirish ko'effitsienti (KK) tushunchasi kiritiladi, u quyidagi munosabatdan aniqlanadi

$$G = h_a K_{nd},$$

bunda:  $h_a = R_s / R_0$  — antenna FIK;

$R_s$  — antenna nurlantirayotgan quvvat;

$R_0$  — antennaga keltirilayotgan quvvat.

Antennani kuchaytirish ko'effitsienti qabul nuqtasida maydon kuchlanganligi o'zgaras bo'lib qolishi uchun FIK birga teng izotrop nurlantirgichga keltirilayotgan quvvatga nisbatan antennaga keltirilgan quvvatni necha marta kamaytirish lozimligini ko'rsatadi.

Detsimetrli va santimetrli to'lqinlar diapazonida  $h_a$  1, shuning uchun  $G = K_{nd}$ .

Himoya harakati ko'effitsienti (HHK) yon yo'nalishlardan qabul qilingan signallarni antenna kuchsizlantirish darajasini xarakterlash uchun kiritiladi va u quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi

$$K_{zd} = G_{max} / G_{pob},$$

bunda  $G_{max}$  va  $G_{pob}$  — antennaning YD bosh yaproqchasi yo'nalishida va yon yo'nalishidagi kuchaytirish ko'effitsientlari.

Nurlantirish qarshiligi. Antennaning nurlantirish qarshiligi  $R_{izl}$ , qarshilik o'lchamiga ega va nurlanayotgan quvvatni  $R_{izl}$  antennaning qaysidir bir kesimidan oqayotgan tok  $I$  bilan bog'laydi ko'rsatkichdir.

$$R_{izl} = R_{izl} / I_A^2.$$

Tok va kuchlanishlar antenna uzunligi bo'yicha bir tekis taqsimlanmaganligi sababli,  $R_{izl}$  kattalikni yaxlitlash uchun, ko'p hollarda nurlanayotgan quvvatni tok maksimal amplitudasi (bog'lamligi) kvadratiga yoki antenna kirish qisqichlaridagi tokning kvadraturasiga nisbatlanadi.

$R_{izl}$  kattalik antenna o'lchamlari va to'lqin uzunligi orasidagi munosabat, antenna shakli va boshqa omillarga bog'liqdir. Masalan, yagonalangan simmetrik vibratorning uzunligi  $l = 1$  gacha oshirish nurlantirish qarshiligi ortishiga olib keladi. Lekin keyinchalik u kamayadi, so'ngra qaytadan ortadi.

Umumiy holda  $R_{izl}$  kompleks xarakterga ega. Masalan, yupqa yarim to'lqinli vibrator uchun  $R_{izl} = 73,1$  Om,  $X_{izl} = 42,5$  Om. Vibrator qalinligini oshirish to'lqin qarshiligi kattaligini kamayishiga olib keladi.

**Antennaning to'lqin qarshiligi.** Antennaning to'lqin qarshiligi  $Z_{OA}$  muhim parametrlardan biridir. Uzunligi  $l$  bo'lgan yakkaqalangan silindrik o'tkazgichning, bunga simmetrik vibrator turidagi antennani ko'rsatish mumkin, hisoblash formulasi quyidagi ko'rinishga ega

$$Z_{OA} = 120 \left( \ln \frac{l}{r_p} - 1 \right),$$

bunda:  $r_p$  — o'tkazgich radiusi.

**Kirish qarshiligi.** Antennaning kirish qarshiligi — antenna qisqichlaridagi kuchlanishni ulardan o'tayotgan tokka nisbatini belgilovchi ko'rsatkichdir. Umumiy holda bu qarshilik kompleks xarakterga ega

$$Z_{Avx} = R_{Avx} + iX_{Avx}$$

bunda:  $R_{Avx}$  — kirish qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi;

$X_{Avx}$  — kirish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisi.

**Yo‘qotish qarshiligi.** Yo‘qotish qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_p = R_n + R_1 + R_3.$$

bunda:  $R_n$  – o‘tkazgichlar isitilishidagi yo‘qotish qarshiligi;

$R_1$  – antenna i zolyatorlaridagi yo‘qotish qarshiligi;

$R_3$  – y-erda va yerlatish tizimlaridagi yo‘qotish qarshiligi.

Antennaning samarali maydoni. Antennaning samarali maydoni – antenna to‘lqin fronti maydonidan radiochastotaviy energiyani “chiqarib oladigan” qismini xarakterlaydi. Antennaning samarali maydoni tushunchasi bitta vibratorli, ko‘p vibratorli va boshqa murakkab qabullovchi antennalar uchun qo‘llaniladi. Son bo‘yicha u antenna bilan moslashgan, antennadan qabullagich kirishiga tushayotgan quvvatni  $R_{sog}$ , qabul nuqtasidagi radioto‘lqinlar quvvati  $S$  oqimining zichligiga nisbatan sifatida aniqlanadi

$$Ae = R_{sogl} / S.$$

Ko‘p vibratorli, parabolik, linzali va taqsimlangan sirtli, qabulli boshqa antennalar uchun  $Ae$  katta-lik ularning geometrik maydoni  $S_A$  bilan quyidagicha bog‘langan:

$$Ae = K_A S_A,$$

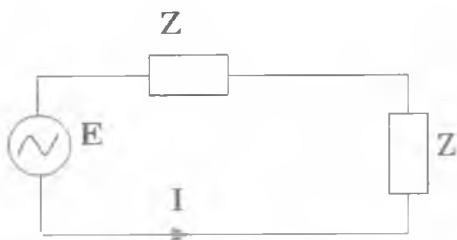
bunda  $K_A$  – maydondan foydalanish koeffitsienti, u antenna sirtida tok amplitudasi va fazalarining taqsimlanish xarakteri va antennaning tayyorlanish aniqliligiga bog‘liqdir. Yo‘naltirilgan antennalarning kattagina qismi uchun  $K_A \sim 0,8$ , lekin 0,5 dan 0,9 gacha o‘zgarishi mumkin.

Antennaning samarali maydoni va yo‘naltirilganlik harakati koeffitsienti orasida bog‘lanish mavjudligi ma‘lumdir

$$Ae = l^2 D / 4p.$$

Antennaning ekvivalent sxemasi. Antennaning ekvivalent sxemasi quyidagi ko‘rinishga ega (2.9-rasm).

Bunda qabullovchi antenna yuklamaga nisbatan, uzatish rejimida mazkur antennaning kirish qarshiligiga teng, ichki qarshilikka ega eYUK ( $E_{ql}$ ) yaratuvchi generator sifatida qaraladi. Ma’lumki, generator yuklamaga maksimal quvvatni, agar yuklama qarshiligi va generator ichki qarshiligi kompleks muvofiq bo‘lganda beradi:



2.9-rasm. Antennaning ekvivalent sxemasi

Mazkur holda yuklamaga maksimal quvvatni berish sharti  $Z_{kr} = Z_{yuk}$  ko‘rinishda bo‘ladi, ya’ni antennaning kirish qarshiligi va yuklama qarshiligi (fiderning to‘lqin qarshiligi) teng bo‘lishi kerak.

Antenna shovqinining temperaturasi. Yuqori sezgirli qabullagichlarga ulangan, o‘ta yo‘naltirilgan antennalar uchun ko‘p hollarda antennaning shovqin temperaturasi  $T_{ASH}$  deb ataladigan kattalikni bilish kerak bo‘ladi. Uning qarshiligi antenna kirish qarshiligiga teng, antenna qabullagich kirishiga ulanganda, unda antennaning o‘zi qancha shovqin quvvatini ajratsa, shuncha shovqin quvvatini chiqaradigan rezistor temperaturasi sifatida aniqlanadi. O‘zining issiqliq shovqinlariga bog‘liq, antennaning shovqin quvvati uncha katta emas. Antenna shovqinlari, asosan, kosmik manbalardan qabullagich kirishiga tushadigan shovqinli radionurlanishdan, shuningdek, yer atmosferasi va antennaga yaqin joylashgan predmetlarning issiqlik nurlanishi bo‘yicha aniqlanadi.

Antenna shovqinlarining quvvati (vattlarda)  $T_{ASH}$  ning ma'lum qiymatlarida quyidagiga teng:

$$R_{ASH} = KT_{ASH} D f,$$

bunda:  $K = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Vt s/grad;  $D f$  – qabullash trakti liniya qismining o'tkazish polosasi, Gts.

Zenitga orientirlangan, o'tkir yo'naltirilgan antenna uchun  $T_{ASH} = 100K$  va hatto undan kam, lekin shu paytda yer sirtiga oriyentirlanganda –  $T_{ASH} \gg 300^0K$  bo'ladi.

**RRLda qo'llaniladigan antennalar.** RRL uchun antennalar turini tanlash, asosan, to'lqinlar ishchi diapazoni, ishchi chastotalar polosasining kengligi bog'liq liniya sig'imi, shuningdek chastotalar taqsimlanish sxemasi (ikki chastotali, to'rt chastotali) bo'yicha aniqlanadi. Metrli to'lqinlar diapazonida, odatda, kichik sig'imli liniyalarda qo'llanadi, ko'p vibratorli sinfaz antennalar keng qo'llaniladi. Detsimetrli to'lqinlarda, shuningdek kichik sig'imli liniyalarda, shu turdagi antennalar, shuningdek oyna (parabolik) turidagi antennalar qo'llanishi mumkin. Parabolik antennalar detsimetrli diapazonda o'rta sig'imli liniyalarda keng qo'llaniladi. Santimetrli to'lqinlar diapazonida kichik va o'rta sig'imli liniyalarda, asosan, parabolik antennalar qo'llaniladi.

Santimetrli to'lqinlar diapazonida ishlovchi, katta sig'imli va uzoq masofali magistral RRLda parabolik, rupoqli-parabolik, chiqarilgan nurlatgichli parabolik va ikki oynali antennalar qo'llaniladi. Qoida tariqasida, RRL-ning bitta antenasi bir paytda ham uzatishda va ham qabulda ishlatiladi.

### 2.3.2. RRL antennalari

Hozirgi paytda bevosita ko'rinishli RRLda quvvati  $2 \div 10$  Vt va keyingi paytlarda hatto  $0,5$  Vt bo'lgan uzatkichlar qo'llanilmoqda. Oraliq punktlar o'rtasidagi masofa  $40 \div 60$  km ni va machtalar balandligi

50 ÷ 100 m ni tashkil etadi. Bu holda barqaror aloqa uchun antennaning kuchaytirish koeffitsienti 1000 ÷ 40000 (30 ÷ 46 dB) tashkil etishi lozim. Odatda detsimetrli to'liqlar antennalari taxminan 30 dB va santimetrli to'liqlar antennalari 40 ÷ 46 dB kuchaytirish koeffitsientiga ega.

Katta sig'imli magistral RRLda, qoida tariqasida, ikki chastotali sxema qo'llaniladi, ma'lumki, u antennalardan 65 ÷ 70 dB kam bo'lmagan himoya harakatini talab qiladi.

Qabullash va uzatish traktlari orasida o'tish so'nishini oshirish uchun, antenna nurlantiradigan va qabul qiladigan maydonlar o'zaro perpendikular polyarizatsiyaga ega bo'lishlari lozim. Buning uchun ta'minot liniyasi va antenna nurlantirgichi shunday ishlanishi kerakki, bunda bir paytda turli polyarizatsiyali to'liqlarni uzatish va qabul qilish mumkin bo'lsin va antenna yo'naltirilganlik diagrammasi o'qqa simmetrik bo'lishi kerak.

Fider traktidagi qaytgan to'liqlar uning fazoviy xarakteristikasining noxiziqliligiga olib keladi, bu signalda noxiziqli buzilishlarni keltirib chiqaradi.

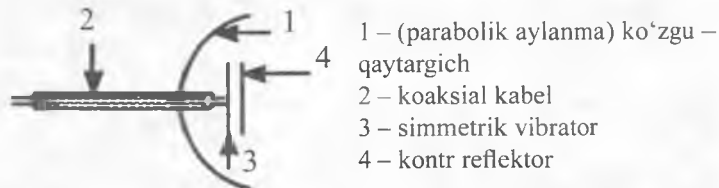
Liniyani antenna bilan moslashmaganligi keltirib chiqaradigan, qaytish koeffitsientining ruxsat berilgan kattaligi, ko'p kanalli tizimlar uchun barcha ishchi chastotalar polosasida 2% dan oshmasligi kerak. Bu tizimlar uchun mazkur talabni bajaruvchi chastotalar polosi, yuqori chastotali signal tashuvchi chastotasi ning 10 ÷ 15% ni tashkil etishi kerak.

Antenna konstruksiyasi mustahkam bo'lishi lozim, kuchli shamolda antennaning egiluvchanlik deformatsiyasi ruxsat berilgan kattalikdan oshmasligi kerak. Atmosferaviy yog'ingarchiliklar antenna ta'minot traktiga tushmasligi lozim, chunki bu traktga so'nish ortishiga va moslashmaslikka olib keladi. Antenna katta bo'lmagan chegarada, korrespondentga maksimal nur-



lanish yo'nalishini aniq o'rnatish maqsadida aylanish imkoniyatiga ega bo'lishi kerak.

Radioreleli aloqa liniyasi antennalarining asosiy turlari. RRLda reflektorli parabolik deb ataladigan antennalar nisbatan ko'p qo'llaniladi. Bunday antenna qaytaruvchi (aks ettiruvchi) ko'zgu (oyna) va uning fokusida joylashgan nurlantirgichdan iboratdir (2.10-rasm).



2.10-rasm. Reflektorli parabolik antenna

Ko'zgu aluminiy tunukalardan tayyorlangan metall sirtidan tashkil topadi. Juda ko'p hollarda parabolik aylanma turidagi antennalar uchraydi. Bunday antenaning nurlantirgichi odatda kam yo'naltirilgan vibratorli antenna, yoki kichik o'lchamli rupor bilan tamomlanadigan volnovodning ochiq oxirgi tomoni bo'ladi.

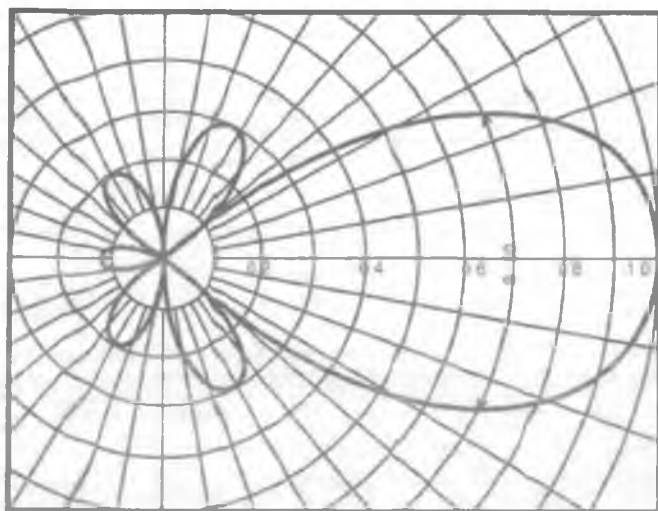
Parabolik ko'zguning harakati quyidagicha: ko'zgu fokusida joylashgan nurlantirgich tarqatadigan elektr magnit to'lqini, ko'zgu sirtiga yetgandan keyin, undan akslanadi (qaytadi) va tekis to'lqin ko'rinishida qaytadan ko'zgu chiqishiga yo'naladi. Tarqalgan tekis to'lqin ko'zguna nisbatan uzoq masofada sferik to'lqin xarakterini oladi, bunda nurlantirgich yaratgan dastlabki nurlanishga qaraganda, bu to'lqin ancha katta yo'naltirilganlikka ega bo'ladi.

Elementar vibrator ko'rinishidagi nurlantirgichli parabolik antenaning kuchaytirish koeffitsienti quyidagiga teng:

$$G = 4\pi \times (S_0 / l^2) \times K_p,$$

bunda:  $S_0 = 4\pi \times R_0^2 - R_0$  radiusli paraboloidning ochilish maydoni;  $K_p$  – ochilishda maydon fazalari va amplitudalarini bir tekis bo‘lmagan taqsimlanishini hisobga oladigan, paraboloid ochilish sirtidan foydalanish koeffitsienti. Amaliyotda bu koeffitsient  $0,5 \div 0,6$  ga teng.

Yo‘naltirilganlik diagrammasi quyidagi ko‘rinishga ega (2.11-rasm):



2.11-rasm. Antennaning yo‘naltirilganlik diagrammasi

Real antennalar uchun kuchaytirish koeffitsienti  $30 \div 40$  ( $G \gg 30$  dB) tashkil etadi. Parabolik antennaning yo‘naltirilganlik diagrammasidagi yon yaproqchalari nisbatan katta. Eksperimental ma‘lumotlar bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti 30 dBdan yuqori bo‘lgan parabolik antennalarda, maksimalga qarama-qarshi yo‘nalishda nurlanish intensivligi  $40 \div 50$  dB ga kam, lekin ruporli-linzali va ruporli-parabolik antennalarda esa bu qo‘shimcha nurlanish ko‘p marta kam bo‘ladi.

Yon yaproqchalarning katta intensivligi yaqin turgan antennalarning sezilarli o‘zaro ta’sirga olib keladi.  $G = 40$  dB bo‘lganda eksperimental ma‘lumotlar bo‘yicha

$$G_{zami, j=180^\circ} \gg 60 \div 70 \text{ dB};$$

$$G_{zami, j=90^\circ} \gg 50 \div 60 \text{ dB}.$$

Himoya harakati koeffitsienti pastligi (kamligi), bu antennalarni chastotalarning ikki chastotali taqsimlanishida qo'llash imkoniyatini bermaydi.

Bu antennalarda soya effekti deb ataladigan ikkinchi kamchilikning mavjudligidir.

Bu effektning mohiyati shundaki, parabolik antenna nurlantirgichi ko'zgudan qaytgan tekis to'lqin tarqalishi yo'lida bo'lishidir. Bu holda qaytgan energiyaning bir qismini, ma'lum effektiv maydonli qabullash antenasi sifatidagi nurlantirgich yutadi. Nurlantirgich va nurlantirgichni mustahkamlovchi detallardan bir qism energiya orqaga qaytadi, bu ko'zgu ochilishida maydon amplitudaviy fazoviy munosabatlarni buzilishini keltirib chiqaradi, bu esa antenaning fider bilan moslashmaganligi bilan tengdir.

Ko'zgudan qaytgan tekis to'lqin kiritadigan moslashmaganlik, nurlantirgichni ta'minlovchi fiderda tegishli moslashtirish elementlarni qo'llash yo'li bilan bartaraf etilishi mumkin. Lekin bunday moslashtirishni nisbatan tor chastotalar polosasi chegarasida ta'minlash mumkin. Bu quyidagicha tushuntiriladi: maydon fazasi nurlantirgichdan ko'zgugacha o'tish yo'lida va teskarisida signal chastotasiga bog'liq bo'lishidir.

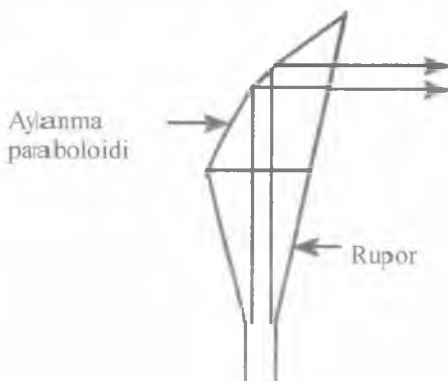
Ko'zgudan nurlantirgichga qaytgan to'lqin ta'siri maydonidan nurlantirgichni chiqarish yo'li bilan moslashganlikni yaxshilash mumkin.

Parabolik antennalarning keyingi kamchiligi, bu nurlantirgichlar atmosferaviy yog'ingarchiliklar ta'sirida bo'lishidir. Nurlantirgichning himoyaviy dielektrik kojuxi yomg'ir, qor tomchilari yoki muz bilan qoplanishi elektr magnit energiyani tarqalish yo'lida to'siq paydo qiladi, bu esa qo'shimcha qaytishlarni keltirib chiqaradi.

Sanab o'tilgan kamchiliklar, tayyorlash soddaligi va og'ir emasligi, parabolik antennalarni keng polosali

ko'p stvulli RRL aloqa tizimlarida qo'llash imkoniyatini bermaydi. Odatda bu antennalar detsimetrli va santimetrli to'liqlarlarda ishlovchi, kichik va o'rta sig'imli liniyalarda qo'llaniladi.

**Ruporli-parabolik antenna.** Ruporli-parabolik antenna (RPA) aylanma paraboloidining qismi va cho'qqisi paraboloid fokusiga mos keladigan piramidal ruporning kombinatsiyasidan tashkil topadi (2.12-rasm).



2.12-rasm. Ruporli-parabolik antenna

Nurlanuvchi ruporni parabolik oyna bilan yagona metall tizimga birlashtirish, yon yoproqchalar kattaligini kamaytirish va shu bilan birga antenaning himoya harakati ko'effitsientini oshirish imkonini beradi. Oyna profili shunday hisoblanadiki, uning fokusi rupor fazaviy markazi bilan to'g'ri kelishi kerak.

Rupor va ta'minlovchi volnovod orasida moslashuvni yaxshilash uchun uzunligi  $(10 \div 15)$  l bo'lgan tekis o'tish qo'llanadi. O'tish chegarasida kesim o'lchamlari giperbolik qonun bo'yicha o'zgaradi. O'tishni qo'llash qaytish kichik ko'effitsientini (taxminan  $1 \div 2$  %) ta'minlaydi.

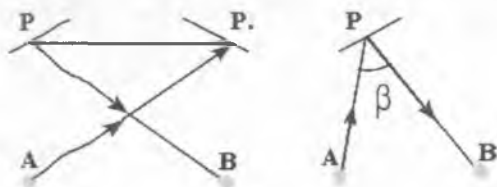
Parabolik sirtni tayyorlashdagi noaniqliklar va antenna himoya qalpog'idagi yo'qotishlar hisobiga, nurlantiruvchi sirtning foydalanish ko'effitsienti 4000 MGts chastotada  $G = 40$  dB bo'lganda taxminan  $K_A \approx 0,6 \div 0,7$  teng bo'ladi.

RPA juda keng o'tkazish polosasiga ega. U bir paytning o'zida 4,6 va 11 GGts diapazonlarda uchta keng chastotalar polosasida ishlashi mumkin, o'zning elektrik xususiyatlari bo'yicha u yuqori sifatli linzali antennalar past kelmaydi, shu bilan birga u konstruktiv jihatdan sodda va ancha arzon. Shuning uchun, RPA hozirgi vaqtda ko'p stvolli, ko'p kanalli RRL aloqada keng ko'lamda qo'llanilmoqda.

RRL uchun passiv retranslyatsiyalash antennalari. Tog'li yoki past-balandlik joylarda retranslyatsion punktlar orasida bevosita radio ko'rinishni ta'minlash uchun RRL antennalarni eng baland, odatda, chiqish qiyin tepaliklarga o'rnatish kerak bo'ladi, bu esa qurilishni yetarlicha qimmatlashishiga va bu punktlarni ekspluatatsiyasini murakkablashishiga olib keladi. Bunday sharoitlarda passiv retranslyatsiyalarni qo'llash foydalidir, ya'ni kuchaytirish apparaturasiga ega bo'lmagan va xizmat ko'rsatuvchi xodimlar kerak bo'lmaydigan retranslyatsiyalar.

Passiv retranslyatsiyaning uchta turi ma'lumdir: qaytaruvchi, sindiruvchi va to'siq turidagi retranslyatsiya.

1. Qaytaruvchi passiv retranslyatsiya. U bitta yoki ikkita tekis metall oynalardan iborat bo'ladi (2.13-rasm):



2.13-rasm. Qaytaruvchi passiv retranslyator

Aktiv stansiyadan A chiqqan signal, bu oynalardan qaytib, o'z yo'nalishini o'zgartiradi va qabul punktiga V kelib tushadi. Teskari uzatish ham shunga o'xshash amalga oshiriladi. Bitta tekis oyna uncha katta bo'lmagan burchakda  $\beta$  qo'llanadi.

2. Sindiruvchi turidagi passiv retranslyatsiya. U, uzatish liniyasi bilan bog'langan, ikkita parabolik antennalardan iborat (2.14-rasm):

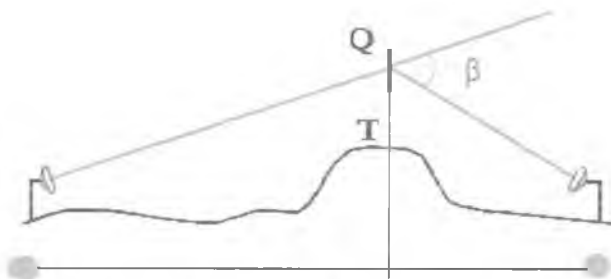


2.14-rasm. Sindiruvchi turidagi passiv retranslyator

Parabolik antennalardan biri qabul qilgan signal, ikkinchi antennaga beriladi, u signalni kerakli yo'nalishga tarqatadi.

Bu antennalarga antenna sirti bajarilishiga qattiq talablar (taxminan  $\pm 1/20$ ). qo'yiladi. Aks holda qo'lanish samaradorligi juda past bo'ladi. Antennani aniq o'rnatish uchun antenna tayanchi juda qattiq bo'lishi, bundan tashqari uni montajlashda sirtini yustirovkalash qurilmasini nazarda tutish lozim. Buning hammasi passiv retranslyator konstruktsiyasini murakkablashishiga va qimmatlashishiga olib keladi. Shuning uchun qaytaruvchi passiv retranslyatorlarni qo'llash qulay deb hisoblanadi.

3. To'siq turidagi passiv retranslyatsiya. Bunday retranslyator elektr magnit to'lqinlar uchun o'tkazmas bo'lgan, A punktdan V punktga tarqalayotgan to'lqin



2.15-rasm. To'siq turidagi passiv retranslyatsiya

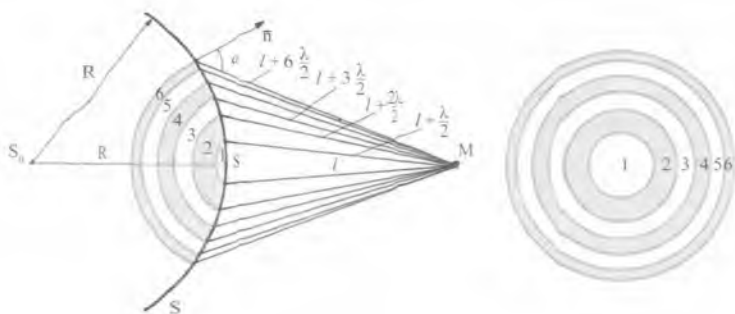
yo'nalishiga perpendikular bo'lgan Q tekislikka joylashgan metall sirtidir. A va V punktlar orasida bevosita ko'rinish mavjud emas (2.15-rasm).

To'lqin tarqalishi yo'lida to'siq T mavjudligida V punktda maydon kuchlanganligini paydo bo'lishini quyidagicha tushuntirish mumkin. Retranslyatsiya mavjud emasligida Q tekislikda ma'lum qonun bo'yicha taqsimlangan maydon yaratiladi – punktdagi maydon kuchlanganligi bu qo'zg'algan sirtning barcha elementlari maydonlarining interferensiyasi bo'yicha aniqlanadi. Q tekislikdagi qo'zg'atuvchi maydonning taqsimlanishi shundayki, unda A va V punktlar orasida bevosita ko'rinish mavjud emasligida V punktdagi yig'indi maydon kuchlanganligi nolga teng bo'ladi. Boshqacha so'z bilan aytganda, qo'zg'algan Q tekislikning yo'naltirilganlik diagrammasi shundayki, bunda V punkt yo'nalishida nurlanish mavjud bo'lmaydi.

Q tekislikda elektr magnit to'lqinlar uchun o'tkazmas bo'lgan to'siqning o'rnatilishi, metall sirt T bilan yopilgan tekislikning qismida, maydon kuchlanganligi nolga teng bo'lishiga olib keladi. Bu qo'zg'atuvchi maydonning amplituda-fazaviy taqsimlanishining o'zgarishiga olib keladi, bu esa o'z navbatida, qo'zg'algan Q tekislik yo'naltirilganlik diagrammasini o'zgarishiga olib keladi.

To'siq shakli shunday tanlanadiki, unda metall sirtning turli uchastkalaridan qabul nuqtasida maydon fazasi o'zgarishining minimalligini ta'minlash lozim bo'ladi. Shu maqsadda to'siq halqaning qismi sifatida tayyorlanadi, uning yuqori va quyi chetlari Frenel zonasi chegaralari bilan mos keladi (2.16-rasm).

Bunday antenaning o'lchamlari quyidagicha: A va V punktlar orasidagi masofa taxminan 100 km bo'lganda  $l=8$  sm uchun joy relyefiga bog'liq holda  $b = 3 \div 7$  (to'siq balandligi – shirina zoni Frenel zonasi kengligi) bo'ladi. To'siq uzunligi  $70 \div 100$  m teng va ko'p bo'lishi mumkin. Maydon taxminan  $200 \div 700$  m<sup>2</sup>. Bunday parametrlarda  $G = 55 \div 60$  dB bo'ladi.



2.16-rasm. Frenel zonalari

### 2.3.3. RRLning fider traktlari

RRL apparaturasida fider traktlari qabullovchi-uzatuvchi apparaturani antenna bilan bog'lash uchun qo'llanadi. Fider trakti tarkibiga quyidagilar kiradi: aloqa liniyalari; stvollarni chastotaviy va polarizatsion ajratish uchun qurilmalar; elliptiklik korrektori; germetizatsiyalovchi qo'shimcha; burchakli va vintli seksiyalar va boshqalar.

4,6 va 8 GGts diapazonlarda RRSning fider trakti to'g'ri burchakli, aylanal yoki elliptiklik kesimli volnovodlardan bajariladi.

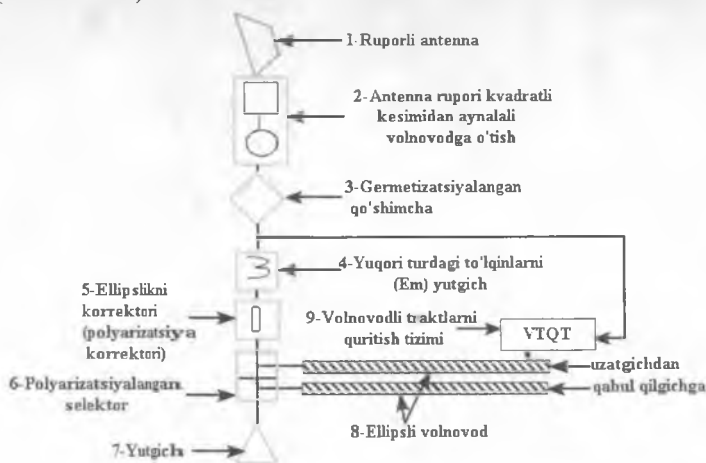
Aylanal volnovodlar ikkita ortogonal polarizatsiyalangan to'lqinlarni uzatish imkonini beradi. To'lqinning asosiy turi  $N_{11}$  to'lqindir. Aylanal volnovodlar misli yoki bimetal  $L = 4,5 \div 5$  m. seksiyalardir. 4,6 va 8 GGts diapazonda ishlash uchun  $D = 70$  mm bo'lgan volnovodlar qo'llanadi. So'nish 0,02 dB/m ortmaydi. Volnovodlar ellipsligi  $0,1 \div 0,15$  mm bo'ladi.

Ellips kesimli volnovodlar, asosan, santimetrli to'lqinlar diapazonida qo'llanadi. Konstruktiv jihatdan u misli kuydirilgan lentaga himoya qobig'i qo'yilib tayyorlangan, kovak gofrirlangan trubadir va ular ellipsli gofrirlangan volnovodlar (EGV) deb ataladi. 2, 4, 6, 8 va 11 GGts diapazonlar uchun chiqariladi, geometrik o'lchamlari va so'nishlari bo'yicha farqlanadi. Masalan, 4 GGts (EGV-2) diapazon uchun



volnovod ko'ndalang kesimda 71,4 va 42,3 mm li katta va kichik o'qli ellipslarga ega va so'nishi 0,04 dB/m tashkil etadi. Kamchiligi – qaytarish koeffitsientining kattaligi. Barabanga o'ralgan volnovod turida chiqariladi.

To'g'ri burchak kesimli volnovodlar EGV lar paydo bo'lgunga qadar keng qo'llanilgan.  $N_{10}$  turidagi to'lqinlar qo'llaniladi. O'lchamlari diapazonga bog'liq holda shunday tanlanadiki, bunda yuqori turdagi to'lqin paydo bo'lish imkoniyatining oldi olinishi lozim. So'nishi o'lchamlari va ishchi chastotaga bog'liq va  $0,025 \div 0,06$  dB/m ni tashkil etadi. Koaksial fiderlar detsimetrli to'lqinlar diapazonida qo'llanadi. Uzatish TE to'lqinda amalga oshiriladi. 2 GGts diapazon uchun so'nishi 0,08 dB/m ko'p bo'lmagan RK-75-24-32 kabel tipik kabeldir. Antenna-fider traktlarining (AFT) sxemasi ishchi chastotalar diapazoni, to'lqinlar polarizatsiyasi, stvollar soni, qo'llanadigan antennalar turi va ularni o'rnatish balandligi, foydalanadigan fider liniyalarga bog'liq. 4 GGts diapazonda ishlash uchun RPAli AFTning sxemasi quyidagi ko'rinishga ega (2.17-rasm):

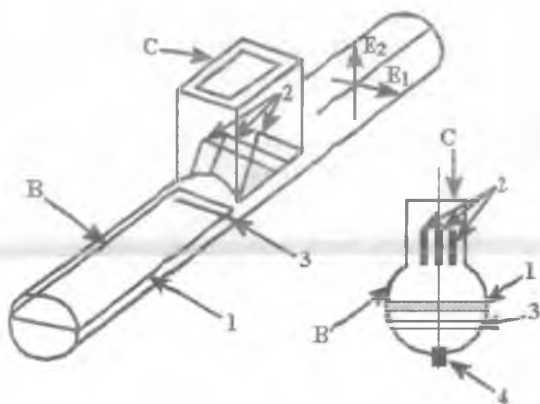


2.17-rasm. RPAli AFT sxemasi

Boshqa antennalar bilan yoki boshqa diapazonda ishlashda, sxemaning ayrim uzellari bo'lmاسligi (bitta polarizatsiya) yoki boshqasi bilan almashtirilishi mumkin.

Fider trakti elementlariga polarizatsion selektorlar, tsirkulyatorlar, ellipslikning korrektori, yuqori to'liqlarni yutkich, germetizatsiyalangan qo'shimchalar, bir kesimli volnovoddan boshqa kesimli volnovodga o'tish moslashtirgichlari kiradi. Barcha elementlar volnovod va antenna bilan yaxshi moslashgan bo'lishi kerak.

Polarizatsion selektor (PS) turli polarizatsiyali to'liqlarni ajratish va birlashtirish uchun mo'ljallangan. PSlarning konstruktiv bajarilishi turlicha bo'ladi. Hozirgi paytda dumaloq va to'g'ri burchak kesimli volnovodlar bo'laklaridan tayyorlangan, volnovodli uchlik ko'rinishidagi PS lar keng qo'llanadi (2.18-rasm).



2.18-rasm. Qutblangan selektor

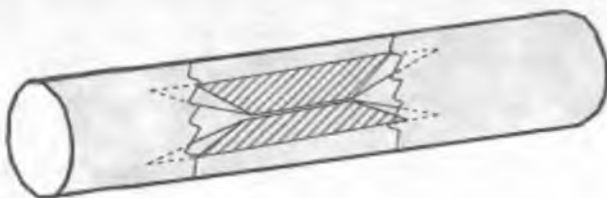
Dumaloq volnovod V bo'lagi bo'yicha metall plastina 1 o'rnatilgan, uning oxirida S yelka bilan moslashishni yaxshilash uchun 3 sterjen joylashtirilgan. To'g'ri burchakli volnovod S dumaloq kesimli volnovod V bilan teshik va uchburchak shaklidagi 2 plastinalardan tashkil topgan diafragma orqali

ulanadi. PS bilan moslashishni yaxshilash uchun – sozlovchi vint 4 koʻzda tutilgan. PSning ishlash prinsipi quyidagicha:

Agar toʻlqin antennadan volnovodga plastinaga 1 perpendikular ( $E_2$ ) tushsa, u holda toʻlqin davomiga oʻtadi, agar parallel ( $E_1$ ) tushsa, u holda toʻlqin plastinadan 1 qaytadi va diafragma 2 teshik orqali toʻgʻri burchakli volnovodga S tushadi.  $E_2$  toʻlqinni ajratish uchun selektorni  $90^\circ$  ga burish kerak.

Polyarizatsiya korrektori. AFTda, dumaloq kesimli volnovoddan kvadratli yoki toʻgʻri burchakli kesimli volnovodga oʻtishda, toʻlqinlar polyarizatsiya tekisliklari mos kelishligini taʼminlash zarur. Bunga kvadratli yoki toʻgʻri burchakli kesimli volnovodlar oldiga toʻlqinlar polyarizatsiya tekisligi burish (aylantirish) imkonini beradigan, polyarizator yoki polyarizatsiya korrektori deb ataladigan qurilmani ulash orqali erishiladi.

Polyarizatsiya korrektori dumaloq kesimli volnovod boʻlagi koʻrinishidagi qurilma boʻlib, unda maʼlum uzunlikdagi ingichka dielektrik plastina joylashgan va uning shakli shundayki, unda plastina oxirlaridan qaytish minimal boʻlishi kerak (2.19-rasm).

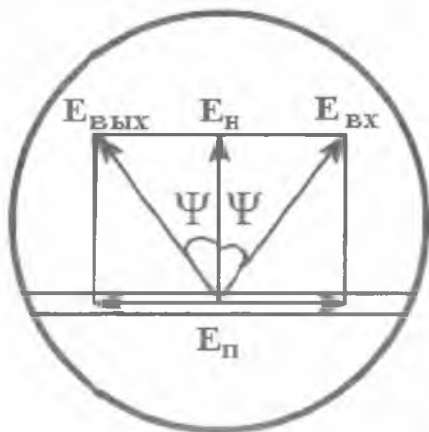


2.19-rasm. Qutblash korrektori

Faraz qilamiz, polyarizatorga burchak chastotasi  $v$  va yoʻnalish vektori  $E_{vx}$ , plastina tekisligiga normal bilan y burchak tashkil etuvchi chiziqli-polyarizatsiyalangan toʻlqin tushayotgan boʻlsin.

Chiziqli-polyarizatsiyalangan toʻlqin ikkita chiziqli-polyarizatsiyalangan toʻlqinlarning superpozitsiyasi

ko‘rinishida taqdimlanishi mumkin, ulardan  $E_p$  – plastina tekisligiga parallel va  $E_n$  – shu tekislikka normal bo‘ladi (2.20-rasm):



2.20-rasm. Chiziqli-qutblangan to‘lqinni ajratish

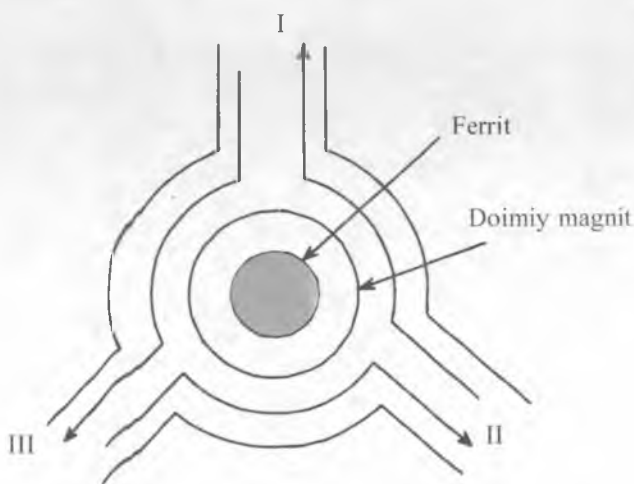
$E_p$  – to‘lqinning tarqalish tezligi  $E_n$  – to‘lqinning tarqalish tezligidan kam, chunki birinchi to‘lqin dielektrikda tarqaladi. Shuning uchun to‘lqinni plastina bo‘ylab harakatida ular orasidagi fazalar farqi ortib boradi, bu farq plastina uzunligi va dielektrik sindirish koeffitsienti bo‘yicha aniqlanadi. Agar plastina uzunligi shunday tanlansa, bunda to‘lqinning ikkala tashkil etuvchilari orasidagi fazalar farqi polyarizator chiqishida  $K \cdot p$  ga teng bo‘ladi, bunda  $K$  – butun son, u holda ikkala to‘lqin yana chiziqli-polyarizatsiyalangan tebranishlarni berdi. Agar  $K$  – juft son bo‘lsa, u holda kirish va chiqish to‘lqinining polyarizatsiya tekisliklari bir xil bo‘ladi, agar  $K$  – toq son bo‘lsa, ular farqlanadi yoki  $E_{yix}$   $E_{yx}$  ga nisbatan  $2\psi$  ga buriladi (aylantiriladi).

Volnovod bo‘lagini unga mahkamlangan dielektrik plastina bilan aylantirib, dumaloq kesimli volnovoddan kvadratli yoki to‘g‘ri burchakli kesimli volnovodga o‘tishda to‘lqinlar polyarizatsiya tekisliklari mos kelishligiga erishish mumkin.

Germetizatsiyalovchi volnovodli qo‘shimchalar (GV) volnovodni apparatura bilan ulanish joyida, shuningdek AFTning yuqori qismida, antenna germetik bo‘lmaganda o‘rnatiladi. GVda shtutser mavjud, u orqali quritilgan havo VTQT (volnovodli traktning quritish tizimi) dan beriladi.

Yuqori turdagi to‘lqinlar yutkich (YUTYU) elektr maydonining bo‘ylamali tashkil etuvchisi bo‘lgan parazit to‘lqinlarni yutishga mo‘ljallangan, 4,6 va 8 GGts diapazonda  $E_{01}$  turidagi to‘lqinlar, 6 ÷ 8 GGts diapazonda  $E_{11}$  turidagi to‘lqinlar yutiladi. YUTYU volnovodga mahkamlangan sterjen bo‘lib, yarim o‘tkazgich xususiyatiga ega metall oksidlaridan iboratdir. U yuqori turdagi to‘lqinlarni taxminan 25 dB ga pasaytirishni ta‘minlaydi.

Ferritli sirkulyator (FTS) volnovodli yoki koaksial uchlik bo‘lib, uning ichida doimiy magnit maydonida bo‘lgan ferritli kiritma joylashgan (2.21-rasm):



2.21-rasm. Ferritli sirkulyator

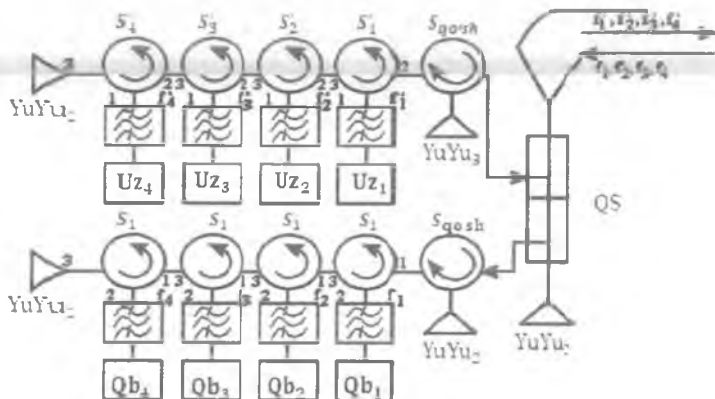
Bunday sirkulyator V-sirkulyator deb ataladi. FTS xususiyati shundaki I yelkaga kirgan signal II yelkadan chiqadi, II yelkaga kirgan signal III yelkadan

chiqadi, III yelkaga kirgan signal I yelkadan chiqadi. Bu xususiyat umumiy volnovodda uzatish va qabullash traktlarini birgalikda ishlashi uchun FTS ni qo'llash imkonini beradi. Yelkalar orasidagi yutilish  $25 \div 30$  dB ni, yo'qotishlar esa  $0,1 \div 0,2$  dB ni tashkil etadi.

Stvollarni ajratish va birlashtirish qurilmasi bir nechta stvollar signallarini bir vaqtda uzatish va qabullash uchun bitta antennadan va uni ta'minlovchi AFT dan foydalanish uchun xizmat qiladi. Ko'p stvulli uzatish tizimlarida ajratuvchi filtrlar ketma-ketli sxemalar bo'yicha bajariladi, chunki parallel sxemani ulanishi moslashish qiyinligi bilan bog'liqdir.

Santimetrli diapazon uzatish tizimlarida uchta turdagi ajratuvchi qurilmalar, polosali filtrlar, rejektorli filtrlar va polosali filtrlar va ferritli sirkulyatorlarning birikmasi qo'llanilmoqda. Bu uchta turlardan, eng ko'p qo'llaniladigani polosali filtrlar va ferritli sirkulyatorlarning birikmasidir, chunki ular sodda va istiqbolidir.

Sirkulyatorlar (S) va polosali filtrlar (PF) qo'llanilgan ajratuvchi qurilmaning strukturaviy sxemasi 2.22-rasmda keltirilgan:



2.22-rasm. Sirkulyatorlar qo'llangan ajratuvchi qurilmaning strukturaviy sxemasi

Uzatishda  $f_4$  signal  $Uz_4$  uzatkichdan polosali filtr orqali  $TS_4$  sirkulyator kirishiga tushadi, u yerda signal 1-yelkadan 2-yelkaga va so'ngra  $TS_3$  sirkulyatorning 3-yelkasiga uzatilishi ta'minlanadi.  $TS_3$  sirkulyatorning 1 yelkasiga  $f_3$  chastotaga sozlangan filtr ulanganligi sababli, kelgan  $f_4$  chastotali tebranishlar undan qaytadi va mazkur sirkulyatorning 2-yelkasiga tushadi.  $Uz_3$  uzatkichdan signallar shunga o'xshash  $TS_2$  sirkulyatorga, 1  $\otimes$  2-yelkaga, so'ngra esa  $TS_2$  sirkulyatorning 3-yelkasiga tushadi va h.k.

Yutadigan yuklama (YuYu) qo'shni sirkulyatorlarning, masalan,  $S_4$  i  $S_3$  yetarlicha moslashmaganligi sababli, paydo bo'ladigan to'liqinni yutish uchun xizmat qiladi. Qaytgan signal  $S_4$  ning 2-yelkasidan 3-yelka yo'nalishiga o'tadi va YuYu ga tushadi.

Antenna qabul qilgan  $f_1 \dots f_4$  chastotali signallar qutblangan selektor (QS) orqali  $S_1$  sirkulyatorning 1 yelkasiga tushadi. Uning 2-yelkasidagi polosali filtr birinchi stvol chastotasiga sozlanganligi sababli  $f_1$  chastotali signal  $Qb$  qabullagichga tushadi, boshqa signallar esa qaytadi va 3-yelka orqali  $TS_2$  ning 1 kirishiga o'tadi. Bunda  $f_2$  signal ajraladi va hokazo.

AFT li stvollar birlashtirish va ajratish qurilmalarining moslashishini yaxshilash uchun qo'shimcha sirkulyatorlar –  $S_q$  ulanadi.

## 3-BOB

### KO'P KANALLI ALOQA TIZIMLARIDA RAQAMLI UZATISH USULLARI

#### 3.1 Signallarni vaqt bo'yicha ajratish prinsiplari

Signallarni vaqt bo'yicha ajratish prinsipi, umumiy aloqa trakti, kanal intervali deb ataladigan  $T_k$  vaqtga, har bir abonentga navbat bo'yicha taqdim etilishga asoslangan. Har bir traktga davriy holda  $T_i$  davrga ulanadi va guruhli traktga o'zining kanal signalini (KS) yuboradi. KS ning davromiyligi  $T_k < T_i$  bo'lishi kerak. N abonentlar uchun  $T_k \leq T_i/N$  bo'ladi va N qancha katta bo'lsa, KS ham shuncha kam (qisqa) bo'ladi.

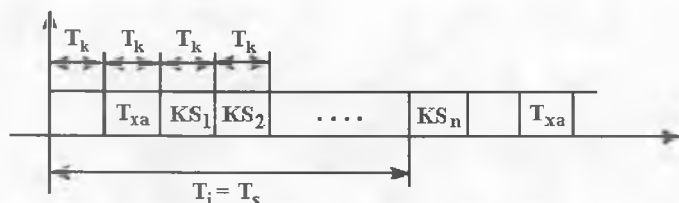
Shunday qilib, uzatishda uzluksiz signallar impulsi, vaqt bo'yicha diskret KS ga o'zgartiriladi. Ular ortogonaldir, shuning uchun qabulda ularni kommutatsiyaning sinxron tizimi yordamida ajratish mumkin. Ajratilgandan so'ng har bir KS bo'yicha dastlabki axborot tiklanadi, ya'ni interpolyatsiya amalga oshiriladi.

Demak, kanallarni vaqt bo'yicha ajratish (KVA) tizimlarida uzatish,  $T_i$  ga teng sikllar bo'yicha amalga oshiriladi. Sinxron kommutatsiya uchun siklda siklik signal uzatiladi. Bundan tashqari, siklda xizmat aloqa KS uzatish uchun vaqt ajratiladi, u holda bitta kanalga ajratilgan vaqt quyidagiga teng:

$$T_k = \frac{T_i}{N + T_{ts} + T_{ss}}$$

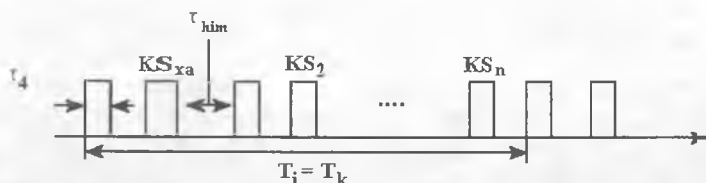
Qoida sifatida,  $T_k = T_{ts} = T_{ss}$ , demak (3.1-rasm):





3.1-rasm. Kanallar vaqt bo'yicha ajratilishida signallarni uzatish

Odatda KS ikkilik yuborilma bilan uzatiladi va  $\tau_i = \tau_{him}$ , u holda (3.2-rasm):



3.2-rasm. KVbAda uzatish sikli

KS shakli turlicha bo'lishi mumkin, ko'p hollarda qo'ng'iroqsimon impulslar qo'llanadi, chunki ularni shakllantirish oson.

**KVAl tizimlarida signalni o'zgartirish.** KVAl tizimlarida o'zgartirishlarning quyidagi ketma-ketligi amalga oshiriladi:

1. Diskretizatsiya – uzluksiz  $S(t)$  signalni uning oniy qiymatlari diskret sanoqlarining ketma-ketligi bilan almashtirish.

2. Impulsli modulyatsiya –  $S(t_k)$  sanoqlar bo'yicha axborotni olib boruvchi, KS shakllantirish yoki u modulyatsiyaning birinchi bosqichi deyiladi.

3. Barcha KS vaqt bo'yicha zichlash yoki guruhli signalni shakllantirish.

4. Guruhli signal bilan yuqori chastotali eltuvchini modulyatsiyalash, ya'ni guruhli radiosignalni shakllantirish, u aloqa trakti bo'yicha uzatiladi, – modulyatsiyaning ikkinchi bosqichi.

Sanab o'tilgan o'zgartirishlar uzatuvchi tomonda

bajariladi. Qabulda teskari o'zgartirishlar analga oshiriladi.

5. Qabul qilingan radiosignaldan guruhli impulsli-analog  $U_{gr}(t)$  signalni ajratish.

6.  $U_{gr}(t)$  signalni ayrim KSga ajratish.

7. Har bir KSni  $S(t)$  funksiyaning mos  $S(t_k)$  sanoqlarini tiklash uchun o'zgartirish.

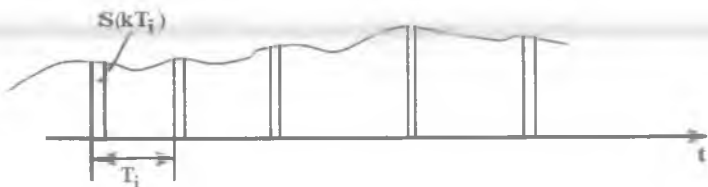
8. Olingan  $S(t_k)$  sanoqlar bo'yicha  $S(t)$  signalni interpolyatsiyalash.

Barcha bu o'zgartirishlarni eslatib o'tamiz.

**1. Diskretizatsiya va interpolyatsiya.** Uzluksiz signalni diskretizatsiyalash va interpolyatsiyalash jarayoni V.A. Kotelnikov teoremasiga asoslanadi: spektrida  $F_{yu}$  dan yuqori chastota bo'lmagan, ixtiyoriy vaqt signali  $S(t)$ ,  $T_i \leq (1/2F_{yu})$  vaqt intervali oralig'ida olingan o'zining oniy qiymatlari bilan to'liq aniqlanadi. Bu holda  $S(t)$  istalgan  $t$  vaqt uchun V.A. Kotelnikov qatori bo'yicha aniqlanadi:

$$S(t) = \sum_{k=-1}^{\infty} S(kT_i) \frac{\sin 2\pi F_{yu} (t - kT_i)}{2\pi F_{yu} (t - kT_i)}$$

$S(t)$  signalning oniy qiymatlari  $S(kT_i)$  sanoqlarini olish jarayoni diskretizatsiyadir (3.3-rasm).



3.3-rasm. Signalni diskretlash jarayoni

V.A. Kotelnikov qatoridan,  $S(kT_i)$  sanoqlari  $T_i$  davr bilan olingan  $S(t)$  signalni, kesim chastotasi  $F_{yu}$  bo'lgan PChF yordamida amalda tiklash (interpolyatsiya) mumkinligi kelib chiqadi, chunki qatordagi  $\text{sint}/x$  ko'paytma kesim chastotasi  $F_{yu}$  bo'lgan ideal PChFning impuls

xarakteristikasidir. Qisqa impulslar ketma-ketligi javoblarining superpozitsiyasi PChF chiqishida uzluksiz vaqt funksiyasini tashkil etadi.

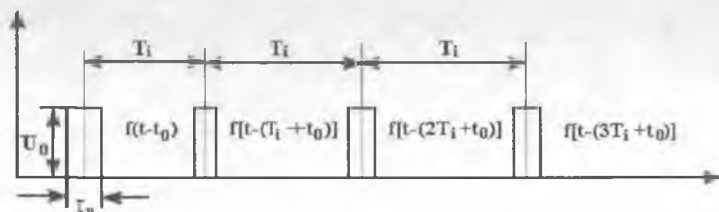
Amaliyotda PChFni amalga oshirilishini osonlashtirish va interpolyatsiya aniqligini oshirish uchun  $T_i$ ni  $1/2F_{yu}$  ga qaraganda biroz kam qilib olishadi. Telefon kanalida  $F_{yu} = 3,4$  kGts teng, amaliyotda  $T_i = 1/8$  kGts = 125 mks deb olinadi.

**2. Modulyatsiyaning impulslı turlari.** Eng ko'p ishlatiladigan impulslı modulyatsiyalar amplituda-impulslı modulyatsiya (AIM), faza-impulslı modulyatsiya (FIM) va kengli-impulslı modulyatsiya (KIM), ularning xususiyatlarini eslaymiz.

Barcha turdagi impulslı modulyatsiyalarni hosil qilish uchun impulslarning modulyatsiyalanmagan ketma-ketliklaridan foydalaniladi (3.4-rasm):

$$F(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f(t - t_k),$$

bunda:  $t_k = kT_i + t_0$ ;  $k$  - butun son.



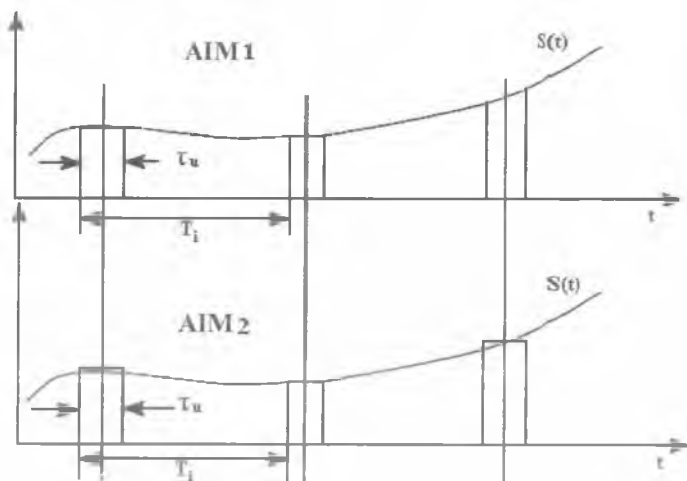
3.4-rasm. Modulyatsiyalanmagan impulslar ketma-ketligi

So'ngra modulyator da bu impulslar ketma-ketliklarining biron-bir parametrini (amplituda, davomiyligi yoki taktli nuqtaga nisbatan joylashishi, ya'ni fazasi) modulyatsiyalovchi tebranishning qonuni bo'yicha o'zgartirish amalga oshiriladi.

Impulslı modulyatsiyaning ikkita jinsini farqlashadi. Birinchi jinsda o'zgarilayotgan parametr modulyatsiyalovchi kuchlanishning joriy qiymatiga pro-

proportionaldir. Ikkinchi jinsda o'zgarilayotgan parametr qandaydir qayd etilgan vaqt momentiga proporsionaldir.

**AIM** – o'zgarilayotgan parametr impulslar amplitudasidir (3.5-rasm).



3.5-rasm. AIM-1 va AIM-2 da signal sanoqlarini olish jarayoni

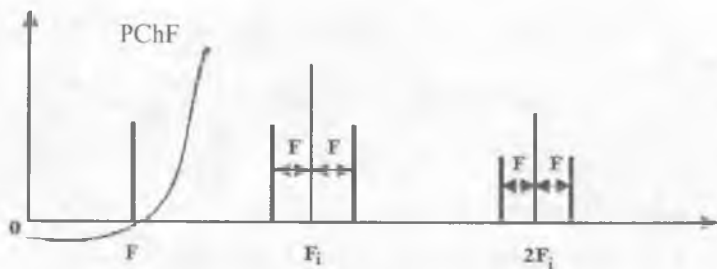
AIM-1 ning matematik yozilishi quyidagicha:

$$F(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} [1 + m_a \sin(\Omega t + \Theta)] f(t + t_x)$$

bunda  $m_a = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min}}$

$\Theta$  -  $S(t)$  signal fazasi.

**AIM-1**ning spektri quyidagi ko'rinishga ega (3.6-rasm):



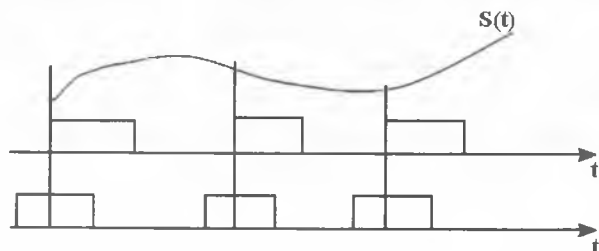
3.6-rasm. AIM-1 signal spektri

**AIM-2** spektri tarkibida AIM-1 ga o'xshash chastotalar mavjud, lekin AIM-2 da uzatilayotgan signalda  $S(t)$  olingan javoblarning to'g'riburchakliligi hisobiga chastotaviy buzilishlar paydo bo'ladi.

**AIM-1** spektri tahlilidan  $S(t)$  signalni interpolyatsiyalash yoki demodulyatsiyalash faqat kesim chastotasi  $F_{vu}$  bo'lgan PChF yordamida mumkinligi ko'rinib turibdi. Bundan,  $F \geq 2F_{vu}$  shartni bajarilmasligi spektrni qoplarishiga olib kelishi, ya'ni qabulda dastlabki signalni ajratish mumkin emasligi ko'rinib turibdi.

Shu bilan birga, zichlashtirilayotgan kanallar soni ortirilganda ( $\tau_1$  — ka bo'lganda), AIM-1 va AIM-2 birbirlaridan kam farqlanadi ( $N > 12$ ). Shuning uchun keyinchalik, impulsli modulyatsiya turlaridan birinchi jinslarini ko'ramiz.

**KIM** — o'zgaruvchi parametr impulsning davomiyligidir. Bunda impulsning yoki bitta fronti (BKIM) yoki impulsning ikkala fronti (IKIM) o'zgarishi mumkin (3.7-rasm).



3.7-rasm. BKIM va IKIMda signal sanoqlarini olish jarayoni

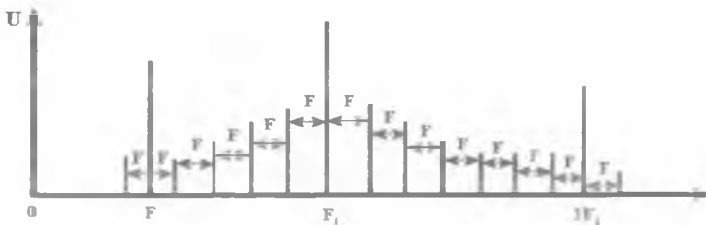
KIMning matematik yozilishi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\tau_k = \tau_u [1 + m_\tau \sin(\Omega t_k + \theta)]$$

bunda  $\tau_k = \tau_u [1 + m_\tau \sin(\Omega t_k + \theta)]$  – impuls davomiyligining modulyatsiya koeffitsienti.

KIM bir tomonlama va ikki tomonlama bo‘lishi mumkin. BKIMda davomiylik impuls yoki orqa, yoki oldingi front hisobiga o‘zgaradi. IKIMda impuls davomiyligining o‘zgarishi bir vaqtda ham orqa, ham oldi front hisobiga amalga oshadi.

KIM spektri quyidagi ko‘rinishga ega (3.8-rasm):



3.8-rasm. KIM signal spektri

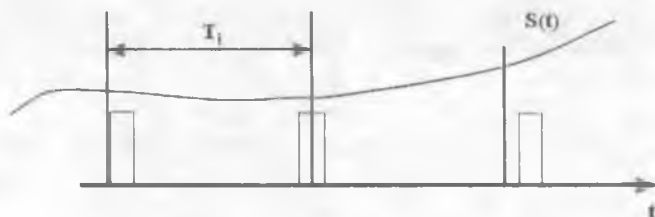
Spektr tahlilidan, u modulyatsiyalovchi tebranishning o‘zgarimas tashkil etuvchisidan, diskretlash chastotasi va uning garmonikalari, garmoniklar  $F$  kattalik oralig‘ida turuvchi sonsiz tashkil etuvchilar bilan o‘ralgan ekanligi ko‘rinib turibdi. Bundan, KIM dan dastlabki  $S(t)$  signalni buzilishsiz tiklash prinsipda mumkin emasligi kelib chiqadi. Lekin  $F_1$  moslashtirib tanlanganda, yon tashkil etuvchilar juda tez kamayishini hisobga olib, KIMni yetarlicha shovqin darajasi bilan bevosita demodulyatsiyalash mumkin.

FIMning matematik yozilishi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\Delta t_k = \Delta t_{\text{maks}} \sin(\Omega t_k + \Theta).$$

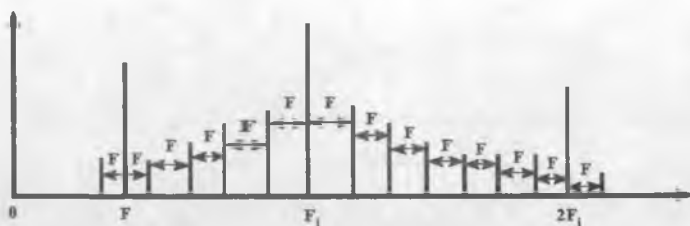
FIMda impuls davomiyligi va amplitudasi o‘z-

garmas bo'lad, impulslarning taktli nuqtaga nisbatan holatlari esa  $S(t)$  qonuniyati bo'yicha o'zgaradi (3.9-rasm):



3.9-rasm. FIMda signal sanoqlarini olish jarayoni

FIM spektri quyidagi ko'shrinishga ega (3.10-rasm):



3.10-rasm. FIM signal spektri

FIM spektri KIM spektrida qanday tashkil etuvchilar bo'lsa, shundaylardan iborat. Farqi tashkil etuvchilarning sathlarida.  $S(t)$  [chastota  $F$ ] tashkil etuvchilarning sathlari KIM va AIMga qaraganda ancha kamdir. Shuning uchun FIM bevosita demodulyatsiyalanmaydi, avval KIM yoki AIMga aylantiriladi.

Ko'rilgan impulslari modulyatsiyalar turlaridan eng xalaqitga bardoshlik xususiyatiga ega FIMdir, shuning uchun u amaliyotda juda ko'p hollarda modulyatsiyaning birlamchi turi sifatida qo'llaniladi. AIM va KIM, qoida sifatida, FIMni olish uchun qo'shimcha tur bo'lib xizmat qiladi.

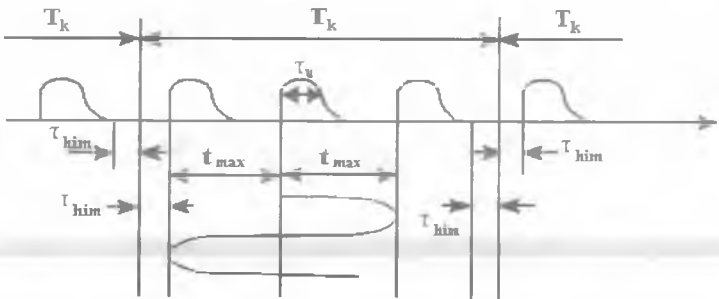
**Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan analog RRS ning xususiyatlari.** Yaqin vaqtlargacha axborotni uzatishning asosiy usuli kanallar chastota bo'yicha ajra-

tilgan (KChA), chastotaviy modulyatsiya (ChM) usuli edi. Ular katta texnik-iqtisodiy samaradorlikka erishgan edi.

Hozirgi vaqtda, asosan, raqamli tizimlar qo'llanilmoqda. KChAli tizimlar 50-yillardan qo'llanila boshlandi. Bu apparatura analog-impulslu edi. Birinchi bosqichda FIM, ikkinchi bosqichda esa AM qo'llanilgan, ya'ni (FIM-AM). Ayrim hollarda (FIM-ChM)  $N \leq 60$  qo'llanilgan. Lekin eng ko'p tarqalgani  $N=28$  li FIM-AM bo'lgan.

Bu turdagi aloqaning keyingi rivojlanishi raqamli RRS bo'ldi. Ular KChAli analog RRSlarning afzalliklarini saqlagan holda, RRS texnikasi uchun katta ahamiyatga ega, umuman yangi sifatlarga ega bo'ldi.

FIMda kanallar soni va egallagan chastotalar polosa-si. FIMli apparaturada KS davomiyligi quyidagi mulohazalardan tanlanadi (3.11-rasm):



3.11-rasm. FIMli apparaturada KS davomiyligi

FIMda KS faza bo'yicha modulyatsiyalangan davomiyligi  $\tau$  bo'lgan impulslu. Faza bo'yicha modulyatsiya  $T_k$  chegarasida amalga oshiriladi. U holda o'rtacha yoriqligi  $q = T_k / \tau_{ga}$  teng, ikki marta ko'paytirilgan maksimal deviatziya  $2t_{maks} = T_k - \tau_i - 2\tau_{zam}$  ga teng, chunki  $\tau_i \approx \tau_{zam}$ ,  $q = 10 \div 15$  bo'lgani uchun, u holda  $2t_{maks} \geq 0,7T_k$ .

$N = 30$  bo'lganda



$$T_{\kappa} = \frac{T_i}{N+2} = \frac{125}{32} = 3,9$$

$$\text{va } \tau_u \approx \tau_{\text{zam}} \approx 0,35 \text{ mks.}$$

Agar  $N$  orttirilsa,  $u$  holda  $\tau_i \approx \tau_{\text{zam}}$  ni kamaytirish zarur, bu esa sinxronizatsiya tizimi aniqligini oshirish va kanallarni ajratish zaruratiga olib keladi. Bu masala prinsipda yechimga ega. Lekin  $\tau_i$  kamaytirilganda radioliniya polosasini kengaytirish va uzatkichning cho'qqi quvvatini  $R_{\text{cho'q}}$  proporsional orttirish zarur, bunda har bir impulsning yig'indi energiyasi  $E$  sonst bo'lib qolishi lozim, ya'ni

$$E = R_{\text{cho'q}} \tau_i = \text{sonst.}$$

Bu shart bajarilganda talab qilingan xalaqitdan himoyalanganlik saqlanib qoladi.

Shu bilan birga impuls davomiyligi kamaytirilganda  $R_{\text{cho'q}}$  ni orttirish uzatkichni juda murakkablashtiradi.

KChAli RRSning keyingi kamchiligi bitta stvol egallaydigan chastotalar polosasidan foydalanish samarasining pastligidir. Bu FIM-AMli RRSda, qo'shni kanallar bilan aloqani kamaytirish va shovqinlar ta'sirini pasaytirish uchun, radioimpulslar og'ib o'tuvchi frontini tikka qilib olishga intilish bilan bog'liq. Chegarraviy holatda bu to'g'ri burchakli impulslardir. Ular uchun, ma'lumki, spektr tashkil etuvchilarining intensivligi  $\Delta f$  farqlanishi ortishi bilan  $1/\Delta f$  ga proporsional holda juda sekinlik bilan pasayadi. Bu holda polosadan tashqaridagi tashkil etuvchilarni O'YuCh filtrlari bilan bostirish amalga oshiriladi. Natijada uzatkich chiqishidagi signal polosasi qabullagich o'tkazish polosasidan anchagina keng bo'lib qoladi, chunki qabullagichda filtratsiya oraliq chastota bo'yicha amalga oshiriladi.

Masalan, davomiyligi  $\tau_i$  bo'lgan impulsni optimal qabullashda, zaruriy polosa quyidagiga teng:

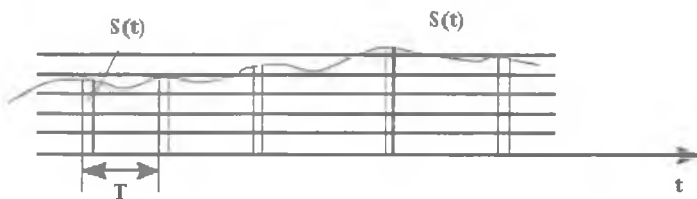
$$P_r = 1/\tau_i \text{ yoki } \tau_i = 0,35 \text{ mks, } P_{pr} = 2,8 \text{ MGts.}$$

Shu bilan birga KChA stvolida uzatkich chiqishida mavjud polosadan tashqaridagi tashkil etuvchilar stvollar orasidagi chastotaviy intervalni 30–40 MGts kam tanlash imkonini bermaydi, ya'ni kanalga 1 MGts ga yaqin, KChAda 15÷20 kGts interval sarflanadi. Agar modulyatsiyaning raqamli usullariga o'tilsa, bu kamchilik bartaraf etiladi.

### 3.2. Signallarni raqamli taqdim etilishi

Impulsi turdagi modulyatsiyalarning keyingi rivojlanishi raqamli turlardir. Ularda diskretlangan signal sath bo'yicha kvantlanadi va kodlanadi. Qabul tomonida teskari operatsiya – dekodlash bajariladi.

Diskret sanoqlami kvantlash jarayoni quyidagicha,  $S(t)$  signal barcha diapazoni ma'lum qadam bilan ruxsat berilgan  $Q$  darajaga (sathga) bo'linadi. So'ngra  $S(t)$  signal sanoqlarining oniy qiymatlari eng yaqin ruxsat berilgan  $S(t)$  sathgacha yiriklashtiriladi. Shunday tarzda olingan signal kvantlangan AIM (KAIM) deb ataladi. Bu signal ideal uzatishda  $S(t)$  dan bir muncha farqlanadi. Bu farq kvantlash shovqini deb ataladi.  $Q$  ko'paytirilsa yoki kamaytirilsa kvantlash shovqini darajasi pasayadi. Bu shovqinlarning mavjudligi raqamli uzatish usullarining kamchiligidir, lekin u uzatishda yangi imkoniyatlarni ochib beradi. Xususan, qabulda ruxsat berilgan sathlarning barcha shkalasini bilgandan so'ng, agar signal sathi  $0,5\Delta$  dan kam bo'lsa, signalni tashqi shovqinlardan tozalash mumkin (3.12-rasm):



3.12-rasm. AIM signalni kvantlash

Agar aloqa liniyasi katta uzunlikka ega bo'lsa, u holda bunga o'xshash signalni tozalashni (regeneratsiyani) bir necha marta takrorlash mumkin, ya'ni signalni shovqindan davriy tozalash mumkin. Bu imkoniyat raqamli uzatish usullarining eng katta afzalligidir. KAIMni bevosita liniyaga uzatish sezilarli yutuq bermaydi, chunki  $Q=256$  bo'lganda, birinchidan, regeneratsiya qiyinlashadi, ikkinchidan, signal faqat sathi  $0,5\Delta$  ko'p bo'lmagan shovqindan tozalanadi. Shuning uchun KAIM signal kodlanadi, ya'ni gradatsiya sathlari soni ancha kam bo'lgan signallarga o'zgartiriladi. Eng kam gradatsiya sathlari soniga binar signal ega. Masalan, amplitudasi ruxsat berilgan faqat ikkita qiymatlarni  $+U_{maks}$  va  $-U_{maks}$  qabul qiluvchi videoimpuls, yoki ular 1 yoki 0 sifatida belgilanadi. Bu holda regeneratorda  $U_{maks}$  dan kam bo'lgan, ya'ni  $E_{sh} < U_{maks}$  shovqindan qutilish mumkin.

**Kodlash va dekodlash.** Juda ko'p hollarda kodlash natijasida binar signal hosil qilinadi. Bu holda har bir sanoqqa mos ravishda standart binar signallarning to'plami – kodlar guruhi belgilanadi. Masalan, uchta binar signallar guruhiga ega bo'laylik. Uning turli holatlari soni  $2^3=8$  ga teng bo'ladi. Demak, bu guruh bo'yicha  $Q=8$  li signalni uzatish mumkin (3.1-jadval).

### O'qli tizimni ikkilik tizimga o'zgartirish

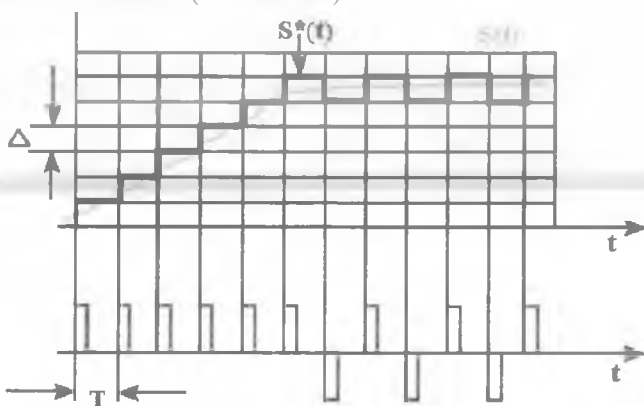
3.1-jadval.

111	1
110	2
100	3
000	4
011	5
001	6
010	7
101	8

Agar guruh  $m$  impulslardan iborat bo'lsa, u holda  $Q=2^m$ , bunda  $m$  ni kod razryadi deb atashadi. Tashuvchi sifatida istalgan signallar bo'lishi mumkin, eng asosiy joyi, ular 2 xolatga ega bo'lishlari lozim.

Qabulda teskari o'zgartirish amalga oshiriladi, ya'ni har bir kod kombinatsiyasiga mos holda o'zining ruxsat berilgan sathi (dekodlash) belgilanadi. Kod kombinatsiyalari mazkur kanal KSGa ajratilgan vaqtda uzatiladi. Masalan,  $Q=128$  (telefon signali uchun  $m=7$ ) bo'lganda, ya'ni AIM yoki FIMdagi bitta impuls o'rniga, raqamli tizimda 7 impuls uzatish lozim. Demak, raqamli tizimning polosasi kengroq, ya'ni ajratilgan polosaga nisbatan samarasiz foydalaniladi. Lekin o'tkazish qobiliyatini yo'qotish hisobiga xalaqitga bardoshlikda va mikrosxemalar qo'llanilganda mikrominiaturizatsiyalash imkoniyatida yutuqqa ega bo'lindi.

**Delta-modulyatsiya.** Talab qilingan chastotalar polosasini (bitta sanoqni uzatish uchun kerak bo'ladigan impulslar soni) qisqartirish imkoniyatini beradigan usullardan biri delta o'zgartirishdir, uni deltamodulyatsiya (DM) deb aytishadi. Bu tizimda kanal bo'yicha sanoqning haqiqiy qiymati emas, balki har bir keyingi sanoqni avvalgisiga nisbatan o'zgarish haqida axborot uzatiladi (3.13-rasm):



3.13-rasm. DMni shakllantirish jarayoni

Delta-modulyatsiyaning kamchiligi bu mumkin bo'ladigan ortiqcha yuklanishlar va bitta simvolning xatoligi bu holatdagi xatoliklarni ko'payib ketishiga olib kelishidir.

**Raqamli tizimlar iyerarxiyasi.** Raqamli aloqa tizim-larida telefon kanali 8 kGts chastota bilan diskretlanadi va 8 razryadlar bilan kodlanadi, ya'ni  $Q = 256$  va  $m = 8$  bo'ladi. Natijada uzatish tezligi 64 kbit/s ni tashkil etadi va slot DS0 deb belgilanadi.

Hozirgi paytda dunyoda raqamli tizimlarning ma'lumotlar uzatish birinchi tartibli ikkita standarti mavjud – T1 va E1. Bell laboratoriyasi ishlab chiqqan T1 tizimi, asosan, AQSH, Kanada, Tayvan, Yamayka va ayrim boshqa mamlakatlarda ishlatiladi. Shimoliy Amerikada T1 tizimi xizmatlari provayderlari ko'p hollarda foydalanuvchilarni o'zlarining tarmoqlariga ulanishida tayanch nuqta sifatida DS1 signallarini interfeyslar sifatida qo'llashadi. Foydalanuvchilar orasida ulanish holatida DSX1 termini qo'llanadi, u foydalanuvchilar orasidagi kross-kommutatsiya nuqtasidagi DS1 signallarni tavsiflaydi, shunday qilib, aytish mumkinki DSX1 T1 tizimning fizik interfeysidir.

T1 oqim 24 ta vaqtli DS0 (64 kbit/s) slotlardan iborat bo'lib,  $24 \times 64 \text{ kbit/s} = 1536000 \text{ bit/s}$  (1536 kbit/s) li umumiy o'tkazish qobiliyatini ta'minlaydi. Boshqa 8000 bit/s siklli sinxronizatsiya bitlarini uzatish uchun foydalaniladi. 24 ta DS0 kanallarining umumiy o'tkazish qobiliyatini siklli sinxronizatsiyaning 8 kbit/s tezligi bilan qo'shib, T1 tizimning umumiy tezligini 1544 kbit/s hosil qiladi.

T1 standarti asosiy raqamli signal darajasi 64 kbit/s (DS0)dan boshlanadi va DS4 darajasiga yetib boradi (3.2-jadval).

### **T1 standartining raqamli tizimlar iyerarxiyasi**

*3.2-jadval*

<b>Nomi</b>	<b>Tezlik</b>
DS0	64 kbit/s
DS1	1.544 Mbit/s
DS1C	3.152 Mbit/s
DS2	6.312 Mbit/s
DS3	44.736 Mbit/s
DS4	274.176 Mbit/s

Yaponiyada ma'lumotlar uzatish tezliklarining asosiy formati (3.3-jadval) shimoliy amerikalik ANSI formatiga o'xshash va J1 deb ataladi. Lekin Yaponiyada qo'llanadigan liniyaviy kodlash Shimoliy amerikalik liniyaviy kodlashdan farqlanadi. Impulslarni uzatish uchun qo'llanadigan 50% vaqtli interval o'rniga, impulslar biridan keyin biri uzluksiz uzatiladi, unda har bir impulsdan keyin kuchlanish qiymati inversiyalanadi. Shunday qilib, impulslar orasida olingan oraliqlar ham faqat impuls davrining o'rtasida uzatish uchun qo'llanadi. Bu sinxronizatsiya signalini uzatish uchun, hatto nollar va birlarning juda uzun ketma-ketligini uzatishda ham doimiy imkoniyat mavjudligini ta'minladi.

### J1 formatdagi raqamli tizimlar iyerarxiyasi

3.3-jadval.

Nomi	Bitli tezlik (Mbit/s)	Tovush kanallarining soni
DS1	1.544	24
DS2	6.132	96
DS3	32.064	480
DS4	97.728	1.440
DS5	400.352	5.760

Ko'pchilik mamlakatlar esa yevropalik ma'muriy organ European Conference of Postal and Telecommunications Administration (CEPT) tomonidan ishlab chiqilgan E1 tizimidan foydalanishadi.

CEPT raqamli iyerarxiyada ham bazaviy sath 64 kbit/s tezlikdagi DS0dir (3.4-jadval). Telekommunikatsiya operatorlari va xizmatlar provayderlaridan bu signallar odatda o'ralgan juft yoki koaksial kabel orqali yetkaziladi.

Bitta E1 oqimda  $30 \times 64 \text{ kbit/s} = 1920000 \text{ bit/s}$  (1920 kbit/s) umumiy o'tkazish polosasini ta'minlaydigan 30 ta vaqtli slotlar DS0 (64 kbit/s) mavjud. Bitta vaqtli in-

terval 64 kbit/s (TS0) siklli sinxronizatsiya uchun, yana bitta vaqtli interval 64 kbit/s (TS16) xizmat axborotini (tovushli kanal) uzatish uchun mo'ljallangan.

30 DS0 kanallarining umumiy o'tkazish qobiliyatini, siklli sinxronizatsiya va signalli axborot bitlarining yig'indisi ma'lumotlar uzatish yakuniy tezligini E1 2048 kbit/s beradi.

### E1 standartining raqamli tizimlar iyerarxiyasi:

3.4-jadval.

Nomi	Tezlik
DS0	64 kbit/s
E1	2.048 Mbit/s
E2	8.448 Mbit/s
E3	34.368 Mbit/s
E4	139.264 Mbit/s
E5	565.148 Mbit/s

### 3.3. Radioaloqa tizimlarida ko'plab foydalana olish usullari

Ko'plab foydalana (kira) olish tushunchasi mazkur tizimda ajratilgan, chastotaviy-vaqtli resurs doirasida ko'plab foydalannuvchilarning parallel ishlash imkoniyati bo'yicha tadbirlar to'plami nazarda tutiladi. Har bir abonent qandaydir fizik kanal bilan tenglashtirilganda, ko'plab kira olishning konkret texnologiyasi, cheklangan chastotaviy-vaqtli resursni kanallar orasida taqsimlash usuli deb aytish mumkin.

$S(t)$  signal bo'lib, uning yordamida  $i$ -nchi aloqa kanali realizatsiyalansin, ( $i = 1, 2, \dots, k$ ), bunda  $k$  – tizimdagi kanallarining to'liq soni. Tarqalish fizik muhitining chiziqli modeliga tayangan holda, ushbu kontekstda e'tiborga molik bo'lmagan ko'p nurlilik samarasini inkor etib va yo'lovchi shovqinni  $n(t)$  additiv deb hisoblab, qabul tomonda kuzatilayotgan tebranishni tarqalish trassasidagi  $t$ -chi signalni mos

soʻnishi va kechikishi shaklida tasvirlash mumkin. Qabul tomonining vazifasi konkret abonentning xabarini ajratishdan iboratdir, bu holda tashqi signallar xalaqit qiluvchilar roliga ishtirok etadi.

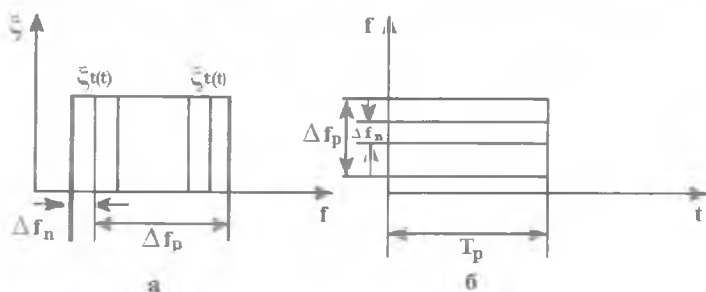
Maʼlumki, super pozitsiyalangan signallarning istalgan komponentini chiziqli seleksiyalashda, boshqa komponentlarning taʼsirini bartaraf etish uchun, barcha signallarning chiziqli bogʻlanmagan boʻlishi zarur va yetarlidir. Ortogonal signallar, chiziqli bogʻlanmagan boʻlishi sababli, odatiy korrelyatsion qabullagichda oʻzaro xalaqsiz ajratiladi.

Kanal signallarining ortogonalligi ularni chastotaviy yoki vaqtli ajratish, yoki loyiq kodlash hisobiga taʼminlanishi mumkin. Shunga mos ravishda koʻplab kira olish usullarining klassifikatsiyasi ham oʻrnatilgan.

Barcha radioaloqa tizimlari ikkita umumiy kategoriyaga ajratiladi: analog va raqamli. Bunda qoida sifatida, koʻp stansiyali kira olishning uchta asosiy usullari qoʻllaniladi: CHAKK (FDMA), VAKK (TDMA) va KAKK (CDMA).

Kanallar chastota boʻyicha ajratilgan koʻplab kirish olish (CHAKK).

Koʻp stansiyali kira olishning mazkur texnologiyasi kirish osonligi va realizatsiyalash soddaligi sababli dastlab analog aloqa tizimlarida qoʻllanildi. CHAKK



3. 14-rasm. Kanal signallarining spektrlari (a) va chastotaviy-vaqtli resursning abonentlar orasida taqsimlanishi (b)



(FDMA) tizimlari quyidagicha tuziladi, aloqa seansi vaqtiga har bir abonentga, aktiv abonentlarga taqdim etilgan kanallarning birontasi bilan mos kelmaydigan, tizim umumiy chastotalar diapazoni  $\Delta f$  doirasida,  $\Delta f_p$  polosali chastotaviy kanal ajratiladi. Bunda kanal signallarining spektrlari bir – birini qoplamaydi (3.14a-rasm), shu bilan ortogonallik shartini bajarish ta'minlanadi:

3.14b-rasm-dagi tomonlari  $\Delta f$  va  $T_r$  bo'lgan to'rt-burchak tizimning umumiy chastotaviy-vaqtli resursini xarakterlaydi. CHAKKda bu umumiy resurs  $k$  (abonentlar soni bo'yicha) gorizontallik bo'laklarga "kesiladi", bo'laklarning har biri barcha yetishish mumkin bo'lgan vaqtli resursni egallaydi va faqat chastotaviy resursining  $k - n$ chi qismini egallaydi. Shunday qilib, tizimdagi abonent kanallari, efrdagi radiostansiyalarga o'xshash holda chastota bo'yicha ajratilgan.

CHAKK usuli barcha analog radioaloqa tizimlarida qo'llaniladi, ular uchun abonent kanalining polosa kengligi  $\Delta f_p = 10 \dots 30$  kGts tashkil etadi. Masalan, AMPS sotali standartida tizimga ajratilgan chastotaviy resurs ikkita uchastkani aks ettiradi: 869...894 MGts diapazonida axborotni BTSdan MSga (to'g'ridan to'g'ri kanal) uzatish uchun va 824...849 MGts diapazonida axborotni teskari yo'nalishda (teskari kanal) uzatish uchun mo'ljallangan. Shunday qilib, chastota bo'yicha dupleksli ajratish 45 MGtsni tashkil etadi. Har bir chastotaviy kanalga  $\Delta f_p = 30$  kGts polosa ajratiladi, shuning uchun himoya intervallarini hisobga olganda ajratilgan diapazonda 832 kanal joylashadi va ularga 1 dan 799 gacha va 991 dan 1023 gacha raqam beriladi.

To'g'ridan to'g'ri (downlink) va teskari (uplink) kanallar, spektr bo'yicha ajratilganligi sababli kanallarning bir-biriga ta'sirini, faqat nazariy jihatdan to'liq oldini oladi. Amaliyotda esa kanallar orasida (tizimlar ichida) paydo bo'ladigan xalaqitlardan xoli

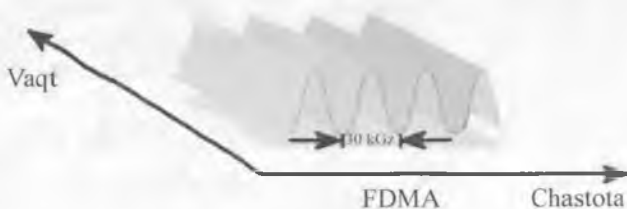
bo'lish mumkin emas, masalan, qabullagichdagi ajratuvchi filtrlar noidealligi sababli, bitta kanal energiyasining bir qismi qo'shni kanalga o'tadi. Kanallar orasidagi xalaqitlar ta'sirini signallar manipulyatsiyasini («polosadan tashqari» nurlanishni kamaytirish) va filtrlarni (qo'shni kanalda bostirishni yaxshilash) mos holda tanlash orqali kamaytirish mumkin. O'zaro xalaqitlar darajasini pasaytirishning yana bitta usuli chastotaviy kanallar orasida himoya intervallarini kiritishdir, bu esa, aloqa uchun foydalaniladigan chastotalar polosasini kamayishiga, yani spektrdan foydalanish samaradorligi pasayishiga olib keladi.

Takidlash joizki, dupleksli aloqada ikkita  $\Delta f$  polosadan foydalaniladi – bittasi to'g'ridan to'g'ri, boshqasi esa teskari kanallar uchun qo'llanadi.

CHAKK (FDMA)ning asosiy afzalligi – ajratilgan o'tkazish polosasidan abonent to'liq foydalanishidir. Kamchiligi bitta abonentga hisoblaganda chastotaviy va energetik resurslardan foydalanish samarasining pastligidir. Bundan tashqari, qoida sifatida belgilash lozimki, analog standartlarga, xalaqitlardan past himoyalanganlik, muhit landshafti, binolar ta'siri yoki abonentlar harakati sababli signallar tinishi, shuningdek, efrida abonent kanallarini eshitishga qarshi (ko'p hollarda uning to'liq bo'lmasligi) samarali kurashish usullarining yo'qligi mansubdir. Bundan quyidagi kelib chiqadi: **signal shovqin nisbatining zaruriy yuqori qiymati yuqoriligi – 15 dB gacha** (GSM raqamli sotali tizimda-9 va CDMA hatto 3 ~ 5), bu katta quvvatli uzatkichdan foydalanishni taqozo etadi va qayta ishlangan UQT-CHMda tizimning istalgan radiotelefon kanalini qabul qilish imkoniyatini beradi. Analog tarmoqlarda qo'shirmcha xizmatlar to'plami, raqamli tarmoqlarga nisbatan ancha kamdir. FDMA dan foydalanuvchi, analog standartli, sotali tizimlar to'plamiga NMT va **AMPS kiradi.**

3.15-rasmda 4 ta abonentlar orasida ajratilgan chas-

totaviy diapazonni taqsimlanishiga misol keltirilgan. Har bir abonentga 30 kGts kenglikdagi polosa berilgan.



### 1-abonent. Tor polosali kanal

3.15-rasm. Chastotaviy diapazonni abonentlar orasida taqsimlanishi

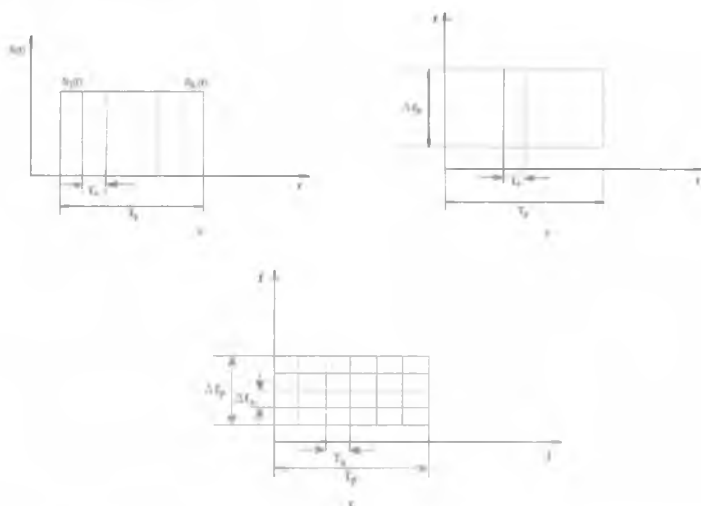
**Kanallar vaqt bo'yicha ajratilgan ko'plab kirish olish (VAKK) (TDMA).** VAKK an'anaviy tushunishda quyidagichadir, tizim har bir abonentiga aloqa seansi vaqtda, boshqa aktiv abonentlarga taqdim etilgan intervallarning birontasi bilan mos kelmaydigan, tizim umumiy vaqt resurslari doirasida  $T_r$  (tizim sikli yoki kadri  $T_i$ ),  $T_0$  vaqtli interval (yoki vaqtli kanal  $T_k$ ) ajratiladi. Shunday qilib, xar bir kanal signali o'zining individual oynasida boshqalarni qoplamasdan joylashadi (3.16a-rasm).

Shu bilan birga abonentlar signalining spektrlari barcha ajratilgan chastotalar polosasini  $\Delta f$  egallashlari va to'liq qoplanishlari mumkin. O'xshash resurs taqsimlanishining illyustratsiyasi bo'lib, 3.16v-rasm xizmat qilishi mumkin, undan yig'indi chastotaviy-vaqtli resurs  $k$  vertikal polosalar ko'rinishida "kesilgan", ulardan har biri barcha yetishishli chastotaviy diapazonni va ajratilgan vaqtning faqat  $K$ -nchi ( $T_k$ ) qismini band etganligi ko'rinib turibdi.

Har bir abonent traktga  $T_i$  davrda davriy holda ulanadi va guruhli traktga o'zining kanal signalini (KS) yuboradi. KSning davromiyligi  $T_k < T_i$  bo'lishi kerak. Nta abonentlar uchun  $T_k \leq T_i/N$  bo'ladi va  $N$  qancha ko'p bo'lsa, KS shuncha kam (qisqa) bo'ladi.

Shunday qilib, uzatishda uzluksiz signallar impulsli, vaqt bo‘yicha diskretlangan KSga aylantirilishi kerak. Ular ortogonaldirlar, shuning uchun qabulda ularni sinxron kommutatsiya tizimi yordamida ajratish mumkin, bu FDMA dan asosiy farqlanishini – sinxronizatsiya zarurligini ko‘rsatadi.

Qabulda taqsimlanishdan keyin har bir KS bo‘yicha dastlabki axborotni tiklashadi, ya’ni interpolyatsiya amalga oshiriladi.



3.16-rasm. Kanal signallarining vaqt bo‘yicha joylashishi (a), chastotaviy-vaqtli resursni abonentlar orasida taqsimlanishi (b) va chastotaviy va vaqtli ajratishning KChKK / KVKK kombinatsiyasi (g)

KS shakli turlicha bo‘lishi mumkin, ko‘p hollarda qo‘ng‘iroqsimon impulslar qo‘llaniladi, chunki ularni shakllantirish oson.

Idealda vaqt bo‘yicha kanal signallarining mos tushmasligi ularning ortogonalligini ta’minlaydi, demak, ularning bir-biriga bo‘lgan ta’sirini yo‘q qiladi. Real holatda tizim polosasining cheklanganligi, avvalgi kanallar signallarining o‘tish jarayonlari keyingilari paydo bo‘lishigacha tamomlanmaydi va bir-birlari bilan

qo‘shilishib, kesishuvchi (kanallararo) xalaqitlar paydo qiladi. Qo‘shni kanallarning ta‘sirini, ya‘ni kanallararo xalaqitlar sathini kamaytirish, himoyalovchi vaqtli intervallarni kiritish yo‘li bilan amalga oshiriladi, bu esa o‘z navbatida, axborot uzatish davrida diapazonni kamayishiga olib keladi, ya‘ni uzatish tezligi amalda pasayadi.

Sotali aloqa tizimlarida samaradorlikni oshirish maqsadida tor polosali TDMA (NB TDMA yoki MC/TDMA) – birlashtirilgan (qo‘shma) FDMA va TDMA qo‘llaniladi. Bunda ajratilgan chastotaviy diapazon FDMAGA o‘xshash holda, etuvchi bilan alohida polosalarga bo‘linadi. So‘ngra har bir chastotaviy polosa doirasida abonentlarni vaqtli ajratish amalga oshiriladi. Qoida sifatida, ushbu usul raqamli mobil tizimlarda (GSM, D-AMPS) qo‘llanadi. 3.17-rasmda ajratilgan chastotaviy diapazonni 4 ta quyi elituvchiga ajratishga misol keltirilgan, bunda har bir polosa doirasida maksimum 4 ta abonentga bir vaqtda aloqa taqdim qilinadi. Shunday qilib, tor polosali TDMA qo‘llanilganda, FDMAGA nisbatan, shu chastotaviy diapazonda 4 marta ko‘p abonentlar ishlashi mumkin. Shu sababli TDMA qo‘llanilgan tarmoqlar sig‘imi, FDMAGA nisbatan o‘rtacha 3-6 marta katta bo‘ladi.



3.17-rasm. Kombinatsiyalangan ko‘p to‘plamli kirish

TDMA kamchiliklariga sinxronizatsiya buzilishiga sezgirlikni ko‘rsatish mumkin. Sinxronizatsiyaga ega bo‘lmagan analog standartlarda, amaliyotda sota

radiusi 35–40 kmni tashkil etadi, uni 60 yoki hatto 80 kmgacha (nazariyada), radioaloqa prinsipiga – “baland qichqirsang – uzoqqa eshitiladi” mos holda oshirish mumkin, ya’ni uzatkichning chiqish quvvatini oshirish lozim bo’ladi. TDMA texnologiyalarida realizatsiyalangan raqamli standartlarda esa, kechikish absolyut vaqtini kompensatsiyalash tizimi 250 mks gacha intervalda ishlashga qodirdir, bu esa raqamli sotali tizimlarda sotaning maksimal radiusi 35 kmga teng bo’lishiga mos keladi.

Kanallar kodli ajratilgan ko‘plab kirish olish (KAKK) (CDMA – **Code Division Multiple Access**). KAKK asosida, an’anaviy tor polosali tizimlar uchun xarakterli bo’lgan xabar uzatish polosasiga nisbatan ongli va ko‘p martali kengaytirishni nazarda tutuvchi, axborot uzatish tizimlarini keng polosali (spread spectrum) qurish g‘oyasiga yo‘naltirilganlik yotadi.

Bu usulning nazariyasi 1935-yildayoq ishlab chiqilgan edi, lekin uning amaliy qo‘llanishi ancha keyin mumkin bo’ldi, FDMA va TDMA. Uni realizatsiyalashda aloqa tizimi uchun ajratilgan **diapazonning ruxsat berilgan barcha kengligidan hamma abonentlar doimiy foydalanadilar.**

**Mazkur texnologiyaning asosi, qoida sifatida, trafik kanallarini Uolsh funksiyalari yordamida ortogonal ajratishdir.** Ulardan hammasi bo’lib 64 tasi aniqlangan.

Shunday qilib, sotali aloqaning bitta bazaviy stansiyasi nazariy 64 abonentning ishlashini tashkil qilish imkoniyatini beradi. Lekin xalaqitlar ta’sir kuchi, shuningdek, “**soft handover**” – “*yumshoq*” *uyalar orasida qayta ulanish* (umuman CDMA usulining afzalliklaridan biri), **amaliyotda qaydlangan aloqa uchun 45 gacha, harakatdagi aloqa uchun 25 gacha** abonentning ishlashini tashkil qiladi.

CDMA, shuningdek, TDMA ni qo‘llaydigan sotali aloqa tizimlari *sinxronizatsiyaga muhtojdirlar*. Lekin bunda, sinxronizatsiyalovchi zveno sifatida Global Po-

zitsionirlash Tizimi (GPS) chiqadi. CDMA prinsipida qurilgan aloqa tizimlarining afzalligi, **boshqa usullarni** qo'llaganda samarali ishlash uchun zarur bo'ladigan, **chastota viy rejalashtirishning mavjud emasligi**. Bundan tashqari, signal va shovqin nisbatining pastligi (idealda **3–5 dB**) va CDMA (shovqinga o'xshash signallardan foydalanish) ni realizatsiyalash prinsipining o'zi, boshqa standartlardan 2–3 daraja past nurlanish quvvatli uzatkichlardan foydalanish imkonini beradi, bunda quvvat atigi **10 mVt va kam bo'lishi mumkin**. TDMA dan farqli o'laroq CDMA bazasidagi tizimlarning xizmat ko'rsatish zonasi, asosan, abonent stansiyasining quvvatiga bog'liq. Mazkur texnologiya bazasidagi tarmoqning sig'imi TDMA ga qaraganda o'rtacha 5 marta ko'p, FDMA dan –10 martadan ortiq. Buni qurishda TDMA texnologiya bazasidagi tarmoq qoplaydigan hududni qoplash uchun taxminan **40% ga kamroq** bazaviy stansiyalar kerak bo'ladi. CDMA usulini realizatsiyalash birlamchi signal (abonent tovushi) bazasini suniy ravishda kengaytirishdir, u ikkita asosiy usullarning biri bo'yicha realizatsiyalanadi:

– bevosita kengaytirish – direct sequence spread spectrum (DSSS);

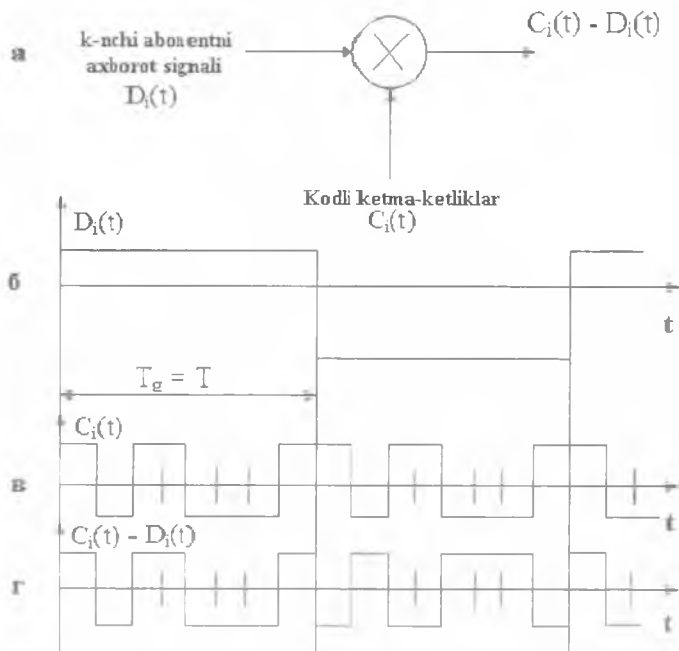
– eltuvchi chastotani sakrashsimon o'zgartirish – frequency hop spread spectrum (FHSS).

Birinchi variantda axborot xabari psevdoto tasodifiy ketma-ketlikni (PTK) manipulyatsiyalaydi, PTK davomiyligi  $T$  bo'lgan elementlardan (chiplardan) tashkil topadi, chip davomiyligi uzatilayotgan axborot biti yoki simboli davomiyligiga  $T$  nisbatan bir necha marta ( $N$  marta) kamdir.

$N$  kattalik birlamchi xabar polosasiga nisbatan polosani kengaytirilish darajasini xarakterlaydi va shuning uchun spektrni kengaytirish koeffitsienti deyiladi (ingliz tilli matnlarida – spreading factor ili processing gain).

PTK  $c(t)$ ni uzatilayotgan ma'lumotlar oqimi  $D(t)$

bilan manipulyatsiyasi odatda ularni oddiy ko'paytirish orqali amalga oshiriladi (3.18a-rasm):



3.18-rasm. Ikkilik uzatish va binarli PTK uchun spektrni bevosita kengaytirish protsedurasi

3.18 b-g – rasm ikkilik uzatish va binar PTK misoli uchun bevosita kengaytirish protsedurasining tarkibini illyustratsiyalaydi. 3.18v – rasmda davriy binar PTK ko'rsatilgan, uning davri  $N = 8$  chipdan iborat bo'lib, xabar bitta yuborilmasi davomiyligiga mos keladi (umumiy holda, PTK davri ixtiyoriy, xususan, axborot yuborilmasi davomiyligidan ancha katta, bundan tashqari, PTK aperiodik bo'lishi mumkin). Bevosita kengayish natijasi yaqqoldir (3.18g – rasm), agar axborotli yuborilma nolli bit ( $D(t)$  musbat qutbli, 3.18b – rasm) bo'lsa, ko'paytirgich chiqishida PTKning dastlabki versiyasi mavjud bo'ladi. Qiymati 1 bo'lgan



yuborilma uzatilsa, PTKning qutibi qarama-qarshiga o'zgaradi. Ko'paytirgichdan keyin signal eltuvchining standart modulyatoriga (BFM, KFM va h.k.) beriladi.

Ko'rib turganimizdek, spektrni bevosita kengaytirish protsedurasi, uzatilayotgan bitlarning 0 va 1 qiymatlariga mos qarama-qarshi signallarni qoldirgan holda, Gauss kanalida ikkilik uzatishning xalaqitga bardoshligini pasaytirmaydi.

Spektrni kengaytirish ikkinchi usulidan foydalanilganda axborot xabarining har bir simvoli, ma'lum ketma-ketlik bilan berilgan, diskret chastotalar to'plami yordamida uzatilishi lozim.

Mavjud va istiqbolga ishlab chiqilayotgan mobil aloqa tizimlarida, ko'p hollarda spektrni bevosita kengaytirish qo'llanmoqda, ular yoki sinxron, yoki asinxron variantda amalga oshirilmoqda. DSSS bu ikkita modifikatsiyasidagi farqlar ancha katta. Birinchisi quyidagi holda qo'llanishi mumkin: o'zaro barcha individual adresli ketma-ketliklarni (signaturalarni) o'zaro sinxronlash mumkin bo'lsa, qabul tomonda turli abonentlarning signallari o'zaro vaqtli siljishga ega bo'lishlari kerak emas. O'xshash vaziyat mobil aloqa tizimining "pastga" liniyasi uchun xarakterlidir, ((BTS) bazaviy stansiyasidan mobil (MS)ga), chunki turli MSlarga qat'iy bir vaqtda yuborilgan BTSning signallari, alohida MSga bitta trassa bo'yicha, ya'ni kechikishsiz keladi.

"Yuqoriga" liniyada BTSqabul qiladigan, turli MS signallari sinxronizmini ta'minlash, nazariy jihatdan inkor etilmasada, sota chegarasida MS ni BTS ga nisbatan tasodifiy joylashishi sababli, yetarlicha murakkabdir va hamma vaqt ham texnologik oqlanmaydi. O'xshash vaziyatlar uchun individual abonentlar signaturalarini vaqtli o'zaro bog'lanishini faraz qilmaydigan, DSSS asinxron versiyani qo'llash xarakterlidir.

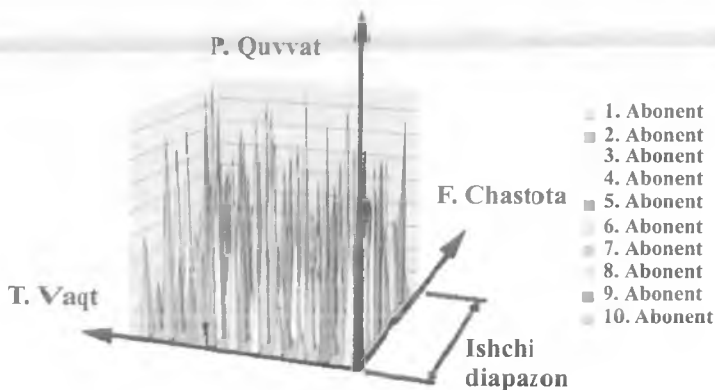
Uzatishda, yuqorida ko'rsatilganidek, axborot signali bazasini kengayishi amalga oshadi, u barcha ishchi

diapazon bo'yicha xuddi "chopayotgandek" bo'ladi. Tor polosali TDMA dan farqli holda, kodli ajratish nafaqat chastotali va vaqtli ajratilishni, shuningdek, signalni oniy quvvat bo'yicha ajratilishini (3.19-rasm) hisobga oladi. Demak, oniy chastota, vaqt va quvvat kodning tarkibiy elementlari sifatida ishtirok etadi.

Qabulda esa abonentda kod yordamida barcha diapazonda signal "o'ramasi" amalga oshiriladi, bunda boshqa korrespondentlarning signallari "ochilgan" bo'lib qoladi va qabullagich uchun xalaqitning ideal ko'rinishi – oq *gauss shovqini (OGSH)* bo'lib qoladi.

Mazkur texnologiyani bitta xonada turli tillarda so'zlashayotgan bir nechta odamlar juftliklari sifatida illyustratsiyalash mumkin. Ular faqat bir-birlari bilan muloqotda bo'lishadi va boshqalar bilan qiziqishmaydi. Agar har bir juftlik faqat bitta tilni bilsa va undan foydalansa, boshqa barcha tillar esa turlicha, u holda xonadagi havo ularning tillari uchun "eltuvchi" bo'ladi. O'xshashlik shundan iboratki, xonadagi havo keng polosali kanaldir, tillar esa kod turlaridir. Shunday qilib, masalan, ispan tilida gapiradiganlar, ispan tilidan boshqa tilni eshitmaydi ham, tinglamaydi ham.

Juftliklar sonini, umumiy fon muloqot imkoniyatini



3.19-rasm. CDMA signalining energetik spektri

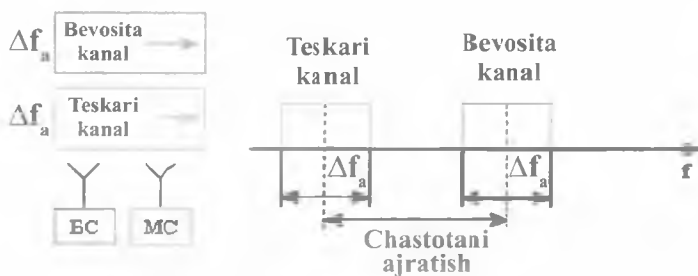
cheklashiga qadar, orttirib borishi mumkin. Barcha abonentlar signallari quvvatini rostlab, u ma'lum qiyamatdan oshmasligi zarur, nutq yuqori sifatini saqlagan holda, ko'pgina sondagi odamlarni aloqa bilan ta'minlash mumkin.

Foydalanuvchilarning maksimal soni yoki trafikning kanallari har bir kanaldan foydalanish intensivligiga bog'liq va aniqlangan emas. Bu "yumshoq ortiqcha yuklanish" (**soft overload**) konsepsiyasida aks ettirilgan, unga mos ravishda qo'shimcha abonent boshqa abonentlar uchun xalaqitlar bir muncha ortishi hisobiga kira olishi mumkin. Natijada CDMA standartini realizatsiyalashda tarmoq ishlab chiqilishida xalaqitlar umumiy sathini minimumga olib kelish lozim, chunki boshqa abonentlar va bazaviy stansiyalar yaratayotgan xalaqitlar bilan birga, ular o'tkazish qobiliyatining yuqorigi chegarasini aniqlovchi omildir.

KAKKni CHAKK va VAKK nisbatan afzalliklarini shartli ravishda ikkita guruhga ajratish mumkin. Ulardan birinchisini istalgan keng polosali (spread spectrum) tizimlarni farqlaydigan belgilar – bir joyga jamlangan va keng polosali xalaqitlarga (jumladan, qasddan) yuqori bardoshlik, ko'p nurli tarqalish sharoitlarida samarali ishlash imkoniyati, kriptohimoyadan foydalana olish katta diapazoni, chastotaviy-vaqtli parametrlarni o'lchash yuqori aniqliligi, radioaloqa va eshittirish tizimlari bilan yaxshi elektromagnit moslashuvchanlik va boshqalar. Ikkinchi guruh bevosita ko'plab foydalana olish aspektlari bilan bog'lanish – sotga (sektorga) abonent sig'iminining kattaligi, trafik intensivligi ortishida aloqa sifatini "yumshoq" xarakterli pasayishi, "yumshoq" estafetali uzatish rejimini amalga oshirish soddaligi.

Radioaloqa tizimlarida dupleksli rejimni tashkil etish. Konkret tizimga berilgan jami chastotaviy-vaqtli resursni nafaqat ko'plab foydalana olishni tashkil etishga, shuningdek, dupleksli rejimni ta'minlashga ham sarflash lozim, ya'ni ikkala yo'nalishda axborotni

parallel almashtirish: tizimdan abonentga va teskari tomonga almashtirish. Radioaloqa (asosan mobilli) tizimlarida chastotaviy va vaqtli dupleks qoʻllanish topmoqda. Birinchi variant, FDD (frequency division duplex) deb ataladi, dupleksli juftlik abonent kanali polosasi kengligidan, chastota boʻyicha dupleksli ajratish deb ataladigan himoyalovchi oraliq bilan ajratilgan, ikkita chastotalar polosasini band qiladi. Shunday qilib, abonentlar orasida axborotni uzatish va qabul qilish turli chastotalarda amalga oshiriladi. FDDning prinsipi 3.20-rasmida keltirilgan:

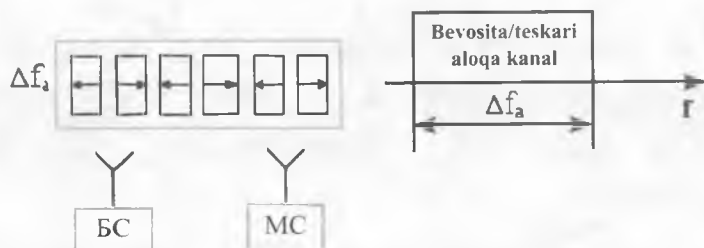


3.20-rasm. Chastotalarni dupleks ajratishni tashkil etish prinsipi

FDD asosida sotali standartlar tizimlarining birinchi va ikkinchi avlodlari (AMPS, DAMPS, GSM, IS-95 va boshqalar) qurilgan.

Vaqtli dupleksda (TDD – time division duplex) ikki tomonlama aloqa uchun uzatishda va qabulda kanallari vaqt boʻyicha ajratilgan bitta eltuvchidan foydalaniladi (3.21-rasm). TDD rejimi mavjud sotali aloqa tizimlari uchun xarakterli emas, lekin shnursiz telefon standartlarida (CT2, DECT va boshqalar) keng tarqalgan.

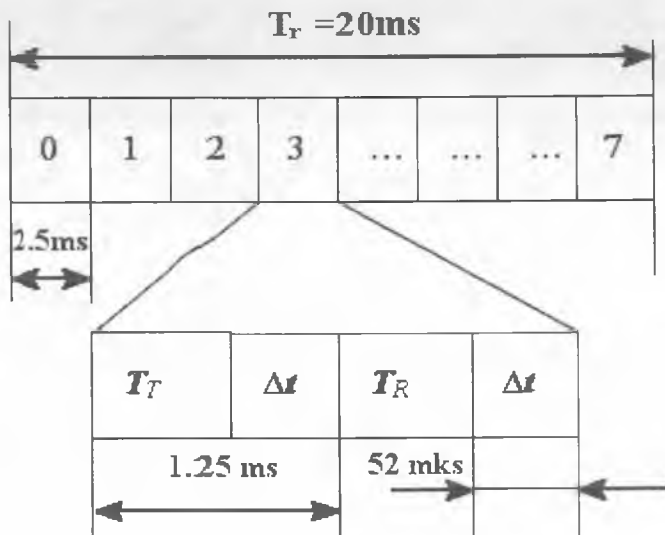
Bundan tashqari, unga uchinchi avlod standartlarida UMTSi CDMA 2000 aniq oʻrin belgilanmoqda.



3.21-rasm. Vaqt bo'yicha dupleksli ajratishni tashkil etish prinsipi

TDDli tizim kanallarining namunaviy strukturasi, aniqlik uchun CDMA 2000 loyihasi asosiga qo'yilgan raqamlarga orientirlanib, ko'rib chiqamiz. Kanal arxitekturasi asosiy elementi  $T_k = 20$  ms (3.22-rasm) bo'lib, u dupleksni tashkil etishga mo'ljallangan 8 juft intervallarga bo'linadi.

Birinchi juftlik intervali  $T_T$  davomiylikka ega va uzatish uchun ajratilgan. Ikkinchida (davomiylik  $T_R$ ) MS signal qabul qilinadi. Istalgan qo'shni intervallar,



3.22-rasm. TDDli CDMA2000 tizim aloqa kanali kadrining strukturasi

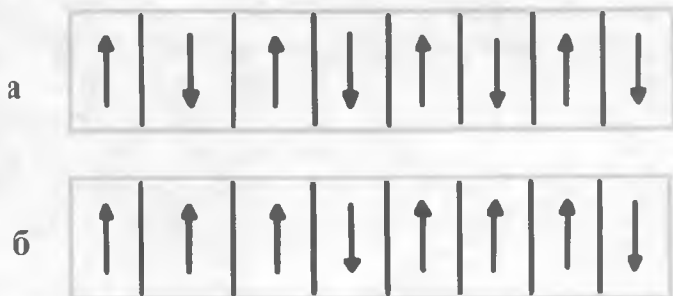
xizmat ko'rsatish zonasining uzunligi bilan aniqlanadigan, davomiyligi  $\Delta t$  bo'lgan himoyalovchi oraliqlar bilan ajratiladi. Murakkab bo'lmagan hisoblashlar, himoyalovchi oraliq 52 mks va bazaviy stansiyada vaqtli intervallar sinxronizatsiyasi aniqligi +3 mks bo'lganda, xizmat ko'rsatish zonasining maksimal radiusi 14 km bo'lishini ko'rsatadi.

Mobil stansiyalar BTSga o'xshash strukturali kadrga ega, lekin uzatish va qabul qilish intervallari o'rin almashgan.

Duplekslashning ikkala variantlarini taqqoslash quyidagi xulosaga olib keladi, FDD rejimi sotalar katta o'lchamlarida va abonentlar harakatlanishining katta tezliklarida samaraliroq, TDD varianti mikrosotalarda qo'llanishga yuqori darajada to'g'ri keladi, ya'ni xizmat ko'rsatish kichik zonalarida va abonentlar past tezlikda harakatlanishida maqbul bo'ladi. Shu bilan birga, TDD rejimi bir qator qo'shimcha afzalliklarga ega, ular alohida tilga olinishiga loyiq. TDDda "yuqoriga" va "pastga" liniyalari bir xil chastotalar polosasini egallaydi, ularda tinish xarakteristikalari yuqori darajali korrelyatsiyaga ega, bu esa nurlanayotgan quvvatni rostdash protsedurasini va fazoviy tarqalishini soddalashtirish uchun qo'llanilishi mumkin.

Bundan tashqari, TDDga xos bo'lgan kadarning egiluvchan strukturasi, bevosita va teskari kanallarda axborotning asimmetrik oqimlarida vaqtli resurslarni samarali qayta taqsimlash imkonini beradi. O'xshash asimmetriya, mobil terminallarga internet tarmog'i bilan bog'lanish funksiyasi yuklanishi munosabati bilan uchinchi avlod tizimlarida ancha odatiy hodisadir. Bunga o'xshash kontakt mobaynida "yuqoriga" liniyada, qoida sifatida, trafik teskari yo'nalishga qaraganda, ko'proq to'yingandir. Bunda 3.23-rasmda ko'rsatilgandek, "yuqoriga" va "pastga" liniyalari orasida vaqt resursini simmetrikdan (3.23 a-rasm) asimmetrik (3.23 b-rasm), taqsimlanishga

o'tishi sxematik tasvirlangan, ularda "pastga" strelkasi MS axborotining qabuliga, "yuqoriga" esa uzatishga javob beradi:



3.23-rasm. Aloqa kana lida "quyi" va "yuqori" liniyalari orasida vaqtli resursning simmetrik (a) va asimmetrik (b) joylashishi

TDD variantning afzalligi sifatida abonent terminalini bitta TDD rejimlisini nisbatan sodda amalga oshirilishiga qarash mumkin, bu unda dupleksor mavjud emasligi bo'yicha izohlanadi. Dupleksirlashning ikkala variantiga hisoblangan, ikki rejimli (FDD/TDD) terminalining apparatli murakkablanishiga kelsak, oddiy FDD-terminalga nisbatan iqtisodiy ko'rsatkichlarga ortiqcha kritik ta'sir ko'rsatmaydi.

Yuqorida keltirilganlar asosida aytish mumkin, dupleksirlashning ko'rilgan ikkala rejimlari birgaligi bo'yicha, Yevropaning UMTS loyihasi tavsiyalari yetarlicha ratsional deb hisoblanishi mumkin. O'xshash yechim tizimga ajratilgan spektral diapazondan foydalanish bo'yicha moslashuvchanlikni beradi va ekspluatatsiya shartlariga va xizmatlar xarakteriga o'tkazish qobiliyatini adaptatsiyalash imkoniyatini beradi. Yevropa konsepsiyasiga muvofiq uchinchi avlod sotali aloqa tizimini qurishda, spektr kengligi 230 MGts da ikkita ajratilgan WARC-92 uchastkalarida: 1885...2025 va 2110...2200 MGts, chastotaviy dupleksli SSMS uchun 1920...1980 va 2110...2170 MGts polosalar, 1900...1920 va 2010...2025 MGts polosalar esa vaqtli dupleksli SSMS uchun mo'ljallangan.

### 3.4. PDH, SDH va SONET standartlari

Ma'lumotlar uzatish tizimlari an'anaviy asinxron bo'lgan, tarmoqdagi har bir oxirgi qurilma o'zining alohida tayanch sinxrosignal generatoriga ega bo'lishi ko'zda tutilgan. Raqamli uzatish tizimlarida vaqt bo'yicha sinxronizatsiyani uzatish muhim parametrlardan biri. Vaqt bo'yicha sinxronizatsiya takrorlanadigan impulslar ketma-ketligini ma'lumotlar uzatish tezligini o'zgartirishini qo'llab-quvvatlash va ma'lumotlar oqimida bitli nol va birlar o'rni indikatsiyalash uchun (0 va 1 cheksiz oqimida har bir kanal intervalini to'g'ri taqsimlash) foydalanish tushuniladi. Sinxronizatsiya impulslarini vaqt bo'yicha generatsiyasi nazoratlanmasligi va sinxronizatsiyalanmasligi sababli, generatorlar chastotasi va fazalarida sezilarli farqlanish bo'lishi mumkin, o'z navbatida ma'lumotlar oqimini uzatish tezligi o'zgarishi mumkin.

Asinxron multipleksorlashning turlaridan biri pleziokron raqamli iyerarxiya (PDH) – ma'lumotlar va tovush trafiginii raqamli uzatish usuli bo'lib, kanallarni vaqt bo'yicha ajratish va signalni impuls-kodli modulyatsiya yordamida taqdimlash texnologiyasiga asoslangan. PDH texnologiyasida bazaviy sifatida asosiy raqamli kanal (DS0) ishlatiladi, chiqishda esa ma'lumotlar oqimi  $n \times 64$  kbit/s tezliklar bilan shakllanadi. Foydali yuklamani eltuvchi DS0 guruhiga, sinxronizatsiyalash, fazalash, signalizatsiyalash, xatolikni nazoratlash (CRC) protseduralarini amalga oshirishga zarur bo'ladigan, xizmat bitlari guruhi qo'shiladi, natijada guruh sikl (kadr) shaklini oladi.

Nisbatan keyingi standartdan, sinxron raqamli iyerarxiya SDHdan, farqli ravishda, PDH uchun oqimlarni bosqichma-bosqich multipleksorlash xarakterlidir, chunki nisbatan yuqori darajali oqimlar bitlari almashinuv usuli bilan yig'iladi. Ya'ni masalan, birinchi oqimni uchinchi qo'shishda, avval uchinchi-



ni ikkinchigacha, so'ngra ikkinchini birinchigacha demultipleksorlash zarur va faqat shundan keyin oqimlarni qaytadan yig'ish mumkin bo'ladi. Agar, nisbatan yuqori darajali oqimlarni yig'ishda ma'lumotlar oqimi tezligining variatsiyalarini kompensatsiyalash, xizmat ma'lumotlari va boshqa foydali bo'lmagan yuklamlarning qo'shimcha bitlari qo'shilishi hisobga olinsa, quyi darajali oqimlarni terminirlash (ulash) jarayoni murakkab apparatli yechimlarni talab qiladigan, o'ta murakkab protseduraga aylanadi.

Asinxron multipleksorlash bosqichlari to'plamidan foydalanadi. Past tezlikli signallarni multipleksorlashda har bir birlik ma'lumotlar oqimi tezligi variatsiyalanishini kompensatsiyalash uchun qo'shimcha bitlar (bit-stuffing) qo'shiladi va nisbatan yuqori darajali ma'lumotlar uzatish tezligini shakllantirish uchun ma'lumotlar oqimi oxirgi kadrining boshqa bitlari (framing bits) bilan birlashtirish amalga oshiriladi. Asinxron multipleksorlashning yuqoriroq tezliklarida, demultipleksorlashsiz bu signallardan foydalana olish mumkin emas.

Shunday qilib, PDHning kamchiliklariga quyidagilarni ko'rsatish mumkin: oraliq funksiyalar raqamli oqimlarini kiritish-chiqarishdagi qiyinchiliklar, tarmoqni avtomatik nazoratlash va boshqarish vositalarining mavjud emasligi, shuningdek, turli xil uchta iyerarxiyaning mavjudligi. Ushbu kamchiliklar AQSHda sinxron optik tarmoq SONETni, Yevropada esa shunga o'xshash iyerarxiyali SDH ishlab chiqishga olib keldi, ular ma'lumotlar uzatish raqamli tarmoqlarida qo'llanish uchun taklif qilindi.

Sinxron raqamli iyerarxiya (SRI) – bu telekommunikatsiya transport tarmoqlarining texnologiyasi. SRI standartlari raqamli signallar, jumladan freymov (sikllar) strukturasi xarakteristikalarini, multipleksorlash usulini, raqamli tezliklar va interfeyslar kodli shablonlar iyerarxiyasini va boshqalarni aniqlaydi [7].

G.707 tavsiyadagi aniqlanmaga mos ravishda, SDH – bu fizik tarmoq orqali sinxron transport bloklar (modullar) STM (*Synchronous Transport Module*) ko‘rinishidagi adaptatsiyalangan yuklamani (trafik) tashish uchun standartlashtirilgan, raqamli transport strukturasidir, shuningdek aloqa uzellari interfeyslaridir, shuning uchun SDH standartida tezliklarning barcha darajasi () umumiy nomga ega: STM-N, bunda N – iyerarxi darajasi.

SDH-iyerarxiya axborot strukturalarining standart darajalarini ta‘minlaydi, ya‘ni standart tezliklarning to‘plamidir. Tezlikning bazaviy darajasi – STM-1 155,52 Mbit/s. Yuqoriroq darajadagi raqamli tezliklar STM-1 oqim tezligini mos holda 4, 16, 64 va h.k ko‘paytirish orqali aniqlanadi: 622 Mbit/s (STM-4), 2,5 Gbit/s (STM-16), 10 Gbit/s (STM-64) va 40 Gbit/s (STM-256).

SDH-texnologiya Yevropada ishlab chiqilgan va asinxron liniyalar E-1/E-3 iyerarxiyasini almashtirishga mo‘ljallangan. Hozirgi vaqtda ko‘pgina tarmoqlarda qo‘llanadi va optik aloqa kanali bo‘yicha ma‘lumotlar uzatish amerikacha standartning, SONET (*synchronous optical network*), modifikatsiyasidir. O‘zining nomiga qaramasdan SONET faqat optik kanallar bilan cheklanmaydi. Spetsifikatsiyasi optik bitta va ko‘p modali to‘laga, shuningdek, 75-omli koaksial kabelga talablarni aniqlaydi.

SONET texnologiyasida tezliklar darajasi uchun ikkita belgilashlar mavjud: elektrik signal ko‘rinishida ma‘lumotlar uzatish hollarida STS-N va optik tolali kabel bo‘yicha ma‘lumotlar uzatish hollarida Optical Carrier level N (OC-N). SONETning o‘tkazuvchanlik qobiliyati 51,84 Mbit/s STS-1 (*synchronous transport signal-1*) boshlanadi. Axborotni uzatish yuqoriroq darajadagi tezliklari SONETda bu qiymatga karralidir.

OC-1 daraja ayrim hollarda STM-0 sifatida belgilanadi va u G.707 standartida bo‘lmasa ham SDH mul-

tipleksorlarida amalga oshiriladi. Ayniqsa *STM-2*, 8, 32, 128 standartida oraliq darajalar mavjud emas, ular *OC-6*, 24, 96, 384 darajalarga mos kelishi mumkin edi.

Quyida darajalarda *SDH* va *SONET* ayrim detallarda farqlanadi. *SONET* standartining joriy etilishi *T-1* kanallarining ko'pgina kamchiliklarini (foydali yuklamani maksimal o'lchamiga cheklanishlar, yuqori tezlikli aloqa kanallarini tutashishi soddaligi) bartaraf etdi. *SONET ATM* va *FDDI* bilan yaxshi moslashadi, bu esa keng polosali *ISDN (B-ISDN)* uchun fundamental bazis yaratadi.

Shuni hisobga olish kerakki, *SONET* hozirda mavjud kanallar bilan birgalikda ishlashni saqlab qolgan, faqat ularga xos bo'lgan ayrim kamchiliklarni olib tashlaydi. Bazaviy kanallardan biri sifatida *T-1* (AQSH uchun 1544 Kbit/s) belgilangan. Uning tarkibida 24 subkanallar *DS-0* (*digital signal at zero level*, 64 Kbit/s, AQSH) mavjud. *DS-0* ning 24 kanallarini vaqt bo'yicha multipleksorlash *DS-1* kanalni (24 kanal \* 64 Kbit/s) + 8 Kbit/s = 1544 Kbit/s, oxirgi qo'shiluvchi sinxronizatsiyaning axborot bloklari sarlavhasi bilan bog'liq) shakllantiradi. O'xshash birlamchi kanal Yevropada 2048 Kbit/s (kanal *E-1* = 30 \* *DS0*) mos keladi. Ikkita *T-1* kanalda *T-1c* kanalni hosil qiladi, to'rtta *T-1* kanal *T-2* kanalni shakllantiradi, yettita *T-2* kanal (28 *T-1*) *T-3* kanalni hosil qiladi. Optik aloqa tizimlari uchun bazaviy sifatida o'tkazuvchanlik qobiliyati bo'yicha *T-3* ga teng *OC-1* kanal qabul qilingan. *STS-1* kadr esa *SONET* tizimida asosiy sifatida tanlangan. *STS-1* kadri 9 satr va 90 ustunga (810 bayt) ega. Kadrlar 8 kGts chastota bilan uzatiladi, bu esa *STS-1* kanali uchun 51840 Kbit/s = 8000 Gts \* 810 bayt \* 8 bitga teng bo'ladi. Bu raqam xizmat axborotini (sarlavhalarni) uzatishni o'z tarkibiga kiritadigan almashinishning fizik tezligini xarakterlaydi. Axborotning samarali o'tkazuvchanlik qobiliyati 50112 Kbit/s teng. *SONET* ning yuqoriroq darajali kanallarining tezkor harakati (ishlashi) *STS-1* (51,84 Mbit/s)

o'tkazuvchanlik qobiliyatini butun songa ko'paytirish orqali hosil qilinadi. OC-3 ning bunday o'tkazuvchanlik qobiliyati 155,52 Mbit/sga teng bo'ladi, OC-24niki esa – 1244,16 Mbit/sga va h.k. SONETni yaratuvchilar maqsadi turli servis-provayderlarning optik kanallarini bevosita stikovka qilish (T-1 va E-1 kanallarni bevosita bog'lash mumkin emas) bo'lgan. Agar bitta konteynerga ma'lumotlar sig'masa, SDH bir nechta konteynerlarni (jumladan turli o'lchamli) shatakka olishi mumkin. Bir xil o'lchamli bir nechta konteynerlarni bitta kattaga birlashtirishga ruxsat beriladi. Virtual konteyner sarlavhasining nisbiy o'lchami katta bo'lmasa ham (~3,33%), uning hajmi yetarlicha katta hajmdagi xizmat axborotini (5,184 Mbit/c gacha) uzatishga to'liq etadi.

3.5-jadvalda uzatish tezliklari va qabul qilingan dunyo standartlariga mosligi keltirilgan.

#### Uzatish tezliklari va dunyo standartlariga mosligi:

3.5-jadval.

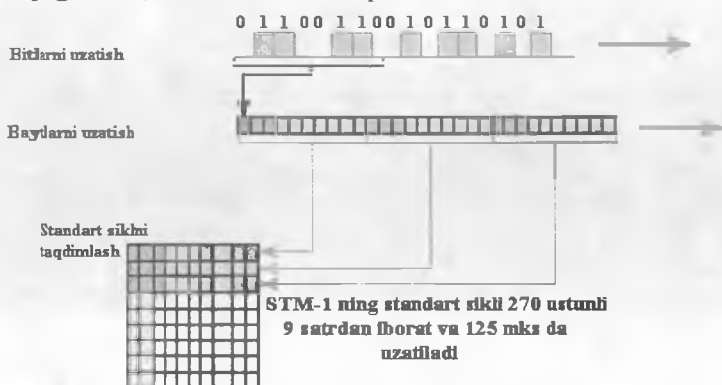
Optik daraja	elektrik daraja	Liniyaviy signalni uzatish tezligi (Mbit/s)	SDHdagi ekvivalent	SONET-dagi ekvivalent
OC-1	STS-1	51.84	-	-
OC-3	STS-3	155.520	STM-1	STS-3c
OC-9	STS-9	466.56	STM-3	-
OC-12	STS-12	622.08	STM-4	STS-12c
OC-18	STS-18	933.120	STM-6	-
OC-24	STS-24	1244.160	STM-8	-
OS-36	STS-36	1866.240	STM-13	-
OS-48	STS-48	2488.320	STM-16	STS-48c
OS-96	STS-96	4676.640	STM-32	-
OS-192	STS-192	9953.280	STM-64	-
OS-384	STS-96	19906,56	-	-
OS-768	STS-192	39813,12	STM-256	-

3.5-jadvaldan kelib, SDH-texnologiya va SONET-

texnologiyalar uzatish tezliklar bo'yicha chiqadi, iyerarxiyaning barcha darajalarida ham birgalikda ishlay olmasligi kelib chiqadi. Shuning uchun xalqaro tashkilot *SDH/SONET* texnologiyalarning quyidagi standartlashtirilgan uzatish tezliklarini belgiladi:

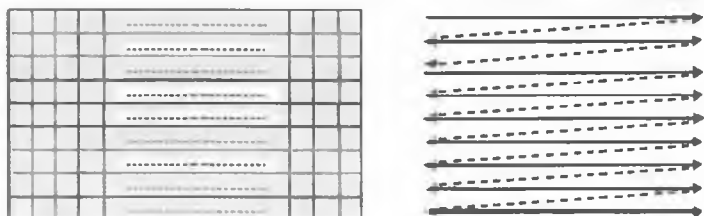
- 155,520 Mbit/s - STM-1
- 622,080 Mbit/s - STM-4
- 2,488 Gbit/s - STM-16
- 9,953 Gbit/s - STM-64

STM-1ning sikli yoki kadri (frame), odatda 3.24-rasmda keltirilgan, uzatish davomiyligi  $T=125$  mks va uzatish tezligi  $B=155520$  kbit/s bo'lgan matritsa (9 baytga 270) ko'rinishida taqdimlanadi.



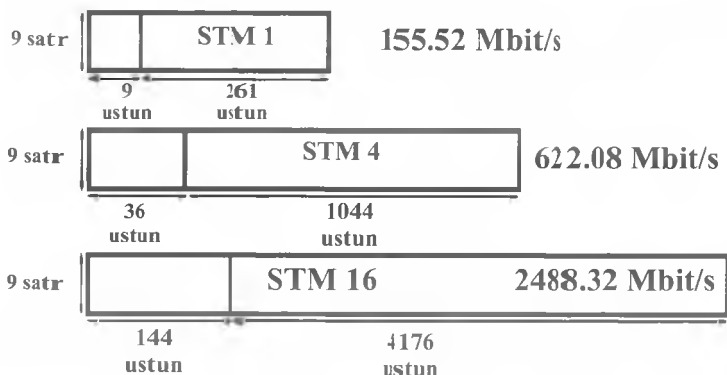
3.24-rasm. Bitlar oqimini matritsaning ustuni va satri ko'rinishida taqdimlanishiga misol

3.25-rasmda satrlarni hisoblash tartibi keltirilgan.

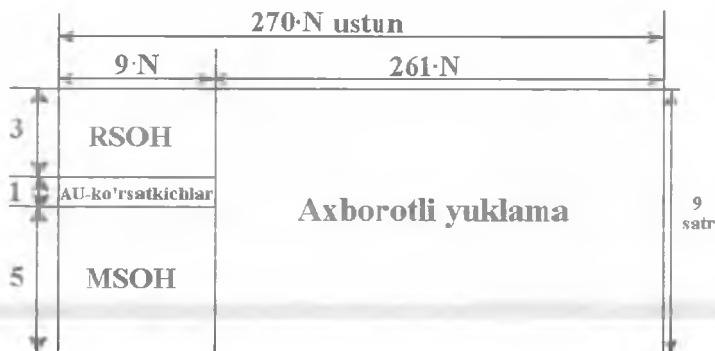


3.25-rasm. Bitlar matritsasi va satrlarni hisoblash tartibi

STM-1, STM-4 va STM-16 ning sikllari yoki kadrlari (frame) 3.26-rasmda keltirilgan.



3.26-rasm. STM-1, STM-4 va STM-16 kadrlari (frame) STM-1 siklining strukturasi 3.27-rasmda keltirilgan.



3.27-rasm. STM-1 siklining strukturasi

STM-1 ( $9 \cdot 9 = 81$  bayt) siklining birinchi 9 ustuni xizmat signallarini tashiydi. 1–3-satrlarni RSOH ( $9 \cdot 3 = 27$  bayt) sarlavha egallaydi, 5–9 satrlarni esa MSOH ( $9 \cdot 5 = 45$  bayt) sarlavha egallaydi. To'rtinchi satr AU PTR ( $9 \cdot 1 = 9$  bayt) uchun ajratilgan. Siklining ( $261 \cdot 9 = 2349$  bayt) qolgan 261 ustunlari axborot yuklanmasi uchun mo'ljallangan. Ushbu strukturani 2430 baytdan iborat, kelish davri  $T = 125$  mks bo'lgan bir o'lchamli tanlanmalar ko'rinishida joylash mumkin.



STM-N iyerarxiyaning barcha darajalari o'xshash qurilgan. STM-N siklining  $1/30$  qismini xizmat signal-lari (RSOH –  $9 \cdot 3 \cdot N = 27 \cdot N$  bayt, MSOH –  $9 \cdot 5 \cdot N = 45 \cdot N$  bayt, AU PTR –  $9 \cdot 1 \cdot N = 9 \cdot N$  bayt) egallaydi. qolganlari axborot yuklanmasiga mo'ljallangan.

STM-N STM-1ni multipleksorlash yo'li bilan hosil qilinadi, u ikkita usul bilan amalga oshiriladi: kaskadlar bo'yicha va bevosita.

Kaskadlar bo'yicha multipleksorlashda yuqoriroq darajadagi STM oqimi iyerarxiyaning avvalgi darajasi-dagi 4 STMni birlashtirish yo'li bilan hosil qilinadi, ya'ni quyidagi o'zgartirishlar bo'lishi mumkin: –  $4 \cdot \text{STM-1} \rightarrow \text{STM-4}$ ;  $4 \cdot \text{STM-4} \rightarrow \text{STM-16}$ ;  $4 \cdot \text{STM-16} \rightarrow \text{STM-64}$ ;  $4 \cdot \text{STM-64} \rightarrow \text{STM-256}$ .

Bevosita multipleksorlashda STM-1ning N ta oqimini birlashtirish yo'li bilan STM-N oqimini xosil qilish mumkin, ya'ni  $N \cdot \text{STM-1} \rightarrow \text{STM-N}$ , bunda  $N=16, 64, 256$  o'zgartirish bo'yicha.

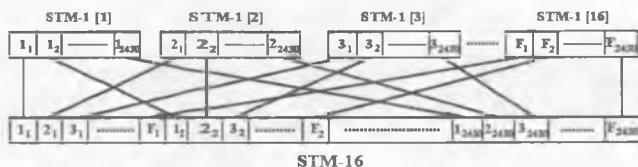
Bevosita multipleksorlashda baytlarni, kaskadlida esa baytlar guruhini navbatlashtirish qo'llanadi, bunda guruhdagi baytlar soni avvalgi kaskaddagi multipleksorlashning marta soniga teng bo'ladi.

Bevosita va kaskadli multipleksorlashning taqqoslanishi 3.30-rasmda keltirilgan.

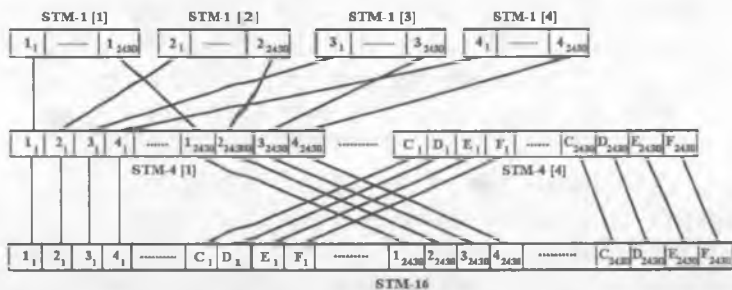
Sinxron iyerarxiyani qo'llash iyerarxik pleziokron darajalarini yo'q bo'lib ketishini bildirmaydi, aksincha, SDH apparaturasi PDH signallarini birlashtirishni va uzatishni ta'minlashi lozim. Shu sababli ITU-T qo'mitasi tomonidan SDHning yetarlicha murakkab multipleksorlash strukturasi ishlab chiqildi va tavsiyalandi, u istalgan PDH oqimini STM oqimiga o'zgartirish imkonini beradi. Bundan tashqari, SDHni multipleksorlash strukturasi PDH oqimini istalgan oraliq punkt-da qadamlar bo'yicha multipleksorlash/demultipleksorlash protsedurasini bajarmasdan ajratish imkonini beradi. Quyida STM signali foydali yuklanmasini uzatish strukturasi va SDH multipleksori kirishiga



### Bevosita mul'tipleksirlash



### Kaskadli mul'tipleksirlash



3.30-rasm. STM-16 shakllantirilishi misolida bevosita va kaskadli multipleksorlashning taqqoslash

(IKM signallar va boshqalar) kelib tushayotgan turli signallarni adaptatsiyalash uchun konteyner tushunchasi tavsiflanadi. Tarmoqqa kelib tushayotgan axborot, ulanishni qo'llab-quvvatlashga yordam beradigan strukturalar bilan moslashtiriladi. SDHda bu strukturalar tarmoq seksiyalari va traktlari qatlamlarida hosil qilinadi va turli raqamli oqimlarni transportirovkalaydi. Shuningdek, bu strukturalar funksiyalariga SDH tarmog'i bo'yicha raqamli oqimlarni transportirovkalashda tezlik va fazaning mumkin bo'ladigan o'zgarishini kompensatsiyalash kiradi.

G.708 va G.709 tavsiyalar quyidagi elementlarni qo'llashni nazarda tutadi:

1. C-n – Konteyner (Container).
2. VC-n – Virtual konteyner.
3. TU-n – Transport bloki (Tributary Unit).
4. TUG-n – Transport bloklari guruhi (Tributary Unit Group).

5. AU-n – Ma'muriy blok (Administrative Unit).

6. AUG – Ma'muriy bloklar guruhi (Administrative Unit Group).

7. STM-N – Sinxron transport moduli.

Ushbu elementlar strukturasi va vazifasini ko'rib chiqamiz.

1. C-n – axborot strukturasi bo'lib, STM signalining bazaviy elementi, u G.702 tavsiyalardagi tezliklarda signalni ko'chirish uchun ajratilgan baytlar guruhini ko'rsatadi. Boshqacha aytganda, bu SDH-multipleksori kirishida ko'radigan narsamizdir. Konteyner axborot strukturasi bo'lib, u mavjud PDH signallari, ATM yacheykalari va boshqa mumkin bo'lgan signallar va kadrlar uchun uzatish kanali sig'imini standartlashtiradi. Ushbu axborot struktura, virtual konteyner uchun tarmoq bilan sinxron bo'lgan axborot yuklanmasini shakllantiradi. Axborot bitlaridan tashqari konteyner PDH signalini SDH signalining taktli signali chastotasi bo'yicha (tezliklarni moslash) sinxronizatsiyalash uchun baravarlashtirish bitlariga, shuningdek boshqa staffing-bitlarga ega.

3.6-jadvalda PDH oqimi tezliklari va mos konteyner abreviaturasi orasidagi moslik keltirilgan.

### PDH signallarini uzatish uchun foydalanadigan konteynerlar

3.6-jadval.

Iyerarxiya Darajasi	Konteyner	PDH signali, Mbit/s
1	S-11 S-12	1,544 2,048
2	S-2	6,312
3	S-3	34,368 i 44,736
4	S-4	139,264

Konteynerlar S harfi bilan belgilanadi, undan keyin bitta yoki ikkita raqam qo'yiladi. Birinchi raqam pleziokson oqimning iyerarxik darajasini identifikatsiya-

laydi, ikkinchi raqam pleziokron darajaning iyerarxikligini ko'rsatadi, u ikkita standartlar (amerikacha va yevropacha) orasida raqamli oqimning yuqoriroq tezligiga ega ekanligini ko'rsatadi.

Xususan, iyerarxiyaning birinchi daraja PDH signallarini uzatish uchun konteynerlarni belgilashda, nisbatan past tezlikda (1,544 Mbit/s) signallarni uzatuvchi konteyner C-11, yuqoriroq tezlikda (2,048 Mbit/s) uzatuvchi konteyner – C-12 deb belgilanadi.

3.6-jadvalda 8,448 Mbit/s tezlikli yevropacha PDH signali keltirilmagan. Chunki hozirgi vaqtda C-2 konteyner PDH signallarini emas, iyerarxik tezlikli (masalan, ATM yacheykalari) signallarni transportirovkalashga mo'ljallangan. Shuning uchun SDH apparaturasiga PDH signali 8,448 Mbit/s ni bevosita kiritish qo'llanmaydi.

2. VC-n – axborot strukturasi, u axborot yuborilmasi – foydali axborot (payload) va marshrutning qo'shimcha baytlari – traktli sarlavha (Path Overhead, POH) dan iborat. POH VC marshrutini boshqarish va OAM funksiyalarini bajarish uchun kiritiladi. POH yordamida kiritilayotgan VC-n ni STM-N yoki yuqori tartibli VC-n nisbatan faza tebranishi va taktli chastota o'zgarishi kompensatsiyalanadi hamda ular sikllarining boshlanishini ko'rsatadi. VC-n dagi ko'rsatkichlar pozitsiyalari qat'iy qaydlangan bo'ladi. Shunday qilib, axborot yuklanmasi siklini boshlanishi doimo ma'lum bo'ladi, bu VC-n kiritish/chiqarish ko'p kanalli signalni qayta shakllantirilmaslikni ta'minlaydi, ya'ni bunda signallarni liniyaviy traktga bevosita multipleksorlash ta'minlanadi.

VC-n yordamida PDH standart oqimlari va boshqa signallar SDH tarmog'i bo'yicha transportirovkalanadi. Ushbu axborot strukturasi SDH tarmoq modelining traktlar darajasida bog'lanishlarni tashkil etish uchun qo'llanadi.

Konteynerlar – VC deb belgilanadi, undan keyin C-n

konteynerga mos keladigan, bitta yoki ikkita raqam keladi, C-n mazkur VC-n ga kiritilishi mumkin. Bunda raqam komponent ma'lumotlarning tezlik rejimini aks ettiradi. VC-n SDH ning tarmoq traktlari sifatida xizmat qiladi. Trakt turiga bog'liq holda VCning qaytarilish davri 125 mks yoki 500 mks bo'ladi. Aynan VC-n liniyaviy traktlar bo'yicha uzatiladi va tarmoq uzellarida qayta ulanadi. Tarmoqda VC-n qayta ishlanishi (kiritish/chiqarish, operativ qayta ulash) ular yuklanmasi turiga bog'lanmagan holda bajariladi. Belgilangan punktda yuklanma signallari konteynerlardan dastlabki ko'rinishda "to'kiladi" (chiqariladi).

Raqamli axborotning hajmiga bog'liq holda PDH oqimlarida VCning mos turlari ishlab chiqilgan, ular LOVC va HOVCni ajratadi. Bunda VC-11, VC-12 va VC-2 quyi tartibli virtual konteynerlardir, VC-4 – yuqori tartibli, agar VC-3 C-3 dan shakllantirilsa quyi tartibli virtual konteyner, agar quyi tartibli virtual konteynerlardan shakllantirilsa (masalan, VC-12 dan) yuqori tartibli bo'ladi.

Quyi tartibli virtual konteynerlar S-n va POH konteynerlardan shakllantiriladi. Yuqori tartibli virtual konteynerlarga S-n o'miga TUG-n kirishi mumkin.

3.7-jadvalda VC bo'yicha uzatilishi mumkin bo'lgan  $V_m$  ning chegaraviy tezliklari keltirilgan. Shuningdek  $V_m$  ni VCning sig'imi (hajmi) deb atashadi.

#### VC-n bo'yicha uzatiladigan signallarning chegaraviy tezliklari

3.7-jadval.

VC-n	VC-11	VC-12	VC-2	VC-3	VC-4
$V_m$ , Mbit/s	1600	2176	6784	48384	149760

3. TU-n – axborot strukturasi, quyi tartibli traktlar darajasi va yuqori tartibli traktlar darajasi orasida

moslikni ta'minlaydi. Ba'zi nashrlarda transport blokini sub blok, tributar yoki komponentli blok ham deb atashadi. TU-n, bunda  $n = 1$  dan 3 gacha variatsiyalanadi, u axborot yuklanmasi – quyi tartibli VC va TU (Pointer, TU PTR)dan tashkil topadi.

TU shakllantirish protsedurasi keyinchalik bir xil va turli VClarni birlashtirishni (multipleksorlashni) nazarda tutadi, ularga ma'lumotlar PTRga yoziladigan, ma'lum adreslangan pozitsiyadan boshlab (bayt nomeri) joylashtiriladi, u LOVC sikli boshlanishi va HOVC sikli boshlanishi orasidagi siljishni ko'rsatadi. Bu keyinchalik baytlar bo'yicha multipleksorlash zaruriyati bilan ta'minlash belgilangan. Shunday qilib, VC-n ga joylashtiriladigan, o'zaro vaqt bo'yicha (faza bo'yicha) moslanishi shart bo'lmagan turli jinsli yuklanma, ma'lumotlarning standart multipleksorlash bloklariga o'zgartiriladi. Transport blokining vazifasi bir xil jinsli VC-n larni guruhlariga birlashtirishga tayyorlashdir.

4. TUG-n – axborot strukturasi, yuqori tartibli VC-n yuklanmasida qaydlangan pozitsiyalarni egallaydigan bitta yoki bir nechta TU-n dan tarkib topgan strukturadir. TUG-n, bunda  $n=2$  yoki  $n=3$ , transport tarmog'ini moslashuvchanligini oshirish uchun foydali yuklanmani siljilinishini amalga oshirishga imkon beradigan, bir xil TU-n yoki TUG-n larning guruhidir. TUG-2 bir jinsli TU-11, TU-12 yoki TU-2 jamlanmasidan iborat. TUG-3 bir jinsli TUG-2 yoki TU-3 jamlanmasidan iborat. TUG yordamida quyi ierarxik darajadagi TUG bo'lgan bir jinsli oqimlar bitta guruhga birlashtiriladi. Raqamli oqimlarni multipleksorlash baytlar bo'yicha amalga oshiriladi.

5. AU-n – axborot strukturasi, yuqori tartibli virtual konteynerdan va AU (AU PTR) ko'rsatkichdan tashkil topgan struktura, u STM-N siklida qaydlangan o'rin egalladi va VC kadri STM-N kadri boshlanishiga nisbatan siljiganligini ko'rsatadi. AU-n axborot yubo-

rilmasi (yuqori tartibli VC) va STM-N orasida adaptatsiyani ta'minlaydi. AU-n dan ma'lumotlar blokini yanada yiriklashtirishda va ularni fizik muhit bo'yicha uzatishda (transportirovkalashda) foydalaniladi. AU SDH tarmoq modelida yuqori tartibli traktlar darajasini va multipleksorlash seksiyalari darajasini birlashtirishni ta'minlaydi. Ma'muriy bloklarning ikkita turi aniqlangan: VC-4 va AU PTR dan iborat AU-4, va VC-3 va AU PTRdan iborat AU-3.

6. AUG – axborot strukturasi, STM yuklanmasida qaydlangan joy egallaydigan, bir jinsli AU-4 yoki uchta AU-3 jamlanmasidan tashkil topgan struktura. Uchta AU-3 baytlarni navbatlashtirib (byte interleaved multiplexing) multipleksorlash orqali AUGga birlashtiriladi, AU-4 esa AUGga o'zgarishsiz "o'zgartiriladi". Natijada keyinchalik STM-Nda o'zgartirish uchun yagona standart blok shakllantiriladi.

7. STM-N – axborot strukturasi, takrorlanish davri 125 mks bloki siklli strukturaga birlashtirilgan, axborot yuklanmasi va seksiyaviy sarlavhadan iborat struktura. Ushbu axborot tarmoq bilan sinxronizatsiyalangan tezlik bilan ketma-ket uzatish uchun mos holda tayyorlanadi.

STM-N n ta AUG guruhidan va kadrlash, xizmat ko'rsatish va ishlashga oid (raqamli sinxrosignal xatolik ehtimolligini baholash baytlari, boshqarish signalarini uzatish uchun kanallar, STM identifikator, uzatish tezligi 64 kbit/s bo'lgan xizmat kanallari) axborot seksiyaviy sarlavhasidan (Section Overhead, SOH) axborotdan iborat. SOH regeneratsion seksiyada shakllanadigan RSOH (Regenerator SOH) dan va multipleksorlash seksiyada shakllanadigan MSOH (Multiplexer SOH) dan tashkil topadi.

3.31-rasmda yuqorida ko'rilgan multipleksorlash strukturasi elementlarini SDH tarmoq modelida joylashishi ko'rsatilgan.

Demak, SDH tarmog'iga kelib tushayotgan axbo-

rotni moslashtirish, (C-n, VC-n, TU-n, TUG-n, AU-n, AUG, STM-N) axborot strukturalari, shuningdek, multipleksorlash strukturasi deb ataladigan elementlar yordamida amalga oshiriladi. Har bir element o'zining tashkil etilish strukturasi ega, o'z funksiyalarini bajaradi va SDH tarmog'i modelida o'z o'rnini egallaydi. Bunda elementlarni multipleksorlash protsedurasi SDH texnologiyasida sinxron va baytlar bo'yicha amalga oshiriladi.

Kanallar darajasi		E1, E3, E4, DS1, DS2, DS3	
C11, C12, C2, C3, C4 konteynerlarda ma'lumotlar aks ettirilishi			
Traktlar darajasi	Quyi tartibli	VC-11, VC-12, VC-2, VC-3	
	TU-N, TUG-N shakllantirilishi		
	Yuqori tartibli	VC-3, VC-4	
AU-3, AU-4, AUG shakllantirilishi			
Uzatish muhiti darajasi	Seksiyalar	Multi-pleksorlash	MSOH sarlavhani shakllantirish va tahlil qilish
		Regeneratsiya	RSOH sarlavhani shakllantirish va tahlil qilish
	Fizik muhit		STM-N uzatish

331-rasm. SDH tarmog'i modelida multipleksorlash strukturasi elementlarining o'rni

Axborot elementlarini birlashtirish algoritmi yoki multipleksorlash strukturasi, G.907 tavsiyaga mos ravishda, 3.32-rasmda keltirilgan. Bu umumlashgan sxemadir, uning yordamida PDHning mavjud barcha iyerarxiyasi signallarini, ATM yechimlarini va boshqa signallarni, VCga joylashtirib birlashtirish mumkin.

Ushbu algoritmda AU va TU strukturalarida ko'rsatkichlarni (pointer processing) qayta ishlash amalga oshiriladi. Bundan tashqari, quyidagi jarayonlar bajariladi:

– SDH – joylashtirish (SDH Mapping). SDH tarmoq

chegarasida yuklanma signallarini virtual konteynerlarga moslashtirish protsedurasi. Bu protsedura yordamida raqamli oqimlar VC bilan moslashtiriladi. SDHda sinxron va asinxron joylashtirishdan foydalaniladi.

– SDH – multipleksorlash (SDH Multiplexing). Quyi tartibli traktlar darajasidagi bir nechta signallarni yuqori tartibli traktlarga yoki yuqori tartibli traktlar darajasidagi bir nechta signallarni multipleksorlash seksiyasiga moslashtirish protsedurasi. Strelka ustidagi raqamlar birlashtirilayotgan oqimlar sonini bildiradi.

– SDH – tekislash (SDH Aligning). Protседura bo'lib, uning yordamida tarmoq darajasida yuklanma sikli boshlanishi xizmat ko'rsatish sikli boshlanishidan chetlanish kattaligi haqidagi axborot transport yoki ma'muriy blokka kiritiladi. Protседura TU yoki AU yuklanma tezligi va fazasining o'zgarishini dinamik kompensatsiyalash imkonini beradi.

Ushbu algoritm istalgan darajadagi STM oqimni oraliq STM-1 oqimga multipleksorlashmasdan shakllantirish imkonini beradi. Masalan, STM-4 va STM-16 ni komponentli oqimlarning E1, E3, E4 istalgan kombinatsiyalaridan bevosita hosil qilish mumkin.

Shuningdek, algoritm strukturasi STM-0 mavjud, unda 21 ta E1 oqim bor, bu SDH texnologiyasini kirish tarmoqlarida qo'llash imkoniyatlarini yetarlicha oshiradi, chunki bitta platali arzon multipleksorlar yaratish imkoniyati mavjud.

Ko'rilgan algoritm STM-Nni turli komponentli signallardan bir xil ma'noli bo'lmagan shakllantirishga ruxsat beradi, shuning uchun G.708 tavsiya tarmoq bog'lanishining quyidagi qoidalarini o'rnatadi:

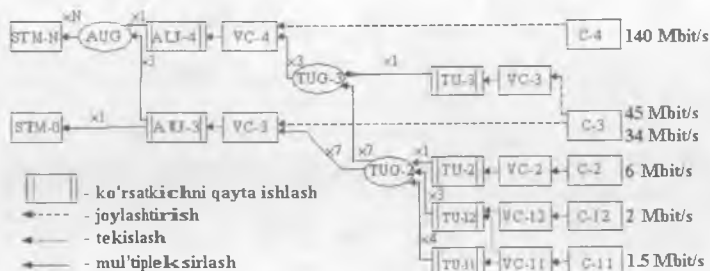
– AUG birlashtirishda, uning bittasi AU-4 asosida tuzilgan bo'lsa, boshqasi esa – AU-3 asosida, unda birinchi guruhga afzallik beriladi. AU-3 ga asoslangan AUG, VC-3 yoki TUG-2 (yuklanma turiga bog'liq holda) darajasigacha demultipleksorlanishi kerak va



TUG-3→VC-4→AU-4 yo'li bo'yicha AUGda qayta yig'ilishi lozim;

– birlashtirilgan VC-11da, ularni transportirovkalash uchun ham TU-11, shuningdek TU-12 dan foydalanish mumkin, afzallik TU-11ga beriladi. Bu holda VC-11 TU-12 da transportirovklanishi mumkin, unda VC-11→VC-12 ga o'zgartiriladi.

Shunday qilib, SDHda oqimlarni birlashtirish ITU-T tasdiqlagan multipleksorlash strukturasi ga mos ravishda amalga oshadi, bu struktura 3.32-rasmda keltirilgan. Ushbu strukturaga kelib tushayotgan komponentli signal konteynerga kiritiladi va so'ngra joylashtirish, multipleksorlash va tekislash operatsiyalari yordamida STM agregat moduliga o'zgartiriladi.



3.32-rasm. SDH multipleksorlash umumlashgan algoritmi

Ko'rilgan SDHning multipleksorlash strukturasi quyidagilarga imkon beradi:

- PDH mavjud barcha iyerarxiya signallarini, ATM yacheykalarini, shuningdek, boshqa signallar va kadr-larni birlashtirishga;
- istalgan oraliq stansiyada qadamli multipleksorlash protsedurasiz traktlar darajasida komponentli oqimlarni kiritish/chiqarishni amalga oshirishga;
- STM-N ni STM-1ga oraliq multipleksorlashni bajarmasdan shakllantirishga;
- tarkibida 21·E1 bo'lgan STM-0 ni shakllantirishga. PDH signallaridan tashqari boshqa signallarni ham

(masalan, Ethernet kadrlari) uzatishga ehtiyoj mavjud, ularning tezliklari VC tezliklari bilan yomon moslashadi. Bunday signallar shatak (concatenation) deb ataladigan maxsus strukturalarda uzatiladi.

Shatak deb bir nechta VCni birlashtirish protsedurasi tushuniladi, uning natijasida ularning jamlanma sig'imidan bitta konteyner sifatida foydalanish mumkin, unda bitlar ketma-ketligining yaxlitligi ta'minlanadi. Shatakning ikkita turi mavjud – qo'shnilik (contiguous) va virtual (virtual). Ikkala turdagi shatak yakka konteyner C tezligiga qaraganda, X marta ko'p o'tkazish qobiliyatiga ega trakt xosil qiladi, lekin trakt tamomlanish nuqtalari orasida uzatish jarayonlari bilan farqlanishadi. Shatak quyidagicha belgilashga ega:

VC-n-Xs, bunda

VC-n – n darajada birlashtiriladigan VC;

X — shataklik koeffitsienti (birlashtiriladigan VC soni);

s – shatak turi (c – qo'shnilik, v – virtual).

Shatak sig'imi (axborot yuklanmasini uzatish tezligi) quyidagi formula (3.1) bo'yicha aniqlanadi:

$$V_s = V_m \cdot X, \quad (3.1)$$

Bunda  $V_m$  – birlashtiriladigan VC sig'imi.

Qo'shnilik shatagida talab qilingan o'tkazish qobiliyatli trakt butun trassa bo'yicha, har bir tarmoq elementida yaratiladi. Qo'shnilik shataklari virtual konteynerlar VC-4 va VC-2 uchun aniqlangan. Yuklanma X qo'shni AU-4 (VC-4 uchun) yoki TU-2 (VC-2 uchun) bloklarda joylashadi. Birlashtirilgan bloklardan birinchisining ko'rsatkichi PTR shatakning boshlanishini bildiradi, qolgan bloklar ko'rsatkichlari esa mazkur bloklarni shatakka tegishli ekanligini xabarlaydi. Birinchi blokning traktli sarlavhasi POH barcha shatakka xizmat ko'rsatadi.

VC-4-Xc shataklarda X ning qiymati  $X=N$ , bunda

$N=4,16,64,256$ , bu STM iyerarxiyasi darajasiga mos keladi. Qo'shniilik shataklarining sig'imi 3.1 formuladan kelib chiqib,  $X=4$  bo'lganda  $V_s=149760 \cdot 4=599040$  kbit/s dan  $X=256$  bo'lganda  $V_s=149760 \cdot 64=438338560$  kbit/s gacha o'zgarishi mumkin.

VC-2-Xc shataklarda  $X$  ning qiymati  $X=2 \div 7$ , sig'im esa mos holda  $X=2$  bo'lganda  $V_s=6784 \cdot 2=13568$  kbit/s dan  $X=7$  bo'lganda  $V_s=6784 \cdot 7=47448$  kbit/s gacha o'zgaradi. Bunday shataklarning funksiyasi VC-2 va VC-3 orasidagi "bo'sh joyni" 6784 kbit/s bosqich bilan to'ldirishdir.

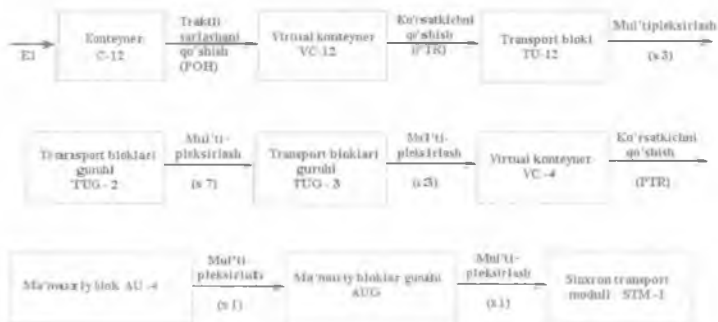
Virtual shatakda yuklanma ayrim VC bo'yicha taqsimlanadi va uzatiladi. So'ngra ular oxirgi punktda qaytadan birlashtiriladi. Shunday qilib, shatak funksiyalari faqat trakt oxirlarida kerak bo'ladi. Virtual shataklar barcha VC-n uchun aniqlangan. Har bir  $X$  virtual konteynerlardan biri standart POHga ega, konteynerlarda shatak yuklanmasi joylashadi. Modomiki tarmoq bo'yicha ayrim VC-n uzatish vaqti farqlanishi mumkin, trakt oxirida signal qayta tiklanayotganda konteynerlar kechikishidagi farqlar kompensatsiyalanishi zarur va ularni shatakda o'rniga joylashtirish lozim.

Virtual shataklar sig'imi VC-4-Xv va VC-3-Xv bo'lganda mos holda  $149760 \cdot X$  kbit/s va  $48384 \cdot X$  kbit/s ga teng bo'ladi, bunda  $X=2 \div 256$ , virtual shataklarda esa VC-2-Xv, VC-12-Xv va VC-11-Xv bo'lganda mos holda  $6784 \cdot X$ ;  $2176 \cdot X$ ;  $1600 \cdot X$  kbit/s ga teng bo'ladi, bunda  $X=2 \div 64$ .

3.33-rasmda E1 (2,048 Mbit/s) signallardan STM-1 signali shakllanishi ko'rsatilgan.

E1 oqim 2048 kbit/s uzatish tezligiga ega va 32 baytdan iborat, undan 30 bayt axborot yuklanmasini tashiydi. C-12 (34 bayt) konteyner E1 oqimga 2 bayt, 1 baytni sikl boshlanishiga va 1 baytni sikl oxiriga qo'shish yo'li bilan hosil qilinadi, ular tezliklarni

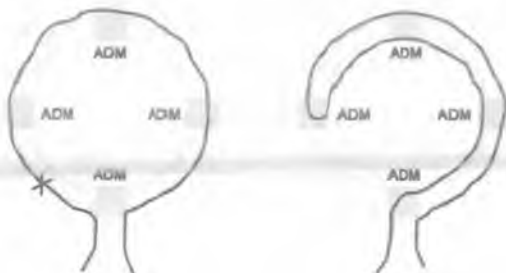
moslashtirish funksiyalarini bajaradi. Bunda impulslar kelish davri o'zgaraydi:  $T=125$  mks.



3.33-rasm. STM-1da E1 oqimni o'zgartirish zanjiri

*SDH*-iyerarxiyasida tarmoq standart topologiyalari-ning bazaviy to'plami mavjud:

- nuqta-nuqta;
- halqa, shina, daraxt va yulduz;
- mobil tuzilma.



3.34-rasm. *SDH*-tarmoqni rezervlash: halqali sxema

Ishonchlikni oshirish maqsadida barcha *SDH* tarmoqlarini berk halqa ko'rinishida (3.34-rasm) qurishga harakat qilinadi, ularda uzatish bir vaqtda ikkala yo'nalishda kanallarni kiritish/chiqarish multipleksoridan *ADM* (*Add Drop Multiplexer*) foydalanilgan holda olib boriladi. Bunda kabel shikastlanishi holatida tarmoq ishlashini davom ettiradi. Ishonchlikni oshirish bunday

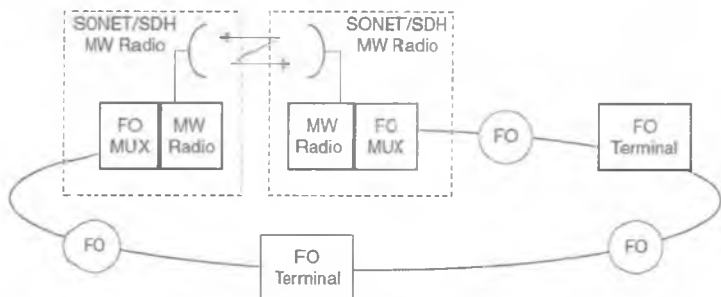
oshirishning ikkinchi tomoni tarmoq kabelidagi optik tolalar rezervi sonining kamayishidir.

RRL tarmoqlarida SDH/SONETdan foydalanilganda, ularning afzalliklarini maksimallashtirish maqsadida, ular sinxron optik-tolali tarmoqlarni to'ldirish imkoniyatiga ega bo'lishlari kerak. Bu RRL tarmoq optik-tolali tarmoq bilan integrallasha olishi uchun u ko'pgina parametrlarni, jumladan ma'lumotlar uzatish standart tezliklarini va ular apgreydini, tarmoqni boshqarish imkoniyatini, SDH/SONET standartlari interfeyslari turlarini, funkcionallik va tayyorlik xarakteristikalarini qo'llab-quvvatlashga loyihalangan bo'lishi lozim ekanligini bildiradi. RRLni SDH/SONET standartlarining optik interfeyslari bilan qo'llab-quvvatlash, RRL tarmoqni multipleksorlashning qo'shimcha uskunalarini qo'llamasdan (RRL va optik-tolali liniyalar tutashish nuqtasida ma'lumotlar oqimlarini kiritish/chiqarish funksiyalari talab qilingan vaziyatdan tashqari) optik-tolali tarmoq bilan integrallashish imkonini beradi.

RRL va optik-tolali tarmoqlarga umumiy talablar quyidagilardir: signallar va interfeyslar tezliklari, kadrlar (konteynerlar) sarlavhalarini qayta ishlash, umumiy xizmat kanallari, operatsion tizimlar va ma'lumotlar uzatish sifati. SDH/SONET standartlariga mos keladigan RRL tizimi, yangi yoki mavjud ma'lumotlar uzatish optik-tolali tarmoqlarga osonlik bilan integrallanishi mumkin (3.35-rasm).

SDH/SONET standartlar tizimidagi RRL texnologiyalar 10 bit/s/Gts o'tkazish qobiliyati qiymatini ta'minlagan holda, o'tkazish polosasidan samarali foydalanishni qo'llab-quvvatlashi mumkin. Masalan, kvadraturali raqamli manipulyatsiyani 512QAM (o'tkazish qobiliyati 8 bit/s/Gts) qo'llab, kengligi 40 MGts bitta RRL traktidan (bitta RCH eltuvchi, RCH kanal bo'yicha) ikkita STM-1 oqimini uzatish mumkin. Bir nechta RCH kanallarni N+1 konfiguratsiyalarga qo'shish yo'li

bilan, bitta chastotalar diapazoni doirasida 14 STM-1 sig'iriga erishish mumkin.



3.35-rasm. Gibridd (RRL/optik-tolali) halqali ulanish

### 3.5. ATM standarti va Ethernet

ATM (Asynchronous Transfer Mode – ma'lumotlarni uzatish asinxron usuli) – kommutatsiyalar va multipleksorlashning yuqori unumdorli tarmoq texnologiyasi bo'lib, qaydlangan o'lchamli (53 bayt), ulardan 5 bayti sarlavha uchun ishlatiladi, yacheykalar (cell) ko'rinishida ma'lumotlar uzatishga asoslangan. Ma'lumotlar uzatish sinxron usulidan farqli ravishda, ATM bitli tezliklari farqlanadigan yoki o'zgaradigan ma'lumotlar uzatish xizmatlarini taqdim etishga yaxshi moslashgan.

Komputer texnologiyalari axborotlarni o'ta tezkor qayta ishlash va tizimlar orasida ma'lumotlarni o'ta tezkor uzatish imkoniyatini yaratdi. XX asrning 80-yillarida telefon aloqa operatorlari ma'lumotlar trafigi o'ta muhim ekanligini va tovush trafigidan ustun bo'layotganligini payqashdi. Shu bilan bog'liq holda, ISDN loyihasi taklif qilindi, u telefon aloqa va ma'lumotlar uzatish xizmatlarini taqdim etadigan, paketlar kommutatsiyalanadigan raqamli tarmoqni tavsiflaydi. Avval IKM asosidagi PDH, so'ngra SDH/SONET raqamli uzatish tizimlari, ma'lumotlarni ikkilangan xatoliklarning kam ehtimolliklarida yuqori tezlikda uzatish-

ni ta'minlashga imkoniyat yaratdi. Lekin paketlar kommutatsiyasining mavjud texnologiyasi (avvalo, X.25 protokol bo'yicha) trafikni real vaqt masshtabida (masalan, tovushni) uzatishni ta'minlay olmadi va ko'pchilik bu qachonlardir ta'minlanishiga shubha bilan qarashdi.

Trafikni real vaqt masshtabida uzatish uchun umumiy foydalanish telefon tarmoqlarida kanallar kommutatsiyasi texnologiyasi qo'llanildi. Bu texnologiya tovushni uzatish uchun idealdir, lekin ma'lumotlar uzatish uchun u samarali emas. Shuning uchun telekommunikatsiya industriyasi ITUga keng o'tkazish polosali tarmoqlarda ma'lumotlar va tovush trafiginini uzatish uchun yangi standart ishlab chiqish bo'yicha murojaat qildi.

80-yillar oxirida ITU-T tomonidan ISDNning, B-ISDN (keng polosali ISDN) deb ataladigan, ISDN ni kengaytirgan, ikkinchi avlodi bo'yicha tavsiyalar to'plami ishlab chiqildi. B-ISDN uchun uzatish rejimining quyi sathi sifatida ATM tanlandi. 1988-yil Jenevada bo'lgan ITUning majlisida ATM yacheykasining uzunligi – 53 bayt deb tanlandi. Bu 64 baytni taklif etgan AQSh injenerlari va 32 baytni taklif etgan Yevropa injenerlari orasidagi kompromiss yechim bo'ldi. Biror tomon o'z variantining afzalligini ishonarli qilib isbot qilisha olmadi, shuning uchun natijada yuklama "foydali" hajmi 48 baytni tashkil etdi, sarlavha maydoni (xizmat ma'lumotlari) uchun esa minimal o'lcham, 5 baytli o'lcham tanlandi, ITU bunga rozi bo'ldi. 1990-yil ATM tavsiyalarining bazaviy to'plami ma'qullandi. ATMning bazaviy prinsiplari ITU-T I.150 tavsiyalarida ko'rsatilgan.

ATM tarmog'i bir-birlari bilan bog'langan ATM-kommutatorlar asosida quriladi. Texnologiya ham lokal, ham global tarmoqlarda amalga oshiriladi. Axborotning turli xillarini, jumladan video, tovushni birgalikda uzatishga ruxsat beriladi.

ATMda qo'llanadigan ma'lumotlar yacheykalari, boshqa texnologiyalarda qo'llanadigan ma'lumotlar elementlariga nisbatan kichikroqdir. ATMda qo'llanadigan, katta bo'lmagan, o'zgarmas o'lchamli yacheykalar quyidagi imkoniyatlarni beradi:

– tarmoqdagi kechikishlarga turlicha talabli ma'lumotlarni birgalikda uzatish, bunda yuqori, shuningdek past o'tkazish qobiliyatli kanallar bo'yicha uzatish mumkin;

– ma'lumotlarning o'zgarmas va o'zgaruvchan oqimlari bilan ishlash;

– bitta kanalda axborotning turli xillarini integratsiyalash: ma'lumotlar, tovush, audio va video eshittirishlar, telemetriya va h.k.;

– nuqta-nuqta, nuqta, ko'p nuqta va ko'p nuqta-ko'p nuqta ulanishlarni qo'llab-quvvatlash.

ATM texnologiyasi uchta sathda (darajada) tarmoqlararo o'zaro bog'lanishini faraz qiladi. Yuboruvchidan qabul qilib oluvchiga ma'lumotlarni uzatish uchun ATM tarmog'ida virtual kanallar, VC (Virtual Circuit) yaratiladi, ular uchta ko'rinishda bo'ladi:

1. Doimiy virtual kanal, PVC (Permanent Virtual Circuit), u ikkita nuqta orasida tashkil etiladi va uzoq vaqt mobaynida, hatto uzatish uchun ma'lumotlar bo'lmaganida ham mavjud bo'ladi.

2. Kommutatsiyalanadigan virtual kanal, SVC (Switched Virtual Circuit), u ikkita nuqta orasida ma'lumotlarni uzatish oldidan bevosita yaratiladi va aloqa seansi tugagandan so'ng uzib tashlanadi.

3. avtomatik sozlanadigan doimiy virtual kanal, SPVC (Soft Permanent Virtual Circuit). SPVC kanallari tub ma'noda PVC kanallarini ifodalaydi, ular ATM kommutatorlarida talab bo'yicha initsiallashtiriladi. Ulanish qatnashuvchilari nuqtayi nazaridan SPVC odatdagi PVC sifatidagi ko'rinishga ega, provayder infrastrukturasidagi ATM kommutatoriga tegishliligiga kelsak, ular uchun SPVC kanallari PVC kanallaridan sezilarli darajada farqlanadi. PVC kanali provayderning



barcha infrastrukturasi doirasida konfiguratsiyani statik aniqlash yo'li bilan yaratiladi va hamma vaqt tayyor xolatida bo'ladi. Lekin SPVC kanalida bog'lanish faqat oxirgi nuqtadan (DTE qurilmasi) birinchi ATM kommutatorigacha (DCE qurilmasi) statik bo'ladi. Yuboruvchining DCE qurilmasidan qabul qilib oluvchining DCE qurilmasigacha provayder infrastrukturasi doirasida ulanish talab bo'yicha shakllanishi, uzilishi va qayta ulanishi mumkin. O'rnatilgan ulanish tarmoq provayder infrastrukturasi doirasida bu virtual kanal ishlashi to'xtatishini keltirib chiqaradigan kanal zvenolaridan birining ishlashi buzilishigacha statik bo'lib qolishi davom etadi.

Paketlarda marshrutizatsiyalash uchun identifikatorlar deb ataladigan paketlar qo'llanadi. Ular ikkita ko'rinishda bo'ladi.

1. **VPI** (virtual path identifier) – virtual yo'l (kanal raqami) identifikatori;

2. **VCI** (virtual circuit identifier) – virtual kanal (ulanish raqami) identifikatori.

Quyidagi sifat xarakteristikalarini bilan farqlanuvchi, trafikning beshta sinfi aniqlangan:

– trafik pulsatsiyasi mavjudligi yoki mavjud emasligi, ya'ni CBR yoki VBR trafiklari;

– uzatuvchi va qabul qiluvchi tomonlar orasida ma'lumotlarni sinxronizatsiyalashga talablar bo'yicha;

– o'z ma'lumotlarini ATM tarmog'i orqali uzatuvchi, protokol turi bo'yicha – ulanish o'rnatiladigan yoki ulanish o'rnatilmaydigan (faqat komputer ma'lumotlarini uzatish holati uchun).

CBR xatolikni nazoratini, trafikni boshqarishni yoki qandaydir boshqa qayta ishlashlarni ko'zda tutmaydi. CBR turkumi real vaqt multimediasi bilan ishlashga yarqoli.

VBR turkumi ikkita quyi turkumlardan iborat – odatdagi va real vaqt (3.8-jadval). ATM yetkazish ja-

rayonida vaqt bo'yicha yacheykalarga hech qanday tarqoqlik kiritmaydi.

ABR turkumi trafikni oniy variatsiyalar sharoitlarida ishlashga mo'ljallangan. Tizim ma'lum darajadagi o'tkazish qobiliyatini kafolatlaydi, lekin qisqa vaqt mobaynida katta yuklamani ham ko'tarishi mumkin. Bu turkum qabul qilgich va uzatkich orasida teskari aloqa mavjudligini ko'zda tutadi, u agar zarur bo'lsa, kanal yuklanishini pasaytirish imkonini beradi.

UBR turkumi IP-paketlarni yuborish uchun yaxshi moslashgan (yetkazishga kafolat yo'q va ortiqcha yuklanishda yo'qotishlar muqarrardir).

### ATM trafigi sinflarining asosiy xarakteristikalari

3.8-jadval.

QoS sinfi	1	2	3	4	5
Xizmat ko'rsatish sinfi	A	B	C	D	x
Trafik turi	CBR	VCBR	VBR	ABR	UBR
Daraja turi	AAL1	AAL2	ALL3/4	AAL3/4	
Sinxronizatsiya	Talab qilinadi		Talab qilinmaydi		
Uzatish tezligi	Doimiy	O'zgaruvchi			
Ulanish rejimi	O'rnatilishli			O'rnatilishsiz	
Foydalanishga misol	(E1, 11)	Video	Audio	Ma'lumotlar uzatish	

**Ethernet standarti.** Ma'lumotlarni qayta ishlash va uzatishning zamonaviy tizimlari Ochiq Tizimlarning O'zaro bog'lanishi (OSI) deb ataladigan bazaviy etalon modeli asosida ishlab chiqiladi, loyihalashtiriladi va ishlaydi. Ushbu model komputer tarmoqlaridagi ko'p sathli ulanishlar protokollari arxitekturasining tavsifidir (3.25-rasm). U asosan, tarmoq arxitekturasini yettita funksional sathlarga ajratadi: amaliy, taqdimot, seans, transport, tarmoq, kanal, fizik.

Tarmoqlararo bog'lanish qurilmalari uchun masalan, ko'priklar, kommutatorlar va marshrutizatorlar, OSI

modeli, ular sathlarga mos ravishda ishlashi mumkin bo'lgan o'zining ayrim funksiyalari va rollarini aniqlaydi:

2 sath – ko'priklar va kommutatorlar ikkinchi sathda (kanal sathi) ishlaydi;

3 sath – marshrutizatorlar uchinchi sathda (tarmoq sathi) ishlaydi.



3.25-rasm. Ochiq tizimlar o'zaro bog'lanishining etalon modeli

Ethernet standarti Ochiq Tizimlarning O'zaro bog'lanishi (OSI) modelining fizik sathida simli ulanish va elektr signallarini, kanal sathida kadrlar formatini va muhitga kirishni boshqarish protokollarini aniqlaydi. Ethernet asosan, IEEEning 802.3 guruhlarida standartlarida tavsiflanadi. 1990-yillarning o'rtalarida Ethernet lokal hisoblash tizimlarining eng ko'p tarqalgan texnologiyasiga aylandi va Arcnet va Token ringga o'xshash eskirgan texnologiyalarni siqib chiqardi.

Birinchi versiyalar (Ethernet v1.0 va Ethernet v2.0) standartida uzatuvchi muhit sifatida koaksial kabel ishlatilishi ko'rsatilgan, keyinroq buralgan juftlik va optik-tolali kabeldan foydalanish imkoniyati paydo bo'ldi.

Buralgan juftlikdan foydalanish koaksial kabelga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega:

- dupleks rejimida ishlash imkoniyati;
- “buralgan juftlik” kabeli narxining pastligi;
- tarmoq ishonchligining yuqoriroqligi;
- minimal ruxsat berilgan burilish radiusining kamligi;
- xalaqitbardoshlikning yuqoriligi;
- kam quvvatli uzellarni, masalan, IP-telefonlarni (Power over Ethernet standarti, POE) kabel bo'yicha elektr ta'minlash imkoniyati;

- transformator turidagi galvanik ajratish.

Optik-tolali kabelga o'tishning sababi qaytargichsiz tarmoq segmenti uzunligini oshirish zaruriyati bo'ldi.

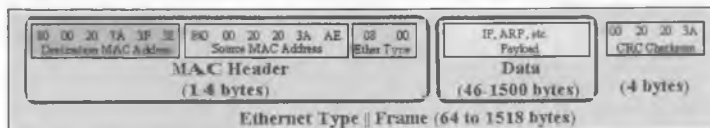
Ethernet standartida uzatish muhitiga kirishni boshqarish – eltuvchini nazoratlash va kolliziyalarni to'pishli (CSMA/CD, Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) ko'plab kirish usuli qo'llanadi. Ushbu usul ma'lumotlarni 10 Mbit/s tezlikda uzatishni, paket o'lchami 64 dan 1518 baytgacha bo'lishini, ma'lumotlarni uzatishda yarim dupleksli rejimni (uzel axborotni bir vaqtda uzatish va qabul qilishi mumkin emas) nazarda tutadi. Tarmoq bitta ajratiladigan segmentidagi uzellarning eng ko'p soni 1024 ishchi stansiyalar bilan cheklanadi. Bitta ajratiladigan segmentda qurilgan tarmoq uzellar soni chegaraviy qiymatga ancha yetmasdan samarasiz bo'lsa, bunda asosiy sabab ishlashning yarim dupleksli bo'lganligidir.

1995-yil uzatish tezligi 100 Mbit/s va to'liq dupleks rejimida ishlash imkoniyati bo'lgan IEEE 802.3u Fast Ethernet standarti qabul qilindi. 1997-yil optik tolada uzatish tezligi 1000 Mbit/s va ikki yildan keyin buralgan juftlikda ishlaydigan IEEE 802.3z Gigabit Ethernet standarti qabul qilindi.

Ethernet-kadrning bir nechta formatlari mavjud:

- boshlang'ich Version 1 (endilikda qo'llanmaydi);

– Ethernet Version 2 yoki Ethernet-kadr II, shuningdek, DIX (abbreviatura – ishlab chiquvchi firmalarning birinchi xarflari DEC, Intel, Xerox) deb ataluvchi juda ko‘p tarqalgan va hozirgi kunda ishlatilmoqda. Ko‘p holda bevosita Internet protokol bilan ishlatiladi (3.26-rasm):



3.26-rasm. Ethernet II kadrining eng ko‘p tarqalgan formati

– Novell – IEEE 802.3 bez LLC (Logical Link Control)ning ichki modifikatsiyasi;

– IEEE 802.2 LLC kadr;

– IEEE 802.2 LLC/SNAP kadr;

– Hewlett-Packard kompaniyasi ishlab chiqargan Ethernet ayrim tarmoq kartalari, ishlashda 100VG-Any-LAN standartiga mos keluvchi IEEE 802.12 formati kadridan foydalanishgan.

Qo‘shimcha sifatida Ethernet-kadr VLAN ni identifikatsiyalash uchun tarkibida teg IEEE 802.1Q va ustivorlikni ko‘rsatish uchun IEEE 802.1p bo‘lishi mumkin. Kadrning turli xili turlicha format va MTU qiymatiga ega.

Ethernet standartini loyihalashtirishda, har bir tarmoq kartasi, tayyorlanayotganda unda “teshilgan”, noyob olti baytli raqamga (MAC-adres) ega bo‘lishi ko‘zda tutilgan. Bu raqam Ethernet kadrni uzatuvchi va qabul qiluvchini identifikatsiyalash uchun ishlatiladi, va tarmoqda yangi komputera (yoki tarmoqda ishlashga qobiliyatli boshqa qurilma) paydo bo‘lganda tarmoq ma‘muri MAC-adresni qayta sozlamaslikni nazarda tutadi.

MAC-adresning noyobligiga quyidagicha erishiladi, har bir ishlab chiqaruvchi IEEE Registration Authority

ning koordinatsiyalovchi qo'mitasidan o'n olti million ( $2^{24}$ ) diapazonli adreslarni oladi, va ajratilgan adreslar tugalishiga yaqin yangi diapazonni so'rashi mumkin. Shuning uchun MAC-adresning uchta yuqori baytlari bo'yicha ishlab chiqaruvchini aniqlash mumkin. MAC-adres bo'yicha ishlab chiqaruvchini aniqlash imkonini beradigan jadvallar mavjud, jumladan, ular "arpalert" turidagi dasturga kiritilgan.

MAC-adres tarmoq kartasini initsializatsiyalashda bir marotaba PZUdan o'qiladi, keyinchalik barcha paketlar operatsion tizim tomonidan generatsiyalanadi. Barcha zamonaviy operatsion tizimlar uni o'zgartirish imkoniyatiga ega. Windows operatsion tizimi uchun, minimum sifatida. Windows-98 dan, u reestrda o'zgarib turgan.

Ma'lumotlar uzatish tezligi va uzatish muhitiga bog'liq holda Ethernet standartining bir nechta texnologik variantlari mavjud. Uzatish usulidan mustaqil holda, tarmoq protokoli steki va dasturlar amalda barcha variantlarda bir xil ishlaydi.

Ethernet-kartaning ko'pchiligi va boshqa qurilmalar ma'lumotlar uzatish bir nechta tezliklarini qo'llab-quvvatlash imkoniga ega, bunda ikkita qurilmalar orasida eng yaxshi ulanishga erishish uchun tezlikni avtoaniqlashdan (autonegotiation) va duplekslikdan foydalaniladi. Agar avtoaniqlash ishlamay qolsa, tezlik sherikka (partnyor) qarab sozlanadi va yarim dupleks uzatish rejimi ulanadi. Masalan, qurilmada Ethernet 10/100 portining mavjudligi 10BASE-T va 100BASE-TX texnologiyalar bo'yicha ishlashi mumkinligini ko'rsatadi, Ethernet 10/100/1000 porti esa -10BASE-T, 100BASE-TX va 1000BASE-T standartlarni qo'llaydi.

802.3ba guruhi kuzatishiga muvofiq, hisoblash masalalari va transport tarmog'i yadrosi ilovalari uchun o'tkazish polosasiga talablar turli tezliklarda ortib bormoqda, bu Ethernetning keyingi avlodlari

– 40 Gigabit Ethernet (yoki 40GbE) va 100 Gigabit Ethernet (yoki 100GbE) uchun ikkita mos standartlar zarurligini aniqlaydi. Hozirgi vaqtda serverlarda, yuqori unumdorli hisoblash klasterlarida, blevd-tizimlarda, SAN va NASlarda 1GbE va 10GbE texnologiyalar qoʻllanmoqda, 2007 va 2008 yillarda NASning keskin oʻsishi kuzatilmoqda.

TDM texnologiyalari asosidagi transport tarmoqlari yuqori ishonchli, texnologik yaxshi loyihalashtirilgan, xizmatlari kafolatlangan va saviyasi oldindan maʼlum tarmoqdir. Lekin bunday tarmoqlar Ethernet trafigini uzatish va transport tarmoqlarining yuqori oʻtkazish qobiliyatini talab qiluvchi yangi xizmatlarni taqdim etish uchun noqulaydir. Yangi texnologiyalar va narxlar xizmatlar operatorlari va provayderlarini IP standartiga asoslangan transport tarmoqlariga migratsiyalanishga majbur etmoqda, yangi IP xizmatlar esa xizmatlar operatorlari va provayderlarining daromadini sezilarli darajada yaxshilash imkoniyatini beradi. Shu bilan birga, aytish mumkinki, simsiz telekommunikatsiya tarmoqlarining yangi avlodi IP standartiga asoslangan boʻladi.

Xizmatlar operatorlari va provayderlari oʻzlarining IP tarmoqlarini nafaqat “Best-Effort” (maʼlumotlarni real vaqtda uzatishni talab etmaydigan) deb ataladigan xizmatlarni, shuningdek, real vaqt xizmatlarini (VoIP, videokonferensiya, interaktiv oʻyinlar va h.k.) taqdim etish maqsadida yangilashmoqda. “Best-Effort” xizmatlarida vaqtli kechikishlar, paketlarni uzatish tartibining buzilishi, IP tarmoqlari boʻyicha maʼlumotlar uzatishda paketlar yoʻqolishi mushkullik keltirmaydi, shu bilan birga real vaqt xizmatlari kam kechikishli yuqori darajada unumdorlikni amalga oshirishni va transport tarmogʻining yuqori darajada tayyorligini talab qiladi. Maʼlumotlar uzatishda ATM kommutatorlari va Frame Relaydan foydalanadigan muhim xizmatlar,

nostabil va talab qilingan xizmatlar sifati darajasini qo'llay olmaydigan transport tarmoqlaridan foydalana olmaydi.

Real vaqt xizmatlari sonining doimiy o'sishi davom etishi munosabati bilan transport tarmoqlarining nostabilligi sababli xizmatlar taqdimlanishidagi uzilishlar juda ham sezilarli bo'lmoqda va xizmatlar operatorlari va provayderlarini o'z mijozlarini yo'qotmasliklari uchun faol javob topishga majbur qilmoqda. IP tarmoqlari real vaqt xizmatlari talablarini bajarishi uchun xizmatlar operatorlari va provayderlari bir qator muammolar va to'siqlarni bartaraf etishlari lozim: marshrutizatorlarning yomon ishonchligi, ulanish liniyalari rezervlanishining yetishmasligi, konvergensiya vaqtining sekinligi yaxshilanishi lozim bo'lgan narsalarning qismidir.

Ethernet/IP texnologiyasi ATM va TDM texnologiyalariga nisbatan ancha tejamkor o'tkazish polosasini ta'minlashiga qaramasdan, ma'lumot har bir bitini uzatish narxi nuqtayi nazaridan, yaqin vaqtlargacha mobil aloqa operatorlari tarmoqlarida transport sifatida juda kam ishlatilgan edi, sababi xizmatlar sifatining darajasi cheklanganligi va xizmatning talab qilingan sifatini kafolatlash uchun rezervlashning yaxshi emasligi bo'ldi. Tovush, video va ma'lumotlar uchun xizmatlarning turli darajadagi sifati talab qilinadi, ular Ethernet/IP texnologiyalari asosida transport tarmog'ida juda yaxshi loyihalashtirilganlikni ta'minlashi lozim.

Ethernet/IP texnologiyalariga asoslangan tarmoqlarning ko'rsatilgan muammolarini hal etish uchun standartizatsiya bo'yicha tashkilot bo'lgan, xizmatlarga aniqlanish beradigan Metro Ethernet Forum (MEF), standartlar va sertifikatsiya dasturlarini ishlab chiqaradi, shuningdek, transport tarmog'ining yuqori sifat standartini deb ataladigan Carrier Ethernet standartini ishlab chiqdi va faol joriy etmoqda.



Carrier Ethernet standartlashtirilgan xizmatlarning hamma joyda yetishish mumkin bo'lgan to'plami va beshta o'ziga xos atributlar bilan xarakterlanadigan, Ethernet operator klassining tarmog'idir. Bu beshta atributlar Carrier Ethernet tarmog'ini odatiy Ethernet lokal tarmoqlaridan farqlantiradi:

- standartlashtirilgan xizmatlar;
- ishonchlilik;
- masshtablanishlik;
- xizmatlarni boshqarish;
- xizmat ko'rsatish sifati.

Carrier Ethernet xizmatlari – bu global va lokal taqdimlanadigan, hamma joyda kirish mumkin bo'lgan standartlashtirilgan xizmatlar. Ularga Ethernet (E-Line) xususiy kanal xizmatlari, Ethernet (E-LAN) xususiy lokal tarmog'i, Ethernet virtual xususiy kanal va Ethernet virtual xususiy lokal tarmog'i (bir nechta xizmatlar bitta tarmoq interfeysi bilan multipleksorlanadi) kiradi. Carrier Ethernet xizmatlari mijozga tarmoqni yoki lokal tarmoq uchun uskunalarni o'zgartirmasdan taqdim qilinishi mumkin.

Carrier Ethernet uchun MEF sertifikatliya dasturi beshta atributlarga rioya qilgan holda Carrier Ethernet xizmatlarini yetkazishni kafolatlaydi. Sertifikatsiyalashda MEF xizmatlarni yetkazib beruvchining Carrier Ethernet xizmatlarini taqdim etish imkoniyatlarini hamda uskunalarni yetkazib beruvchining zaruriy aloqa kanallarini ta'minlash imkoniyatlarini hisobga oladi. MEF sertifikatliyasi xizmatlar taqdimotini hamma joydaligini va global moslashishini kafolatlaydi.

MEF 9 standarti Ethernet xususiy kanal, Ethernet virtual xususiy kanal, Ethernet xususiy lokal tarmog'i va Ethernet virtual xususiy lokal tarmog'i taqdim etadigan xizmatlarini reglamentlaydi. Ethernet kanali xizmatlari ikki nuqtali Ethernet ulanishni ta'minlaydi.

Ethernet lokal tarmog‘i xizmatlari bir nechta uzellarni bog‘lash uchun qo‘llanadi.

MEF 14 standartida xizmatlar unumdorligi va o‘tkazish qobiliyatining profili reglamentlanadi. Xizmatlar unumdorligi uchta parametrlar yordamida o‘lchanadi: kadrlar kechikishi (FD), kadrlar kechikishining variatsiyasi (FDV) va kadrlarning yo‘qolish koeffitsienti. O‘tkazish qobiliyatining profili tarkibiga quyidagilar kiradi: ma‘lumotlar uzatishning kafolatlangan tezligi (CIR), paketning kafolatlangan o‘lchami (CBS), axborot ortiqchaligining koeffitsienti (EIR) va paket o‘lchamining oshib ketishi (EBS). O‘tkazish qobiliyatining u yoki bu profiliga mosligi trafik hajmining nazorat funksiyasi va trafikni tekislash yordamida o‘rnatiladi.

Carrier Ethernet xizmatlari sifat va kira olishga bo‘lgan eng jiddiy talablarga javob berishi lozim. Tarmoqlardagi to‘xtalishlar foydalanuvchilar uchun zarar yetkazmasdan aniqlanishi va bartaraf etilishi lozim. Bunday ishonchlikka OAM-funksiya xizmatlari yordamida erishiladi, ular to‘xtalishni tezkor aniqlash va uni boshqarish, shuningdek, geografik taqsimlangan resurslarni himoyalash (rezervlash) va tezkor qayta tiklanishini ta‘minlaydi. Ishonchlik bo‘yicha talablar quyidagilardir:

- ulanishlardagi buzilishlarni boshqarish, IEEE 802.1ag standarti;
- unumdorlikning monitoringi, ITU-T Y.1731 standarti;
- kanalning OAM-funksiyasi, IEEE 802.3ah standarti;
- 50 ms da buzilgan kanaldan himoyalovchi qayta ulanish;
- Ethernetning liniyaviy himoyasi, ITU-T G.8031 standarti.

Carrier Ethernet xizmatlari o‘tkazish qobiliyatiga nisbatan masshtablanuvchi bo‘lishi lozim. Tarmoq ham

masshtablanuvchi va abonentlar uchun xizmatlarni global initsializatsiyalash imkoniyatiga ega bo'lishi lozim.

Xizmatlarni boshqarishga dasturiy ta'minot va xizmatlarni initsializatsiyalash, nosozliklarni bartaraf etish va tarmoqqa xizmat ko'rsatishda foydalanadigan tarmoqni boshqarish tizimi kiradi. Xizmatlarni yetkazib beruvchilar o'z tarmog'i monitoringini va diagnostikasini bajarish va uni vositalar yetkazib beruvchilaridan mustaqil holda, standart uskunalardan foydalanib, markazlashgan holda boshqarish imkoniyatiga ega bo'lishi lozim.

Carrier Ethernet xizmatlari keng spektrli darajaviy xizmatlarga sifatli xizmat ko'rsatishni ta'minlaydi. Xizmat ko'rsatish darajasi bo'yicha kelishuv (SLA) tovush, video va ma'lumotlar uzatish kabi abonent ilovalari uchun uzluksiz unumdorlikni kafolatlaydi.

3.27-rasmda xizmatlarni bitta ta'minlovchisining tarmog'i (filial tarmog'i) orqali abonentning ikkita joylashishi orasida Ethernet (EVC)ning ikki nuqtali virtual ulanishi ko'rsatilgan. Carrier Ethernet tarmoqning bu sxemasi quyidagi elementlardan tarkib topgan:

EVC – Ethernet virtual ulanishi – foydalanuvchining ikkita yoki bir nechta tarmoq interfeyslari (UNI) orasida ulanishni yaratish bo'yicha xizmatlarni aks ettiradi. EVC portlarda (barcha abonent trafigi UNI-port orqali o'tadi) yoki virtual (barcha abonent trafigi xizmatlarni taqdimlovchining virtual lokal tarmog'i orqali o'tadi) tashkil etilishi mumkin. EVC ikkita UNI bog'lab, ikki nuqtali yoki ikkita dan ortiq UNIning bog'lab, ko'p nuqtali bo'lishi mumkin.



3.27-rasm. Xizmatlarni bitta ta'minlovchi yetkazib beradigan Carrier Ethernet tarmog'i sxemasi

**CPE** – asbob-uskunalar mijozda – abonentning lokal yoki korporativ tarmog‘ida joylashgan, abonentga tegishli tarmoq uskunalari. Bunga operatorning Metro Ethernet tarmog‘i bilan interfeyslar mansubdir.

**UNI** – Foydalanuvchining tarmoq interfeysi – fizik interfeys yoki port, u orqali xizmatlar ta‘minlovchisi abonentga xizmatni taqdim etadi. UNI – bu nuqta bo‘lib, unda javobgarlik xizmatlar ta‘minlovchisidan abonentga o‘tadi. Shuningdek, UNIga EVC uchun boshlang‘ich va oxirgi nuqta sifatida qarash mumkin. UNI mijozga qaraydigan port NID portdir.

**NID** – Tarmoq interfeysining qurilmasi – UNI interfeysi orqali Ethernet xizmatlarni taqdim etuvchi demarkatsion uskuna. NID xizmatlar sifatini ta‘minlaydi, unumdorlikning monitoringini olib boradi. nuqsonlarni bartaraf etishga imkon beradi va turli fizik tashuvchilar (masalan, xizmatlar ta‘minlovchisining optik tolali interfeysini abonentning UTP-kanal misli interfeysiga o‘zgartiradi) orasida o‘zgartirishlarni amalga oshiradi. Odatda NID abonentda bo‘ladi, lekin xizmatlar ta‘minlovchisiga yoki operatorga tegishli bo‘ladi va ular tomonidan boshqariladi.



3.28-rasm. Xizmatlarni bir nechta ta‘minlovchi yetkazib beradigan Carrier Ethernet tarmog‘i sxemasi

3.28-rasmda xizmatlarni ikkita ta‘minlovchilari tarmoqlari orqali ikkita abonentning joylashgan joylari orasida optik tolali ikki nuqtali EVC-ulanish ko‘rsatilgan. Olisdagi mijoz bilan bog‘lanish uchun xizmatlar ta‘minlovchisi kirishni ta‘minlovchi (filial tarmoqdan tashqari) bilan hamkorlik qiladi. Carrier Ethernet tarmoqning bunday sxemasi quyidagi elementlardan tashkil topadi.

**ENNI** – Tarmoqlararo tashqi interfeys – Ethernet xizmatlarini taqdim etishda bittadan ortiq xizmatlar ta'minlovchilari ishlaganda, ikkita tarmoqning ulanish nuqtasini ta'minlaydi. Yuqorida keltirilgan misolda bu xizmatlar ta'minlovchisi va ulgurji operator bir-birlariga xizmatlarni uzatadigan joy.

**E-Access** – Elektron kirish xizmat - filial tarmoqdan tashqarida bo'lgan abonentga Carrier Ethernet xizmatni, kirishni ta'minlovchi taqdim etadigan va xizmatlar ta'minlovchisiga sotiladigan, ulgurji xizmat elektron kirish xizmati – ulgurji xizmat bo'lib, ENNI interfeysi va filial tarmoqdan tashqaridagi abonent joylashgan joyidagi UNI interfeysi orasida ulanish xizmatidir.

EVCning har bir virtual ulanishi xizmatlar atributi to'plamiga ega (xizmat turi, multipleksorlashni qo'llab-quvvatlash, o'tkazish polosali profili, kafolatlangan unumdorlik), ular xizmatlarni moslashgan holda aniqlashda va SLA bo'yicha turli kelishuvlarni standartlashtirishda qo'llanadi.

Hozirgi vaqtda mobil aloqaning to'rtinchi avlodi 4G xizmatlarini faol joriy etish davom etmoqda. Bunda, 4G tarmoqlari to'liq IP texnologiyasiga asoslangan va telekommunikatsiyalar operatoriga yetarli darajada moliyaviy ustunlikka ega bo'lish imkoniyatini beruvchi ma'lumotlar uzatish bir jinsli transport tarmog'idan foydalanishni talab qiladi. Lekin doimiy ravishda o'sib borayotgan telekommunikatsiyaning mobil qurilmalari soni va xizmatlari to'plami, jumladan an'anaviy tovushli so'zlashuvlar, tovushli konferensiyalar, foto rasmlarni tarqatish, video va yuqori tezlikli ma'lumotlar tarmoq infrastrukturasi yangidan yangi talablarni keltirib chiqarmoqda. Carrier Ethernet texnologiyasidan foydalanish Ethernet transport tarmoqlariga moliyaviy samaradorlikni, moslashuvchanlik va masshtablanishni beradi, bunda TDM tarmoqlari darajasida ishonchlilik ta'minlanadi.

Radio adaptiv modulyatsiyaning funksiyalarini, oqimlarni agregatsiyalashni va har tomonlama qutblanish (XPIC) ta'sirini bostirilishini qo'llovchi, Ethernet texnologiyalari asosidagi RRL tizimlarining yangi avlodi, hozirning o'zida 1 Gbit/s (GbE) tezlikda ma'lumotlar uzatishni ta'minlamoqda.

### 3.6. Ma'lumotlar uzatish tarmog'ining topologiyasi

Transport tarmog'ining asosiy maqsadi barcha mavjud nuqtalarni o'zaro bog'lash, o'tkazish qobiliyati bo'yicha talablarni qondirish va turli uzatish muhitlarini (RRL, misli va optik-tolali kabel, yo'ldoshli bog'lanishlar) qo'llash yo'li bilan xizmatlarning ishonchligini ta'minlashdir.

Mobil aloqa operatorlari mobil aloqaning to'rtinchi avlod (4G) texnologiyalaridan foydalanishga o'tishi munosabati bilan transport tarmoqlariga juda katta talablar qo'yishmoqda. 4G tarmoqlari asosidagi xizmatlar to'plami (yuqori o'tkazish qobiliyatini talab qiluvchi va xizmat ko'rsatish sifatiga sezgir bo'lgan), ma'lumotlarni paketli uzatishdan foydalanadigan tarmoq infrastrukturasi mavjudligini talab qiladi, masshtablanuvchi va ishonchli rezervlashga ega bo'ladigan, shuningdek, qiymati, montaj ishlarini va texnik xizmat ko'rsatishni soddaligi nuqtayi nazaridan samarali bo'lishi lozim.

Xizmatlar operatori va provayderlarini ikkita masala bezovta qiladi: boshlang'ich talablarga mos ravishda qo'shimcha xarajatlarsiz joriy etish fazalariga bo'lgan holda transport tarmog'i joriy etilishini qanday boshlash mumkin, shuningdek, bu tarmoqni keyinchalik kengaytirish zaruriyati tug'ilganda qanday amalga oshirish mumkin? Shuning uchun transport tarmog'ining keng ko'lamliligi hal qiluvchi omillardan

biridir. Transport tarmog'ining topologiyalarini ikkita asosiy guruhga ajratish mumkin:

– bitta rangli tarmoq, yagona (yolg'iz) subyektdir, u tarmoq elementlaridan yuqori darajada foydalanish mumkin bo'lishiga qadar optimizatsiyalanishi mumkin. Bunday tarmoqning nozik joyi unda ma'lumotlar trafiginu uzatishda taqsimlanish o'zgarishiga yuqori darajada sezgirligidir. Trafik taqsimlanishidagi o'zgarish bu tarmoqning avvaldan to'g'ri loyihalashtirilgan uchastkasiga o'zgartirish kiritishi mumkin, bu butun tarmoqni nostabil va yomon optimallashtirilgan holatga olib kelish mumkin;

– ko'p sathli (iyerarxik) tarmoq tarmoqni loyihalashtirishni va uni keyinchalik kengaytirishni osonlashtiradi, chunki butun tarmoq modulli bo'ladi. Tarmoqning modulli dizayni tarmoqni va tarmoq marshrutizatsiyasini ko'proq tushunarli qiladi, shu bilan tarmoqni boshqarishni va texnik xizmat ko'rsatishni soddalashtiradi, ularni moliyaviy nuqtayi nazardan samaraliroq qiladi.

Iyerarxik modelda butun tarmoq bir nechta sathlarga bo'linadi, ular bilan ishlash alohida-alohida amalga oshiriladi. Bu loyihalashda masala qo'yilishini ancha yengillashtiradi, chunki har bir ayrim sath ma'lum qamrash sohasining spetsifik talablariga mos holda amalga oshirilishi mumkin. Quyi tarmoqlar o'lchamlarining kamayishi har bir oxirgi qurilmaning kommunikatsion ulanishlar sonini pasaytirishga erishish imkoniyatini beradi. Masalan, keng eshittirishli "shtormlar" yassi tarmoqda tizimlar soni ortishi bilan birga tezkor o'sadi.

Tarmoq daraxtining ayrim quyi sohalariga xizmat ko'rsatish mas'uliyati iyerarxik modelda interfeysda biron-bir jiddiy muammosiz osonlikcha tarqatiladi, bu yassi tarmoq holatida mumkin bo'lmaydi. Bundan tashqari, iyerarxik model holatida xatolikni izlashda tarmoq strukturasiining ko'rgazmaliligi o'zini oqlaydi.

Tarmoqning iyerarxik tuzilishida turli xil o'zgarishlarni amalga oshirish ancha soddaroqdir, chunki, ular qoida sifatida tizimning faqat bir qismiga tegishlidir. Yassi modelda esa ular butun tarmoqqa ta'sir qilishga qobiliyatlidir. Bu vaziyat iyerarxik tarmoqlarni kengaytirilishini sezilarli darajada soddalashtiradi: u mavjud sathga yoki keyingi sathga tarmoq barcha strukturasi qaytadan bichmasdan yangi tarmoq sohasini qo'shish orqali amalga oshiradi.

Katta transport tarmoqlari uchun halqali rezervlangan konfiguratsiyadan foydalanish tavsiyalanadi, chunki bunday tarmoqlar, odatda, magistral tarmoqlardir va turli ma'lumotlarning katta hajmlarini uzatish uchun qo'llanadi. Agar transport tarmoqlari quyidagi holatlarda avtomatik rezervlashni qo'llasa, u ishonchli deb hisoblanadi:

- stansion asbob-uskunalar ishdan chiqishida (akкумуляtor batareyalari, machtalar, antenna tizimi);
- faol asbob-uskunalar ishdan chiqishida (kommutatorlar, marshrutizatorlar, multipleksorlar, RRL);
- RRL oralig'ida signal tarqalishida uzilishlar;
- optik tolali kabelning uzilishi.

Tarmoqning halqali arxitekturasi foydalanuvchilarga quyidagicha umumiy o'ziga xos xususiyatlarni taqdim etadi: boshqarishda, nosozliklarni aniqlashda, texnik xizmat ko'rsatishda soddalik. Shuningdek, tarmoqning halqali arxitekturasi E1/T1 trafikni uzatishda marshrut avtomatik o'zgarishini va tarmoqda nosozliklar paydo bo'lish holatida E1/T1 trafikni uzatishda uzilishlar bo'lmashligini qo'llaydi. Ancha yuqori ishonchlilik bo'lishi uchun uskunalarning har bir modulini 1+1 sxemasi bo'yicha rezervlanishini ta'minlash zarur.

An'anaviy PDH tarmoqlarida E1/T1 trafik sifati baholanishini bajarish va rezervli qayta ulanish talab qilinadigan, tarmoqning har bir uzeli maxsuslashtirilgan qo'shimcha uskunalarning mavjudligi talab qilinadi. Bu faqat katta bo'lmagan tarmoqlar uchun bo'lishi mumkin. SDH/SONET standartidagi uskuna-



larda ishlaydigan tarmoqlar, bunday funksiyalarni maxsuslashtirilgan qo'shimcha uskunalarsiz qo'llashi mumkin. Bunday tarmoqlar liniyaviy interfeyslarni avtomatik rezervli qayta ulashni (APS), marshrutlar va ulanishlar halqali rezervlanishini, virtual halqali ulanishni qo'llaydi, tarmoqni 10 millisekund davomida nosozlikni aniqlash qobiliyatini ta'minlaydi va 50 millisekunddan kam vaqtda avtomatik qayta tiklanishni ta'minlaydi.

Tarmoqning avtomatik qayta tiklanish sxemalari to'liq dubllangan tizimlarini va ma'lumotlar uzatish tizimlarining muqobil marshrut yo'nalishi sig'imini uzatish zamonaviy sxemalarini qo'llaydi.

Ikkita qo'shni halqaviy ulanishlar bir-birlari bilan umumiy uzal orqali bog'lanishi mumkin.

Bundan tashqari, narxi yuqoriligi va amalga oshirilishi murakkabligiga qaramasdan, telekommunikatsiya operatorlari ikkita va undan ortiq halqaviy ulanishlarda ko'p hollarda apparatli rezervlashdan foydalanishadi, xususan, magistral ahamiyatga ega transport tarmoqlarida bu usul qo'llanadi. Hatto bunday yechim qimmatga tushadigan o'xshasa ham, lekin nosozlikka yuqori darajada bardoshli tarmoqlardan foydalanish, kelajakda tarmoq ekspluatatsiyasiga moliyaviy xarajatlar kamayishi bo'yicha yuqori potensialga ega bo'ladi.

ITU-Tning yangi G.8032/Y.1344 (06/2008) Tavsiyasi Ethernet tarmog'ining halqali topologiyalarida avtomatik rezervga qayta ulanish (APS) protokoli va mexanizmini belgilaydi. Qayta ulanishning avtomatik rezervlash mexanizmi har bir halqaviy ulanish ma'lumotlarining ayrim transport oqimidagi hodisasini aniqlashga asoslangan. Barcha hodisalar uskunalar doirasida ITU-T G.8021 seriyalari tavsiyalarida aniqlangan.

Ethernet tarmog'ining halqali topologiyasini rezervlash tarmoqdagi 255 gacha uzellarni qo'llashi lozim, tarmoqda nosozlik paydo bo'lishi holatida rezerv

yoʻnalishga qayta ulanish 50 millisekunddan kam vaqtda qayta ulanishi taʼminlanishi lozim.

### 3.7. Transport tarmogʻining unumdorligi

Tovush trafigi va maʼlumotlar trafigini birgalikda uzatadigan zamonaviy transport tarmoqlarida, unumdorlik maʼlumotlar uzatish uskunalarining nostabil ishlashi sababli pasayishi operatorlar va xizmatlar provayderlari uchun juda kritik va qimmatli turuvchi holat boʻladi. Maʼlumotlarni nostabil uzatuvchi transport tarmoqlari uzatilayotgan signalning yoʻl qoʻyib boʻlmaydigan sifatiga sabab boʻlishi mumkin. Transport tarmoqlarining yuqori ishonchliligi nafaqat katastrofik noʻsozliklardan ogohlanishni, shuningdek unumdorlik sifati yomonlashishidan ogohlanishni belgilaydi.

Yuqori ishonchlilik va sifatni taʼminlash transport tarmoqlarini ekspluatatsiyalashda asosiy maqsadlardan biri boʻlib qoladi. Tarmoqni boshqarish tizimidan (NMS) foydalanish kritik muhim resurslarni, maʼlumotlar trafigining formati va unumdorlik darajasini aniqlash imkonini beradi. Transport tarmogʻining barqarorligi odatda uning uzoq muddatli tayyorligi yoki tarmoqning tayyorlik oʻrtacha vaqti bilan oʻlchanadi. Xizmatlarning koʻpchilik operatorlari va provayderlari daromadlarni qoʻldan ketkazmaslik maqsadida, ularning tarmoqlari doimiy tayyorlikka ega boʻlishini, juda boʻlmasa, juda qisqa vaqtda ahamiyatsiz uzilishlar boʻlishini xohlashadi.

Transport darajada tarmoqning yuqori tayyorligiga avtomatik qayta tiklanishning millisekund vaqtli sxemalaridan foydalanish hisobiga erishish mumkin, ular oʻz-oʻzidan qayta tiklanuvchi tarmoqlarning konfiguratsiyalari tomonidan qoʻllab-quvvatlanadi, masalan, SDH/SONET standarti boʻyicha halqaviy ulanish.

Transport tarmogʻida qoʻllanadigan uzatish muhiti va tarmoq topologiyalariga bogʻliq boʻlmagan holda,

uskunalarning apparat qismini rezervlash transport tarmog'ini rejalashtirishda opsiyalardan biridir. Odatda asosiy kartani rezervlash uchun qo'shimcha karta qo'llanganda 1+1, va qo'shimcha karta bir nechta asosiy kartalarning rezervi bo'lsa, u holda N+1 turidagi rezervlash qo'llanadi. Bunda bitta tola yoki chastota ham asosiy, ham rezerv uskuna uchun ishlatiladi.

Liniyaviy himoyalovchi rezervlash 1+1 apparat qismini rezervlash 1+1dan farqlanadi va bir xil trafikni ikkala asosiy va rezerv tola bo'yicha yoki RRL tizimi holatida ikkala chastotaviy eltuvchi bo'yicha uzatishni nazarda tutadi. Liniyaviy himoyalovchi rezervlash N+1 bitta himoyalovchi tola yoki chastotaviy eltuvchini bir nechta asosiy tolalar yoki chastotaviy eltuvchilar uchun foydalanishni taqozo etadi. 1+1 yoki N+1 himoyalovchi rezervlashdan foydalanish zaruriy ehtiyot qismlar sonini yetarlicha qisqartirish imkonini beradi. Asosiy asbob-uskunalar ishdan chiqishi holatida, ishlashga rezerv asbob-uskunalar jalb qilinadi va telekommunikatsiya operatorida ishdan chiqqan asbob-uskunani ishlab chiqaruvchiga buyurtma berib almashtirishiga vaqt yetarli bo'ladi.

Shuningdek unumdorlik, tayyorlik, sifat va h.k. terminlarni to'g'ri ajratish muhim ekanligini belgilash mumkin. Masalan, transport tarmog'i ishchi holatida (tayyor holati) bo'lishiga qaramasdan, qandaydir sabab bo'yicha tarmoq unumdorligi yomon (bitli xatolik ko'p BER) bo'lishi mumkin. Tovush trafiginu uzatishda bu tovush sifatini yomonlashganini bildiradi, ma'lumotlar uzatishda bu paketlar uzatishda ko'plab takrorlashga, ma'lumotlar noto'g'ri uzatilishiga va h.k. olib keladi. Boshqa so'z bilan aytilganda, bunday transport tarmog'ida uzatish sifati past va qoniqarsiz bo'ladi.

Tarmoq operatorlari uchun muvaffaqiyatga erishishga imkon beradigan omillardan biri tarmoq unumdorligi bo'yicha yuqori standartlarni qo'llash qobiliyatidir, ularga xizmat ko'rsatish sifatining mos

ko'rsatkichlari va o'lchash asboblari yordamida erishish mumkin. Masalan, asbob-uskuna 99,999% vaqt ishonchli ishlashi (yil davomida 5 minutgacha ishlamasligi mumkin) bildiradigan, umumiy qabul qilingan termin "beshta to'qqiz", an'anaviy TDM tarmoqlarda keng qo'llanilgan. Lekin ko'rsatilgan normativ mobil aloqa operatorlarining transport tarmoqlarida yoki video kontentini uzatishda yetarlicha bo'lmasligi mumkin.

3.9-jadvalda umumiy qabul qilingan va norma sifatida qo'llanadigan tayyor emaslikning foizli ayrim qiymatlari ko'rsatilgan. "Beshta to'qqiz" talabi, to'g'rimi yoki noto'g'rimi, deyarli barchada qo'llanadi – telekommunikatsion uskunalardan RRL birlashmalarigacha, optik-tolali liniyalar va birgalikda olingan barcha transport tarmog'iga qadar ishlatiladi.

#### Tayyor/tayyor emaslik foiziga me'yorlar

3.9-jadval.

Tayyorlik, %	Tayyor emaslik, %	Yilda tayyor emaslik, min
99,9999	0,0001	0,5256
99,9995	0,0005	2,628
99,999	0,001	5,256
99,995	0,005	26,28
99,99	0,01	52,56
99,95	0,05	262,8
99,9	0,1	525,6

Shimoliy Amerikada tarmoqlar muhandis-loyihachilari ko'p hollarda tayyorlikning 99,999 foiz talabini RRL liniyalarga (uning uzunligi va radio stvollar sonidan qat'iy nazar) nisbatan ishlatishadi va bu vaqtda BER qiymati  $10^{-6}$  dan yaxshi bo'lishi kafolatlanadi. Ko'p hollarda tarmoq loyihachilari BER qiymati yomonlashishi sababli sifatning real ko'rsatgichlariga e'tibor berishmaydi, faqat tayyor emaslikka e'tibor berishadi. Ta'kidlash joizki, agar RRL tayyor holatda bo'lsa, bu RRL yaxshi ishlashini bildirmaydi.

Shu nuqtai nazardan, 20 yildan ortiq vaqtda ishlab chiqilgan va doimo takomillashtirilayotgan tarmoqni rejalashtirish usullari va modellari ancha ilgarilab ketdi va tayyorlikka, sifatga va ishonchlikka ta'sir etishi mumkin bo'lgan barcha omillar (asbob-uskunalar ham) hisobga olinmoqda.

IP tarmoqlarda bekor turishning asosiy sabablardan biri apparatli ta'minotning ishdan chiqishi va marshrutizatorlarning dasturiy ta'minotidagi to'xtalishlardir. Bosh stansiyaning an'anaviy uskunalaridan, jumladan tovush va ATM kommutatorlaridan farqli ravishda, IP marshrutizatorlari tayyorlikning 99,999 foizini qo'llashga loyihalashtirilmagan. Namunaviy IP tarmoqlar tayyorlik darajasi faqat 99,95 yoki 99,99 foizga yetishi mumkin. Bu an'anaviy tarmoqlardagi "beshta to'qqiz" normaga qaraganda IP tarmoq ancha ko'p bekor turishini bildiradi.

Marshrutizatsiya platformalarining yangi avlodi, bitta marshrutizator doirasida apparatli va dasturiy ta'minotni to'liq rezervlash hisobiga, tayyorlik qiymatining 99,999 foiziga erishishi mumkin. Bunga qo'shimcha sifatida, dasturiy ta'minotning apgreydi imkoniyati uskunalar ishlashini to'xtatmasdan tayyorlik darajasi 99,999 foiziga erishishga o'z hissasini qo'shadi, dasturiy ta'minot yangilanganda marshrutizator ishida uzilish holatlariga yo'l qo'ymaydi.

### **3.8. Tarmoqda sinxronizatsiya**

Raqamli telekommunikatsiya tarmoqlarida sinxronizatsiyalash uning muhim va ajralmas qismi hisoblanadi. Sinxronizatsiyalashsiz raqamli tarmoq ishini tasavvur qilib bo'lmaydi. Sinxronizatsiyaning mohiyati, uning mazmuni va maqsadlari qo'llaniladigan texnologiyalarga bog'liq. IT va telekommunikatsiya sohalarida analog tizimlar davri o'tib, raqamli texnologiyalar davri keldi, ammo hatto raqamli texnologiyalar tushunchasi ortida ham turli ahamiyatdagi sinxronizatsiyalash zamirida

qator turli texnologiyalar turibdi. Dastlabki raqamli tizimlarda vaqt bo'yicha taqsimlash va kanallar kommutatsiyasidan (KVT) foydalanilgan, ammo hozirgi bosqichda SDH (Shimoliy Amerikada SONET) texnologiyasidan foydalanilmoqda.

KVTli tizimlar o'rniga IP texnologiyalar kirib keldi, unda qolgan boshqalari (FDDI, ATM, Token Ring, Frame Relay, Apple Talk) bilan taqqoslab bo'lmaydigan Ethernet (jumladan, Fast Ethernet, Giga Ethernet va h.k.) texnologiyasi keng rivojlandi va qo'llanildi. Buralma juftlik bo'yicha ishlovchi Ethernet va OTK, hozirgi vaqtda hamma joyda STM-N (SDH) va E1 (PDH) kabi interfeyslar bilan bir qatorda foydalanilmoqda va tarmoqning amaliy standarti bo'lib qoldi. Bundan tashqari, Ethernet nihoyatda spetsifik bo'lgan texnologiyalar va boshqa tarmoqlarning interfeyslarini (masalan, Ethernet raqamli televideniyesi sohasidan ASI interfeysini, komputer texnologiyalaridan Fiber Channel surib chiqardi).

IP texnologiyasining o'ziga xos xususiyati sinxronizatsiyaning turli xilini qo'llashdir. Masalan, NTP (Network Time Protocol) uskunalar va kompyuterlarda joriy vaqt va sanani sinxronizatsiyalash uchun zarur. Ethernet texnologiyasi, KVTdan farqli ravishda, taktli sinxronizatsiyani ta'minlamaydi, unga zarurat saqlanib qolgan. Shu sababli NTP protokoli qayta ko'rib chiqilib, unga PTP (Precise Time Protocol yoki IEEE1588v2) nomi berilgan. RTP (Real Time Protocol) protokoli qabulda IP paketlarni to'g'ri ketma-ketlikni tiklash uchun zarur. Ethernet texnologiyasi (OTK bo'yicha ishlaydigan Giga Ethernet) ustida ishlar olib borilmoqda va modernizatsiyalangan variantida taktli sinxronizatsiyalashni (protokolga Synchronous Ethernet nomi berilgan) uzatish imkoniyati ko'zda tutilgan.

Sinxronizatsiyalash simsiz sotali aloqa texnologiyalarida (GSM, 3G – 4G, CDMA450 va CDMA2000-

ning turli variantlari) hamda DVB standartli raqamli televideniyaning (SFN) bir chastotali variantida ham talab etiladi. Bunda taktli sinxronizatsiyalashdan tashqari, vaqt belgisini vaqti-vaqti (davriy) uzatish talab qilinadi.

Global sinxronizatsiyalash maqsadlari uchun vaqt etalonlarini (vodorod yoki sezir negizidagi atom soatlari) qo'llab turuvchi va ma'lum davriylik bilan vaqt belgisini (GPS (AQSh) va GLONASS (Rossiya) global pozitsiyalash tizimlari, shuningdek, uzun to'liqli diapazonda radio bo'yicha belgilarni uzatish) tarqatuvchi maxsus xizmatlar ajratiladi. Ko'pgina kompaniyalar turli uskunalarni sinxronizatsiyalash uchun mo'ljallangan xilma-xil mahsulotni ishlab chiqarmoqdalar. Telekomunikatsiyalar sohasida eng taniqli kompaniyalardan Oscilloquartz (Shveysariya) i Symmetricom (AQSh) hisoblanadi.

Vazifasiga ko'ra sinxronizatsiyalashni quyidagicha klassifikatsiyalash mumkin:

**Chastota bo'yicha sinxronizatsiyalash:** Uzoq muddat davomida chastotalari to'g'ri keladigan ikkita bog'lanmagan mustaqil generatorni yaratish mumkin emasligi bois, ularni o'zaro sinxronizatsiyalashga bo'lgan zaruriyat yuzaga keladi. Telekomunikatsiya tarmoqlarida ko'phollarda «yetakchi – yetaklanuvchi» (master – slave) sxemasi qo'llaniladi, bunda yetakchi deb vaqt bo'yicha yuqori darajali barqaror signalni ishlab chiquvchi milliy vaqt etaloni nazarda tutiladi, u bilan birinchi va keyingi bog'langan multipleksorlar va etalondan sinxronizatsiyalashganlari esa yetaklanuvchilar (sinxronizatsiyalash borasida) hisoblanadi.

Bir generator chastotasi to'g'risidagi ma'lumot liniya signali orqali boshqasiga uzatilishi mumkin. Ko'pincha sinxronizatsiyalash chastotani aniqlash bilan chegaralanmaydi, shuningdek, fazani (ichki va tashqi generatorlarning impulslari frontlarini birlashishini yoki ikkita signal frontlari o'rtasida vaqt

farqini doimiy ravishda ta'minlash) ham aniq qo'llab-quvvatlashni talab etadi. Amaliyotda etalonlar sifatida ko'pincha 2 MGts (atom soatlari) 2048 kbit/s (atom soatlari), 10 MGts (atom soatlari, GPS qabullagichlari) kabi chastotaning tashqi etalonlarining sinusoidal signallaridan foydalaniladi. KCHT tizimlaridagi chastota va faza bo'yicha sinxronizatsiyalash taktli deb nomlanib, ular shuningdek, PDH, SDH va Synchronous Ethernet tizimlarida ham qo'llanadi. Ethernet tarmoqlarida taktli sinxronizatsiyalash maqsadlarida Precise Time Protocol (PTP) protokolidan foydalaniladi.

**Faza bo'yicha sinxronizatsiyalash** quyidagilarni ta'minlaydi:

– freymalar boshlanishini sinxronizatsiyalash. KVTli tizimlarda, masalan, IKM (RSM)da, kanal intervallari birlashtiriladi va kadrlar sifatida uzatiladi, bunda ular davriy ravishda har 125 mksekda (nutq signali diskretizatsiyasi davri) takrorlanadi. Aynan shu tartibda kadrlar bo'yicha STM-N (SDH) signallari ham uzatiladi. Kadr ichidan ma'lum bitni chiqarish uchun siklli sinxronizatsiyani (kadrlar boshi bo'yicha sinxronizatsiyalash) ta'minlovchi kadr boshini (frame) aniqlash lozim. Sinxronizatsiyalashning ushbu turi Ethernet texnologiyalariga xos emas,

– sana va vaqt bo'yicha sinxronizatsiyalash kompyuter tizimlarida foydalaniladi. Masalan, billing tizimida ikkita bog'langan kompyuterlarning ma'lumot bazalaridagi qandaydir hodisani (tranzaksiya) boshlanish vaqti belgisini sinxronizatsiyalash zarur. Boshqa misol, telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish tizimlarida tarmoqlardagi shtatdan tashqari holatni boshlanish paytini qayd qilish zarur. Buning uchun tizimlar NTP protokoli bo'yicha aniq vaqt serveri bilan sinxronizatsiyalashadi, u o'z o'rnida RS-232 yoki NMEA0183 protokoli bo'yicha GPS yoki GLONASS-dan olinadigan signallar bilan sinxronizatsiyalanadi;



– vaqt belgilarini uzatish (masalan, 1 sekundlarda). Mobil radioaloqada, abonentni bir bazaviy stansiyadan boshqasiga estafetali uzatishda qo‘shni bazaviy stansiyalar ishini sinxronizatsiyalash uchun 1 sekundli vaqt belgilari zarur. Shunga o‘xshash signal ikkita qo‘shni uzatkich (SFN) bir chastotali sxema deb nomlanuvchi bitta chastotada uzatilganda, (DVB-T ili DVB-T2) raqamli televizion uzatkichlarda ham talab qilinadi. GPS va GLONASS qabullagichlari yoki PTP (Precise Time Protocol) protokolini qo‘llab-quvvatlovchi apparaturaning aniq vaqt serverlari 1 sekundli belgilar manbayi bo‘lishi mumkin;

– qabulda IP kadrlar ketma-ketligini tiklashni ham IP paketlarni uzatishdagi sinxronizatsiyalash masalalariga kiritish mumkin. Ma’lumki, IP texnologiyalarida uzatilayotgan kadrlarning hammasi ham bitta marshrut bo‘yicha va bir xil kechikish vaqti bilan o‘tishi majburiy emas, ammo qaysi ketma-ketlikda uzatilgan bo‘lsa, shundayligicha qabul qilinishi lozim. Bu kanallar kommutatsiyalanadigan tarmoqni paketlar kommutatsiyalanadigan tarmoqdan farqlanishidan biri. Masalan, IP tarmoqlari bo‘yicha videoaxborot uzatilganda, qabul qilish ketma-ketligini tiklash uchun RTP (Real Time Protocol) protokolidan foydalaniladi. Ushbu protokolda har bir paket yuborilganda vaqt belgisi bilan ta’minlanadi va qabul qilishda shu belgi bo‘yicha ularning to‘g‘ri ketma-ketligi tiklanadi.

3.40-rasmda E1 va STM-1 signallarining kadrlari, ajratilgan joyda esa, siklli sinxronizatsiyalash uchun bitlar ko‘rsatilgan. E1 oqimi kadri 125 mksek uzatish vaqti bilan 256 bitli ketma-ketlikni ifodalaydi, bu 2048 kbit/s da liniyaviy uzatish tezligini belgilaydi.



ni qabul qiluvchi ikkinchi va uchinchi multipleksorlar yetaklanuvchilar hisoblanadi. Bunday yetakchi yetaklanuvchilar zanjiri tarmoqdagi oxirgi multipleksorga yetib bormaguncha davom etadi.

Sinxronizatsiya signallari etalon generatoridan yetakchi – yetaklanuvchilar zanjiri bo'yicha radial tarqaladi. Bunda chastota yoki fazani vaqt bo'yicha aniqligini qo'llab-quvvatlash birmuncha yomonlashishi kuzatiladi. Yetakchi va yetaklanuvchi generatorlarda fazaning qisqa muddatli va uzoq muddatli beqarorligi haqida gapirsa bo'ladi. Birinchisi djitter (jitter) deb, ikkinchisi vander (wander) deb nomlanadi. Djitter va vander kattaliklari yetakchi – yetaklanuvchi juftliklarining har safar biridan ikkinchisiga o'tganda yig'ilib boradi va sinxronizatsiyalovchi signal foydalanish uchun yaramay qoladigan qiymatga yetishi mumkin.

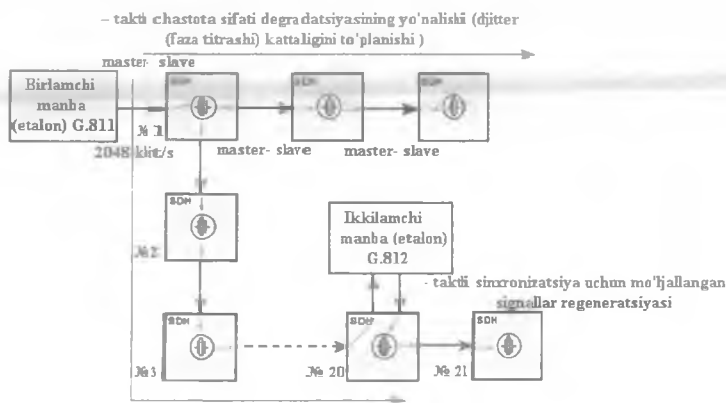
Chastota va fazani talab qilinadigan barqarorligini tiklash uchun sinxronizatsiyalash manbalarining ikkilamchi etalonlaridan, masalan, rubidiy negizidagi generatoridan foydalaniladi. Ikkilamchi manbalar, odatda, sinxronizatsiyalovchi signal degradatsiya bo'lganda (masalan 15–20 multipleksorlardan so'ng) telekommunikatsiya tarmog'ining birinchi etalonidan ma'lum uzoqlikda joylashtiriladi. SDH tarmog'i uchun taktli sinxronizatsiyani 20 multipleksorli zanjirdan so'ng tiklash (ushbu shart SDH RRL va DWDM ga taalluqli emas) tavsiya etiladi. Sinxronizatsiyaning ikkilamchi manbalarini joylashtirishning sabablaridan yana biri, bu avariya yoki birlamchi manbani tarmoqdan izolyatsiyalanish holatida etalonni rezervlash kerakligidir.

Tarmoq topologiyasi (SDH) yetarli darajada murakkab bo'lib, multipleksorlardan chiquvchi va ularni o'zaro bog'lovchi optik va elektr linklar to'plamidan iboratdir. Bunday tarmoqda (3.42-rasm) taktli sinxronizatsiya tarqalishining bir nechta muqobil yo'llari tashkil etilishi mumkin (yetakchi–yetaklanuvchi zanjirlari tashkil etilishi).

Telekommunikatsiya tarmoqlarida avariya bo'lishi mumkin va ulardan tez-tez uchrab turadigan bu sinxronizatsiya signallari tarqalishini ishdan chiqaruvchi kabellarning shikastlanishidir (3.43-rasm). Bu holatda muqobil bog'lanishdan foydalaniladi.

3.43-rasmdan ko'rinib turganidek, SDH tarmog'ining 20-multipleksoriga sinxronizatsiyalovchi signalni uzatishning bir nechta muqobil yo'llari mavjud bo'lib, bunda tanlash algoritmi masalasi yuzaga keladi. Ikkita variant mavjud bo'lib, birinchisi quyidagilarga asoslangan: multipleksorda STM-n, E1 interfeyslariga va qayerga/kimdan multipleksor sinxronizatsiyalanishi mumkin deb, muqobil yo'nalish tanlanishida, tashqi etalon signalini kiritish interfeyslariga imtiyozlar qo'yiladi. Ikkinchi variant nisbatan murakkabdir va STM-n interfeyslarida imtiyoz belgilanish kombinatsiyasiga va qabul qilingan axborot S1 bayti tahliliga asoslangan.

Multipleksor sarlavhasida STM-n signali kadrida S1 bayt axborot uzatiladi va qabul qilish tomonini (3.44-rasm) ushbu generator chastota va fazaning qanday barqarorlik sifati bilan sinxronizatsiyalanganligidan xabardor qiladi.



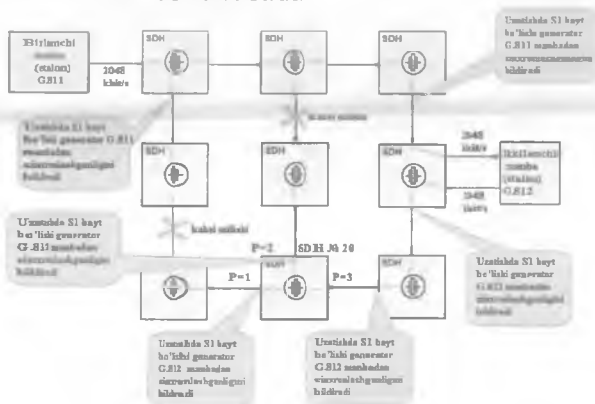
3.42-rasm. SDH tarmog'ida sinxronlashning tarqalishi zanjir bo'yicha bir nechta yo'nalishda o'tishi mumkin



SDH multipleksorida sinxronizatsiyaning qabul qilish yoʻnalishini tanlashda selektorning ishlashi bunday algoritmi birmuncha afzaldir, chunki tarmoqdagi shtatdan tashqari holatlarda sinxronizatsiyalash yoʻnalishini (interfeys) aniqroq tanlash imkonini beradi.

Birlamchi (G.811) va ikkilamchi (G.812) etalonli manbalarga ulangan multipleksorlar yetakchilarni qabul qilinayotgan sinxronizatsiya signallarining sifati toʻgʻrisida xabardor qiladi.

Ular tomonidan S1 baytlarda uzatilayotgan axborot G.811 yoki G.812 manbalari toʻgʻrisidagi maʼlumotlarga ega va amalda uni oʻzgartirmaydi. Oraliq multipleksorlar axborot uzatganda, S1 baytga tanlangan signal sifati toʻgʻrisidagi maʼlumotni ham joylashtiradi. Masalan, 3.45-rasmda 20-SDH multipleksori kabel uzilganda, G.812 sifatli manba (interfeys)ni tanlaydi va kabel avariya natijasida ajralib qolgan barcha qoʻshni multipleksorlarga ushbu axborotni yuboradi, ular oʻz oʻrnida undan sinxronizatsiyalovchi signalni olishlari mumkin. Keltirilgan misol sinxronizatsiya ikkilamchi manbasining vazifasini tarmoqdagi shtatdan tashqari kutilmagan holatlarda zaxira sifatida qoʻllanilishini tushuntiradi.



3.45-rasm. Tarmoqda avariya yuz berganda sinxronizatsiya man-basi rolini sinxronizatsiyaning ikkilamchi generatorlari oʻziga oladi

3.10 va 3.11-jadvallarda sinxronizatsiya manbalari va S1 bayt orqali uzatiladigan bitli kombinatsiya keltirilgan.

### ITU-T G.704 standartidagi SSM signallarining qiymatlari

3.10-jadval.

Tavsif	Inglizcha belgilash	Kod	Sath	S1 bitlar (5678)
G.811 sinxronizatsiyalash birlamchi manbasi (PRC)	G.811 (ANSI - based Stratum 1 PRS)	G.811	2	0010
Sifat aniqlanmagan (sinxronizatsiyaning mavjud tizim)	Quality Unknown (Existing Sync Network)	QU	0	0000
G.812 tranzit uzelnig sinxronizatsiyalash ikkilamchi manbasi	G.812 Transit (ANSI-based Stratum 2)	G.812T	4	0100
G.812 tranzit uzelnig sinxronizatsiyalash ikkilamchi manbasi	G.812 Local (ANSI-based Stratum 3)	G.812L	8	1000
Raqamli uskunalarni sinxronizatsiyalash manbasi	Synchronous Equip. Timing Source	G.813	11	1011
Tashqi sinxronizatsiya uchun foydalanilmasin	Don't use for Sync	DNU	15	1111

Signal sinxronizatsiya tizimi bo'yicha rezervlangan	Reserved	RES	1,3,5-7, 9, 10, 12-14	Xxxx
--	----------	-----	-----------------------------	------

**ANSI – T1X1/3 (TR#33) standartidagi SSM  
signallarining qiymatlari**

*3.11-jadval.*

Tavsif	Inglizcha belgilash	Kod	Sath	S1 bitlar (5678)
Stratum 1 sathi	Stratum 1 (PRC)	ST1	1	0001
Sifat aniqlanmagan	Synchronized Traceability Unknown	STU	2	0000
Stratum 2 sathi	Traceable Stratum 2	ST2	3	0111
Stratum 3 sathi	Traceable Stratum 3	ST3	4	1010
Raqamli uskunalarni sinxronizatsiyalash manbasi	Traceable SONET Minimum Clock	SMC	5	1100
Tashqi sinxronizatsiya uchun foydalanilmasin	Don't use for Sync	DNU	7	1111
Signal sinxronizatsiya tizimi bo'yicha rezervlangan	Reserved	RES	Polzo- vatelya	1110

3.12-jadvalda seziyli va rubinli vaqt va chastota manbalarining xarakteristikalari keltirilgan. Jadvaldan seziyli manbalar rubinli manbalaridan aniqlikda ancha yuqori turishi ko'rinib turibdi.

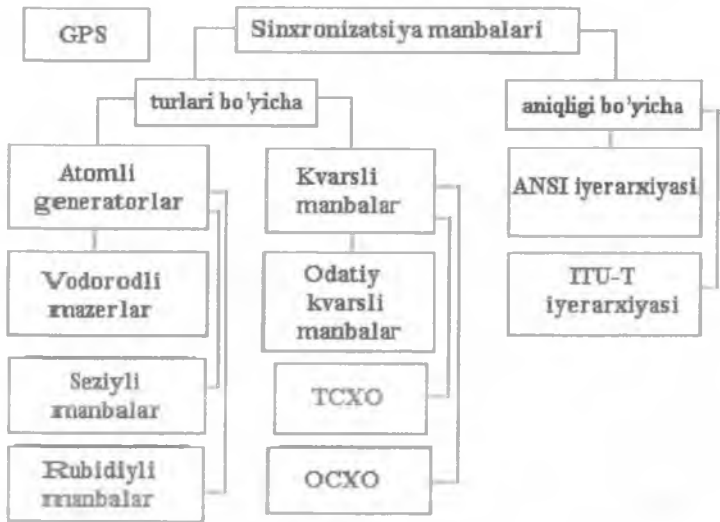


## Seziyli va rubinli vaqt va chastota manbalarining xarakteristikalari

3.12-jadval

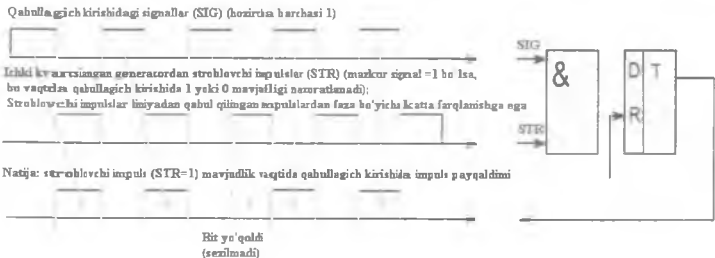
Xarakteristika	Sinxronizatsiya manbasi turi				
	Kvarsli manba	TSXO	OSXO	Seziyli standart	Rubidiyli manba
Rezonatorning asosiy chastotasi		100 kGts– 100 MGts		919263 1770 Gts	68348- 2613 Gts
Ta'minlanadigan chiqish chastotalari		100 kGts – 100 MGts		1,5,10 MGts	1,5,10 MGts
Chastotaning nisbatan qisqa vaqtli dreyfi, 1 s	$10^{-9}$	$10^{-9}$	$10^{-9}$ - $10^{-10}$	$10^{-11}$ - $10^{-13}$	$10^{-11}$ - $10^{-12}$
Chastotaning nisbatan qisqa vaqtli dreyfi, 1 sutka	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$ - $10^{-8}$	$10^{-13}$ - $10^{-14}$	$10^{-12}$ - $10^{-13}$
Chastotaning nisbatan qisqa vaqtli dreyfi, (katta vaqt intervali)	$10^{-6}$ yilda	$10^{-8}$ - $10^{-7}$ yilda	$10^{-9}$ - $10^{-11}$ yilda	$10^{-13}$ yilda	$10^{-11}$ yilda
Parametrlarga ta'sir qiladigan tashqi faktorlar	Kvarsning harakati, temperaturasi, fizik parametrlari			Magnit maydonlar, temperatura	Magnit maydonlar, temperatura, atmosfera bosimi
Uzoq muddatli barqarorlikka ta'sir qiladigan sabablar	Kvarsning eskirishi, elektron komponentlarning eskirishi, atrof-muhit			Komponentlarning eskirishi	Yorug'lik manbasi eskirishi, atrof-muhit

Turlar bo'yicha klassifikatsiyalangan sinxronizatsiyalash manbalari 3.46-rasmda keltirilgan. Yo'ldoshli navigatsiya GPS va GLONASS tizimlari alohida turibdi.



3.46-rasm. Sinxronizatsiyalash manbalarining turlar bo'yicha klassifikatsiyasi

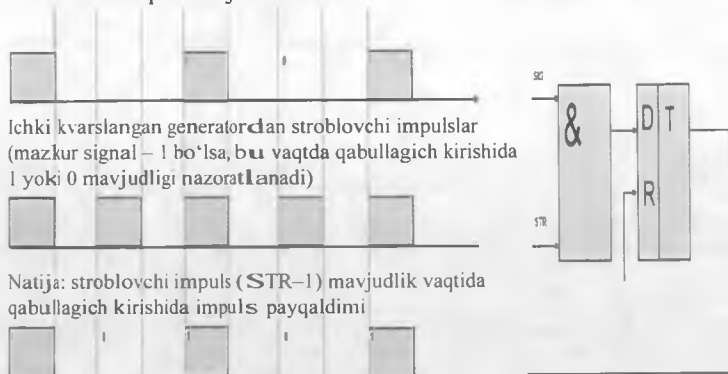
3.47-rasmda qabulda bitlarni o'tib ketishi bilan bog'liq bitli xatoliklar yuzaga kelishiga izoh beriladi. Strob (multipleksorning ichki generatori ishlab chi-



3.47-rasm. Signal va stroblevchi impulslar orasida fazalarining katta farqi bitni noto'g'ri aniqlanishiga olib kelishi mumkin

qaradigan stroblovchi impuls) va liniyadan kelgan bit orasida fazalarning ancha-muncha farqida, qabul qilgich kelgan «1» ni «0» sifatida qabul qiladi, yoki aksincha «0» o'rniga ortiqcha «1» qo'shadi.

3.48-rasmda ichki generator liniyadan kelayotgan signallar (1 va 0) bilan sinxron ravishda ishlagandagi shtat rejimi ko'rsatilgan. Ushbu holatda qabul qilish qurilmasi kelgan bitni xatosiz aniqlaydi, chunki stroblovchi impuls va liniyadan kelgan impulslar orasida fazalar farqi mavjud emas.



3.48-rasm. Qabul qilingan signal ichki stroblovchi impuls bilan sinxronizatsiyalan ganda bitning «o'tib ketishi» kuzatilmaydi

3.49-rasmda sinxronizatsiyaning mumkin bo'ladigan rejimlari hamda ma'lum vaqt oralig'ida bitlarning o'tib ketish ruxsat berilgan soni ko'rsatilgan.

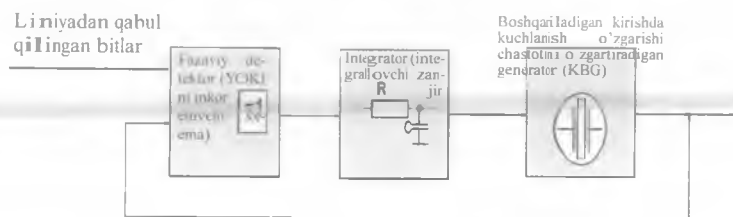
Ichki generator chastotasini stabillashtirish uchun kvartslar rezonatoridan foydalaniladi, tashqi liniyaviy signaldan sinxronizatsiyalash uchun qo'shimcha boshqaruvchi kirish ko'zda tutiladi. Ushbu kirishda kuchlanishning o'zgarishi ishlab chiqilayotgan impulslar chastotasini juda kam o'zgartiradi. Generatsiyalangan va liniyadan qabul qilingan impulslar o'rtasidagi faza farqini aniqlash uchun fazaviy detektordan foydalaniladi. Fazaviy detektor chiqishda olingan integratsiya-

Sinxronizatsiya rejimlari			
Sinxron	Pseudosinxron chastotani o'rnatish aniqligi $1 \cdot 10^{-11}$	Piezixron chastotani o'rnatish aniqligi $1 \cdot 10^{-9}$	Asinxron chastotani o'rnatish aniqligi $1 \cdot 10^{-5}$
Idealda sezilmaslik mavjud emas	70 sutkada sezilmaslik bittadan ko'p emas	17 soatda sezilmaslik bittadan ko'p emas	7 sekundda sezilmaslik bittadan ko'p emas

3.49-rasm. Sinxronizatsiya rejimlari va ruxsat berilgan o'tib ketishlar

langan, vaqt bo'yicha sekin o'zgaruvchi xatolik signali generatorning boshqaruvchi kirishga uzatiladi va impulslarning kirish chastotasini shunday tartibda to'g'rilaydiki, bunda fazaviy detektor chiqishida xatolik signali nolga teng bo'lishi lozim.

3.50-rasmda chastotasi fazaviy halqali avtosozlanuvchi generatorning sxemasi taqdim etilgan, 3.51-rasmda esa uning ishlashiga izoh keltirilgan.



3.50-rasm. Chastotasi fazaviy halqali avtosozlanuvchi generatorning sxemasi

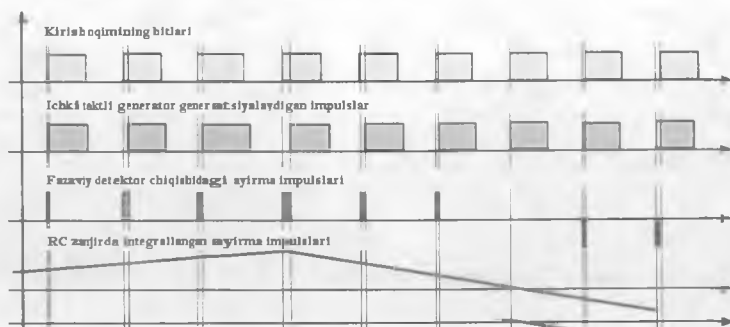
Taqdim etilgan generatorlar bir nechta rejimda ishlashi mumkin:

– erkin tebranishlar rejimi (free run) sinxronizatsiya uzoq muddatda (sutkadan ko'p) bo'lmaganida yoki energiya ta'minoti ulanganda va sinxronizatsiyalash yo'q

bo'lganiga xosdir. Chastota aniqligi minimal darajada va butunlay kvarslı rezonator ( $10^{-6}$  do  $10^{-8}$ ) parametrlari bilan aniqlanadi;

– generatorning stasionar rejimi (locked – sinxro-signal bilan «egallab olingan»). Tarmoq shtat rejimida ishlaydi, ya'ni avariya sodir bo'lmagan va sinxronizatsiyalash bo'yicha muammolar yo'q;

– sinxronlashni ushlab turish rejimi, sinxronizatsiya-lovchi signal yo'qolgandan so'ng yuzaga keladi. Bunday holat bir necha soat davomida (24 soatgacha) davom etishi mumkin, so'ng asta-sekin erkin tebranishlar rejimiga o'tishi mumkin.



3.51-rasm. Chastotasi fazaviy halqali avtosozlanuvchi generatorning ishlash prinsiplari

Radioreleli uzatish tizimlarida sinxronizatsiyaga erishish uchun quyidagilar zarur:

– butun telekommunikatsiya tizimlari uchun yagona taktli chastotani o'rnatish;

– barcha raqamli qurilmalarning ishlashi sinxron bo'lishi lozim;

– temperatura rejimi va boshqa o'zgarishlar sababli yuzaga keladigan kommutatsiya uzellari orasidagi uzatish kechikishini, sikl davomiyligining butun qiymatiga yetkazib, stabil lashtirish va kompensatsiya qilish;

– tarmoqdagi sinxronizatsiyalashtirish tarmoq strukturasidagi o'zgarishlarga qaramasdan (kanal va uzul-

lardagi to‘xtab qolishlar, tarmoqning qayta qurilishi, kengaytirilishi va h.k.) doimiy ravishda ta‘minlanib turilishi lozim.

Telekommunikatsiya tizimlarini loyihalashtirish va qurishning zamonaviy uslublarida avval birlamchi tarmoqni sinxronizatsiyalash tizimini yaratish, kelgusida esa birlamchi tarmoqdan ikkilamchi tarmoqni sinxronizatsiyalash qabul qilingan.

Har qanday turdagi sinxrosignalni uzatish yangi xizmatlar texnologiyasi yoki normativ hujjatlar talablari bilan belgilangan aniqlikda amalga oshirilishi lozim. Shunday qilib, sinxronizatsiyalashga bo‘lgan talablar ilovalar va telekommunikatsiya operatorlari tomonidan ko‘rsatiladigan xizmatlar bilan belgilanadi, ammo transport tarmog‘i barcha talablarga javob berish imkoniyatiga ega bo‘lishi va hattoki juda qat‘iy me‘yorlarga muvofik bo‘lishi lozim. 3.13-jadvalda turli ilovalar uchun qo‘llanadigan turli tarmoq elementlari va sinxronizatsiya bo‘yicha mos talablar keltirilgan.

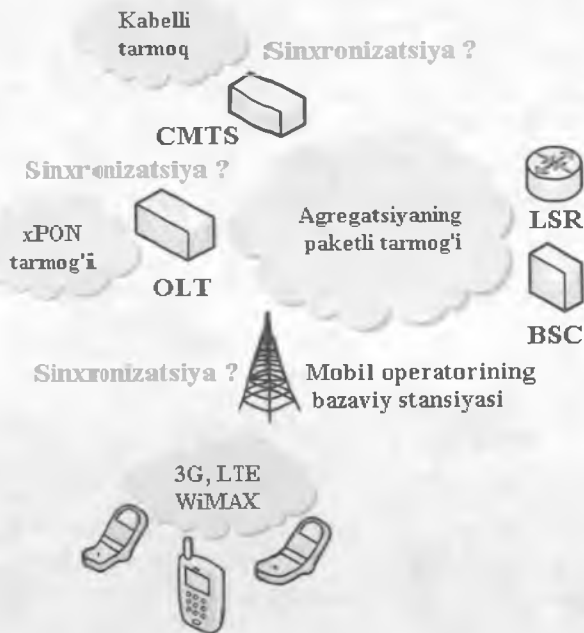
### Zamonaviy tarmoq texnologiyalari uchun sinxronizatsiyalash me‘yorlari

3.13-jadval.

Sinxronizatsiyaning tarmoq elementi	Chastotaviy sinxronizatsiya bo‘yicha me‘yorlar	Fazaviy sinxronizatsiya bo‘yicha me‘yorlar
cdma2000 BS	$5 \times 10^{-8}$	3 mks
GSM	$5 \times 10^{-8}$	
UMTS-TDD BS	$5 \times 10^{-8}$	1.25 mks
UMTS-FDD BS	$5 \times 10^{-8}$	
WiMax BS	$5 \times 10^{-8}$	1 mks
LTE BS	$5 \times 10^{-8}$	1 mks
APON/GPON OLT	$1 \times 10^{-11}$	
SDH/SONET, ATM	$1 \times 10^{-11}$	

Sinxronizatsiyani ta‘minlashga namunaviy misollari 3.52-rasmda keltirilgan. Mobil operatorining transport tarmog‘i, PON kirish tarmog‘i yoki kabel televideniye

operatorining tarmog‘i mavjud. Sinxronizatsiyani Ethernet transport muhiti orqali ta‘minlanish lozim.



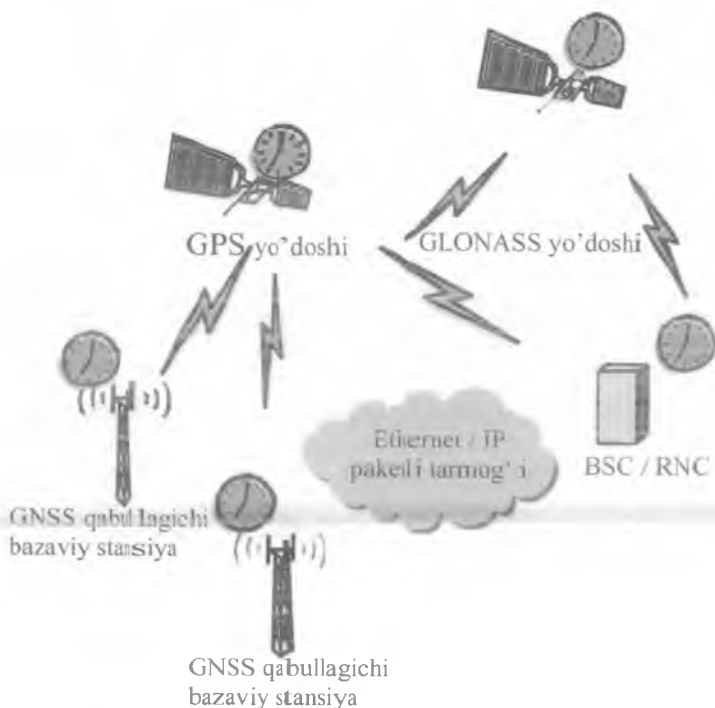
3.52-rasm. Operatorning namunaviy tarmog‘iga misol

Ethernet standartli transport tarmog‘i orqali sinxronizatsiya signalini tarqatish masalasi telekommunikatsiya operatorlari tomonidan Sync Ethernet standartli yoki PTP protokollari, sun‘iy yo‘ldoshli global navigatsion tizim (GNSS) yordamida hal qilinadi. Bu har bir usulni mobil operator tarmog‘ining namunali transport tarmog‘i (bakhaul) misolida ko‘rib chiqishga harakat qilamiz. Umumiy holda, boshqa misollar o‘xshash va qo‘shimcha tushuntirishlarga zarurat yo‘q.

GNSS ni qo‘llab, taktli tarmoq sinxronizatsiyasining taqsimlangan tizimi quriladi (3.53-rasm).

Har bir bazaviy stansiya va bazaviy stansiyalarning kontrollerlari GNSS qabul qilgichiga ega. Vaqt haqida uzatilayotgan axborotdan qabul qilgich sinxrosignalni

olishi mumkin, u barcha jiddiy talablarga, jumladan, ham chastotaviy, shuningdek, fazaviy-vaqtli sinxronizatsiyalar talablarini qondiradi. Bu usulning afzalliklariga uning yetarlicha ma'lum ekanligini, demak, bozorda turli ishlab chiqaruvchilar qabullagichlarining har xil modellari mavjudligini ko'rsatish mumkin. Joylashish joyini aniqlovchi amerikalik tizim GPS bilan ishlaydigan qabullagichlardan tashqari, hozirda GLONASS ni ham qo'llab-quvvatlaydigan qurilmalar keng tarqalmoqda.



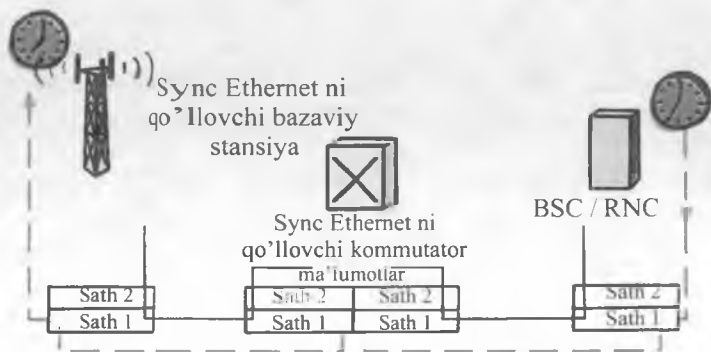
3.53-rasmi. GNSSdan foydalangan holda sinxronizatsiyaning namunaviy sxemasi

Bu usulning kamchiligiga antennadan foydalanish majburligi, shuningdek, tizim yopiq binolarda ishlay olinmasligini ko'rsatish mumkin. Undan tashqari, rezerv-



lash har bir bazaviy stansiyada faqat ikkita qabullagich o'rnatilishi orqali amalga oshirilishi mumkin, bu esa yechim narxini oshiradi.

Ethernet texnologiyasi faqat lokal tarmoqlarda foydalanish uchun ishlab chiqilgan edi. Fizik sathda axborotni liniyaviy kodlash usuli sinxrosignal uzatilishi taxmin qilinmaydigan masalalarga mos ravishda tanlangan edi. SDH tarmoqlarda avvaldan NRZ liniyaviy kodlar qo'llangan edi, ular aloqa kanalining fizik sathida sinxronizatsiyani uzatish uchun moslashtirilgan edi. Sync Ethernet (3.84-rasm) texnologiyasi yaratilishida fizik sath va kodlash usuli SDH texnologiyasidan olingan edi, bunda o'zgarishlar amalda ikkinchi (kanal) sathga daxldor bo'lmadi. Kadrlar strukturasi o'zgarmay qoldi, sinxronizatsiya statusining SSM-bayti bundan istisno edi. Uning qiymatlari ham SDH texnologiyasidan olingan edi.



3.54-rasm. Sync Ethernet protokoli bo'yicha sinxronizatsiyani uzatish prinsiplari

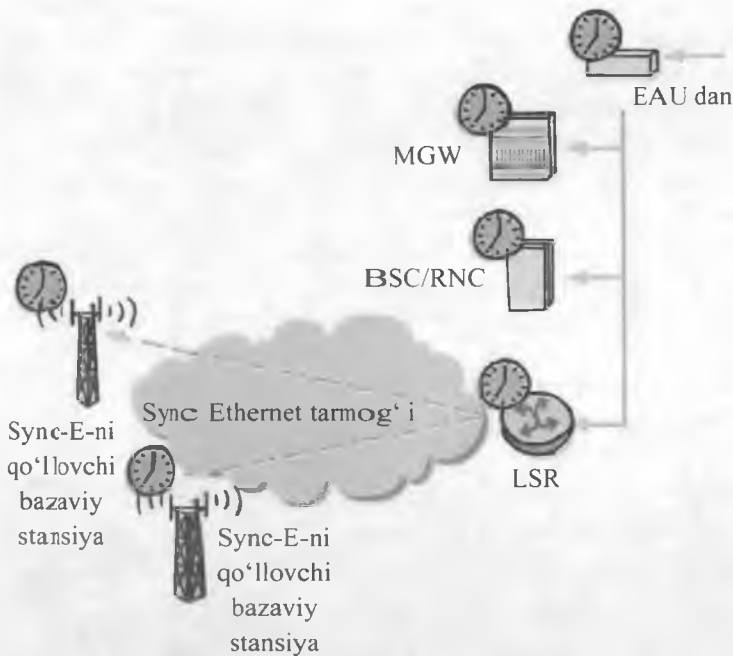
Sync Ethernet texnologiyasining afzalliklariga fizik sathning SDH-strukturasiidan foydalanishni, shu bilan birga taktli tarmoq sinxronizatsiyali tarmoqlarni loyihalashtirish va qurish bo'yicha katta tajribalarni ko'rsatish mumkin. Usullarning aynan o'xshashligi yangi texnologiyalarda eski tavsiyalardagi G.803,

G.804, G.811, G.812 va G.813 dolzarbligini saqlab qoldi. Qimmatbaho qurilmalar – birlamchi etalon generatorlar (BEG-PEG), ikkilamchi tayanch generatorlar (VZG) – Sync Ethernet standartida qurilgan yangi transport tarmog'ida ham ishlashi mumkin (3.55-rasm).

Usulning kamchiliklari sifatida uzatishning barcha tarmog'ida har bir qurilma yangi standartni qo'llab-quvvatlashi lozimligini, agar liniyada Sync Ethernet ni qo'llab-quvvatlamaydigan qurilma qolgan bo'lsa, u holda bu uzeldan keyin turgan barcha qurilmalar sinxron rejimda ishlay olmasligini ko'rsatish mumkin. Demak, tarmoqni to'liq modernizatsiyalashga katta moddiy xarajatlar talab qilinadi. Ushbu usul faqat chastotaviy sinxronizatsiya uzatilishini qo'llab-quvvatlashini ham kamchilik sifatida ko'rsatish mumkin.

Keyingi vaqtlarda juda ommabop bo'lib borayotgan sinxronizatsiyani uzatish usuli – bu Precise Time Protocol (PTP) protokolidir. U IEEE 1588 tavsiyalarida bayon etilgan. 2008-yili bu hujjatning ikkinchi versiyasi chop etildi, unda ushbu protokolni telekommunikatsiya tarmoqlarida qo'llanishi bayon etilgan. Precise Time Protocol yetarlicha yosh, lekin vaqtni uzatish texnologiyasi Network Time Protocol (NTP) protokolidan olingan. NTP protokoli o'zining oxirgi versiyasida zamonaviy ilovalar uchun zarur bo'lgan aniqlikni bera olmaydi, shuning uchun u vaqtli sinxronizatsiya uchun yaxshi vosita bo'lib qoldi, vaqtli sinxronizatsiya serverlarni, taqsimlangan ma'lumotlar bazalarini va h.k. sinxronizatsiyalashda keng qo'llanilmoqda. Lekin taktli tarmoq sinxronizatsiyasi tarmoqlarini qurishda NTP protokolining mantiqiy davomchisi – PTP protokoli maqbul bo'lmoqda.

PTP protokoli bo'yicha o'zaro bog'lanishda (harakatda) qatnashadigan tarmoq elementlari quyidagi qurilmalardir: PTP Grand Master va PTP Slave. Odatda, Grand Master sinxronizatsiyani GNSS qabullagichdan oladi, va bu axborotdan foydalanib, Slave qurilma

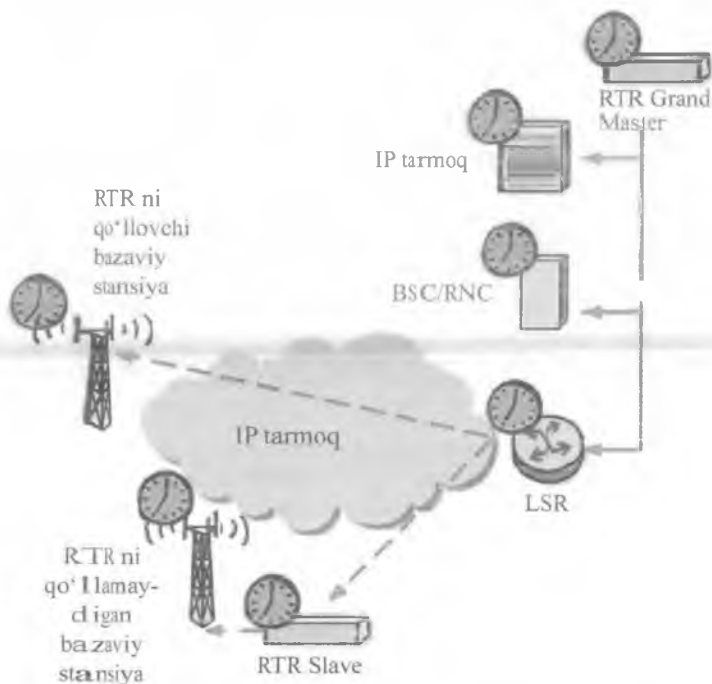


3.55-rasm. Sync Ethernet texnologiyasi qo'llanilgan sinxronizatsiyaning tipik sxemasi

bilan paketlarni almashadi va Grand Master va Slave qurilmalari orasidagi vaqtli tafovutni doimo korrektsiyalaydi. Bu almashinish qanchalik faol bo'lsa, korrektsiyalash aniqqligi shunchalik yuqori bo'ladi. Bunday faol almashinishning salbiy tomoni PTP protokol uchun ajratiladigan o'tkazish polosasining ortishidir. Vaqtli intervallar tafovutini hisoblashda eng muhim muammo – bu Grand Master va PTP Slave qurilmalari orasida 3 daraja(sath)dagi “klassik” marshrutizatorlar turishi mumkinligidir. Mazkur holda “klassik” termini, berilgan qurilmalar 3 darjadagi PTP protokolidan hech narsani tushunmasligini ko'rsatish uchun qo'llangan.

Bunday marshrutizatorlarning buferlaridagi kechikishlarni boshqarish yetarlicha murakkabdir va ular tasodifiy xarakterga ega. Bunday tasodifiy xatoliklar

ustidan nazoratni amalga oshirish uchun, shuningdek, Master va Slave orasidagi vaqtli tafovutni hisoblash aniqroq bo'lishi uchun PTP protokoliga maxsus parametr – vaqt belgisi (Time Stamp) kiritilgan. Bu belgi paketni marshrutizator orqali o'tish vaqtini ko'rsatadi. Agar Grand Master dan Slave gacha butun yo'l bo'yicha marshrutizatorlar PTP funkSIONalligiga ega bo'lishsa va vaqt belgisini qo'yishsa, u holda PTP paketlari IP tarmoq orqali o'tishi bilan bog'liq, tasodifiy kattalikni minimumga olib kelish mumkin. Marshrutizatorlarda PTP ning funkSIONalligi majburiy shart emas, lekin PTP protokolidan foydalanilganda funkSIONallik bo'lishi juda ham tavsiyalanadi. Quyidagini ta'kidlash mumkin, marshrutizatorlarni ishlab chiqaruvchilarning ko'pchiligi o'z qurilmalariga bu



3.56-rasm. PTP protokoli bo'yicha tuzilgan sinxronizatsiya tarmog'iga misol

funksionallikni kiritishadi. Mobil operator uchun sinxronizatsiya sxemsining tuzilishiga misol 3.56-rasmda tasvirlangan.

PTPning afzalligi, protokol sinxronizatsiyaning barcha uchta turini: chastotaviy, fazaviy va vaqtli uzatishga yo'naltirilganligidir. Protokolning asosiy kamchiligi – uning yuklamaga bog'liqligidir. IP tarmoqda ortiqcha yuklanishlarda, ularni boshqarish, tarmoq bo'yicha sinxronizatsiyani uzatish me'yorini qat'iy bajarilishini kafolatlash o'ta murakkabdir.

Raqamli RRL tizimlar sinxronizatsiyaning umumiy rejasida ko'rilmaydi, chunki ular oraliqdan oraliqqa ichki sinxronizatsiyalanadi. Sinxron raqamli RRL tizimlari to'ppa-to'g'ri boradigan uzatish muhitini ta'minlaydi, u SDH terminologiyasida indamaslik bo'yicha regeneratsion seksiyaning (RST) oxirgi uzeli funksiyasini bajaradi. Bunday funksional rejimda RRL tizimi agregatlangan kirish signali 155 Mbit/s dan sinxronizatsiya signalini ajratadi va sinxronizatsiyaning qo'shimcha opsiyasini talab qilmaydi.

### **3.9. Tarmoq bo'yicha uzatilishda signalning kechikishi**

Signalni tarmoq bo'yicha o'tishdagi kechikishini, signal tarmoqqa kiritilish vaqtdan, u tarmoqdan chiqarilgan vaqtgacha kechikishini tavsiflaydi. Real vaqt xizmatlarining ma'lumotlari uzatilishida kechikish vaqtining kamligi juda ham jiddiydir. U o'z tarkibiga tovush so'zlashishlarni (lekin tovush xabarini emas) va videokonferensiyani (videoreklamani eshittirishdan tashqari va h.k.) kiritadi. Kechikishlar nafaqat telekommunikatsiyaning mobil tarmoqlarida mavjud bo'lib qolmay, balki signal manbadan belgilangan joyga uzatilishida barcha tarmoqlardan, uzelli nuqtalar va qurilmalardan o'tishida mavjud bo'ladi, ayniqsa, ma'lumotlar uzatish tarmoqlarida kechikishlar juda ham katta bo'lishi mumkin.

Kechikishlar ma'lumotlarni takroriy uzatishga, telekommunikatsiya protokollarining ishlashidagi xatoliklarga, ma'lumotlar uzatish sxemalari ishlashida to'xtalishlarga va tovush trafigi ma'lumotlari uzatilishini blokirovkalashga sabab bo'lishi mumkin. Uzatuvchi uskunalarning barcha turlari, jumladan, multipleksorlar, paketli kommutatorlar, RRL tizimlari va h.k., ma'lumotlarni ularning xotira buferlarida qayta ishlanishi hisobiga kechikishlarning katta bo'lmagan kechikishlarni qo'shadi, shu bilan birga sun'iy yo'ldoshli aloqa tizimlari katta kechikishlar kiritadi.

Masalan, ATM kommutatorlari 2 millisekundli kechikishlar kiritadi, demak, bunday transport tarmoqlarida ATM kommutatorlari sonini ular tandem ulanishida kechikishlar talablariga rioya qilgan holda rejalashtirish zarur.

Boshqa misol, CDMA standartidagi simsiz tarmoqlardir, ular kechikishlarga juda ham sezgirdirlar. CDMA uskunalarini ishlab chiqaruvchilar, signal bazaviy stansiyadan bazaviy stansiya kontrollerigacha o'tishida kechikishlarning belgilangan chegaralaridan chiqmaslikni tavsiya etishadi. Masalan, signal foydalanuvchi uskunalaridan radiotarmoq kontrollerigacha (RNC) UMTS (WCDMA) o'tishida, signal kechikishining ruxsat etilgan maksimal qiymati 7 millisekunddan ortiq, CDMAONE va CDMA2000 standartlari uchun esa 12 millisekunddan ko'p bo'lmasligi lozim.

4G texnologiyasi taqdim etayotgan, tovush va videoning yangidan yangi xizmatlari, oxiridan oxirigacha kechikishlar qiymatlari 10 millisekunddan ko'p bo'lmasligini talab qiladi. Agar bu qiymatdan 5 millisekundi ma'lumotlarni optik-tolali liniyadan o'tishiga ketdi deb faraz qilsak, qolgan 5 millisekundi RRL liniyadan o'tishga qoladi. RRL liniyadagi kechikishning yarimi signalni Ethernet kommutatorlari tomonidan qayta ishlashga sarflanadi, faqat toza 2.5 millisekundi RRL liniyaning o'ziga qoldiriladi. Shunday qilib, agar 10 ta

ketma-ketli oraliqdan iborat RRL liniyani olib qarasak, bitta RRL oraliqqa kechikishning talab qilingan qiymati 0.25 millisekunddan ortiq bo'lmaydi, bu kechikishi o'ta kichik qiymatli Ethernet standartidagi RRL tizimdan foydalanishni talab qiladi.

RRL tizimlaridagi kechikishlar, asosan, xatolikni korreksiyalashni bajarishda (FEC) buferizatsiya funksiyasi sababli ro'y beradi, bunda kechikishning qiymati RRL tizimining o'tkazish qobiliyati ortishi bilan kamayadi. RRL liniya bo'yicha signal o'tishida kechikishning umumiy vaqti RRL oraliqning ochiq fazosidan o'tishidagi, RRL qurilmalari signalni qayta ishlashidagi, shuningdek, kommutatsiyalash va multipleksorlashdagi kechikishlar bo'yicha jamlanadi.

## 4-BOB

### RAQAMLI RRL TIZIMLAR

#### 4.1. Raqamli RRL klassifikatsiyasi va qo'llanish sohalari

Raqamli RRL asosidagi radiorele liniyalari elektr aloqa raqamli tarmoqlarini muhim tarkibiy qismi bo'lib qoldi, idoraviy, korporativ, regional, milliy va xalqaro.

RRL quyidagi o'zaro bog'langan belgilar bo'yicha klassifikatsiyalanadi:

- tezliklari bo'yicha farqlanadigan RRL:
- yuqori tezlikli (uzatish tezligi 140 Mbit/s dan ortiq);
- o'rtacha tezlikli (52 Mbit/s gacha);
- past tezlikli (10Mbit/s gacha);
- radioreleli liniya sig'imi bo'yicha (ulardagi stvollar bilan kanallar soni) bo'yicha farqlanadigan RRL:
- katta sig'imli;
- o'rtacha sig'imli;
- kam sig'imli.

Radioreleli liniyadagi oraliqlar soni bo'yicha farqlanadigan RRL:

- bitta oraliqli;
- ko'p oraliqli.

Yuqori tizimli katta sig'imli radioreleli liniyalari ma'lumotlar uzatish global tarmoqlarida qo'llanadi va magistralli RRL deb ataladi. O'rtacha tezligi o'rtacha sig'imli radioreleli liniyalar ma'lumotlar uzatishi regional, zonaviy tarmoqlarni yaratishda foydalaniladi va zonaviy RRL deb ataladi. Nihoyat, kam kanallilar temiryo'l transportida, neft o'tkazgichlarida, elektr



uzatkich liniyalarida va boshqalarda aloqa tashkil etish uchun keng qo'llanadi. Kam kanalli harakatdagi RRS li radioreleli liniyalar, shuningdek, harbiy maqsadlarda ham qo'llanadi.

RRL radiochastotalar polosalari 2GGts dan 50 GGts gacha diapazonda joylashadi va ITU (Xalqaro elektr aloqa ittifoqi), shuningdek, O'zbekiston Respublikasi Radioreglamenti tavsiyalari bo'yicha har bir polosa ichida qat'iy reglamentlanadi.

Raqamli radioreleli liniyalar bo'yicha aloqa tashkil etilishida uzatish va qabul qilish chastotalarini ajratish muammosi hal etilishi lozim. Uning yechimi O'zR RCHDQ kompetensiyasiga taalluqli bo'lib, barcha vazifali RES uchun bu protsedura "Radiochastotalar polosalarini (nominallarini) ajratish tartibi haqidagi Nizomga va talabgorlardan tushgan radiochastotalar bo'yicha talabnomalarni belgilangan tartibda ko'rib chiqishi natijasida mos ravishda amalga oshiriladi.

Ayrim hollarda, masalan, katta shaharlar sharoitida ayrim yo'nalishlar bo'yicha bo'sh radiochastotalarni olish ancha mushkuldir, bu boshqa radiotexnik tizimlar (RTT) bilan elektromagnit moslashuv muammosi bilan bog'liqdir.

Zamonaviy raqamli radiolinialarning qo'llanish sohalari yetarlicha kengdir, bu quyidagi imkoniyatlar bo'yicha tushuntiriladi:

– aloqa uzeliidagi mavjud antenna-machta qurilmalari va boshqa jihozlardan foydalanib, aloqa uzeli binosiga RRS uskunalarini o'rnatish yo'li bilan aloqa tizimi imkoniyatlarini operativ kuchaytirish mumkinligi, bunda radioreleli aloqa liniyalarini yaratishga kapital xarajatlar kam bo'ladi;

– aloqa infrastrukturasi yaxshi rivojlanmagan (yoki mavjud bo'lmagan) regionlarda, shuningdek, murakkab relyefli uchastkali joylarda ko'p kanalli aloqani tashkil etish imkoniyati;

– yangi kabe'llarni yotqizish juda qimmat yoki

mumkin bo'lmagan regionlar, katta shaharlar va industrial zonalarda tarmoqlangan raqamli tarmoqlarni barpo etish;

– tabiiy ofatlar hududlari va boshqalarda aloqani qayta tiklash imkoniyati.

RRS bitta oraliqli, ko'p oraliqli va radioreleli tarmog'i sifatida qurilishi mumkin. Bitta oraliqli RRL territorial ajratilgan ikkita RRS dan iborat bo'ladi. Bunday radiolinialar soatli aloqa bazaviy markazlarini, ATS va boshqalarni bog'lash uchun yaratiladi.

Kichik o'lchamli, 18,23 va 36 GGts diapazonli tezkor ishga tushiriladigan RRS keng qo'llanila boshlandi, ular 25 km masofagacha ham analog (televizion), ham raqamli axborotni (34Mbit/s tezligacha) uzatish imkoniyatiga egadir. Ushbu diapazonlardagi raqamli RRS ni tipik qo'llanishi – mahalliy aloqa tarmoqlari, sotali va trunking aloqa tarmoqlarini tashkil etishdir. Oxirgi holatda, qoida sifatida, bitta oraliqli RRS "bazaviy stansiya" – "bazaviy stansiya" va "bazaviy stansiya" – "kommunikatsion stansiya ko'rinishida qo'llanadi.

Shuningdek, RRS shahar sharoitida uzal ATS lari va boshqa aloqa obyektlari orasida bog'lanish uchun uzatiladigan keng polosali optik tolali mishellar o'miga qo'llanishi mumkin. Bunday RRL SDH/SONET standartlariga javob beradigan telekommunikatsiya tarmoqlariga joylashtirilishi mumkin .

Bu holda radiolinialarning qo'llanishi asosiy yo'nalishlari quyidagilar bo'lishi mumkin:

– magistral RRL SDH/SONET shahar tarmog'iga uyg'unlashadi va halqalarni biriktiruvchi, halqalar orasida bog'lanish va olisdagi kirish uzellarini ulash uchun xizmat qiladi. Liniya optik tolaga transport muqobili yoki uni rezervlash uchun foydalanishi mumkin;

– ATM tarmog'iga kirishni tashkil etish RRL ATM tarmoq oxirgi qurilmasi va ATM kirish konsentratori bilan bog'lanadi;

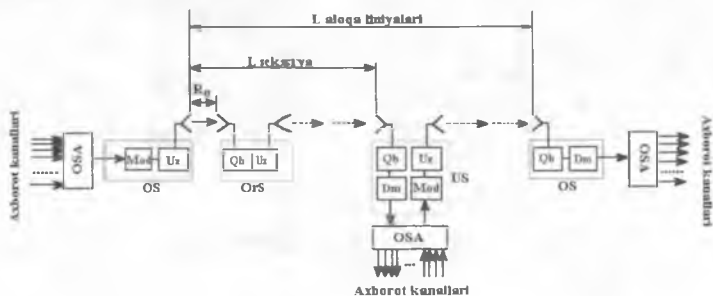
– ATM, FAST ETHERNET va boshqa tarmoqlarni o‘zaro bog‘lanishi.

Butun dunyoda infrastruktura turli ko‘rinishdagi axborot uzatilishini ta‘minlaydigan integrallashgan birlamchi transport tarmog‘i sifatida rivojlanmoqda va simli, radio, radioreleli va yo‘ldoshli (kosmik) aloqadan kompleks foydalanishga asoslanadi. Bu strukturada radioreleli aloqa o‘zining munosib o‘rniga ega.

Tarmoq infrastrukturasi aloqaning u yoki bu turini, yoki ular kombinatsiyalarini qo‘llash masalasi konkret geografik sharoitlar, shuningdek, iqtisodiy va siyosiy omillar, mamlakat mudofaasi va xavfsizligi talablaridan kelib chiqib hal qilinadi. Texnik aloqa vositalari va ularni qo‘llash usullari yagona tizimga bog‘lanishi lozim. Barcha turdagi aloqalar, jumladan, radioreleli aloqaning texnik vositalarini yanada rivojlantirish va foydalanish zaruriyati aloqa masalasiga e‘tibor tobora o‘rtishini belgilaydi.

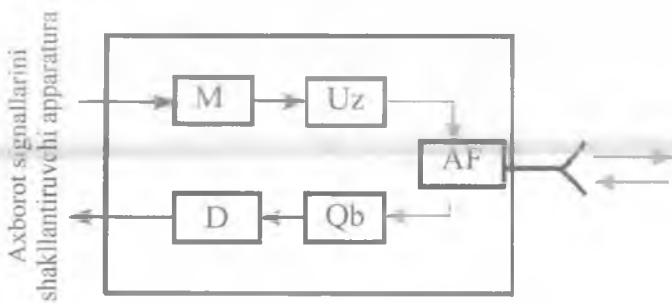
## 4.2. Radioreleli aloqa liniyasining strukturasi

Ko‘p karrali retranslatsiya prinsiplariga asoslangan radioreleli aloqa liniyalarining soddalashtirilgan strukturaviy sxemasi 4.1-rasmda ko‘rsatilgan. Unda oxirgi, oraliq va uzelli stansiyalar farqlanadi.



4.1-rasm. Bitta stavolli radioreleli aloqa liniyaning strukturaviy sxemasi

Oxirgi stansiyalar aloqa liniyasining chetgi punktlariga o'rnatiladi va signallarni uzatish yo'nalishida modulyatorlar va uzatkichlardan va signallarni qabul qilish yo'nalishida qabullagichlar va demodulatorlardan tarkib topadi. Qabul qilish va uzatish uchun antennaviy ajratkich (duplekser) yordamida qabul qilish va uzatish traktlari bilan ulangan bitta antenna qo'llanadi. Signallarni modulyatsiyalash va demodulyatsiyalash standart oraliq chastotalardan (70-1000MGts) birida amalga oshiriladi. Bu holda modemlar turli chastotaviy diapazonlardan foydalanuvchi qabul qiluvchi-uzatuvchilar bilan ishlashlari mumkin. Uzatkichlar oraliq chastota signallarini O'YUCH ishchi diapazoniga o'zgartirish uchun, qabul qilgichlar esa teskari o'zgartirish uchun va oraliq chastota signallarini kuchaytirish uchun mo'ljallangan. O'YUCH signallarini bevosita modulatsiyalovchi RRL tizimlari mavjud (masalan, Erikom-11 apparaturasi), lekin ularning qo'llanishi cheklangan. Oxirgi stansiyaning soddalashtirilgan strukturaviy sxemasi 4.2-rasmda keltirilgan.

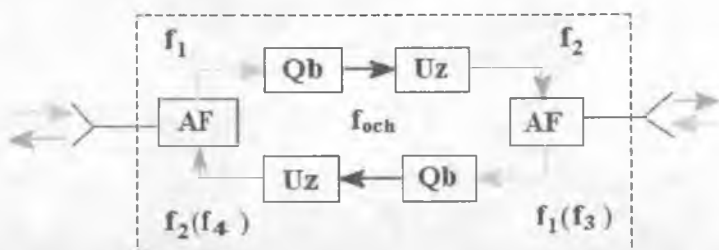


4.2-rasm. Oxirgi stansiyaning strukturaviy sxemasi

Oraliq stansiyalar bevosita ko'rinish masofasiga o'rnatiladi va signallarini qabul qilish, kuchaytirish va keyinchalik ularni aloqa liniyasi bo'yicha uzatishga mo'ljallanadi. Oraliq stansiyalarda signallarni qabul qilish va uzatish yaqin joylashgan antennalardan teskari

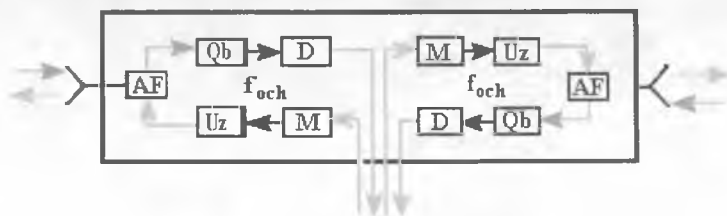
nurlanish ta'siri hisobida qabul qilgich-uzatkichlardagi parazit bog'lanishlarni bartaraf etish uchun turli chastotalarda amalga oshirilishi lozim. Qabul qilish va uzatish chastotalari orasidagi farq siljitishi chastotasi ( $f_{sil}$ ) deyiladi. 4.3-rasmda oraliq stansiyalarning strukturaviy ko'rsatilgan.

$$f_2 = f_1 \pm f_{sil}$$



4.3-rasm. Oraliq stansiyaning strukturaviy sxemasi

Uzelli stansiyalar (4.4-rasm) ham oraliq stansiyalar funksiyalarini, hamda axborotni kiritish va chiqarish funksiyalarini bajaradi. Shuning uchun ular katta aholi yashash punktlarida yoki aloqa liniyalari kesishgan (ajratiladigan) nuqtalarda o'rnatiladi.



Axborotni chiqarish va kiritish apparaturasi

4.4-rasm. Uzelli stansiyaning strukturaviy sxemasi

Eng yaqin stansiyalar orasidagi oraliq RRL oralig'i (yoki intervali) deb ataladi. Oraliq uzunligi ko'pincha sabablarga bog'liq va o'rtacha 6-8GGts chastotalar diapazonida 50-60 km va 30-508GGts diapazonida bir necha km ga yetadi.

Oxirgi stansiya va eng yaqin uzal stansiyalar orasidagi yoki uzal stansiyalari orasidagi oraliq RRL seksiyasi deb ataladi, qabul qiluvchi – uzatuvchi uskunalalar to‘plami RRL stvolini tashkil etadi. Bitta yo‘nalishli va ikkita yo‘nalishli (dupleks aloqa uchun) stvol-lar farqlanadi.

### **4.3. Bevosita ko‘rinishli bitta stvulli RRLda chastotalar taqsimlanish rejasi**

RRL aloqa tizimining chastota rejasi deb tizim stvullari orasida qabullash va uzatish chastotalarining taqsimoti tushuniladi, shuningdek, geterodinlar chastotalari taqsimoti, ya’ni bitta stvoldagi uzatish va qabul chastotalarining taqsimoti. RRL aloqa apparaturasining tuzilish xususiyati shundan iboratki, OrS da qabullash va uzatish antennalari, bitta aloqa yo‘nalishidagi, amalda yonma-yon joylashtiriladi, bu holda paydo bo‘ladigan antennalar orasidagi o‘zaro bog‘lanishi ushbu yo‘nalishda signallarni uzatish va qabul qilishda bir xil ishchi chastotalardan foydalanish imkonini bermaydi. Shuning uchun OrS da ham bir tomonlama, ham ikki tomonlama aloqani tashkil etishda qabullash va uzatish ishchi chastotalarini o‘zgartirish zaruriyati tug‘iladi.

Apparatura tuzilishi qabul qilingan sxemasiga mos ravishda har bir stansiyada chastotani o‘zgartirish amalda oshiriladi. Demak, OrS ikkita funksiyani bajaradi:

1. Signallarni kuchaytirish.
2. Mazkur stansiyadagi uzatkich va qabul qilgich orasida mumkin bo‘ladigan bog‘lanishni bartaraf etish maqsadida O‘YUCH signali chastotasini o‘zgartirish.

Bevosita ko‘rinishli RRL da chastotalarni taqsimlash ikkita rejasi mavjud, stvol uchun ikki chastotali va to‘rt chastotali rejalar.



4.5-rasm. Chastotalarni ikki chastotali taqsimlash rejasi



4.6-rasm. Chastotalarni to'rt chastotali taqsimlash rejasi

a) 2-chastotali tizim (4.5-rasm) radioreleli aloqani tashkil etish uchun ajratilgan chastotalar polosasidan foydalanish nuqtayi nazaridan tejamkordir, lekin yon va teskari yo'nalishlar signallarini uzatish va qabullashdan yaxshi himoyalaydigan xususiyatlarga ega antennalarni qo'llash talab qilinadi. 10 GGts chastotadan yuqori diapazonlarda talab qilingan ko'rsatkichlarga erishish imkonini beradigan qo'shimcha ekranli (yoqali) sifatli ishlangan parabolik antennalar keng qo'llanadi.

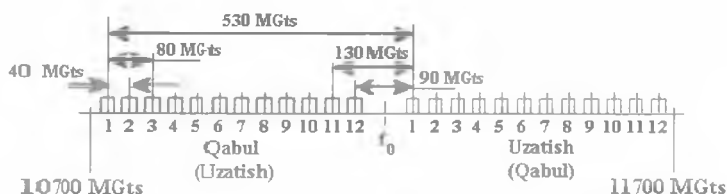
b) 4-chastotali tizim (4.6-rasm) nisbatan sodda va arzon antennalarni qo'llash imkonini beradi va o'zaro xalaqitlardan aloqa liniyalarini himoyalashni yaxshilash imkonini beradi, lekin ular juda kam ishlatiladi. Qoida sifatida, to'rt chastotali tizimli juda murakkab elektromagnit vaziyatda aloqa liniyasini tashkil etish uchun tavsiyalash mumkin.

Radioreleli tizimlarining iqtisodiy samaradorligini va o'zgazuvchanlik qobiliyatini oshirish uchun ko'p xollarda RRT ni ko'p stvolli qilib bajarishadi, ularda har bir stansiyada umumiy antenna-fider qurilmalari orqali turli chastotali bir nechta qabullagich uzatkichlar ishlaydi.

Aloqa liniyalari ishlash ishonchliligini oshirish maqsadida rezervlashning turli usullari qo'llanadi. 10 GGts dan yuqori chastotalar diapazonida raqamli RRL da 1+1 rezervlash tizimi eng ko'p qo'llanishga ega, bunda bitta ishchi stvolga bitta rezerv to'g'ri keladi. Radioto'lqinlarning tarqalishi murakkab sharoitlarda, aloqa tizimi barqaror ishlashini sezilarli yaxshilovchi, ajratilgan qabulni tashkil etish uchun ikkala stvoldan

foydalanish mumkin. Ko'p hollarda zamonaviy apparaturaning yuqori ishonchligini hisobga olib, rezervsiz oddiy bir stavli aloqa tizimini qurishmoqda. Masalan, Yaponiya firmasi NECning MINI-LINK turidagi raqamli RRL apparaturasining raddiyaga ishlash vaqti (reklamaga asosan) 20–30 yilni tashkil etadi.

Axborot radio taqrimoqlarining keng rivojlanishi ajratilgan to'liqlar diapazonida ishchi chastotalardan foydalanishni qat'iy reglamentlashni taqozo etadi. 4.7-rasmda ITU-R 387–2 tavsiyanomaga binoan 11GGTS diapazonida ishlovchi RRL tizimlari uchun ishchi chastotalarning taqsimlanish taxminiy rejasi ko'rsatilgan.



4.7-rasm. RRL tizimi uchun ishchi chastotalarni taqsimlanishi

O'ta yuqori chastotali diapazonlarda moslashuvchi chastotaviy rejalar qo'llanadi. Bunday hollarda chastotaviy kanallarni ajratish o'tkazuvchanlik qobiliyati (raqamli RRL ishlash tezligi) va modulatsiya turi bo'yicha aniqlanadi. Ko'p hollarda ishchi chastotalarni ajratish qadami 3.5 MGts ga teng deb olinadi. Masalan, ishlash tezligi 4 MBit/s va 4-sathli modulatsiyada chastota farqini ajratish qadamiga teng deb olish mumkin, tezlik marta oshirilsa, ajratish ham martaga ko'payadi va 7,14 yoki 28 MGts ga teng bo'lishi mumkin.

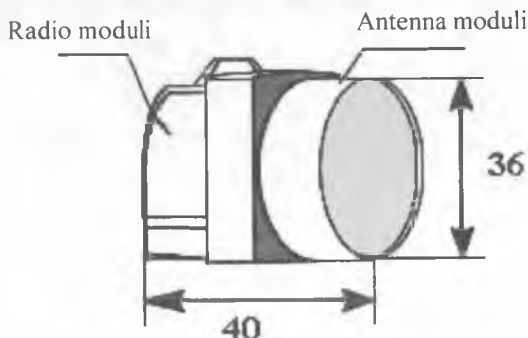
Keyingi yillarda chastotaviy spektrdan foydalanish samaradorligini sezilarli oshirish imkoniyatini beradigan radioto'liqlarning ikkilanma qutblanishi qo'llanadigan yangi chastotaviy rejalar ishlab chiqilgan.



#### 4.4. Raqamli RRLning konstruktiv bajarilishi va aloqa tarmoqlarini tashkil etishga misollar

10 GGts dan yuqori chastotalar diapazoni uchun radioreleli tizimlar zamonaviy apparaturasi nisbatan past chastotali apparaturaga qaraganda konstruktiv bajarilishda o'ziga xos xususiyatlarga ega. 10 GGts gacha chastotalar diapazonida qabullovchi-uzatuvchi apparatura, qoida sifatida, apparat xonalarida joylashgan yetarlicha beso'naqay ustunlar ko'rinishida tayyorlanadi. Antennalar bilan aloqa yetarlicha uzun bo'lgan fiderli to'lqin o'tkazgichlar orqali amalga oshiriladi, ular sezilarli yo'qotishlar kiritadi. 10 GGts dan yuqori chastotalar diapazoniga o'tish apparaturalarning konstruktiv bajarilishini jiddiy ravishda o'zgartirdi. 10 GGts dan yuqori diapazonda ishlovchi apparatura katta bo'lmagan o'lchamlarga ega va antenna bilan yagona blokka birlashtirilgan antenna tirgagining yuqorisida joylashtiriladi.

4.8-rasmda 23–38 GGts chastotalar diapazoni uchun raqamli apparatura MINI-LINKning qabullovchi-uzatuvchi blokini konstruktiv bajarilishiga misol keltirilgan. Bunda parabolik antenna 36 sm li diametrga ega va qabullovchi-uzatuvchi blok bilan bevosita to'lqin o'tkazgichsiz ulanadi.



4.8-rasm. 23–38 GGts chastotalar diapazonida MINI-LINK apparaturasining qabul qilish uzatish bloki

Jami modulni antenna tirgagiga mahkamlaydigan elementlar antenna blokida joylashadi hamda vertikal va gorizontal tekisliklarda yustirovkalaydigan qurilmaga ega. Qabullovchi-uzatuvchi blokni almashtirish, sozlash va profilaktikalash uchun antenna blokidan osongina ajratish mumkin. Bunday bajarilishda butun blok 11–12 kg bo'ladi. Apparatura kattaroq diametrli (0.6 i 1.2 m) antennalardan foydalanish imkonini beradi.

0.6 m diametrli antenna qo'llanganda konstruktiv bajarilishi 3.8-rasmda ko'rsatilandek bo'ladi, 1.2 m diametrli antenna esa qabullagich-uzatkich bilan qisqa egi luvchan to'lqin o'tkazgich orqali ulanadi.

Antenna tirgagida apparatura modullarining joylashishiga misol 4.9-rasmda ko'rsatilgan.



4.9-rasm. Antenna tayanchidagi MINI-LINK apparaturasi- ning modullari

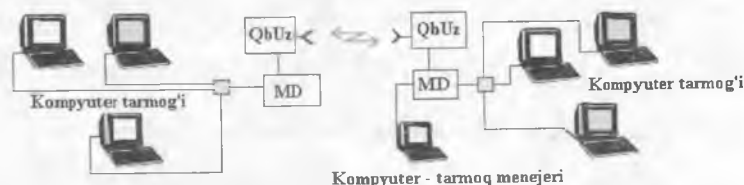
10 GGts dan yuqori chastotalar diapazonida qo'llanadigan kichik o'lchamli va og'ir bo'lmagan ixcham apparatura, uchburchakli ferma yoki quvursimon konstruksiyalar ko'rinishida bajarilgan, yengillashgan antenna machtalaridan foydalanish imkonini beradi, ularni baland binolarga, tutun chiqish trubalarga yoki tepalik joylarga o'rnatish mumkin. Qabullovchi-uzatuvchi bloklar bino ichida joylashgan modem uskunalari bilan koaksial kabellar orqali ulanadi. Zamonaviy modem uskunalari — markaziy yoki mahalliy kom-

pyuter boshqarishida ishlaydigan yengil transformatsiyalanadigan kompleksdir.

Modem uskunasi 1 dan 34 Mbit/s gacha tezlikda raqamli oqimlarni shakllantirishni va qayta ishlashni ta'minlaydi, oqimlarni multipleksorlashni o'tkazadi va

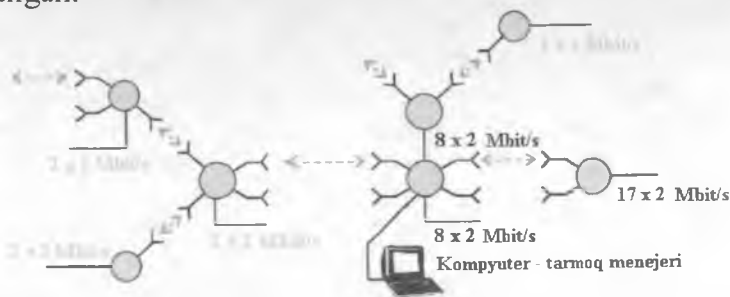
istalgan konfiguratsiyali aloqa tarmog'ini tashkil etish rejimlarida ishlaydi.

Misol sifatida, 4.10-rasmda lokal kompyuter tarmoqlari orasida aloqa tizimlarini tashkil etish sxemasi ko'rsatilgan. O'xshash sxemani harakatdagi aloqa bazaviy stansiyalari orasida bog'lanish uchun qo'llanish mumkin.



4.10-rasm. Lokal kompyuter tarmog'ini tashkil etish sxemasi

Raqamli aloqa tarmoqlarining namunaviy konfiguratsiyasiga misol 4.11-rasmda keltirilgan. Bu yerda RRL stansiyalarning, turli raqamli oqimlar bilan ishlaydigan, rezervlangan va rezervlanmagan, kompyuter – tarmoq menejeri boshqarishida ishlaydigan turli xillari ko'rsatilgan.



4.11-rasm. Raqamli aloqa tarmog'ining namunaviy konfiguratsiyasi

## 4.5. Raqamli radioreleli stansiyalar

Past tezlikli raqamli radioreleli stansiyalar (RRS) bitta stvol orqali 10 Mbit/s gacha o'tkazish qobiliyatini ta'minlaydi. Raqamli RRSlarni turli xil telekommunikatsiya masalalarini yechish uchun jalb etish, avvalo, ularning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari va quyidagi afzalliklariga bog'liq:

- turli jinsli va turli tezlikli axborotlarni (nutq, video, ma'lumotlar, qorovul signalizatsiya signallari, teleboshqarish va h.k.) yagona raqamli formatga keltirilgan holda uzatish imkoniyati;

- liniyalarni tezkor kengaytirish (chastotaga ruxsat mavjudligida –bir necha kun) ;

- qanoatlantiruvchi narx (30–50 km uzunlikdagi oraliq 6dan 10 ming dollargacha, o'tkazish qobiliyati yuzlab telefon kanallariga ekvivalentdir);

- turli xil foydalanuvchilar talablariga javob beruvchi turli konfiguratsiyali (“yulduz”, “halqa”, radial va uzelli strukturalar va h.k.) tarmoqlarni qurish imkoniyati;

- stansiyalarni ekspluatatsiya qilish va xizmat ko'rsatishga katta bo'lmagan xarajatlar.

Yuqorida ko'rsatilgan afzalliklar past tezlikli raqamli RRSlardan quyidagi maqsadlarda samarali foydalanish imkoniyatini beradi:

- bitta oraliqli mahalliy aloqa liniyalarini tashkil etish (“nuqta-nuqta”);

- olisdagi idoraviy, korporativ va xususiy foydalanuvchilarni ulash (masalan, UFTFTga);

- Internet tarmog'i resurslariga kira olishni ta'minlash;

- magistral aloqa liniyalarida potoklarni ajratish;

- o'ta muhim aloqa yo'nalishlarini rezervlash;

- televizion signallarni studiyadan uzatuvchi yoki translyatsion uskunalargacha uzatish;

- qishloq joylarni telefonlashtirish;

- zona ichi tarmoqlarini qurish va x.k.

Harakatdagi umumiy texnik talablarga mos ravishda mahalliy va zona ichi radioreleli vositalar o'zaro chastotaviy xarakteristikalar bo'yicha farqlanadi (mahalliy aloqa vositalariga nisbatan keng diapazon ajratilgan). Bundan tashqari, qo'yilgan talablar darajasi bo'yicha bir-birlaridan kardinal farqlanadi, shuningdek boshqarish imkoniyatlari va servis xizmatlarini ta'minlash bo'yicha farqlanadi. Bunda zona ichi radioreleli aloqa inkor etilmaydigan afzallikka ega.

Hozirgi vaqtda past tezlikli raqamli RRS ko'p hollarda quyidagi masalalarni yechishda qo'llanmoqda:

- birlamchi tarmoqlar tarkibida ulanish liniyalarini tashkil etish;

- magistral neft va gaz o'tkazgichlar bo'yicha texnologik aloqani, teleboshqarish va telesignalizatsiya signallarini uzatishni ta'minlash uchun RRLni kengaytirish;

- UFTfTga kirishni, Internet-resurslarga jamoaviy yoki abonent kirishni, shuningdek provayderlar (TSP/ASP) tarmoqlariga kirishni, ATSDan chiqarish liniyalarini tashkil etish va abonent sig'imini taqsimlash va h.k.;

- ma'lumotlar uzatish tarmoqlarini va televizion signallarni uzatish (DVBT – Digital Video Broadcast Transmission) keng eshittirish tarmoqlarini qurish;

- axborotni ko'p kanalli taqsimlash (LMDS – Local Multi Chanel Distribution Services) tarmoqlarini qurish;

- radioreleli aloqaning idoraviy, korporativ va xususiy liniyalari va tarmoqlarini kengaytirish;

- soatli tarmoqlar stansiyalarini va shahar va qishloq ATSlarini bir-birlari bilan ulash;

- qishloq aloqa liniyalari va tarmoqlarini kengaytirish, shu jumladan, kanallari vaqt (chastota) bo'yicha ajratilgan ko'p stansiyali kira olishli "nuqta-ko'p nuqta" prinsipi bo'yicha qurish;

- oxirgi raqamli ATSlarda ularning chiqarilma mo-

dullari bilan bog'lanish uchun ulanish liniyalarini tashkil etish.

Yuqorida sanab o'tilgan masalalarni yechish uchun stansiyalar yetarli darajada komplektlanishi lozim. Komplektlanishning namunaviy (tipik) bazaviy varianti tarkibiga bitta yoki bir nechta stvollarning uskunalari, shuningdek modulatsiya usulini va uzatiladigan signal mos turini aniqlovchi bitta yoki bir nechta modemlar kirishi mumkin.

Raqamli RRL joriy etilish boshlang'ich davrida 10 Mbit/s gacha oqimlarni modemlarsiz ham uzatish mumkin edi. Bu holda manipulatsiya bevosita O'YUCH-eltuvchida amalga oshiriladi. Tabiiyki, modemlarni inkor etish uskunalar narxini pasaytiradi, lekin ushbu usulda ayrim kamchiliklar mavjud. Ulardan biri quyidagidir, ko'p oraliqli liniyalardagi retranslyatsiyada signalni bitta stansiyadan boshqasiga uzatish jarayoni murakkablashadi, chunki signal demodulatsiyasi amalga oshiriladi. Shuning uchun har bir stansiyada regenerator o'rnatilishi kerak. Shunga qaramasdan, bu turdagi past tezlikli stansiyalar, avvalo, bitta oraliqli radioreleli liniyalarni tashkil etishda muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda.

Past tezlikli RRSning namunaviy bazaviy variantiga shuningdek multipleksor (odatda,  $4 \times E1$ ) kirishi mumkin, u egiluvchanlikni, shuningdek, foydalanuvchilar orasida axborot potoklarini ajratish va qayta taqsimlash operativligini oshirish imkonini beradi.

Hozirgi vaqtda multipleksorlash, modulatsiyalash va stvollarni rezervlash funksiyalarini ta'minlovchi komponentlar, ko'p hollarda bitta monoblokka joylashtiriladi yoki umumiy savatga joylashtiriladigan ayrim modullar (platalar) ko'rinishida bajariladi. Bu uskunalar narxida yetarlicha yutuqni beradi va muhimi, apparaturaning ist'mollik xususiyatlarini yaxshilaydi, ya'ni u ekspluatatsiyada ancha qulay bo'ladi. Bu holda stansiya funksional imkoniyatlarini oshirish va modernizatsiyalash jarayoni soddalashadi, bu savatdagi

platalarni almashtirish yoki qo‘shimcha platalar o‘rnatish yo‘li bilan amalga oshiriladi.

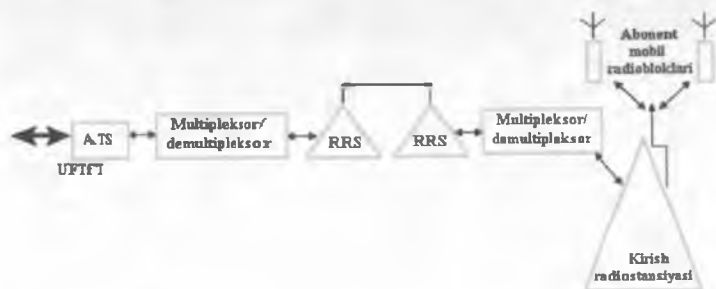
Aloqa tarmoqlariga abonent kirishini ta‘minlaydigan, RRLni tashkil etishda, odatda komplektatsiyalashning nostandart variantlaridan foydalaniladi. UFTFT kirishni realizatsiyalashda RRLni qurish mumkin bo‘lgan sxemalari 4.12–4.15-rasmlarda keltirilgan. Kirishning mazkur variantlari jamoaviy razryadga mutanosibdir. Ularni quyidagi konfiguratsiyalarda qo‘llash maqsadga muvofiqdir:

– stasionar abonentlar uchun – RRL tarkibiga ichki qurilgan integrallashgan multipleksorli UFTFTga kirish texnologiyasi (4.12-rasm):



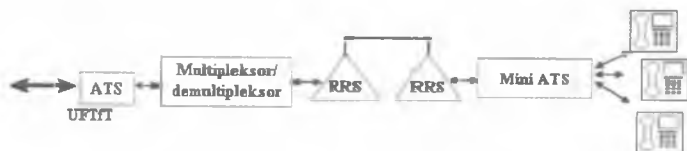
4.12-rasm. Stasionar abonentlarning UFTFTga kira olishi

– lokal mobil abonentlar uchun – abonent radio-kirishining ko‘p kanalli stansiya bilan birgalikdagi UFTFTga kirish texnologiyasi (4.13-rasm):



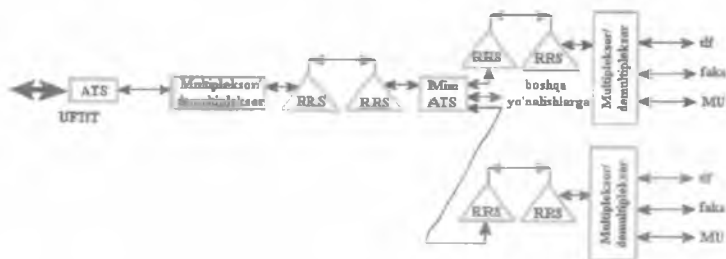
4.13-rasm. Lokal mobil abonentlarning UFTFTga kira olishi

– aholi punkti abonentlarini maxsuslashtirilgan mini-ATS orqali telefon aloqa bilan ta‘minlaydigan bir bosqichli radioreleli bog‘lash sxemasi (4.14-rasm):



4.14-rasm. Abonentlarni ajratilgan mini-ATS orqali bir bosqichli bog'lash sxemasi

– qishloq aholi punktlari va tuman markazlari abonentlarini, masalan, viloyat markaziga ko'p bosqichli radioreleli bog'lash sxemasi (4.15- rasm):



4.15-rasm. Abonentlarni ko'p bosqichli bog'lash sxemasi

Ko'rilgan UFTfTga kirish usullarini realizatsiyalashda, mos modemlar va interfeyslar mavjudligida axborotning istalgan turini (nutq, faksimil xabarlar, ma'lumotlar va h.k.) uzatish mumkinligini belgilash mumkin. Uskunalarni komplekslash bo'yicha qishloq joylarda aloqa liniyalarini tashkil etishga mo'ljallangan RRSni alohida ajratib ko'rsatish mumkin. Qoida sifatida, ular detsimetrlı diapazonda (300–3000 MGts) realizatsiyalanadi, bu esa ularning katta bo'lmagan o'tkazish qobiliyatini: 512, 1024 yoki 2048 kbit/s belgilaydi. Lekin ular uzun masofali oraliqlarni (50 km va ko'proq) tashkil etish uchun baland bo'lmagan (20 m gacha), demak, uncha qimmat bo'lmagan anten-na tirgagidan foydalanish imkoniyati bilan afzalroq farqlanadi. Uskunaning yaxshi massa o'lcham xarakteristikallari va foydalanayotgan diapazondagi elektro-



magnit to'liqning difraksion xususiyatlari RRS va antennalarni joylashadigan o'rnini yetarlicha erkin tan-lash imkonini beradi, shuning uchun ularni to'g'ri keladigan obyektlarga, masalan, qishloq pochta bo'limlari yaqiniga o'rnatish mumkin.

Ta'kidlash mumkin, 30–50 km li oraliq masofani ta'minlash uchun, bir necha vattgacha quvvatli uzatgichni qo'llash zaruriyati past tezlikli RRS massa o'lcham va qiymat ko'rsatkichlariga sezilarli ta'sir qilmaydi. Antenna tayanchining ko'rsatilgan balandligi va uzatgich quvvatida monoblokli stansiyalardan foydalanish mumkin, ya'ni RRS ichki va tashqi joylashgan bloklardan tashkil topgan bo'lishi shart emas. Bu stansiya narxini kamaytiradi, uskunalar ishlash muddatini oshiradi, uning kerakli butligi nazoratini ta'minlash imkonini beradi, uni profilaktikalash bo'yicha ishlar bajarilishini osonlashtiradi va nosozliklarni izlash va bartaraf etish jarayonini tezlashtiradi.

Maxsus uskunalarni keng qo'llash o'rta malakali xodimlarga montaj ishlarini va past tezlikli RRSga ulanishni, masalan, mini-ATS yoki bevosita oxirgi terminallarni ulashni mustaqil bajarish imkoniyatini beradi.

HDSL standartining zamonaviy modem qurilmalarni qo'llash radiuskunalarni odatiy o'ralgan (buralgan) juftlik yordamida bir necha kilometrarga chiqarish imkonini beradi, bunda ma'lumotlar uzatish (320 kbit/s gacha) bilan birga bir nechta (bittadan uchtagacha) telefon kanallarini uzatish ta'minlanadi. Bunday yechim qishloq joylarda Internetdan foydalanuvchilar sonini oshirish va universal xizmatlar taqdim etilishi bo'yicha loyihalar amalga oshirilishida muvaffaqiyatli qo'llanishi mumkin.

#### 4.6. Turli texnologiyalar bo'yicha qurilgan aloqa liniyalarini taqqoslash

Kabelli va radioreleli aloqa liniyalarini taqqoslash. Kabelli va radioreleli aloqa liniyalarini tashkil etilishidagi vaqtli va moliyaviy xarajatlarni taqqoslash, RRLni kengaytirish, umuman, olganda foydaliroq ekanligini ko'rish mumkin. Albatta, quyidagini hisobga olish zarur: dastlabki bosqichda chastotaga ruxsatnomani rasmiylashtirishda ko'p vaqt ketishi mumkin, shuning uchun bu borada avvaldan harakat qilish zarur.

RRL va kabelli aloqa liniyalarini kengaytirishda iqtisodiy samaradorlikni taqqoslash natijasi, qisqa masofali (5–6 km gacha) liniyalar tashkil etishda kabelli liniyalar (bez ucheta zarat na prokladku kabelniyotqizishga xarajatlar hisobga olinmasdan) arzon ekanligini ko'rsatadi. Bunday masofalarda RRL antennalari tayanchining narxi yetarlicha baland bo'ladi. Boshqa tomondan, katta bo'lmagan oraliqlarda, qimmatbaho antenna minoralari o'rniga, soddalashtirilgan antennafider qurilmalarini ishlatish mumkin. Shuning uchun qisqa masofali liniyalarni qurishda faqat aniq loyiha bo'yicha xarajatlarning detalli hisoblari, mazkur holda qaysi texnologiya foydaliroq savoliga javob topishga imkon beradi. Agar oraliq masofa 30–50 km ni tashkil etsa, RRLni tashkil etishga sarflanadigan solishtirma narxlar xarajatlari sezilarli kam bo'ladi.

Radioreleli aloqa foydasiga boshqa argumentlarni ham keltirish mumkin:

– tabiiy to'siqlardan (suvli va tog'li to'siqlar, transport magistrallari, botqoqliklar va h.k.) o'tish soddaligi;

– trassa o'tadigan yerlarga ijara haqi to'lanmasligi;

– tabiiy hodisalar ta'siriga kam duchor bo'lishligi;

– yuqori ko'tarilgan machtalarga uskunalarning nuqtaviy joylashtirilishi hisobiga va h.k. vandalizm yoki tasodifiy fizik ta'sirlardan yuqori darajali himoyalanganligi.

Past tezlikli va boshqa raqamli RRSlarni taqqoslash. Yuqori tezlikli RRS lardan foydalanilganda raqamli kanalning solishtirma narxi, ravshanki, harakatdagi past tezlikli stansiyalardan ancha arzondir. Bunda yuqori tezlikli va past tezlikli radioappaturalarning qiymatlaridan farq uncha katta emas. Faqat detsimetrli diapazondagi past tezlikli RRSning antenna tayanchlari, antenaning soddaligi va ular balandligi yuqori emasligi (15–20 m) sababli ancha arzondir. Bularning bar-chasini hisobga olganda, radioreleli uskunalar foydalanuvchilariga quyidagi maslahatni berish mumkin: RRLni kengaytirishda o'tkazish qobiliyatiga biroz zaxirani nazarda tutish maqsadga muvofiq bo'ladi. RRL o'tkazish qobiliyatini 2 dan 8–17 Mbit/s gacha oshirish, 64 kbit/s li raqamli kanal narxini 4 marta kamaytirish uchun etarli bo'ladi. Shu bilan birga o'tkazish qobiliyati 8–17 Mbit/s bo'lgan RRS o'tkazish qobiliyati 2 Mbit/s bo'lgan RRSdan 15–25 % ga qimmat bo'lishi mumkin. RRS ni tanlashda uskunaning energetik xarakteristikalariga asosiy e'tiborni qaraish lozim, chunki aynan shular aloqa sifatiga, uzoq masofaliligiga va barqarorligiga eng katta ta'sir ko'rsatadi.

Shunday qilib, quyi tezlikli raqamli RRS hozirgi vaqtda va istiqbolda telekommunikatsiya bozorida talab qilingan bo'lib qoladi va muxim davlat ahamiyatiga molik bir qator loyihalarni amalga oshirishda muvaffaqiyatli qo'llanishi mumkin. O'zining texnik-iqtisodiy xarakteristikalari bo'yicha quyi tezlikli raqamli RRSlar turli moliyaviy imkoniyatlarga va turli muassasalar, soxalar va biznes yo'nalishlarining namoyondalari bo'lgan foydalanuvchilarning barqaror talablariga ega.

Oxirgi yillarda mikroto'lqinli ko'p kanalli axborotni taqsimlash tizimlari (MMDS, MVDS, LMDS) shiddatli rivojlanmoqda. Bunday tizimlar individual yoki kollektiv abonentlar uchun televizion dasturlarni yoki kompyuter axborotlarini tarqatishni tashkil etish imkoniyatini beradi. MMDS tizimlari 2.7 GGts

chastotalar diapazonida ishlaydigan, gorizonta tekisligi da yo'naltirilganlik diagrammasi doiraviy bo'lgan va vertikal tekislikdagi ( $G = 12-17$  dB) ochilish burchagi 3-6 gradus bo'lgan antennali bazaviy stansiyalarning tarmog'idir.

Kuchaytirish koeffitsiety 25-35 dB bo'lgan, yo'naltirilgan antennali qabullovchi abonent qurilmalarining to'plami (ham individual, ham kollektiv foydalanish) bazaviy stansiyalardan bevosita ko'rinish zonalarida joylashtiriladi. Bazaviy stansiyalar orasida axborot almashish turli aloqa tizimlari yordamida, jumladan RRL yordamida amalga oshiriladi.

O'xshash aloqa tizimlarida foydalanish nuqtai nazaridan o'ta istiqbollisi 10 GGts dan yuqori chastotalar diapazonidir, chunki 10 GGts dan quyi chastotalar diapazoni odatda o'ta yuklangandir va kompakt qabullovchi qurilmalarni qurish imkoniyatini bermaydi. Axborot taqsimlanishi lokal tizimlari (LMDS) uchun 27-29 GGts chastotalar diapazonidan foydalanish ko'zda tutilmoqda. 30 GGts dan yuqori chastotalarni qo'llash bazaviy stansiyalar antennalarining kuchaytirish koeffitsienti kam bo'lganligi (doiraviy nurlanish qo'llangan holda) va gidrometeorlarda va gazli atmosferalarda tarqalishda katta yo'qotishlar sababli faqat uzoq bo'lmagan masofalarda (2-7 km) axborotni yuqori sifat bilan qabul qilish mumkin. Lekin foydalanuvchilar antennalari va resiverlarining o'lchamlari ancha kichik bo'ladi. Shuning uchun Yevropada videoboxorotni taqsimlash tizimini (MVDS) tashkil etish uchun 40,5-42,5 GGts chastotalar diapazoni ajratilgan. Tizimlar nomlanishi nisbatan farqlanadi, chunki ularga tavsiyalar turli kontinentlarda ishlab chiqilgan. Texnik nuqtai nazardan esa ular radioreleli uskunalarni ishlab chiqaruvchilari tomonidan tayyorlangan deyarli bir xil qurilmalardir. Bunday tizimning radiotrakti, NTSC, PAL, SECAM yoki DVB bo'ladimi, turli ko'rinishdagi analog yoki raqamli signallarni

uzatish uchun "shaffov"dir. Farqlanish faqat kanallar sonida bo'ladi. Televideniye signallarini uzatish uchun raqamli standart MPEG-2 qo'llanishi mumkin, hozirda esa televizion eshittirishlarning yo'ldoshli tizimlarida MPEG-4 standarti va interferentsion buzilishlardan himoyalangan COFDM modulyatsiyani qo'llanishi keng tarqalgandir. Bazaviy stansiyalarda energetik ko'rsat-gichlarni yaxshilash uchun kuchaytirish koefitsienti 30—40 dB gacha bo'lgan sektorli va ko'p yaproqli antennalarni qo'llash imkoniyati mavjuddir.

## 5-BOB

### RAQAMLI MODULYATSIYA

#### 5.1. Raqamli modulyatsiya ning asosiy ta'riflari

Istalgan aloqa tizimini kurishdagi markaziy muammo uzatish nuqtasida uzatilayotgan axborotni fizik tashuvchiga joylashtirish va qabul nuqtasida bu xabarni ajratish usulini tanlash va texnik amalga oshirishdir. Bu modulyatsiya va demodulyatsiya muammolari sifatida ma'lum bo'lgan eng murakkab vazifadir.

Modulyatsiya – bu manbadan olinayotgan axborotni aloqa kanalida uzatish uchun eng qulay shaklga keltirish uchun axborotni kodlash jarayonidir. Ummuman olganda bu jarayon modulyatsiyalanuvchi signal asosiy chastotalar polosasini  $\Delta F$  yuqori chastotalar sarhadiga ko'chirishni nazarda tutiladi. Modulyatsiya natijasida olingan  $s[t, u(t)]$  radiosignali  $2\Delta F$  kenglikdagi polosani egallaydi, uning markaziy chastotasi  $f_0$  modulyatsiyalanayotgan signal spektrining yukori chegara chastotasi  $f_v$  dan anchagina yuqoriroqdir. Qoida sifatida, axborot tashuvchi sifatida  $s(t) = A \cdot \cos(2\pi f_0 t + \varphi)$ , garmonik tebranishlar qo'llaniladi, uning modulyatsiya uchun qo'llanadigan asosiy parametrlari amplituda  $A$ , chastota  $f_0$  va fazadir  $\varphi$ .

Amalda barcha zamonaviy aloqa tizimlarida raqamli modulyatsiya va demodulyatsiyada signallarga raqamli ishlov berish usullari qo'llaniladi. Bunday tizimlarni analogli modulyatsiya va analogli demodulyatsiya amalga oshiriladigan analog tizimlardan farqli ravishda raqamli uzatish tizimlari deb atalishi qabul qilingan. Radioelektronikaning zamonaviy yutuqlari elektr signal-

larga raqamli ishlov berishda yetarli darajada murakkab bo'lgan algoritmlarni aloqa tizimlarining uzatuvchi va qabul qiluvchi qurilmalarida qo'llash imkonini beradi. Natijada raqamli tizimlarda uzatilayotgan har qanday xabarning sifati ushbu xabarlarni analogli aloqa tizimlari yordamida uzatishga qaraganda yuqoriroq bo'ladi.

Raqamli uzatish tizimlari (RUT) ikkita muhim xususiyatlarga ega:

– har qanday xabarlar raqamli shaklda taqdim etiladi, ya'ni  $\{a_i, i = \dots, -1, 0, +1, \dots\}$  shaklidagi bitlar ketma-ketligi ko'rinishida;

– indeks  $i$  ning har qanday qiymatida  $a_i$  simvol  $\{0, 1\}$  alfavitdan qiymatlar oladi;

– tizim uzatuvchi kurilmasi shakli bo'yicha farqlanuvchi, kanal simvoli deb ataluvchi,  $\{s_m(t), t = 1, 2, \dots, M\}$  signallarning chekli sonini shakllantiradi va uzatuvchi kanalga navbatma-navbat uzatadi;

– kanal simvoli davomlilikigi  $T_{ks}$  sifatida belgilanadi;

– bitta kanal simvoli uzatishga mo'ljallangan bitta bitni yoki ko'p sonli bitlarni "tashiydi";

– agar  $M = 2$  bo'lsa, bu tizim ikkilik deb ataladi;

– agar  $M > 2$  bo'lsa, bu tizim  $M$ -li deb ataladi.

Shunday kilib, xabarlar ketma-ketligini raqamli tizimlarda uzatish ularni bitlar ketma-ketligiga o'zgartirish orqali amalga oshiriladi. Bitlar ketma-ketligi kanal simvollarini ketma-ketligiga o'zgartiriladi.

Turli RUTlarda qo'llanilayotgan kanallar simvollarini  $M$  soni ularning shakllari har xildir, lekin qabul qilish nuqtasida ular ma'lumdir. Shuning uchun raqamli uzatish tizimlarida qabul qiluvchi qurilmaning asosiy funksiyasi, to'g'rirog'i uning demodulyatori funksiyasi davomlilikigi  $T_{ks}$  navbatdagi vaqt oralig'ida simvollarining (signallarning) qaysi biri uzatkichdan jo'natilganligini baholashdan iborat.

Simvollarini (signallarni) baholashdagi muammolar uzatuvchi qurilma signallarni uzatishi va qabul qiluvchi

qurilma imkoni boricha kam energiya sarflagan holda signallarni to'g'ri qabul qilishi kerak bo'ladigan uzatish tizimlarini loyihalashtirishda paydo bo'ladi.

Uzatish tizimidagi kritik joy, kanal simvollarini energiyasi eng kam bo'ladigan, qabul qiluvchi qurilmadagi kirishdir. Bu yerda qabul qilinayotgan signal energiyasi  $E_s$  signal-shovqin nisbati (SShN)  $q_{\text{per}}$  ning chegaraviy qiymati bo'yicha aniqlanadigan qandaydir chegaraviy qiymatdan  $E_{\text{per}}$  kam bo'lmasligi kerak.

Uzatishga mo'ljallangan kanal simvollarini shakllantirilishiga qadar, bitlar avval davomlilikgi  $T$  bo'lgan to'g'riburchak shaklidagi manfiy va musbat elektr impu'slariga ketma-ketligiga aylantiriladi, ular uchun  $v(t)$  belgilash qabul qilinadi; bunday usul bilan olingan impulslar ketma-ketligi modulyatsiyalovchi signal deb ataladi. Bitlar ketma-ketligini elektr impu'slari ketma-ketligiga aylantirilishi  $0 \geq bv(t)$ ,  $1 \geq -bv(t)$  qoidaga ko'ra amalga oshiriladi, bunda  $b > 0$  – impuls amplitudasi.

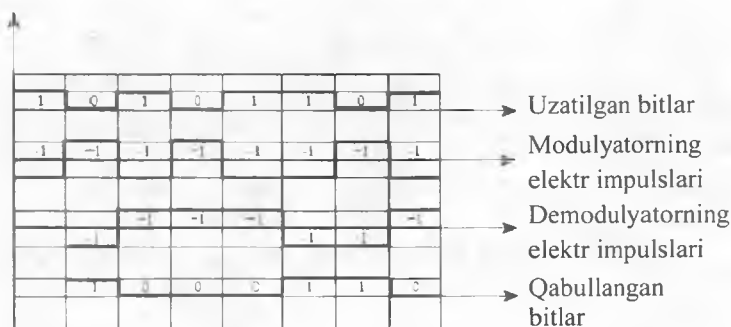
Bunda modulyatsiyalovchi signal

$$u(t) = \sum_i b_i v(t - iT_c) \quad (5.1)$$

(5.1) da qo'shish  $i$  indeksning mumkin bo'lgan barcha qiymatlari bo'yicha amalga oshiriladi,  $b_i$  ko'paytiruvchi esa  $+b$  yoki  $-b$  qiymatni olishi mumkin.

5.1 rasmda raqamli modulyatsiya signallarini realizatsiyalashga misollar ko'rsatilgan: uzatilgan bitlar  $\{a_i\}$  ketma-ketligi, modulyatorning ( $v$ ) to'g'ri to'rtburchak shaklidagi va turli qutbli elektr impulslari, qabul qiluvchi qurilmada qayta tiklangan ( $bq$ ) elektr impulslari ketma-ketligi va qabul qilingan bitlar ketma-ketligi ko'rsatilgan. Bunda kanal belgilari ko'rsatilmagan. Tepasidagi \* li belgi bilan ularning bahosi ko'rsatilgan.





5.1-rasm. RUT qurilmalaridagi signallarning vaqt diagrammalari

Ikkita muhim vaziyatni e'tiborga olish kerak: uzatish kanalidan o'tayotganida signal shakllari buzilishi va uni vaqt bo'yicha kechikishi. Signal shakllari buzilishi ikki faktorga bog'liq ravishda kelib chiqadi:

- uzatuvchi va qabul qiluvchi qurilmada elektr signallarni shakllantiruvchi va ishlov beruvchi maxsus qurilmalarning mavjudligi;

- uzatish kanalida xalaqitlarning mavjudligi.

Uzatuvchi qurilmada odatda modulyatsiyalovchi signal impulslarining kerakli shaklini olish uchun maxsus qurilma o'rnatiladi, unda kanal simvollarini oqimidan polosadan tashqari nurlanishi yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan qiymatga ega bo'ladi.

Qabul qilgichning asosiy elementi demodulyatoridir, u har bir qabul qilinayotgan simvolni eng yaxshi tarzda baholaydi; bunda qabul qilish nuqtasida ma'lum bo'lgan, qabul qilinayotgan kanal simvoli shakli emas, balki uning  $t$  nomeri muhimdir. Qayta tiklangan signalning uzatilayotganga nisbatan kechikishi radioto'lqinlarning tarqalish vaqti bilan, shuningdek bu signallar shakllanishi va ishlov berilishini ta'minlovchi uzatish tizimi elementlarida elektr signallarining qo'shimcha ravishda kechikishi bilan belgilanadi.

Uzatish kanalidagi xalaqitlar qabul qilgich elementlarning issiqlik shovqinlaridan, shuningdek tabiiy va

sun'iy ravishda paydo bo'ladigan tashqi nurlanish manbalari ta'siridan kelib chiqadi. Ayniqsa, qo'shni chastotaviy kanallarida ishlayotgan uzatuvchi qurilmalarning nurlanishi, ularning polosadan tashqari nurlanishlari uzatish tizimi chastotaviy polosasiga tushishiga alohida e'tibor qaratish zarur. Bu xalaqitlarni qo'shni kanal xalaqitlari deb atash qabul qilingan.

Zamonaviy RUTlarda raqamli qurilmalar yordamida maxsus shakldagi kanal signallarini generatsiyalovchi murakkab usullarini qo'llagan holda, polosadan tashqari nurlanishlar darajasiga (sathiga) yetarlicha qat'iy cheklashlar kiritilgan. Shuningdek xuddi shu chastotada ishlovchi, lekin boshqa shakldagi kanal simvollarini qo'llovchi uzatuvchi qurilmalardan paydo bo'ladigan xalaqitlar ham bo'lishi mumkin, ularni tizimichi xalaqitlari deb atashadi.

Xalaqit va shovqinning mavjudligi qabul qilgichda M kanal simvollaridan qaysi biri navbatdagi vaqt oralig'ida uzatilgani haqida to'g'ri qaror qabul qilishni qiynlashtiradi. Xalaqitning past darajasida va signalshovqinning katta nisbatida qabul qilgich demodulyatori kamdan kam yanglishadi, ya'ni bitta simvolni qabul qilish xatolik ehtimolligi kam va u  $10^{-3}$  yoki undan ham kichkina bo'ladi. Natijada signalshovqin nisbatining katta qiymatlardagi RUT qabul qilish nuqtasidagi uzatilgan bitlar oqimini deyarli aniq qayta tiklanishini ta'minlaydi; ya'ni bu analogli uzatish tizimlarida mumkin bo'lmagan, dastlabki signalning amalda aniq qayta tiklanishini bildiradi.

Agar SSHN uncha katta bo'lmasa, qabul qilgich demodulyatori ko'proq yanglishadi, noto'g'ri qabul qilingan simvollar paydo bo'ladi.

Raqamli uzatish tizimi sifati tasnifida ko'pincha ishlatiluvchi foydali parametr bir signalni qabul qilishdagi xato ehtimoli hisoblanadi.

$$r = R\{(s_n \text{ simvol qabullangan}) (s_m \text{ simvol uzatilgan}), n \neq t, \quad (5.2)$$

yoki bitga xatolik ehtimolligi

$$r_b = R \{ d \text{ qiymatli bit qabullangan} | e \text{ qiymatli bit uzatilgan} \}, \quad (5.3)$$

$d \in \{0,1\}$ ,  $e \in \{0,1\}$  va  $d \neq e$ .

Zamonaviy simsiz aloqa tizimlarida uzatilayotgan 1000 bit axborotda bitta xatoga bo'lishiga yo'l qo'yiladi; bunda bitta bitni qabul qilishda ruxsat berilgan xatolik ehtimolligi  $10^{-3}$  ga teng deb qabul qilinishi mumkin. Bunda inson qulog'i hali ham abonent ovozini tanishga qodir, ya'ni tinglayotgan odam gapirayotganini tanishi mumkin. Shu bilan bir paytda ko'pchilik axborot tizimlari raqamli uzatish tizimlariga qat'iy talablar qo'yadi, bunda 100 000 000 bitda faqat bitta xatoga, ya'ni  $r_b = 10^{-8}$  bo'lishiga yo'l qo'yilishi mumkin.

Modulyatsiyalovchi (manipulyatsiyalovchi) signal darajalar soniga bog'liq holda ikki darajali (dvoichnuyu) yoki ko'p darajali manipulyatsiyalarni ajratish mumkin.

Raqamli radiokanalning umumlashtirilgan strukturaviy sxemasi 5.2 rasmda ko'rsatilgan. Unda quyidagi belgilashlar qo'llanilgan:

$U(t)$  – uzatilayotgan raqamli signal kuchlanishi;

$K_D$  – modulyator koderi;

UM – modulyatsiya qurilmasi;

D – detektor;

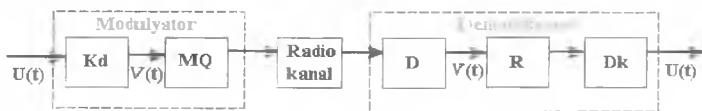
R – regenerator;

$D_K$  – demodulyator dekoderi;

$V(t)$  – qayta kodlangan raqamli signal.

Raqamli RRSda qo'llanilgan manipulyatsiyalarning ko'p turlari uchun uzatilayotgan dastlabki ikkilik  $U(t)$  signalidan strukturasi bo'yicha farq qiluvchi  $V(t)$  manipulyatsiyalovchi signalini qo'llash zarur. Bunday qayta kodlash uchun modulyator koderi, teskari qayta o'zgartirish uchun demodulyator dekoderi ishlatiladi.

Boshqa qurilmalarning vazifasi aniqlik kiritishni talab etmaydi.



5.2-rasm. Raqamli radiokanalning umumlashtirilgan strukturaviy sxemasi

## 5.2. Amplitudaviy va fazaviy manipulyatsiya

**Amplitudaviy manipulyatsiya (Amplman).** Amplmanda radiosignalni ifodalovchi (modulyatsiyalovchi) parametr uning amplitudasidir. Hozirgi kunda faqat ikkilik Amplman qo‘llanadi. Amplmanli manipulyatsiya radiosignal quyidagicha yoziladi:

$$u_{AM}(t) = v_0 \sum_K Z_K(t - kt) \cos(\omega_0 t + \varphi_K)$$

Bunda  $v_0$  – modulyatsiyalanmagan sinusoidal tebraning amplitudasi;  $u_K = 0$ ; dastlabki ikkilik (modulyatsiyalovchi) signalning birinchi elementi;

$$Z_K(t - kt) = \begin{cases} 1 & \text{nu } kT \leq t \leq (k+1)T \\ 0 & \text{nu } t \leq kT, t > (k+1)T \end{cases}$$

$T$  – ikkilik raqamli signal elementining davomiyligi;  $k = 0, 1, 2, \dots$ ;

$\varphi_k$  –  $k$ -nchi radioimpulsning tasodifiy boshlang‘ich fazasi.

Shubxasiz, amplmanda radioimpulsning davomiyligiga  $\tau = T$ . teng.

Raqamli axborotni uzatish uchun zarur bo‘ladigan chastotaning minimal polosasi  $P_{AM}$ , miqdor jixatidan axborotni uzatish tezligiga  $V$  (dastlabki ikkilik signal elementlarini uzatish ketma-ketligi chastotasiga) teng:

$$\Pi = \frac{B}{\log_2 M}$$

$$\Pi_{AM} = B = \frac{1}{T}$$

Talab qilingan polosani nuqtai nazaridan kelib chiqqanda turli xildagi manipulyatsiyalarni taqqoslash uchun maksimal solishtirma uzatish tezligi bilan ifodalanadigan chastotalar polosasidan foydalanish samaradorligi tushunchasi kiritiladi:

$$S = \frac{B}{\Pi} \left[ \frac{6um/c}{\Gamma\gamma} \right]; \quad \Pi = \frac{B}{\log_2 M}$$

DAM uchun

$$S_{AM} = \frac{B}{\Pi_{AM}} = 1$$

Amplmanli tizimlarda nokogerentli detektirlash qo'llanadi, u kogerentli detektirlash bilan solishtirganda sezilmas energetik yo'qotishli bo'lsada, apparatura qurilishi soddaligini ta'minlaydi. Ikkilik Amplmanli tizimlarida signallarni modulyatsiyalash va demodulyatsiyalash maxsus kodlash va dekodlashni talab qilmaydi.

**Fazaviy manipulyatsiya.** Zamonaviy raqamli RRLlarda M-li fazaviy manipulyatsiya tizimlari qo'llanadi (ikkilik, 4 pog'onali va b.).

Faza modulyatsiyasida radiosignal fazasining oniy qiymati modulyatsiyalanmagan eltuvchi tebranishning fazasidan, modulyatsiyalovchi signal oniy qiymatiga bog'liq bo'lgan kattalikka og'adi:

$$s[t, u(t)] = A \cdot \cos\{2\pi f_0 t + \varphi[u(t)]\} = \operatorname{Re}[A \cdot \exp\{j\varphi[u(t)]\} \exp\{j2\pi f_0 t\}]. \quad (5.4)$$

Bu ifodadan, modulyatsiyalovchi signalda  $u(t)$  mavjud bo'lgan uzatilayotgan axborot, uzatilayotgan  $s[t, u(t)]$  signalning kompleks og'uvchisida kodlanganligi kelib chiqadi:

$$\dot{A}(t) = A \cdot \exp\{j\varphi[u(t)]\} \quad (5.5)$$

Kompleks og‘uvchi tushunchasi nazariya uchun ham, raqamli aloqa texnikasi uchun ham muhim ahamiyatga ega bo‘lib, sezilarli o‘ringa ega.

Raqamli fazaviy modulyatsiyada tashuvchining fazasi modulyatsiyalanmagan eltuvchi tebranishning joriy fazasidan turli qiymatli chekli son bilan farqlanishi mumkin. Ikkilik fazaviy manipulyatsiya (FM-2) holatida bunday qiymatlar sifatida odatda  $0^\circ$  va  $180^\circ$  tanlanadi. Zamonaviy aloqa tizimlarida ko‘pincha faza burchaklarining katta to‘plamlaridan foydalanishadi, bu bitta kanal simvolida uzatilayotgan ma‘lumotlarning bir nechta bitini taqdimlash imkonini beradi.

Masalan, ikki bitli ketma-ketlikni mumkin bo‘lgan qiymatlarini ko‘rsatish uchun to‘rtta turli faza burchaklarini qo‘llash mumkin:  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $-45^\circ$ ,  $-135^\circ$  (FM-4 tizimi). Uch bitli so‘zning mumkin bo‘lgan qiymatlarini sakkizta turli faza burchaklari guruhi orqali (FM-8 tizimi), to‘rt bitli so‘zning mumkin bo‘lgan qiymatlarini 16ta turli faza burchaklari guruhi orqali FM-16 tizimi) ifodalash mumkin.

**Ikkilik fazaviy manipulyatsiya.** Raqamli fazaviy modulyatsiyaning eng sodda shakli FM-2 tizimidir. Mazkur usul ko‘pincha spektrlarni bevosita kengaytiradigan tizimlarda qo‘llanadi, ularda modulyatsiyalovchi signal psevdotasodifiy ikkiliklar ketma-ketligi bo‘ladi. FM-2 da modulyatsiyalovchi signal qiymatidan kelib chiqib signal fazasining og‘ishi modulyatsiyalanmagan eltuvchi tebranish fazasiga nisbatan  $0^\circ$  ni yoki  $180^\circ$  ni teng bo‘ladi. Agar faza modulyatsiyalangan signal (FM signal) uchun (5.4) va (5.5) ko‘rinishida umumiy tavsifni olinsa, u holda FM-2 signal uchun quyidagi tenglik bajarilishi lozim:

$$\varphi[u(t)] \equiv 0 \quad \text{agar} \quad u(t) \equiv 1, \quad \varphi[u(t)] \equiv \pi \quad \text{agar} \\ u(t) \equiv -1; \quad 0 \leq t \leq T_c.$$

Signalning kompleks og'uvchisi ushbu vaqt intervalida o'zgarmaydi va quyidagi ikkita qiymatga ega bo'lishi mumkin:

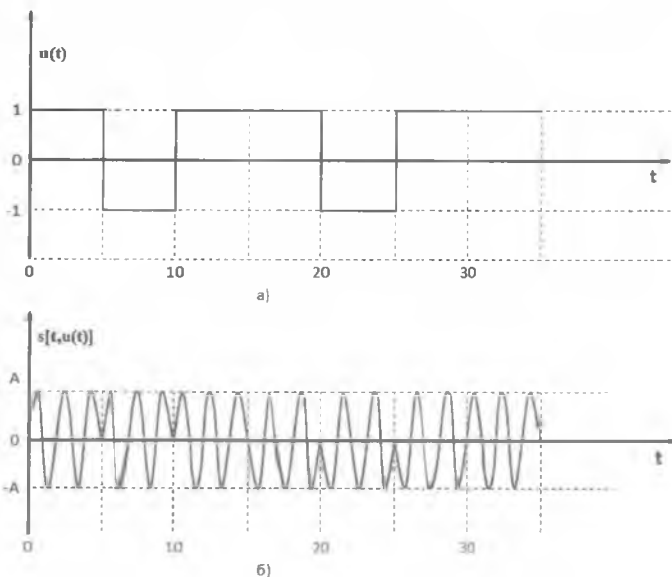
$$\dot{A}(t) = A \text{ agar } i(t) = 1, \dot{A}(t) = -A \text{ agar } i(t) = -1; \\ 0 \leq t \leq T_c. \quad (5.6)$$

Bu og'uvchining mumkin bo'lgan qiymatlarini kompleks tekislikdagi grafik ko'rinishi foydali va aniq bo'ladi. Ko'rib chiqilayotgan signal uchun kompleks og'uvchi 5.3-rasmda ko'rsatilgan faqatgina ikki qiymatni qabul qiladi. Bunday tasvirlash signal yulduzlarining turkumi deb nomlanadi.



5.3-rasm. FM-2 signal yulduzlarining turkumi

5.4-rasmda modulyatsiyalovchi signalning va FM-2 radiosignalning vaqt diagrammalari ko'rsatilgan. Ushbu radiosignalning o'ziga xos xususiyati shundaki, uning joriy fazasi modulyatsiyalovchi signalning qutbi o'zgarishi paytida uzilishlarga (sakrashlarga) ega bo'ladi. Fazaning  $180^\circ$  ga bunday sakrashlari, radiokanalidagi FM-2 signalning spektral zichligi quvvati juda ham keng chastotalar polosasida noldan jiddiy farqlanishiga asosiy sabab bo'ladi. Shuning uchun FM - 2 signallari bunday ko'rinishda amalda qo'llanmaydi. Ular tomonidan egallanadigan chastotalar polosasini kamaytirish maqsadida ular filtratsiya qilinadi.



5.4-rasm. Modulyatsiyalovchi signal (a) va FM-2 radiosignalning (b) vaqt diagrammalari

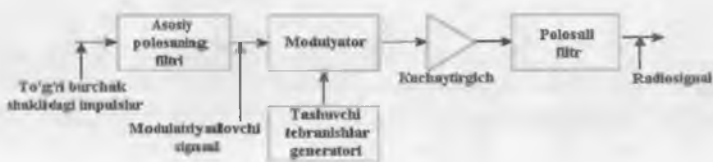
Modulyatordan so'ng yuqori chastotalarda mazkur signallarni filtratsiya qilish qiyin, sababi eltuvchi tebranishning har bir chastotasi uchun tor polosali yuqori sifatli filtrlar talab etiladi. Harakatlanadigan obyektli zamonaviy raqamli aloqa tizimlarida bunday chastotalar soni bir necha o'nlargacha bo'lishi mumkin. Shuning uchun filtratsiya operatsiyasi doimo modulyatsiyaga qadar modulyatsiyalovchi signal ustidan bajariladi. Tegishli filtr past chastotali bo'lsa-da, o'z navbatida yetarli darajada murakkabdir. Radioelektronikaning zamonaviy yutuqlari uning ishlashini ta'minlaydi, agar tegishli chastotalar to'plamiga ega eltuvchi tebranishlardan foydalanilsa, mazkur holatda chastotaviy kanalning katta sonini olish mumkin. Bunday filtr asosiy polosa filtri deb nomlanadi.

FM-2 radiosignal egallaydigan chastotalar polosasini qisqarganda, signalni filtrlashda, bu holda paydo



bo'luvchi simvollararo interferentsiya muammosini inobatga olish zarur bo'ladi.

5.5-rasmda FM-2 radiosignalni shakllantiruvchi uzatkichning funksional sxemasi ko'rsatilgan. Bunda modulyatoridan so'ng radiosignalning quvvat kuchaytirgichi va tor polosali yuqori chastotali filtr ulangan. Filtrning asosiy vazifasi, eltuvchi tebranishning asosiy chastotasiga karrali bo'lgan chastotalarda, uzatkichning nurlanishini susaytirishdir. Bunday nurlanishlarning xavfi quvvat kuchaytirgichidagi noxiziqli effektlarda namoyon bo'lib, u qoida sifatida, bu kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti oshganida sodir bo'ladi va kuchayadi. Bunday filtr ko'pincha bir vaqtda qabul qilgichda ham qo'llaniladi. U chastotani "quyiga" o'zgartirishga qadar foydali radiosignallar chastotalari polosasidan tashqaridagi begona kuchli signallarni bos-tiradi.



5.5-rasm. FM-2 radiosignalni shakllantirish qurilmasining funksional sxemasi

Demodulatsiyalashda FM radiosignal fazasi qabul tomonda qayta tiklangan tayanch tebranishning (eltuvchining) fazasi bilan solishtiriladi

Radiosignalning tasodifiy buzilishi sababli qayta tiklangan eltuvchining fazasida noaniqlik mavjud bo'lishi mumkin, bu teskari ishlashga sabab bo'ladi, unda ikkilik yuborilmalar "negativ" deb qabul qilinadi. Ushbu hodisaning oldini olish uchun uzatilayotgan radioimpulslar fazalarida ayirma kodlash qo'llanadi. Fazaning bunday manipulatsiyasi faza ayirmali yoki nisbiy fazali manipulatsiyasi NFM deb nomlanadi.

NFMli raqamli RRLlarda axborot uzatilishida radiosignal fazasi emas, balki ikkita qo'shni radioimpulslarning fazalari ayirmasi (fazaviy siljishi) kodlanadi.

NFMda kodlash qoidalari 5.6-rasmda keltirilgan.

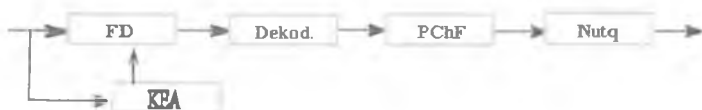


5.6-rasm. OFM da kodlash

burda:	o'tish	1 → 1	- faza sakrashi
		1 → 0	- faza sakrashi yo'q
		0 → 0	- faza sakrashi yo'q
		0 → 1	- faza sakrashi

Ikkilik NFMda radioimpuls davomiyligi  $\tau = T$  teng. Ko'p darajali manipulyatsiya hollarida ( $M > 2$ ) davomiyligi  $T$  ikkilik elementlarining dastlabki ketma-ketligi modulator koderi yordamida davomiyligi  $\tau = 2T$  ( $M=4$ da) yoki  $\tau = 3T$  ( $M=8$ da) bo'lgan ikki ( $M=4$  da) yoki uch ( $M=8$  da) ikkilik elementlar ketma-ketligi to'plamiga aylantiriladi.

NFMda radiosignallarni demodulyatsiyalashning ikkita usuli qo'llanadi. Birinchi usulda dastlab eltuvchi tiklanadi va NFM radiosignal kogerentli detektorlanadi, so'ng qabul qilingan signallar ayirmali (differensial) dekodlanadi (5.7-rasm):



5.7-rasm. NFM signalni differensial detektirlash.

Ikkinchi usul NFM radiosignalni, differensial-kogerent (avtokorrelatsion) detektirlashni nazarda tutadi. Bunda tayanch tebranish sifatida avvalgi radioimpulsdan foydalaniladi. Bunda detektirlash va dekodlash operatsiyasi qo‘shilgan bo‘ladi (5.8-rasm):



5.8-rasm. NFM signalni differensial-kogerent detektirlash

### 5.3. Kvadraturali fazaviy modulatsiya

FM-2 da bitta kanal simvoli uzatilayotgan bitta bitni tashiydi. Lekin bitta kanal simvoli ko‘p sonli axborot bitlarni tashishi mumkin. Masalan, ketma-ket keluvchi bitlar juftligi to‘rtta qiymatni qabul qilishi mumkin:  $\{00\}$ ,  $\{01\}$ ,  $\{10\}$ ,  $\{11\}$ .

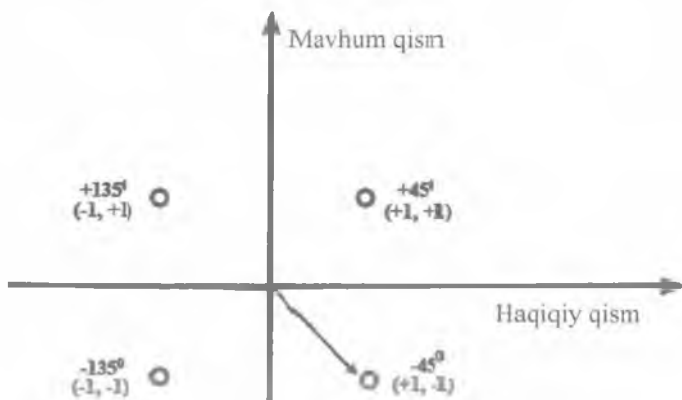
Agar har bir juftlikni uzatish uchun bitta kanal simvoli ishlatilsa, u holda to‘rtta kanal simvoli kerak bo‘ladi, misol uchun:  $\{s_0(t), s_1(t), s_2(t), s_3(t)\}$ , chunki  $M = 4$ . Bunda aloqa kanalida simvollarning uzatish tezligi modulator kirishiga keluvchi axborot bitlari tezligidan ikki barobar past bo‘ladi va har bir kanal simvoli endi  $T_{ks} = 2T$  davomiylidagi vaqt intervalini egallashi mumkin. Xususan, fazaviy modulatsiyada kanal simvollari sifatida quyidagi signallarni tanlash mumkin:

$$s_i(t) = s[t, \varphi_i(t)] = A \cdot \cos[2\pi f_0 t + \varphi_i(t)] = \text{Re}[A \exp\{j\varphi_i(t)\} \exp\{j2\pi f_0 t\}], \quad 0 < t < 2T_s,$$

bunda  $\varphi_i(t) \equiv \pi(2i+1)/4$  –  $i$ -nchi nomerli signal fazasining modulatsiyalanmagan eltuvchi tebranishi fazasidan chetlanishi;

$A_i(t) = A \cdot \exp\{j\varphi_i(t)\}$  –  $[0, 2T_s]$  vaqt intervalida  $i = 0, 1, 2, 3$  uchun bu signalning kompleks amplitudasi.

Bundan keyin to'rtta kanal simvollarini yoki to'rtta radiosignallar o'rnida kompleks amplitudasi 5.9-rasmida ko'rsatilgan signallar turkumi kabi ko'rsatilgan to'rtta qiymatlarini qabul qiluvchi bitta radiosignal haqida gaplashamiz.



5.9-rasm. FM -4 radiosignal yulduzlarining turkumi

Ikki bitdan iborat har bir guruh mos faza burchagi bilan ko'rsatiladi, barcha faza burchaklari bir-biridan  $90^\circ$  ga farqlanadi. Ko'rinib turibdiki har bir signal nuqtasi haqiqiy yoki mavhum o'qdan  $45^\circ$  ga farqlanadi.

Modulatsiyaning ushbu usuli quyidagicha amalga oshirilishi mumkin. Uzatiluvchi bitlar ketma-ketligi 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, ... ikkita, toq 0, 1, 0, 0, 1, 0, ... va juft 1, 0, 1, 1, 1, 0, ... bitlar ketma-ketligiga bo'linadi.

Bu ketma-ketliklardagi bir xil nomerli bitlar juftliklarni tashkil etadi, ularni kompleks bitlar sifatida qabul qilish mumkin. Kompleks bitning haqiqiy qismi toq ketma-ketlikning biti, mavhum qismi – juft ketma-ketlik bitidir. Bunday usulda olingan kompleks bitlar to'g'ri burchakli davomiyligi  $2T_c$  haqiqiy va mavhum qismida +1 va -1 qiymatli, elektr impulslarining kompleks ketma-ketligiga o'zgartiriladi, ular  $\exp\{j2\pi f_0 t\}$

eltuvchi tebranishni modulatsiyalashda foydalaniladi. Buning natijasida FM-4 radiosignal hosil qilinadi.

Bitta kompleks bitni ko'rib chiqamiz. Bu bitning haqiqiy qismidan olingan elektrik impuls qiymatini  $I$  simvol bilan belgilaymiz (bu toq ketma-ketlik bitining qiymati),  $Q$  simvol bilan esa shu kompleks bitning mavhum qismidan olingan elektrik impulsni belgilaymiz (bu juft ketma-ketlik bitining qiymati).  $I$  va  $Q$  simvollar  $+1$  yoki  $-1$  qiymatlarni qabul qilishi mumkin. Shubhasiz quyidagi tengliklarni yozish mumkin:

$$I \cos(2\pi f_0 t) = I \left[ \frac{\exp\{j2\pi f_0 t\} + \exp\{-j2\pi f_0 t\}}{2} \right]$$

$$Q \sin(2\pi f_0 t) = Q \left[ \frac{\exp\{j2\pi f_0 t\} - \exp\{-j2\pi f_0 t\}}{2j} \right]$$

Unda quyidagi signalni shakllantirish mumkin

$$s(t) = I \cos(2\pi f_0 t) + Q \sin(2\pi f_0 t) = \frac{1}{2} \left[ (I - jQ) \exp\{j2\pi f_0 t\} + (I + jQ) \exp\{-j2\pi f_0 t\} \right].$$

Agar quyidagi belgilashlarni kiritsak

$$I + jQ = \sqrt{I^2 + Q^2} e^{j\varphi}, \quad I - jQ = \sqrt{I^2 + Q^2} e^{-j\varphi}, \quad \varphi = \arctg(Q/I),$$

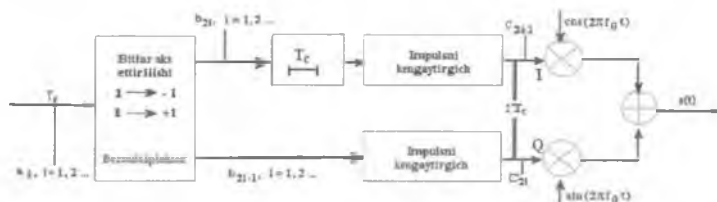
U holda

$$s(t) = \sqrt{I^2 + Q^2} \left[ \frac{\exp(j2\pi f_0 t - \varphi) + \exp(-j2\pi f_0 t + \varphi)}{2} \right] = \sqrt{I^2 + Q^2} \cos(2\pi f_0 t - \varphi). \quad (5.7)$$

Shunday qilib,  $I$  va  $Q$  qiymatlarini o'zgartirib, amplitudaviy va fazaviy modulatsiyalarini olish mumkin. Xususan,  $I$  va  $Q$  ning qiymatlarni  $+1$  va  $-1$  bo'lishi mumkinligini hisobga olsak, unda bu signalning amplitudasi doimiy va  $\sqrt{2}$  ga teng,  $\varphi$  faza esa  $+45^\circ$ ,  $-45^\circ$ ,  $+135^\circ$ ,  $-135^\circ$  qiymatlarni qabul qiladi. Natijada bunday modulatsiyali yuqori chastotali signalning kompleks amplitudasi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$A(t) = \sqrt{2}A \exp\left[j \frac{\pi}{4} (2i+1)\right], \quad i=0,1,2,3, \quad (5.8)$$

Hosil bo'lgan o'zaro bog'lanish funksional sxemasi 5.10-rasmida keltirilgan qurilma yordamida FM-4 signalini shakllantirishga imkon beradi:



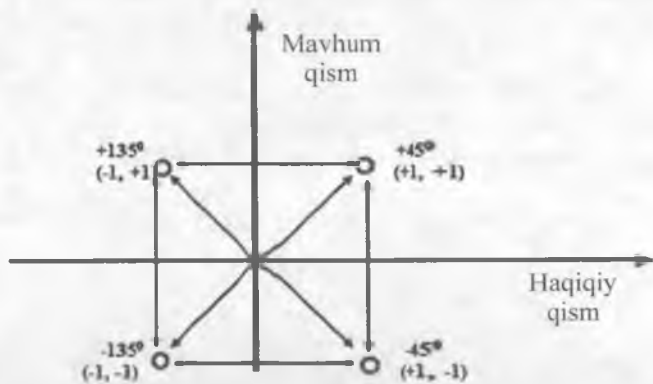
5.10-rasm. FM-4 radiosignalini shakllantiruvchi qurilmaning funksional sxemasi

Birinci blok kirishiga davomiyligi  $T_s$  bo'lgan musbat va manfiy qutbli to'g'ri burchakli impulslar ketma-ketligiga aylantiriladigan axborot bitlari kelib tushadi. Bu ketma-ketlik demultipleksorda juft va toq nomerli impulslar ketma-ketligiga ajratiladi, ular sinfaz va kvadraturali shoxobchalarga yo'naltiriladi. Toq nomerli impulslar sinfaz shoxobcha  $T_c$  vaqtga ushlanib qolindi. So'ngra har bir ketma-ketlikdagi impulslar davomiyligi  $2T_c$  qiymatgacha uzaytiriladi, shundan keyin har bir shoxobchada  $f_n$  chastotaga ko'chirish amalga oshiriladi va ko'paytirish bajariladi. Ko'paytirish natijalarining yig'indisi FM-4 radiosignali shakllanish jarayonini tugatadi.

Modulatsiyalangan signallar xislatlarini tavsiflash uchun fazali o'tish diagrammalaridan foydalaniladi, ular uzatilayotgan bitta kanal simvolidan boshqasiga o'tishda signal turkumidagi signal nuqtalari ko'chish traektoriyalarining grafik tasviridan iborat bo'ladi (5.11-rasm).

Bu diagrammada (+1, +1) koordinatali signal nuqtasi koordinatalar o'qi bilan  $+45^\circ$  burchak hosil qiluvchi chiziqda joylashgan va modulatorning kvadraturali

kanallarida +1 va +1 simvollarini uzatishga mos keladi. Agar keyingi simvollar juftligi  $+135^\circ$  burchakka mos keluvchi  $(-1, +1)$  bo'lsa, u holda  $(+1, +1)$  nuqtadan  $(-1, +1)$  nuqtaga radiosignal fazasini  $+45^\circ$  da  $+135^\circ$  ga o'tishini tavsiflovchi strelka o'tkazishi mumkin.

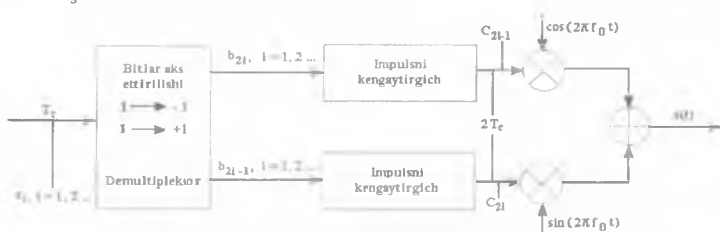


5.11-rasm. FM-4 radiosignal uchun fazali o'tishlar diagrammasi

Bunday diagramma foydaligini quyidagi misolda ko'rish mumkin. 5.11-rasmda to'rtta faza trayektoriyalari koordinata boshidan o'tishi ko'rinib turibdi. Masalan,  $(+1, +1)$  signal turkumidagi nuqtadan  $(-1, -1)$  nuqtaga o'tish yuqori chastotali eltuvchi tebranish oniy fazasini  $180^\circ$  ga o'zgarishini anglatadi. Modulator chiqishida odatda tor polosali yuqori chastotali filtr o'rnatiladi, signal fazasining bunday o'zgarishi filtr chiqishida va butun uzatish liniyasida signal og'uvchisining sezilarli o'zgarishlari kuzatiladi. Raqamli uzatish tizimlarida radiosignal og'uvchisi qiymatlarining har xil sabablarga ko'ra o'zgarishi ma'qul emas.

**Siljishli kvadraturali fazaviy modulatsiya.** Fazaviy modulatsiyada yuqori chastotali eltuvchi tebranish fazasining oniy qiymati  $+180^\circ$  ga o'zgartirishi mumkin, natijada radiosignal og'uvchisining qiymatida sezilarli o'zgarishlar paydo bo'lishi mumkin. Bu o'zgarishlar siljishli kvadraturali fazaviy modulatsiya

signallari uchun unchalik sezilarli emas. Bunday radiosignalni shakllantirish qurilmasining funksional sxemasi 5.12-rasmda ko'rsatilgan. Signalni bunday usuldagi shakllantirish FM signalini kvadraturali usulda shakllantirishga juda o'xshash, faqat, kvadraturali shaxobchadagi ketma-ketlik  $T_s$  vaqt bo'yicha siljiriladi (kechiktiriladi) yoki unga ekvivalent holda, kanal simvoli davomiyligi yarmiga siljiriladi. Bunday usulni amalga oshirish uchun 5.10-rasmdagi funksional sxemani 10.4-rasmda ko'rsatilgandek salgina o'zgartirish kifoya, sinfaz qismidagi  $T_s$  vaqtga kechiktirish elementini olish zarur. Bunday o'zgartirilishda kanal simvollarining kvadraturali ketma-ketligi sinfaz ketma-ketlikka nisbatan  $T_s$  vaqtga kechiktiriladi.

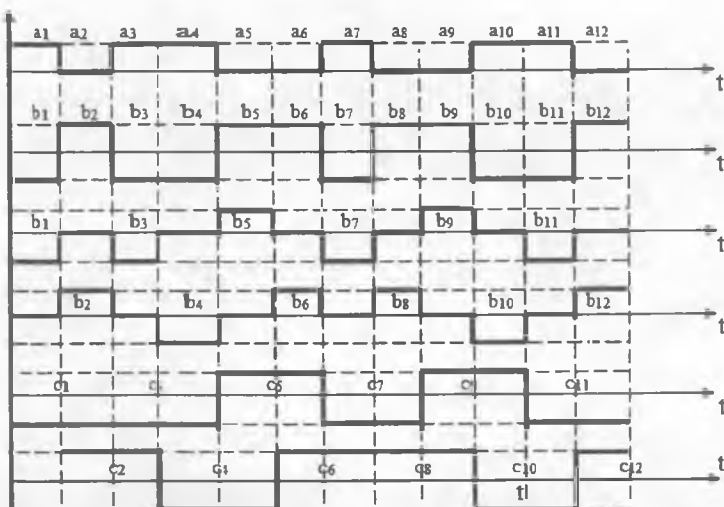


5.12-rasm. Siljishli FM-4 radiosignalni shakllantirish qurilmasining funksional sxemasi

5.13-rasmda shu funksional sxema uchun axborot bitlar ketma-ketligi va mos kanal simvollarining vaqt diagrammalari ko'rsatilgan. Bu diagrammalarning 5.10-rasmdagi o'xshash diagrammalardan farqi shundaki, kengaytirgich chiqishidagi kvadratura kanalida signal sathlari bir vaqtda bo'la olmaydi.

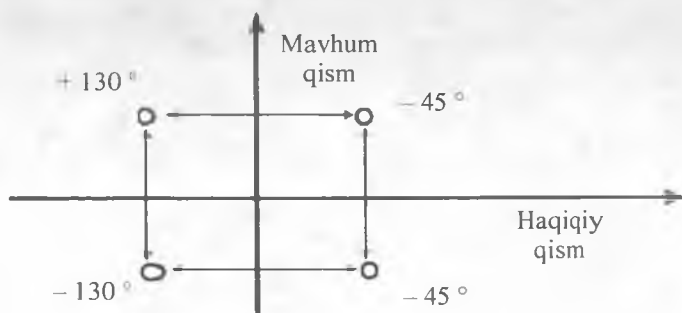
Natijada bu usuldagi modulatsiya uchun fazali o'tishlar diagrammasida koordinata boshidan o'tuvchi trayektoriyalar yo'q. Bu shuni anglatadiki, radiosignal oniy fazasi  $+180^\circ$  ga sakrashlarga ega emas va bu signal og'uvchisida, FM-4 kvadraturali fazaviy modulatsiyadagi kabi chuqur cho'kmalari yo'q





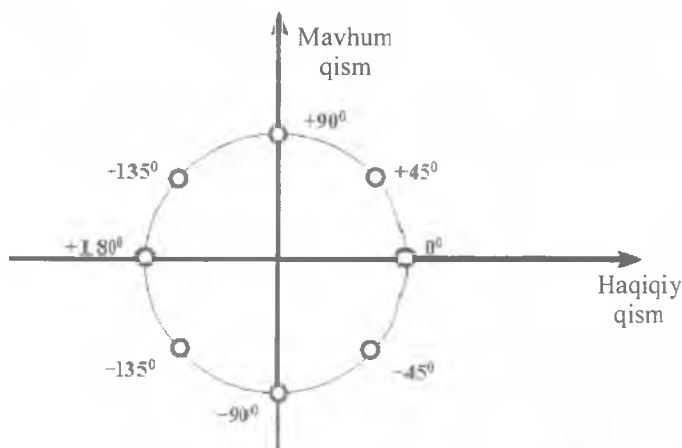
5.13-rasm. Siljishli FM-4 radiosignalni shakllanishidagi vaqt diagrammalar

Siljishli FM-4 radiosignalning fazaviy o'tishlar diagrammasi 5.14-rasmda keltirilgan:



5.14-rasm. Siljishli FM-4 radiosignalning fazaviy o'tishlar diagrammasi

**FM-8 signallar.** Modulator kirishiga keluvchi axborot bitlar o'qimini 3 tadan, 4 tadan bitlar guruhiga bo'lib, FM-8, FM-16 va hokazo signallarni shakllantirish mumkin. 5.15-rasmda FM-8 radiosignalning signal turkumi tasvirlangan:



5.15-rasm. FM-8 radiosignalning signal turkumi

Modulatsiyaning bunday usuli uchun boshlang'ich fazalari modulatsiyalanmagan eltuvchi tebranish fazasidan  $45^\circ$  ga karrali burchakka farq qiluvchi sakkizta kanal simvollarini bo'lishi zarur. Agar barcha kanal simvollarining amplitudalari bir xil bo'lsa, u holda signal nuqtalari aylanada joylashadi. Bu simvollarining kompleks amplitudalarining mumkin bo'lgan haqiqiy va mavhum qiymatlari

$$\left\{ -\frac{\sqrt{2}}{2}, -1, 0, +1, +\frac{\sqrt{2}}{2} \right\} \quad (5.9)$$

to'plamdan qiymatlarni qabul qiluvchi I va Q koeffitsientlariga proporsionaldir.

Signal turkumi nuqtalari va axborot bitlar uchliklari orasida moslashuvni o'rnatish oson ish emas. Bu jarayon odatda signalli kodlash deb nomlanadi. 5.1-jadvalda mumkin bo'lgan, lekin eng yaxshi bo'lmagan moslashuvni o'rnatishga misol keltirilgan. Eng yaxshi moslashuvni o'rnatish uchun avval xalaqitlar mavjudligida bunday signal demodulatsiya usulini aniqlash, keyin yoki bitta kanal simvolini yoki bitta axborot biti qabul vaqtida xatolik ehtimolligini hisoblash zarur.

Signal kodlanishining eng yaxshi usuli deb, xatolik ehtimolligi eng kam bo'lgan usulni aytish mumkin.

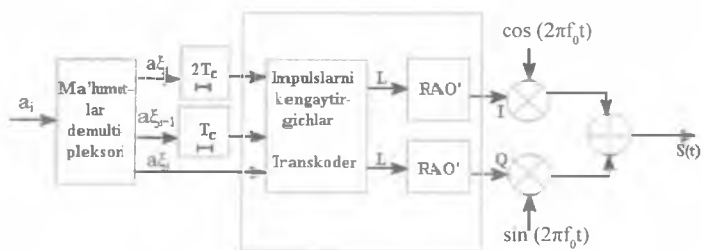
5.16-rasmda FM-8 radiosignalni shakllantirish funksional sxemasi ko'rsatilgan, unda avval ko'rilgan modulatorlardagi o'xshash qurilmalar asosiy hisoblanadi: demultipleksor  $T_s$  davomiylidagi kirish axborot bitlar oqimini uchta ketma-ketlikka taqsimlaydi, kechiktirish elementlari bu ketma-ketliklarni vaqt bo'yicha tekislaydi, kengaytirgichlar har bir simvol davomiyligini kanal simvoli davomiyligi qiymatigacha  $T_{ks} = 3T_s$  uzaytiradi.

Signal li kodlashga misol

5.1-jadval.

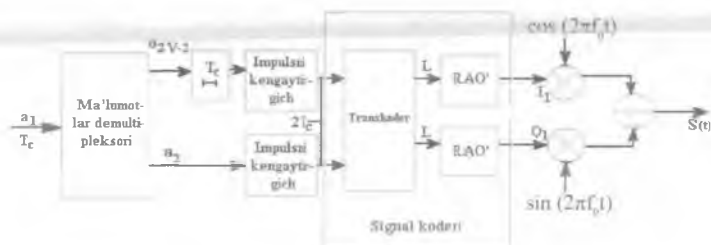
FM-8 da boshlang'ich faza qiymatlari	Koeffitsientlar qiymati		Uchta axborot simvollaridan (bitlar) guruhlar
	$I$	$Q$	
$0^\circ$	1	0	011
$+45^\circ$	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{2}/2$	001
$+90^\circ$	0	1	000
$+135^\circ$	$-\sqrt{2}/2$	$\sqrt{2}/2$	100
$+180^\circ$	-1	0	101
$-135^\circ$	$-\sqrt{2}/2$	$-\sqrt{2}/2$	111
$-90^\circ$	0	-1	110
$-45^\circ$	$\sqrt{2}/2$	$-\sqrt{2}/2$	010

Signalli kodlash bu holda FM-8 radiosignalning kompleks og'uvchisi ning sinfazli va kvadraturali komponentlari qiymatlarini hisoblashga olib keladi. Bu operatsiya signalli koderda bajariladi, uning tarkibiga L-bit so'zli, ikkita raqamli chiqishga ega transkoder kiradi. L-bit so'zlar RAO'da (5.9) to'plamda talab qilingan qiymatli analog kattaliklarga o'zgartiriladi.



5.16-rasm. FM-8 radiosignalini shakllantiruvchi qurilmaning funksional sxemasi

**$\pi/4$ -kvadraturali nisbiy fazaviy modulatsiya.** Kvadraturali FM-4 va siljishli FM-4 da radiosignal oniy fazasining maksimal o'zgarishi mos holda  $180^\circ$  va  $90^\circ$  ga teng. Hozirgi vaqtda fazaning maksimal sakrashi  $135^\circ$  ga teng, radiosignal oniy fazalarining qolgan qiymatlari  $\pi/4$  karrali teng bo'lgan,  $\pi/4$  – kvadraturali nisbiy fazaviy modulatsiya keng qo'llanilmoqda. Bu usuldagi modulatsiyada faza o'tishlar trayektoriyalarining hech biri koordinata boshidan o'tmaydi. Natijada radiosignal og'uvchisi kvadraturali fazaviy modulatsiyaga nisbatan kamroq cho'kmalarga ega bo'ladi. Bunday signal shakllanish funksional sxemasi 5.17-rasmda keltirilgan.



5.17-rasm.  $\pi/4$ -kvadraturali nisbiy fazaviy modulatsiya radiosignalni shakllantirish qurilmasining funksional sxemasi

Axborot bitlar ketma-ketligi  $\{a_i, i = 1, 2, \dots\}$  ikkita ketma-ketlikka: toq  $\{a_{2i-1}, i = 1, 2, \dots\}$  va juft  $\{a_{2i}, i = 1, 2, \dots\}$  bitlarga bo'linadi, ulardan bitlar juftliklar bo'yicha

tanlanadi. Har bir yangi bitlar juftligi 5.2-jadvaldagi kattaliklarga mos ravishda eltuvchi tebranish fazasini  $\Delta\varphi_i$  qiymatga orttirmasini belgilaydi.

$\pi/4$ -kvadraturali NFMda eltuvchi tebranish fazasini orttirmasi

5.2-jadval.

Axborot bitlar qiymatlari		Eltuvchi tebranish fazasining orttirmasi ( $\Delta\varphi_i$ )
$a_{2i-1}$	$a_{2i}$	
0	0	$\pi/4$
1	0	$3\pi/4$
1	1	$-3\pi/4$
0	1	$-\pi/4$

Agar avvalgi oraliqdagi modulatsiyalanmagan eltuvchi tebranish fazasidan radiosignal fazasini og'ishi uchun  $\varphi_{i-1}$  belgilashni kiritsak, unda hozirgi oraliqdagi signal fazasi og'ishining va kompleks amplitudaning yangi qiymatlari quyidagi tengliklar bilan aniqlanadi:

$$\varphi_i = \varphi_{i-1} + \Delta\varphi_i, \quad A_i = Ae^{j\varphi_i}.$$

U holda bu signal kompleks og'uvchisining haqiqiy va mavhum qismi qiymatlari  $2T_c$  davomiylikdagi hozirgi vaqt oralig'i da quyidagiga teng bo'ladi:

$$I_i = A \cos(\varphi_i) = A \cos(\varphi_{i-1} + \Delta\varphi_i) = A \cos(\varphi_{i-1})\cos(\Delta\varphi_i) - A \sin(\varphi_{i-1})\sin(\Delta\varphi_i) = I_{i-1} \cos(\Delta\varphi_i) - Q_{i-1} \sin(\Delta\varphi_i) \quad (5.10)$$

$$Q_i = A \sin(\varphi_i) = A \sin(\varphi_{i-1} + \Delta\varphi_i) = A \sin(\varphi_{i-1})\cos(\Delta\varphi_i) + A \cos(\varphi_{i-1})\sin(\Delta\varphi_i) = Q_{i-1} \cos(\Delta\varphi_i) + I_{i-1} \sin(\Delta\varphi_i). \quad (5.11)$$

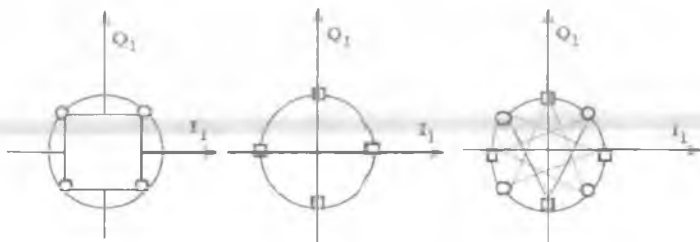
(5.10) va (5.11) ifodalarni (i-1) va i raqamli ikki intervallarda kanal simvollarining kompleks amplitudalari qiymatlari uchun yanada aniqroq shaklda yozish mumkin:

$$\begin{aligned} A_i &= A \exp\{j\varphi_i\} = A \exp\{j[\varphi_{i-1} + \Delta\varphi_i]\} = \\ &= A \exp\{j\varphi_{i-1}\} \exp\{\Delta\varphi_i\} = A_{i-1} \exp\{j\Delta\varphi_i\}. \end{aligned} \quad (5.12)$$

Oxirgi ifodadan,  $i$  raqamli oraliqdagi faza qiymati  $(i-1)$  raqamli oraliqdagi radiosignal fazasiga bog'liqligi kelib chiqadi. 5.2-jadvalga mos ravishda yangi qiymatlar  $\pi/2$  kattalikka karralidir.

5.18 a-rasmda  $\varphi_{i-1} = k\pi / 2$  bo'lganda  $i$  raqamli oraliq uchun mumkin bo'lgan signal nuqtalari turkumi tasvirlangan;  $\varphi_{i-1} = k\pi / 2 + \pi / 4$  bo'lgandagi holat uchun o'xshash turkum 5.18 b-rasmda ko'rsatilgan. Bunday usuldagi modulyatsiya uchun signal nuqtalarining umumiy turkumi 5.18 v-rasmda tasvirlangan. U 5.18 a-rasmni 5.18 b-rasm ustiga joylashishidan hosil bo'ladi. 5.18 a-rasmda o'tish yo'nalishlari strelkalar bilan ko'rsatilmagan, chunki har bir o'tish uchun ikkala tomonga yo'nalish mavjud.

Shuni bilish muhimki, bu usulda modulatsiyalashda axborot bitlarning har bir yangi juftligi eltuvchi tebranish to'liq fazasini aniqlamaydi, balki, bu fazaning  $i$  raqamli oraliq uchun  $(i-1)$  raqamli oraliqdagi kompleks og'uvchining to'liq fazasiga nisbatan orttirmasini aniqlaydi xolos. Modulatsiyaning bunday usullari nisbiy deyiladi.



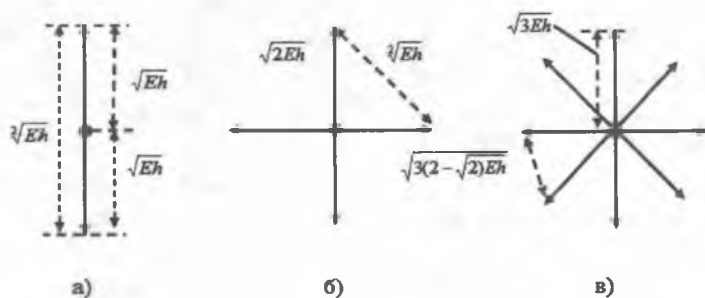
5.18-rasm.  $\pi/4$ -kvadraturali nisbiy fazaviy modulatsiyali radiosignalning signal turkumi

#### 5.4. Fazaviy manipulatsiyaning geometrik talqini va kvadraturali amplitudaviy modulatsiya

Oldin ko'rsatib o'tilganidek,  $M$ -li manipulatsiyaning spektral samaradorligini oshirishning bir necha yo'llari

bor. Ulardan eng soddasi vaqt birligida bitlar  $R$  soni uzatilishining oldingi tezligini saqlagan holda to'g'ri burchakli jo'natmalar  $T$  davomiyligini kattalashtirishdan iboratdir. BFMda bitta bit  $T = T_{ks}$  vaqtda uzatiladi, demak  $R=1/T$ ga teng bo'ldi. Jo'natmani "uzaytirishda" ushbu tezlikni saqlab qolish uchun  $\varphi$  fazaning barcha mumkin bo'lgan qiymatlari sonini oshirish kerak. Jo'natma davomiyligi ikkilanganligida ( $T = 2T$ ) 2 bit axborot, ya'ni 4 turli xabar uzatishga to'g'ri keladi, bunga fazaning ruxsat berilgan ikkita qiymatlari o'miga to'rttasini qo'llash hisobiga erishiladi, masalan,  $0, 1, p/2, -p/2$ .

Manipulatsiyaning bunday usuli kvadraturali FM-KFM (QPSK- quadrature phase shift keying) deb ataladi. Chastotaviy resursdan foydalanishda KFM BFM-ga qaraganda 2 marta tejamliroqdir, chunki u xuddi shunday shakldagi spektrga ega, lekin jo'natmaning 2 martaga cho'zilganligi tufayli spektr 2 marta torayganligidir. Alohida aytib o'tish kerakki, ko'rsatilgan yutuq qabulning xalaqitga bardoshligini yomonlashtirmaydi. Aslini o'lganda, BFMdagi jo'natma energiyasi  $E$  ga teng bo'lsin. Shunda qarama karshi jo'natmalar orasidagi ularning chigallanish ehtimolini aniqlovchi evkalid oraliq (LED uzunligi qarama qarshi vektorlari uzunligini geometrik tarzda taqdim etuvchisi),  $2\sqrt{E}$  ni tashkil etadi. (5.19 a -rasm)



5.19-rasm. Fazaviy manipulatsiyaning geometrik talqini

KFMda to'rtta xabarga uzunligi  $2\sqrt{E}$  bo'lgan to'rtta bioortogonal vektorlar (5.19b-rasm) javob beradi, chunki bunda o'zgarmas quvvatda davomiylik:  $E_2 = 2\sqrt{E_b}$  ikkilanishi hisobiga jo'natmaning energiyasi  $E_b$  BFM holatiga qaraganda ikki marta ortadi. Bu holatda qo'shni vektorlar orasidagi eng ko'p chalkash xabarlar ehtimolligini aniqlovchi oraliq oldingi  $2\sqrt{E_b}$  bo'yicha qoladi, u BFMDan KFMga o'tishda qabul qilishning xalaqitga bardoshligi sezilarli ravishda yomonlashmaganini bildiradi.

Jo'natma davomiyligi yanada orttirilganda, tezlik doimiyligini ta'minlash talablari qo'shni vektorlarning yaqinlashuviga olib kelishiga ishonch hosil qilish qiyin emas. Shunday qilib, tezlikni pasaytirmasdan jo'natma davomiyligi uch marta orttirilishi sakkizta xabarni bitta jo'natmada uzatilishini bildiradi, BFM bilan taqqoslaganda jo'natma energiyasining uch marta ortishi qo'shni signallar orasidagi burchakning 45 gradusgacha kamayishi (5.19-rasm), ya'ni minimal evkalid oraliqni  $\sqrt{3}E_b$  gacha kamayishini bildiradi.

Shunday qilib, polosadagi mazkur uch martalik yutuq 3.5 dB energiya yo'qotilishi hisobiga hosil qilinadi. (xatolar ehtimolligini oldingi darajagacha pasaytirish va vektorlar yaqinlashuvini kompensatsiyalovchi energiya oshishi aynan shunday bo'lishi kerak). Spektr samaradorligini shu tarzda keyingi ko'tarilishi energiya sarfiga ko'ra foydasizdir.

Aslini olganda, eslatib o'tilgan energetik yo'qotishlarni signal vektorlari orasidagi minimal oraliqni maksimallashtiruvchi tekislikdagi signal vektorlari turkumini optimallashtirish hisobiga ma'lum darajada pasaytirish imkoniyati mavjud. Bunda so'nggisi bir xil uzunlikka ega emas, ya'ni fazaviy manipulyatsiya parallel amplitudaviy manipulyatsiya bilan to'ldiriladi. Amplituda-fazaviy va kvadraturali amplitudaviy manipulyatsiyasi (AFM va KAM) nomi bilan tanilgan, shunga o'xshash formatlar, ko'pchilik telekommuni-



katsiya tarmoqlarida keng tarqalgan (kabelli, radio-releli aloqalar va hokazo). Ammo simsiz mobil telefoniyaning o'ziga xos xususiyati samarali elektr tejamkorlikning o'ta muhimligidir, u portativ terminalni avtonom ishlash muddatini uzaytiradi (zaryadkasiz yokibatareyani almashtirmasdan) va uning mas-sagabaritli tavsifi tijorat jihatidan o'ziga e'tibor berilishiga ta'sir ko'rsatadi. Shu sabablarga ko'p karrali (fazalar soni 16 yoki undan ortiq) FM AFM va KAM bilan birgalikda mobil aloqa tarmoqlari radiointerfeyslarini tashkil etish uchun muqobil sifatida ko'rilmaydi, shunday bo'lsa ham sakkiz darajali (sathli) FM (8-PSK) EDGE spetsifikatsiyasi doirasida ikkinchi avlod tizimlarida uzatish tezligini oshiruvchi asbob sifatida tanlangan.

#### **Kvadraturali amplitudaviy modulatsiya (KAM).**

M-li fazaviy modulatsiyada aloqa seansi mobaynida amplituda va chastota doimiy bo'lib qoladi. Har bir kanal simvolining faqat boshlang'ich fazasi o'zgaradi.

Kvadraturali amplitudaviy modulatsiyada amplituda har bir kanal simvolining amplitudasi va boshlang'ich fazasi qiymati o'zgaradi. Agar shu parametrlarning mumkin bo'lgan barcha qiymatlari diskret va chekli bo'lsa, bu turdagi modulatsiya ham raqamli bo'ladi. Modulyatsiyaning bunday usulida signalning bitta kanal simvoli quyidagi ifoda bilan berilishi mumkin:

$$s_m(t) = A_m \cos(2\pi f_0 t + F_t) = \operatorname{Re}[A_m \exp\{jF_m\} \exp\{2\pi f_0 t\}], \quad (i-1)T_c < t \leq iT_c, \quad (5.13)$$

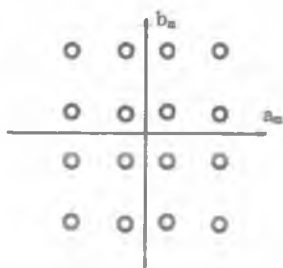
bunda  $A_m = A_m \exp\{j\Phi_m\}$  – kanal simvolining kompleks amplitudasi,  $m = 1, 2, \dots, M$ .

Bunday signalning signal turkumini tuzish uchun kompleks amplitudaning haqiqiy va mavhum qismidan foydalanish qulay:

$$s_m(t) = A_m \cos(2\pi f_0 t + \Phi_m) = A_m \cos(\Phi_m) \cos(2\pi f_0 t) + A_m \sin(\Phi_m) \sin(2\pi f_0 t) = a_m \cos(2\pi f_0 t) + b_m \sin(2\pi f_0 t), \quad (i-1)T_c < t \leq iT_c \quad (5.14)$$

bunda  $a_m$  va  $b_m$  –KAM signal turkumining  $t$ -nchi nuqtasi koordinatalari.

5.20-rasmda KAM-16 ning signal turkumi keltirilgan. Bu signalning turli kanal simvollari turli energiyaga ega; turli signal nuqtalari orasidagi oraliq ham turlichadir. Shuning uchun qabul qilgichdagi simvollarni aralashish ehtimolligi simvollar uchun har xildir.



5.20-rasm.  $M$ -li KAM signalning ( $M=16$ ) signal turkumi

Bunday signalning bitta kanal simvoli  $t = \log_2 M$  axborot bitini tashishi mumkin. Xususan,  $M = 16$  bo'lganda  $t = 4$  bo'ladi. Shuning uchun agar oldingiday bitta bitning davomiyligi  $T_s$  ga teng deb hisoblasak, unda KAM signalining bitta kanal simvoli  $T_{ks} = tT_s$  ga teng bo'ladi. Demak, bu signalni shakllantirishda axborot bitlari oqimi  $m$  bitli

bloklarga guruhlanishi lozim. Har bitta blokka mos bitta kanal simvoli qo'yilishi kerak. Bunday moslik o'rnatilishi signal kodlanishi deb ataladi.

5.20-rasmda signal turkumi kvadrat yoki kvadratlil panjara shaklida bo'ladi va uning uzellarida signal nuqtalari joylashadi. Bu signal turkumining yagona mumkin bo'lgan va eng yaxshi shakli emas. Signal turkumi ko'pincha  $M$  ning katta qiymatlarida kerak bo'ladigan, masalan, xoch, aylana shakllarida bo'lishi mumkin. Zamonaviy aloqa tizimlarida bu parametrning qiymati 1024dan katta bo'lishi mumkin.

$M$ -ning katta qiymatlarida signal nuqtalarining mumkin bo'lgan koordinatalar to'plamini koordinata boshidan signal nuqtalarini raqamlagan holda butun

sonlar yordamida belgilash osondir. Masalan, 5.20-rasmdagi kvadratli signal panjarasi uchun koordinata boshiga eng yaqin nuqtalar koordinatasi uchun  $a_{\min}$  va  $b_{\min}$  belgilarni kiritish mumkin. U holda, agar har bir o'q atrofidagi barcha qo'shni nuqtalar bir-biridan bir xil masofada joylashsa, boshqa nuqtalar koordinatalarini eng yaqin nuqtalar qiymati orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

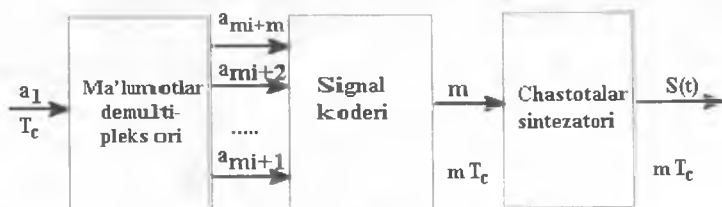
$$a_k = \pm ka_{\min}, \quad b_l = \pm lb_{\min}$$

unda  $k$  va  $l$  indeksleri butun sonli qiymatlar oladi.

Masalan, turkum (5.20-rasm) uchun indekslar qiymatlari  $\{-3, -1, +1, +3\}$  to'plamga tegishli bo'ladi. Bu signal turkumining barcha nuqtalari yig'indisi quyidagi matritsa bilan berilishi mumkin.

$$\{k, l\} = \begin{bmatrix} (-3,+3) & (-1,+3) & (+1,+3) & (+3,+3) \\ (-3,+1) & (-1,+1) & (+1,+1) & (+3,+1) \\ (-3,-1) & (-1,-1) & (+1,-1) & (+3,-1) \\ (-3,-3) & (-1,-3) & (+1,-3) & (+3,-3) \end{bmatrix}$$

5.21-rasmda KAM signalni shakllantiruvchi qurilmaning funksional sxemasi ko'rsatilgan. Bu sxema amalda FM-8 signalini shakllantiruvchi qurilma bilan bir xil elementlarga ega.



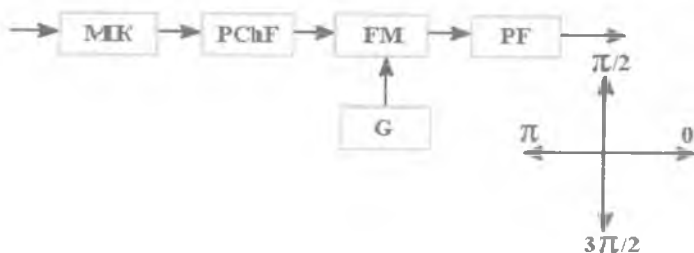
5.21-rasm. M-li KAM signalni shakllantiruvchi qurilmaning funksional sxemasi

Bu signalning spektri kengligi M-li FM signal bilan taxminan bir xil. Ammo modulatsiyaning bunday usuli uzatilayotgan axborot bitiga eng kam xatolik ehti-

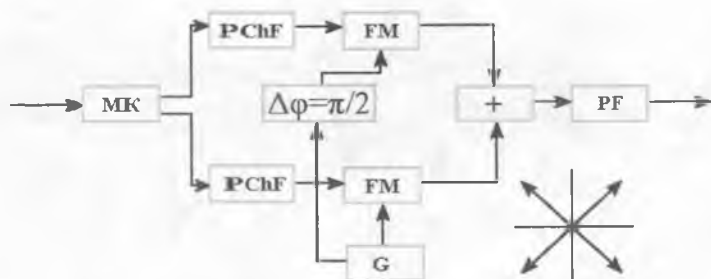
molligini ta'minlaydi, shuning uchun u ayrim hollarda afzallikka ega bo'ladi. Lekin shuni ham nazarda tutish kerakki, KAM signali doimiy amplitudaga ega emas, shuning uchun bu modulyatsiyani qo'llanilishi uzatish kanali chiziqililigiga yuqori talab qo'yish bilan kuzatiladi.

Raqamli traktlar modemlari. Modulyatsiya odatda OCH bo'yicha amalga oshiriladi. Strukturaviy sxemalar, NFM-2 da (5.22-rasm) va NFM-4 (5.23-rasm) ko'rinishlarga ega.

KM modulatori kodi o'zgartkichida binar signal impuls davomiyligi ikkilangan ikkita binar ketma-ketlikka ajratiladi, ular ayirmali kodlash usuli bo'yicha ikki bosqichli ketma-ketlikda o'zgartiriladi. Hosil qilingan signallar FNCH orqali mos sinfaz va kvadraturali kanallar ko'paytirgichlari orqali ifodalangan FMga tushadi. Bu ko'paytirgichlarning ikkinchi kirishlariga generator tomonidan beriladigan tayanch tebranishlar, faza o'zgartkichi FO' yordamida bir-biriga nisbatan 90 gradusga siljigan bo'ladi. Ko'paytirgichlarning har biri chiziqli balansli AMni amalga oshiradi. NFM-4 signali sinfazli va kvadraturali kanallarning modulyatsiyalangan signallarini qo'shish yo'li bilan hosil qilinadi.

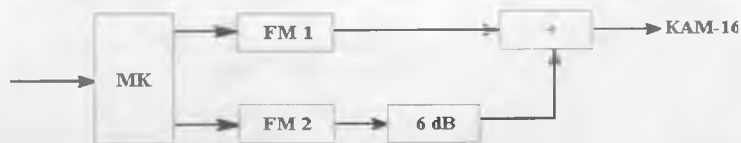


5.22-rasm. NFM-2 dagi modulatorning strukturaviy sxemasi



5.23-rasm. NFM-4 dagi modulorning strukturaviy sxemasi

KAM-16 signali ikkita NFM-4 signalini qo'shish orqali olinadi, ulardan biri amplitudasiga ko'ra ikkinchisidan 2 marta katta bo'ladi. Strukturaviy sxemasi 5.24-rasm keltirilgan.



5.24-rasm. KAM-16 dagi modulorning strukturaviy sxemasi

NFM 4ni modulatsiyalangan ikkita kvadratli tashkil etuvchilari o'zaro qo'shiladi va u NFM li va KAM li bilan ko'p pozitsiyali signal hosil qiladi.

## 6-BOB

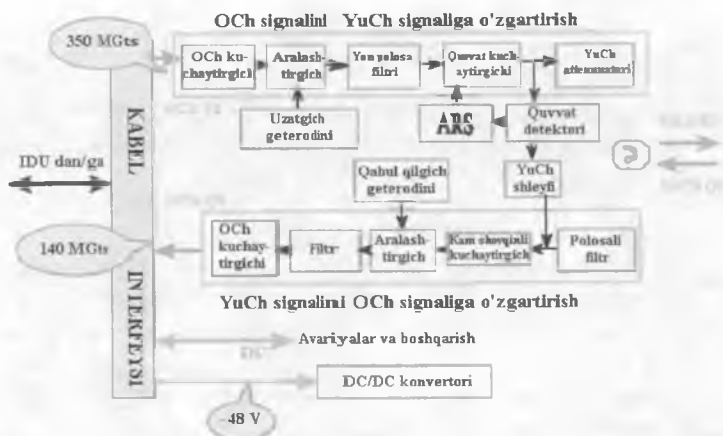
### RAQAMLI RADIORELELI TIZIMLARNING APPARATURASI

#### 6.1. Qabul qiluvchi – uzatuvchi modul ODU

Ajratilgan montajli RRL tizimlarda qabul qiluvchi-uzatuvchi modul ODU tashqariga o'rnatiladi va uzatishda OCH signalni RCH signaliga va qabulda RCH ni OCH ga o'zgartirishda, RCH signalni qayta ishlash va kuchaytirishda qo'llaniladi. ODU modulning xarakteristikallari chastota diapazoniga bog'liq va ma'lumotlar uzatish hajmiga bog'liq emas. Bitta ODU moduli barcha chastotaviy diapazonini qoplay olmaydi, shuning uchun bitta chastotaviy diapazon bir nechta quyi diapazonlarga bo'linadi, masalan, A, V, va C. Har bir alohida quyi diapazon bitta ODU moduliga mos keladi. Hozirgi vaqtda RRL uskunalari yetakchi ishlab chiqaruvchilari barcha chastotaviy diapazoniga dasturiy sozlanishi mumkin bo'lgan ODU modullarini ishlab chiqarishmoqda.

Bundan tashqari, ODU modullari turli kenglikdagi quyi diapazonlarni va dupleks ajratishni qo'llashi bilan ajralib turadi.

Bitta ODU moduli quyi diapazonning yoki faqat yuqori chastotalarini yoki faqat past chastotalarni qo'llashi mumkin. 6.1-rasmda ODU modulining funksional blokli strukturasi keltirilgan.



6.1-rasm. ODU modulining ichki strukturasi

ODU moduli uzatkich va qabul qilgichdan iborat, ular mos holda OCH signalni RCH signalga va RCH signalni OCH signalga o'zgartiruvchi funksiyani bajaradi.

Qabul qiluvchi-uzatuvchining asosiy funksiyalariga quyidagilar kiradi:

1. Ma'lum chastotaviy diapazoniga tegishli yuqori chastotali eltuvchi generatsiyalash;
2. OCH signalni RCH signalga o'zgartirish uchun chastotaviy geterodinning tayanch eltuvchi chastotasidan foydalanish;
3. RCH kuchaytirgich noxiziqligini kompensatsiyalash uchun RCH va OCH signallarni avvaldan buzilishini bajarish;
4. Liniyaviy RCH signalni kuchaytirish;
5. RCH kanal chastotaviy spektrining zaruriy shaklini ta'minlash uchun ishlatilmaydigan chastotalarni bostirish (chastotaviy garmonikalar, tayanch chastotaning barqarormasligi) uchun RCH filtrlash.

RRL uzatkichning funksional sxemasi 6.2-rasmda keltirilgan.



6.2-rasm. RRL uzatkichning funksional sxemasi

Uzatgichning OChda kuchaytirilgan oraliq chastota signali uzatkich aralashtirgichiga yuboriladi, signal u yerda RCH diapazondagi signalga o'zgartiriladi. Tayanich geterodin chastotasi nostabilligini yo'qotish uchun PLL (CHFAM-chastotani fazali avtomoslashtirish)li sxemalarni ishlatish yaxshiroqdir. Bir polosali filtr chastota o'zgartirilgandan keyin yon polosani ajratadi. Uzatishning quvvat kuchaytirgichidan aralashtirgich chiqishidagi kuchsiz darajadagi (-30 dBm dan -50 dBm gacha) signalni uzatishning kerakli darajasigacha kuchaytirishda foydalaniladi. Namunali quvvat kuchaytirgichi maydoniy effektli arsenid-galliyli (GaAs FET) uskunalarda quriladi. SDH tizimlarning RRL uchun odatda yuqori darajali modulatsiya rejimlari qo'llanadi. ular quvvat kuchaytirgichning yuqori chiziq-liligini qat'iy talab qiladi.

Uzatkichlarning asosiy xarakteristikallari quyidagilardir:

Ishchi chastotaviy diapazon. Hozirgi vaqtda, asosan magistral RRL larda qo'llaniluvchi chastotaviy diapazonlar 4 va 6 GGts hisoblanadi. 7, 8 va 11 GGts chastotaviy diapozonlar magistral RRLdan ajraluvchi RRL liniyalarda qo'llaniladi. 13 GGts dan yuqori chastotaviy diapozonlar kirish yo'li darajasidagi RRL liniyalarda qo'llaniladi.

Chiqish quvvati. Uzatkich chiqishidagi signal quvvati 14dan 33 dB gacha oraliqda o'zgaradi.

Chastota stabilligi. Uzatkichdagi har bir kanal o'zining alohida RCH markaziy ishchi chastotasiga ega.



Ishchi chastota stabiligi uzatkichning tayanch getero-  
din chastotaviy stabiligiga bog'liq. Agar uzatkich chas-  
totasi nostabil va biroz chastota siljishiga ega bo'lsa, u  
holda qabulda effektiv demodulatsiyalangan signal am-  
plitudasi bostiriladi va xatolik koeffitsienti ortishi mum-  
kin.

Uzatishning chastotaviy spektri shakli. Uzatish sig-  
nali spektri ajratilgan spektr polosasidan tashqari chas-  
totalarni ishlatmasligi uchun ma'lum cheklanishlarga  
ega bo'lishi kerak. Bu qo'shni RCh kanalga ta'sir etuv-  
chi polosadan tashqari signal nurlanishini oldini oladi.

Qabul qilgichning funksiyalariga antenadagi RCh  
signalni past shovqinli kuchaytirgichda kuchaytirish va  
uni demodulyatsiyadan oldin OCH signaliga o'zgar-  
tirish kiradi. Qabul qilgichning funksional sxemasi 6.3-  
rasmda keltirilgan.



6.3-rasm. Qabul qilgichning funksional sxemasi

Ikkala antenadan (qabulda fazaviy ajratilish holati-  
da) qabullangan signallar bir xil yo'ldan o'tishadi:  
polosali filtri, past shovqinli kuchaytirgich, garmonikalar  
filtri, chastotaviy aralashtirgich, OCH kuchaytirgich,  
keyin ular birlashadi (yoki ikkitadan kuchlirog'i tanla-

nadi), kuchaytiriladi va demodulator (IDU) tomonga uzatiladi.

Qabul qilgich tarkibiga quyidagilar kiradi:

Qabul qilinuvchi signalni qayta ishlashdan oldin kuchaytirishga mo'ljallangan past shovqin koeffitsientli kuchaytirgich;

RCH signallarni OCH signallarga o'zgartiruvchi tayanch geterodin;

OCH signallarni kuchaytirish uchun kuchaytirish qiymati o'zgaruvchi va signalni radio oraliqdan o'tayotganda qotishi sababli qabuldagi sath o'zgarishida sath stabilligini saqlash imkonini beradigan kuchaytirgich. OCH kuchaytirgichdagi kuchaytirishni avtomatik sozlash demodulyatorga yuboriluvchi signal stabilligini saqlash uchun xizmat qiladi.

OCH kanal filtri.

Qabul qilgichlarning asosiy xarakteristikalariga quyidagilar kiradi:

Ishchi chastota.

Qabuldagi geterodin chastotasining stabilligi. Geterodin chastotasining stabilligiga talablar qabulda ham, uzatishda ham bir xil.

Raqamli RRL qabul qilgichning shovqin koeffitsienti 2,5–6 dB ga teng va u analog RRL qabul qilgichi shovqin koeffitsientidan 5dB ga pastroq.

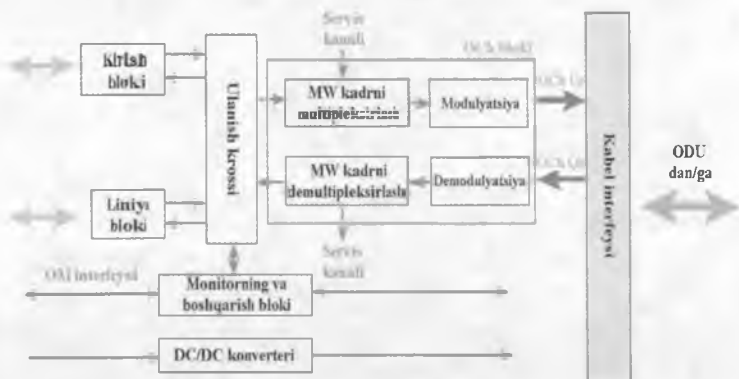
Qabul traktining o'tkazish polosasi qabul qilinuvchi signalga mos kelishi va shu polosa oralig'ida talab etiluvchi notekislikni ta'minlashi lozim.

Tanlovchanlik. Qabul qilgich polosadan tashqari interferensiyalar signallarni, qo'shni RCH kanal signallarini, akslangan yon polosani va uzatish va qabuldagi interferensiyani bostirishi kerak.

Kuchaytirishni avtomatik sozlash qabul qilinuvchi signal sathini o'zgarishi diapazoni chegarasida signalning stabil' sathini ta'minlashi lozim.

## 6.2. Bino ichiga o'rnatiladigan modul (IDU)

Alohida ishlangan RRL tizimlarda IDU moduli (modem moduli) tizim asosiy qismi hisoblanadi (6.4-rasm).



6.4-rasm. IDU ning funktsional sxemasi

IDU moduli boshlang'ich raqamli oqimlar, modemlar va nazorat va boshqarish uskunalari uchun kiruvchi va chiquvchi interfeyslarga ega bo'lgan kira olish uzeldir. Kirish va chiqish interfeyslari elektrik (EI) yoki optik (OI) bo'lishlari mumkin, bundan tashqari qurilmalarning ba'zi tiplari ikkala interfeysga ega yoki ular buyurtma bo'yicha o'rnatiladi.

Interfeyslarda raqamli potoklarni multipleksorlash apparaturalaridan kabellar orqali keluvchi signallarni moslashtirish, kodlarni o'zgartirish (masalan, kvaziuchlikni NRZ ga va aksincha) va takt chastotasini ajratish (kiruvchi qurilmalarda) amalga oshiriladi.

Signallarning modulyatsiyadan oldin va demodulyatsiyadan keyin asosiy qayta ishlanishi mos raqamli protsessorlarda amalga oshiriladi.

Ichki modulning uzatuvchi qismida raqamli protsessor quyidagi operatsiyalarni bajaradi:

– kodli ketma-ketliklarni navbatlashtirish (davomiyli paketli xatoliklardan himoyalash uchun);

– o‘ralma yoki blokli korreksiyalovchi kodlardan foydalanib xatoliklarni avvaldan korreksiyalash (FEC);

– skremblash (raqamli signallarning statistik xususiyatlarini yaxshilash uchun);

– keyingi ko‘p darajali modulatsiyalashni bajarish uchun sinfazali (I) va kvadraturali (Q) kanallarning raqamli oqimlarini shakllantirish.

Raqamli-analog o‘zgartirgichda (RAO‘) qo‘llaniluvchi modulatsiya turiga bog‘liq holda I va Q kanallarining raqamli oqimlaridan ko‘p sathli signalni shakllantirish amalga oshiriladi. Misol uchun, QPSK modulatsiyasi uchun 2 sathli, 16 QAM uchun esa to‘rt sathli signallar ishlatiladi. Bu signallar modulatorga kelib tushadi va u yerda oraliq chastota tebranishlarini boshqaradi.

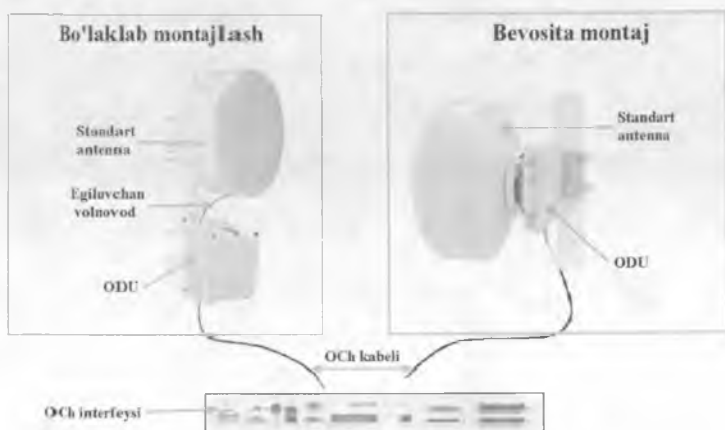
Oraliq chastotaning modulatsiyalangan signali filtrlash qurilmasi (FQ) orqali koaksial kabeldan tashqi blokka o‘tadi. Oraliq chastota signali oldindan turli xil xizmatchi axborot va tizimni boshqarish raqamli ma’lumotlari bilan qo‘shimcha modulatsiyalanadi.

Ichki modulning qabul qiluvchi qismida uzatuvchi qismda bajarilgan operatsiyalarga teskari operatsiyalar bajariladi. Qabul qiluvchi qism kirishiga tashqi blokdan koaksial kabel orqali oraliq chastota signali keladi. Kabeldagi o‘zaro ta’sirlarni bartaraf etish uchun uzatish va qabul qilish oraliq chastota signallari turlicha tanlanadi (uzatishga 300–800 MGts, qabulda ko‘pincha 70 MGts).

Ana shu kabelning markaziy simidan va to‘qilmasidan uskunaning tashqi moduliga kuchlanish (20-80 V o‘zgarimas tok) beriladi.

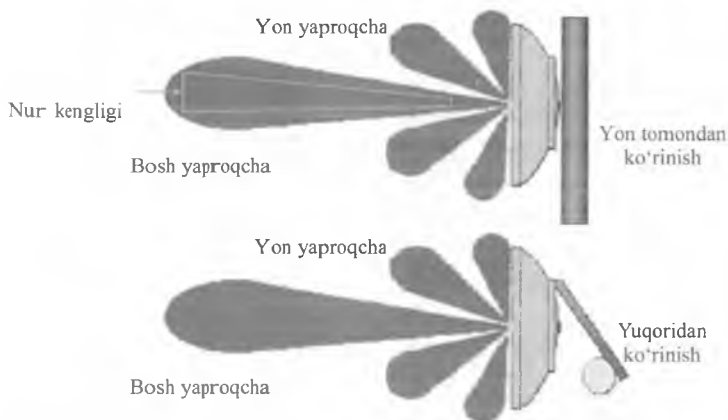
### 6.3. Taqsimlangan RRL tizimini montajlash va sozlash

Taqsimlangan RRL tizimini montajlash shartli ravishda ikkita qismga bo'linadi: ODU modulini montajlash (6.5-rasm) va IDU modulini montajlash. IDU moduli montaji alohida korpus (quti) ko'rinishida ishlangan oddiy namunaviy uskuna montajiga o'xshash. ODU moduli montaji antenna va ODU moduli o'zining montajidan iborat. ODU moduli montajining 2 turi mavjud: integrallangan montaj va ajratilgan montaj. Integrallangan turdagi montajda ODU moduli antennaga to'g'ridan to'g'ri qotiriladi va fider (to'lqin o'tkazgich) ishlatilishi talab etilmaydi. Taqsimlangan turdagi montajda ODU modulini antenna bilan bog'lashda fider (to'lqin o'tkazgich) ishlatiladi.



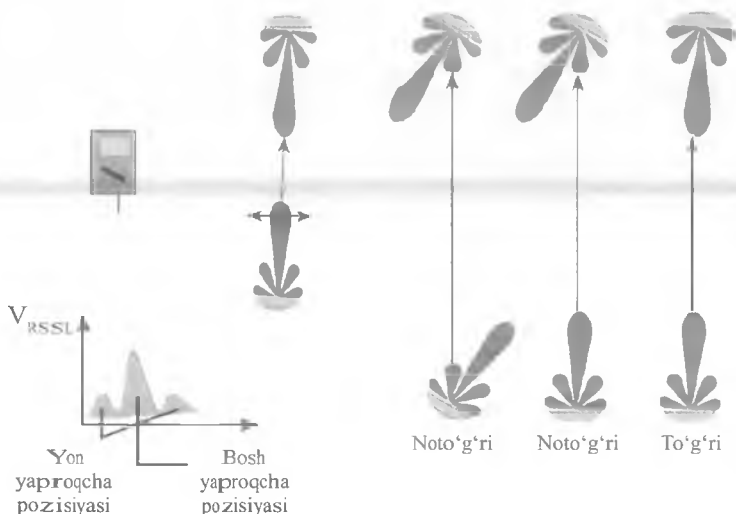
6. 5-rasm. ODU ni montajlash

Antenna o'rnatilgandan so'ng, RRL tizimini montaj va sozlashdagi hal qiluvchi jarayon antennaning yo'naltirilganlik burchagini sozlash hisoblanadi (antennani yustirovkalash). Antenna va yo'naltirilganlik diagrammasining ust va yon tomondan ko'rinishi 6.6-rasmda keltirilgan:



6.6-rasm. Antennaning ust va yon tomondan ko'rinishi

Antennani yustirovkalash jarayonida uchrashi mumkin bo'lgan namunaviy xatoliklar quyidagi rasmda ko'rsatilgan. Ulardan biri – antenna yo'naltirilganlik diagrammasining yon yaprog'iga yustirovkalanganligidir:



6.7-rasm. Antennani yustirovkalash

## 7-BOB

### RRL DA SHOVQINLAR VA XALAQITLAR

#### 7.1. Raqamli RRL da issiqlik shovqinlarining ta'siri

Raqamli signallarni uzatish sifati simvolni xato qabul qilish ehtimolligi bilan tavsiflanadi. Raqamli uzatishda tasodifiy xatoliklarni paydo bo'lishi hal qiluvchi sxema kirishida issiqlik shovqinlari va simvollararo xalaqitlar mavjudligi bilan bog'liqdir. Xatoliklarni paydo bo'lish sababi boshqa uzatish tizimlari va radiotexnik qurilmalarning xalaqit berishlari bo'lishi mumkin. Issiqlik shovqinlari ta'sirda xatoliklar paydo bo'lish mexanizmini ko'rib chiqamiz.

Qabul qilish qurilmasi kirishiga gauss shovqini ta'sir etsa, demodulator kirishidagi kuchlanish eltuvchi signal  $u_c(t)$  va xalaqitlar  $\zeta(t)$  kuchlanishlari yig'indisiga teng bo'ladi.

$$u_{\Sigma}(t) = u_c(t) + \zeta(t),$$

bu yerda

$\zeta(t) = A(t) \cos[\omega_c t + \varphi(t)]$ , fluktatsion shovqinning tor polosali hisobiga ( $\Pi_{III} \ll \omega_c$ ).

Shovqinni ortogonal tashkil etuvchilarga ajratib, quyidagini hosil qilamiz

$$\zeta(t) = X(t) \cos \omega_c t + Y(t) \sin \omega_c t$$

bu yerda  $X(t)$  va  $Y(t)$  ortogonal tashkil etuvchilar bo'lib, bir xil energetik spektrli mustaqil Gauss jarayonlarini tavsiflaydi.

Bu hisobga olinganda

$$u_{\Sigma}(t) = U_{\Sigma}(t) \cos[\omega_c t + \varphi_{\Sigma}(t)]$$

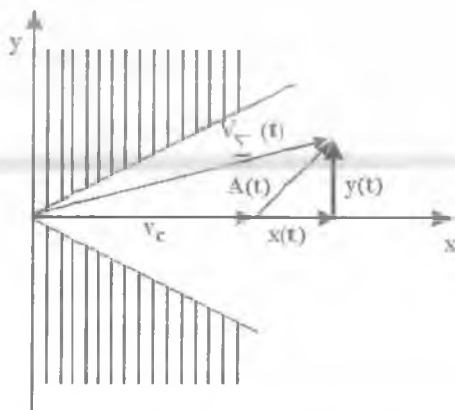
bu yerda

$$\varphi(t) = \arctg \frac{Y(t)}{U_c + X(t)}$$

Signal va shovqinlarni vektorlar va shtrixlar bilan tasvirlaymiz, ko'p fazali FM (7.1-rasm) holati uchun noto'g'ri yechimlar qabul qilinish sohasini belgilaymiz.

Xatoli qabul qilish,  $V_{\Sigma}(t)$  vektor shtirixli sohaga tushganda ro'y beradi. Rasmdan,  $V(t)$  ni berilgani qiymatlarida  $V_c$  qanchalik kattta bo'lsa,  $V_{\Sigma}(t)$ ni noto'g'ri yechimlar qabul qilinish sohasiga tushish ehtimolligi shunchalik kam ekanligi ko'rinib turibdi.

Issiqlik shovqinlarlarini uzatilayotgan signalga ta'siri, shovqinlar signalda adashishlarni keltirib chiqarishida namoyon bo'ladi: impulslardan kamida bittasi bostirilishi yoki kod pozitsiyasida bo'lishi mumkin bo'lmagan yangi impulsni paydo bo'lishi.



7.1-rasm. Issiqlik shovqini ta'sirining vektor diagrammasi

Signal elementini xato qabul qilish ehtimolligi demodulator kirishidagi signal energiyasini issiqlik shovqinlari quvvatining spektral zichligi nisbatiga bog'liq



$$h_0(t) = \frac{E}{N_0}$$

bu yerda  $E = \int S^2(t) dt$ ,  $N_0 = kT_3$

$T - S(t)$  signal davomiyligi

$T_3$  – ekvivalent shovqin temperaturasi, K

Hisoblashlar uchun qabul qiluvchi kirishidagi signal va issiqlik shovqinlari kvatrlarining nisbatini  $n(t)$  orqali belgilanishi qulaydir.

Davomiyligi  $T_0$  bo'lgan to'g'riburchak shaklidagi impulslar uzatilishida qabul qiluvchi kirishidagi signal energiyasi  $E = P_{\text{ш.вх.}} T_0$  teng bo'ladi. Odatda PP oxirgi  $\Pi_0 \approx \frac{1}{T_0}$  shartdan kelib chiqadi. U holda,  $P_{\text{ш}} = P_0$ , faraz qilib,  $N_0 = P_{\text{ш.вх.}} / P_0$  ega bo'lamiz, undan quyidagi kelib chiqadi

$$n(t) = \frac{P_{\text{с.вх.}}}{P_{\text{ш.вх.}}}$$

Aytilgandan tashqari, xatolik ehtimolligi ishlatiladigan manipulatsiya usullariga va manipulatsiya darajalari soniga, shuningdek qabul qilish tomonda signalni demodulatsiyalash usullariga bog'liq.

Kogerentli qabulda xatoliklar ehtimolligi. Manipulatsiyaning ikki darajali usullarida ikkilik impulsning xatoli qabul qilinish ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$p = 1 - F(\sqrt{\alpha} \cdot n(t))$$

bunda

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$$

$F(x)$  – Laplas funksiyasi (xatolik integrali).

FM uchun:  $\alpha = 2$ ; CHM uchun:  $\alpha = 1$ ; AM uchun:  $\alpha = 0,5$ .  
M-darajali FMda (yuqori chegara)

$$p_{\phi_{M-M}} < 2 \left[ 1 - F \left( \sqrt{2n(t)} \sin \frac{\pi}{M} \right) \right]$$

Ikki lik NFMda

$$p_{O\phi_M} = 2 \left[ 1 - F(\sqrt{2n(t)}) \right] = 2p_{\phi_M}$$

$R_{FM-M}$  hisobga olinsa, quyidagini olamiz

$$p_{O\phi_{M-M}} < 4F \left( \sqrt{2n(t)} \sin \frac{\pi}{M} \right) \left[ 1 - F \left( \sqrt{2n(t)} \sin \frac{\pi}{M} \right) \right]$$

Ko'p sathli CHMda

$$p_{\psi_{M-M}} \leq (M-1) \left[ 1 - F(\sqrt{n(t)}) \right]$$

AFM-16 da

$$p_{AFM-16} = 0,5 \left[ 1 - F \left( \sqrt{\frac{n(t)}{5}} \right) \right]$$

Bunda  $n(t)_{CP}$  – ko'p sathli signalning o'rta quvvatiga mos keladigan signal – shovqin nisbatining qiymati.

**Nekogerentli qabulda xatoliklar ehtimolligi.** Bir qator hollarda qabul qilingan signallarni oddiy bo'lgan nokogerent qayta ishlash amalga oshiriladi. Ikki darajali uzatishda xatoliklar ehtimolligi:

NFM da	$p \approx 0,5e^{-n(t)}$
CHM da	$p \approx 0,5e^{-n(t)/2}$
AM da	$p \approx 0,5e^{-n(t)/2}$

$M \geq 4$  bo'lganda xatolik bilan qabul qilish ehtimolligi

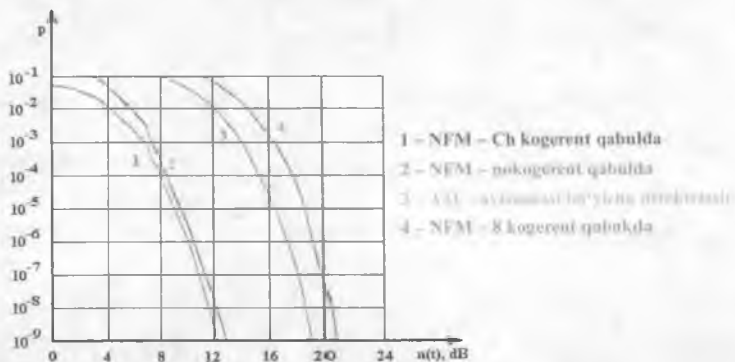
$$\text{NFM uchun } p \approx 2 \left[ 1 - F \left( \sqrt{2n(t)} \sin \frac{\pi}{\sqrt{2M}} \right) \right]$$

$$\text{CHM uchun } p \leq 0,5(M-1)e^{-n(t)/2}$$

Zavisimost' r ni  $n(t)$  ga bog'liqligi 7.2-rasmda tasvirlangan.

Ma'lumki, ko'p darajali tizimlar ko'p hollarda bir nechta raqamli oqimlarni uzatishda qo'llanadi, o'z navbatida ular ko'p kanalli bo'lishadi.  $M = 2^E$  bo'lganda

tizim g ikkilik ketma-ketliklarni uzatish uchun xizmat qilishi mumkin. FM va OFM li ko'p darajali tizimlar uchun j-nchi oqimdagi xatoliklar ehtimolligi  $P_j$  kodlash usuli va oqim raqamiga bog'liq.



7.2-rasm. Xatolik ehtimolligi  $r$  ni  $n(t)$  ga bog'liqligi

Ko'p hollarda Grey kodi qo'llanadi, u barcha g oqimlar bo'yicha eng kam o'rtacha xatoliklar ehtimolligi ta'minlaydi. Masalan, FMli to'rt darajali tizim ikkilik xabarlarining 2 oqimni uzatish imkonini beradi, ularda xatolik ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi

$$P_1 = P_2 = 1 - F(n(t)).$$

## 7.2. Simvollar o xalaqitlarning ta'siri

Uzatilayotgan signal minimal buzilishi uchun ishchi polosada  $P$  trakt FCHXsi bir tekis bo'lishi, FCHX esa - chiziqli bo'lishi lozim. Real sharoitlarda trakt polosasi kengligi cheklanganligi sababli, kodli kombinatsiyaning har bir simvolini uzatishda o'tish jarayonlari kuzatiladi, ular  $P$  polosaga bog'liq holda alohida simvollarga sezilarli xalaqit ta'sirini ko'rsatadi. Bundan tashqari, AFTdagi hamroh oqimlar va ko'p nurli tarqalishlar mavjudligi ham asosiy signal buzilishiga olib keladi, bu uning shakli o'zgarishida va davomiyligi uzayishida

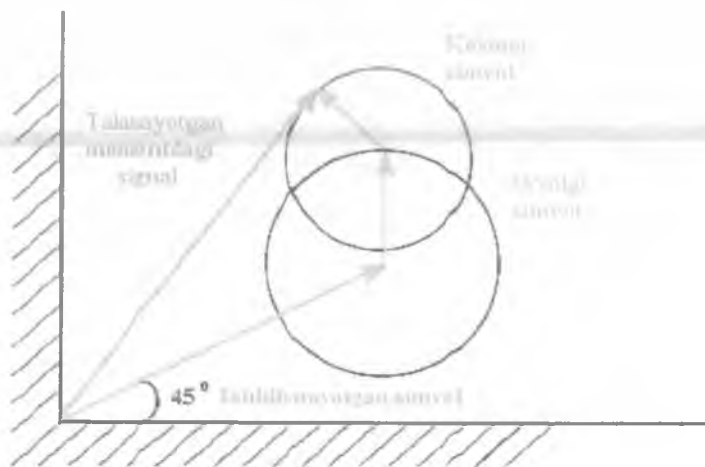
ko'rinadi. Bularning barchasi, oxir-oqibat simvollararo xalaqitlar  $u_{shp}(t)$  keltirib chiqargan, xalaqit beruvchi signallar paydo bo'lishi hisobiga raqamli uzatish tizim xalaqitbardoshligi pasayishiga olib keladi.

Avvalgi va keyingi simvoldardan hosil bo'lgan simvollararo xalaqitlarni hisobga olgan holda signalni vektorli taqdimlanishini ko'rib chiqamiz. Tanlash vaqtida signal vektori shtirxlangan sohada bo'lganda xato qabul bo'ladi (7.3-rasm).

Simvollararo xalaqitlar darajasi uzatish traktidagi filtrlar ACHX va FCHX ko'rinishiga, kodlar ketma-ketliklari strukturasi va o'tkazish polosasi  $P$  ning impuls davomiyligi  $T_0$  bilan mosligiga bog'liq.

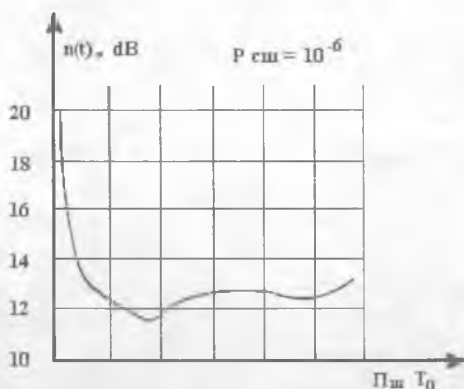
$PT_0 \gg 1$  bo'lganda simvollararo xalaqitlarni hisobga olmasa ham bo'ladi.  $PT_0 < 0,75$  da ko'rilayotgan impulsdan oldingi va undan keyingi barcha impulslar javobini hisobga olish lozim, bu juda murakkab ishdir.

$PT_0 > 0,75$  qiymatlarida filtr chiqishidagi o'tish jarayonlari tez so'nadi va buzilishlarni hisoblashda bu simvolga ikkita qo'shni – undan oldingi va keyingi simvollar ta'sirini ko'rib chiqish mumkin:



7.3-rasm. Simvollararo xalaqitlarda vektor diagrammasi

Misol sifatida kogerent detektorli FM va FM-4 signal uchun qabul qilgich kirishida  $n(t)$  ni  $P_{sh} T_0 = P T_0$  ga bog'liqligi keltirilgan (7.4-rasm). Bunda qabul qilgichda Battervortning 6-qutbli filtri qo'llanilganda, xatolik ehtimolligi  $10^{-6}$  bo'lishini  $P_{shp}$  va  $u_{shp}(t)$  belgilaydi.



7.4-rasm. Signal/shovqin nisbatini trakt o'tkazish polosasi kengligiga bog'liqligi

Real tizimlarda navbatdagi signalni tanlash vaqtida, mavjud impuls qoldirlari quvvati issiqlik shovqinlariga nisbatan kam bo'lganligi uchun simvollararo xalaqitlar hosil qiluvchi effektni, issiqlik shovqinlari quvvatini ortishi deb qarash mumkin. Boshqacha aytganda, simvollararo xalaqitlar ta'sirini uzatish traktidagi signal/shovqin nisbati  $\Delta n_{LL\Pi}$  yomonlashish faktori deb baholash mumkin. Bu faktor ostida demodulator kirishida simvollararo xalaqitlar mavjudligida signal/issiqlik shovqinini nisbati va bu xalaqitlar mavjud emasligida signal/issiqlik shovqinini nisbati orasidagi detsibellar farqi tushuniladi.

7.4-rasmda keltirilgan grafikda navbatdagi jo'natmani tanlash vaqtida  $\Delta n_{M\Pi}$  faktorining  $g(T_0)$  signal qoldig'i qiymatiga nisbatan bog'liqligi ko'rsatilgan. Agar  $g(T_0)$  impuls kuchlanishi nominal qiymatining 0.05 dan

oshmasa, u holda yomonlashish faktori  $\Delta n_{M.D.} < 1,5$  dB bo'ladi.

Simvollararo xalaqitlar mavjudligida raqamli axbotni uzatish ishonchligini oshirishga trakt va jo'natmalarga javob berishini parametrlarini optimallashtirish bilan erishiladi (uzatuvchi tomonda signal spektrini shakllantirish, trakt FCHX va ACHX larini korreksiylash va avvalgi va keyingi jo'natmalarga javobni kompensatsiyalash).

Simvollararo xalaqitlar paydo bo'lishiga AFT dagi yo'ldosh oqimlar ham sabab bo'lishi mumkin. Yaxshi moslashtirilgan AFT da yo'ldosh oqimlar asosiy signaldan juda kam (o'nlab dB ga) bo'lishi mumkin va uni xato qabul qilish ehtimoligiga ta'sirini hisobga olmasa ham bo'ladi. Agar yo'ldosh oqimni hisobga olish kerak bo'lsa, uning quvvatini hisoblash va issiqlik shovqiniga quvvatiga qo'shish mumkin.

### 7.3. Signal qotishi

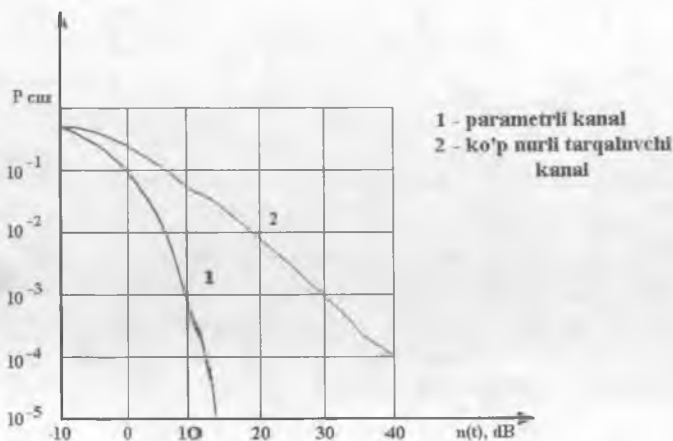
Qabul qilgich kirishiga vaqt bo'yicha birmuncha silji gan turli amplitudali signallar tushayotganda ko'p nurl i tarqaluvchi kanallarda qotishlar hosil bo'ladi, amplitudalar qiymatlari fazaviy siljishga o'xshash holda vaqt bo'yicha o'zgaradi, bu signal sathini tebranishiga va uni buzilishiga olib keladi.

Misol sifatida ikki sathli CHM signalni kogerent bo'lmagan qabulini ko'rib chiqamiz. Avval ko'rsatilganidek, o'zgarmas parametrli kanallardagi bunday qabulda xatolik ehtimolligi  $n(t)$  o'sishi bilan eksponensial kamayadi.

Qotishli kanal uchun xatolik ehtimolligi grafikda (7.5-rasm) yaxshi ko'rsatilganidek  $n(t)$ ga proporsional kamayadi

Rasmdan,  $P_{osh}$  ning ma'lum qiymatiga erishish uchun  $n(t)$  ancha katta qiymati kerak bo'lishi ko'rinib turibdi.

**Xalaqit bardoshlilik pasayishining boshqa sabablari.** Xalaqit bardoshlilik pasayishining sababi apparatning xarakteristikalari idealdan farqlanishi bo'lishi ham mumkin – bular modulator va demodulatoridagi fazaviy xatoliklar, regeneratordagi strobovchi impulslarning fazaviy qaltirashi, impulslarning amplitudalari va davomiyligi nominal qiymatlardan chetlashishi. Apparatura ishlashining mukammal emasligi hisobiga xalaqit bardoshlilikning pasayishi manipulyatsiya turi va tizimning texnik amalga oshirishiga bog'liq.



7.5-rasm. Xatolik ehtimolligining kanalidagi signal/shovqin nisbatiga bog'liqligi

Signallar qotishining RRLga ta'siri. Raqamli tizimlarning ORSda regeneratrlar mavjud.

Har bir regeneratorda  $p_i$  ehtimollik bilan paydo bo'luvchi xatoliklar erkli (mustaqil) tasodifiy kattaliklar bo'lgani uchun,  $m$  ta regeneratrlar ulanganda xato qabul qilish ehtimolligi quyidagiga teng

$$P_{xat.} = \sum_{i=1}^m P_i$$

Shuning uchun  $p_{\text{osh}}$  ning berilgan kattaligini saqlab qolish uchun  $p_i$  kamaytirishga intilish lozim.

Agar uzatish tizimida regeneratrlar bo'lmasa (aralash stvollar), u holda uzatish traktida shovqinlar yig'ilib boradi.  $i$ -nchi oraliq yaratayotgan shovqinlar quvvati  $p_{\text{sh}i}$  ga teng bo'lsin, u holda oxirgi stansiya demodulatori chiqishida signal/shovqin nisbati quyidagiga teng:

$$n(t)_\Sigma = \frac{P_c}{\sum_{i=1}^m P_{\text{sh}i}}$$

Xatoliklar integrali  $F(x)$  shovqinlarning tez o'suvchi funksiyasi bo'lgani uchun, ORSlarida regeneratrlar bo'lmagan RRLda regeneratrlar bo'lganga qaraganda xatoliklar ehtimolligi ko'proq bo'ladi. Shunday qilib, ORSda signallarni regenerasiyalash tizimni issiqlik shovqinlariga sezgirligini kamaytirishi mumkin.

Ma'lumki, RRLda signalning qisqa muddatli chuqur qotishlari butun trassa bo'ylab emas, faqat bitta oraliqda kuzatiladi. Bunda qabul qilgich kirishida signal/shovqin nisbati 30-40 dB va undan tortiqqa kamayadi, natijada xatolik ehtimolligi bir necha baravarga oshadi. Ayrim oraliqlarda signallar qotishi vaqt bo'yicha mos tushmaydi, u holda turli regeneratrlar RRLdagi xatoliklar quyidagiga teng:

$$P_{\text{xat}i} = P_{\text{xat}j} + \sum_{l=1}^m P_{\text{xat}l} \quad i \neq j,$$

bunda  $r_{\text{xat}i}$  – chuqur qotishli intervaldagi xatolik ehtimolligi.

$P_{\text{xat}i} \gg p_i$ , bo'lgani uchun chuqur qotishlar vaqtida

$$P_{\text{xat}i} \approx P_i$$

Regeneratrlar yo'q holatda ORS qabul qilgich kirishidagi shovqinlar quvvati quyidagiga teng:



$$P_{\text{an}\Sigma} = P_{\text{an}j} + \sum_{i=1}^m P_{\text{an}i}, \quad i \neq j$$

$P_{\text{sh}j} \gg P_{\text{sh}i}$ , bo'lgani uchun,

$$n(t)_{\Sigma} \approx \frac{P_{\Sigma}}{P_{\text{sh}i}} = n(t)_j$$

Bu qiymat  $n(t)_{\Sigma}$  orqali manipulatsiyaning ishlatilayotgan turi uchun  $P_{\text{an}\Sigma}$  aniqlanadi. Shunday qilib, raqamli RRL bo'yicha uzatilayotgan signal buzilishi quyidagi asosiy sabablardan kelib chiqadi:

1. Uzatish traktidagi issiqlik shovqinlari, qotishlar, simvollar orasidagi o'tishlar va tashqi xalaqitlar mavjudligi sababli axborot simvollarini xato qabul qilish.

2. Signallarni kvantlashda ARO' tomonidan kiritiluvchi buzilishlar (kvantlash shovqini).

3. Signal o'zgartirgichlari (analogdan raqamliga va aksincha) ishlashidagi nomukammallik sababli hosil bo'luvchi uskuna viy xatolik.

4. Uzatilayotgan raqamli signalning regeneratordan o'tayotganda vaqt bo'yicha fluktuatsiyalari tufayli.

5. Siklli sinxronizatsiya yo'qolishidagi buzilishlar.

**RRLda qotishlar.** Qabul nuqtasidagi maydon kuchlanganligini hisoblashda eng murakkabi atmosfera va yer sirtini bir jinsli emasligini ta'sirini hisobga olishdir. Bu faktorlarni hisobga olish uchun yer sirti holati, antenna osilganlik balandligi, uzatish chastotasi, atmosfera holati, trassa uzunligini hisobga oluvchi **sustlashtirish ko'paytiruvchisi** atamasi kiritiladi. Bu barcha faktorlarni hisobga olgan holda maydon kuchlanganligini aniq matematik hisoblashni iloji yo'q. Boshqa tomondan, aynan sustlashtirish ko'paytiruvchisi RRLdagi qotishlarga olib keladi, ya'ni, qotish yoki feding – vaqt davomida sustlashtirish ko'paytiruvchisining o'zgarishidir.

Shuning uchun real trassalarda bo'ladigan bu jarayonni batafsil ko'rib chiqamiz.

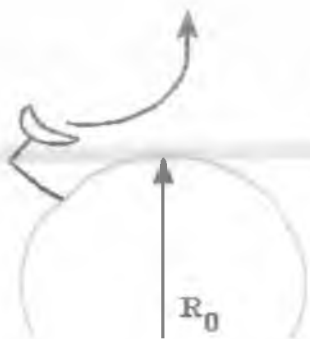
Radio to'liqin tarqalishiga ikkita faktor ta'sir qiladi:  
refraksiya;  
interferensiya.

**Refraksiya**-troposfera bir jinsli bo'lmagani sababli to'liqin trayektoriyasining qiyshayishi. Havo, boshqa muhitlar kabi, ma'lum sindirish koeffitsientiga ega. Shuning uchun bu muhitdan o'tuvchi radio to'liqin to'g'ri chiziqli trayektoriyadan chetlashadi. To'liqin tarqalishi asosan yerusti qatlamda sodir bo'ladi. Havoning bu qatlami temperatura, namlik, bosim o'zgarishlariga eng ko'p duchor bo'ladi, ya'ni sindirish koeffitsienti balandlik va sutka vaqtiga qarab o'zgarishi haqida gapirish mumkin. Bu o'zgarishlarni hisobga olish uchun sinish koeffitsientining vertikal gradienti –  $g$  atamasi kiritiladi, agar:

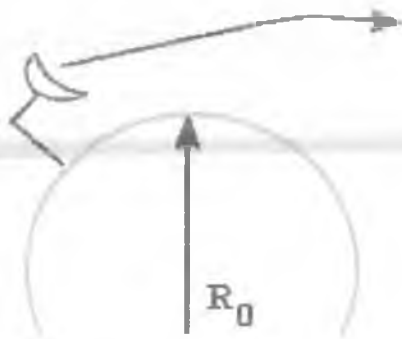
$g = 0$  bo'lsa, tarqalish nuri to'g'ri chiziqli;

$g > 0$  bo'lsa, nur troposfera tomonga og'adi – manfiy refraksiya (7.6-rasm):

$g < 0$  bo'lsa, nur Yer tomonga og'adi – musbat refraksiya (7.7-rasm):



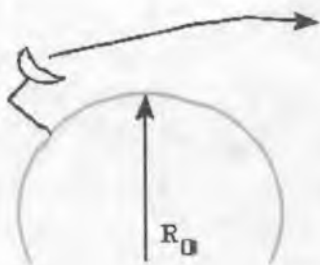
7.6-rasm. Manfiy refraksiya



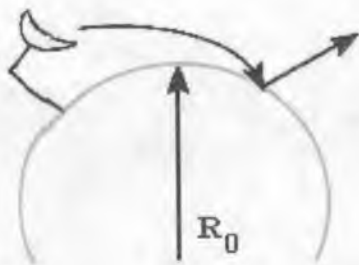
7.7-rasm. Musbat refraksiya

$g = -8,6 * 10^{-8}$  bo'lsa, standart refraksiya (7.8-rasm):

$g < -31,4 * 10^{-8}$  bo'lsa, ortiqcha refraksiya (7.9-rasm):



7.8-rasm. Standart refraksiya



7.9-rasm. Ortiqcha refraksiya

Atmosferaviy refraksiyaning bo'lishi mumkin holatlari va ularga mos  $g$  va  $R_y$  qiymatlari 7.1-jadvalda keltirilgan.

7.1 – jadval.

#### Atmosferaviy refraksiyaning mumkin bo'lgan holatlari

Refraksiya turlari	$g$ , 1/m	$R$	Radioto'lqinlar tarqalish trayektoriyalari
Manfiy	$>0$	$<6370$	Qavarig'i pastga Yerga
Nolli	$0$	$6370$	To'g'ri chiziqli
Musbat	$<0$	$>6370$	Qavarig'i yuqoriga
Standart (me'yoriy)	$-8,6 \cdot 10^{-8}$	$8500$	Qavarig'i yuqoriga
Kritik	$-31,4 \cdot 10^{-8}$	$\infty$	To'lqinlar yersirtiga parallel tarqaladi
Ortiqcha refraksiya	$<-31,4 \cdot 10^{-8}$	$<0$	Yer sirtidan ko'p martali qaytish

Hisoblashlar qulayligi va aniqli bo'lishi uchun radio to'lqin doimo to'g'ri chiziqli tarqaladi, tarqalish sharoitlariga qarab esa Yerning radiusi ( $R_y$ ) o'zgaradi deb faraz qilinadi.

Obrazli aytganda, Yer gradientga bog'liq holda "nafas oladi". Bu trassadagi to'siqlar sun'iy ko'tarilishi ( $g > 0$ ) yoki pasayishiga ( $g < 0$ ) olib keladi, bunda qabuldagi signal sathi ortadi yoki kamayadi.

Sindirish koeffitsienti gradientning o'zgarishi qotish

sabablaridan biri hisoblanadi. Bunda qabul qilinuvchi signal barcha chastota diapazonida sekin o'zgarishlarga duchor bo'ladi. Shuni aniqlik bilan aytish uchun antenna osish balandligini ko'paytirish lozim. Biroq buning uchun tayanchi balandligini oshirish lozim, bu esa juda qimmat. Shu bilan birga, antenna ko'tarilganda va refraksiya ta'siri kamaytirilganda ham, qotishlardan qutulib bo'lmaydi, chunki qabuldagi signal sathi o'zgarishining yana bir sababi interferensiyadir. Radio to'lqin tarqalishida qabul qiluvchi antennaga faqat asosiy signal emas, balki Yer sathidan yoki atmosferaning yuqori zich qatlamlaridan qaytganlari ham keladi. Bu signallar bosib o'tgan yo'l har xil bo'lgani uchun ularning fazalari ham har xil bo'ladi. Shuning uchun trigonometrik yig'indida qabuldagi signalning umumiy sathi o'zgarib turadi. Bu faktor sabab bo'ladigan qotishlar tez (sekundlar, hattoki sekundning ulushi) va chuqur (25-35 dB) xarakterga ega.

Tez qotishlar – chastotaga bog'liq. Har bir oraliq uchun qabul qilinayotgan signal darajasi yuqoridagilarni barchasini hisobga olgan holda hisoblanadi va qiymatini xizmat ko'rsatuvchi xodimlar bilishi va antenna yustirovkasi buzilishi mumkinligi uchun vaqti-vaqti bilan, ayniqsa, kuchli shamoldan so'ng mos asbob yordamida tekshirib turishi shart bo'lgan parameter hisoblanadi.

RRL ishlatilayotganda fedingga zaxira tushunchasi kiritiladi. Fedingga zaxira – hisoblangan signal va kritik sath (-73,4 dBm) orasidagi farq, unda  $BER > 10^{-3}$  bo'ladi. Tabiiyki, fedingga zaxira qancha ko'p bo'lsa, RRL shunchalik barqaror ishlaydi. Hisoblangan me'yoriy signal mavjudligi sutkaning istalgan vaqtida, ayniqsa, harorati va bosimi keskin o'zgaruvchi iqlimda RRLni barqaror ishlashini kafolatlamaydi.

Qotishlarning mumkin bo'lgan turlari klassifikatsiyasini ko'rib chiqamiz:

Yerning ekranlovchi harakati sababli refraksion qotishlar.  $g > 0$  holatida (Yer radiusi kamayishi) kuzati-

ladi. Qotishlar sekin, unchalik chuqur emas (10-20 dB), barcha chastotalarda birdan kuzatiladi;

interferensiya sababli refraksion qotishlar.  $g < 0$  holatida (Yer radiusi ortishi) kuzatiladi. Bu holda yorug'lik kattalashishi sababli Yer sirtidan qaytish ehtimolligi ortadi. Qotishlar tez, chuqur (25-35 dB) – chastotaga bog'liq;

troposferaning bir jinsli emasligida qaytishlar sababli interferension qotishlar. Tez, chuqur – chastotaga bog'liq;

troposfera ekranlovchi harakati tufayli qotishlar. Ma'lum sharoitlarda troposferada asosiy signal o'tishiga to'sqinlik qiluvchi bir jinsli emasliklar hosil bo'lishi mumkin. Qotishlar juda uzoq muddatli, bir necha soat davomida bo'ladi, chuqur (10-30 dB), chastotaga bog'liq emas;

meteo sharoitlar tufayli qotishlar. Yomg'ir, qor, do'l, qum bo'ronlari qabul qilinuvchi signal sathining pasayishiga olib keladi. Biroq 10 Ggts dan past chastotalarda sustlanish kattaligi hattoki jala quyganda ham bir necha dB ni tashkil etadi. Jala quyganda antennalar suv bilan to'lishi mumkin, bu signal sathini jiddiy pasayishiga olib keladi, biroq bu qotishlar sirasiga kirmaydi. Eslab qolish lozimki, suv quruq qor yoki muzdan ko'ra radioto'lqinlarni ancha kuchliroq yutadi. Shuning uchun, agar antennalar qor yoki muz bilan qoplanganda ularni erishini kutmasdan tozalash bo'yicha tezkor choralar qo'llash kerak.

Qotishning farqlanuvchi o'ziga xosligi turli tiplari korrelatsiyalanmagan, ya'ni, bir vaqtning o'zida bir necha tipdagi qotishlar bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, interferension qotishlarda nafaqat signal sathi emas, balki KGVN (signal kechikishi guruhli vaqtining notekisligi) ham o'zgarishini inobatga olish lozim. Shuning uchun, signalning uncha katta bo'lmagan pasayishida BER (uzatish aniqliligi) bo'yicha avariya paydo bo'lish holatlari ham bo'lishi mumkin.

Amaliyot shuni ko'rsatadiki, RRLda qotishlarning asosiy sababi ko'p nurli tarqalishdir (interferensiya). Bunday qotishlar bilan kurashishning ikki asosiy usuli – chastota bo'yicha va fazoda ajratishdir.

Chastota bo'yicha ajratishda barcha RRLda rezerv stvoli mavjud bo'ladi. Shuning uchun qotishlar asosiy va rezerv stvollarida bir vaqtda sodir bo'lmaydi.

Bir nechta ishchi stvollariga bitta rezervdagi stvol ishlatiladi, shuning uchun ustuvorlik tizimini (stvollar muhimlik darajasi bo'yicha rezervga o'tish navbati) qo'llash zarur. Bundan tashqari, RRL shakllantirishda yuklanish bo'yicha eng muhim stvol chastota bo'yicha rezervdagidan iloji boricha uzoqroqda, imkoni bo'lganda esa boshqa qutblanishda joylashtirish sharoitini ta'minlash kerak.

Fazoviy ajratish fedinga eng kritik bo'lgan oraliqlarda ishlatiladi. Bunda qabulda ikkita turli antennalar ishlatiladi. Umuman olganda ajratishni turli usullarda amalga oshirish mumkin (nur tarqalishi bo'ylab, gorizontal va vertikal bo'yicha perpendikular). Biroq eng kata yutuqni balandlik bo'yicha ajratib beradi. Tabiiyki, bu antennalarda qotish bir vaqtda bo'lmaydi. Ikkala antennadan qabul qilinayotgan signalni kombinatsiyalash orqali ishlash barqarorligini oshirishga erishiladi. Gorizontal bo'yicha ajratish katta ustunlik bermaydi, chunki gorizontal sinish gradient atmosfera o'zgarishlariga unchalik kritik emas.

Odatda, qotishlarga RRL ning tekis relyefli uchastkalari, shuningdek suvli sirtlaridan o'tuvchi uchastkalari ko'proq duchor bo'ladi. Qotishlar eng ko'proq kechki va ertalabgi soatlarda sodir bo'ladi. Shuning uchun qabul qilinayotgan signallar sathini kunduzgi soatlarda baholash kerak. RRLning har bir oralig'i o'zining individual xarakteristikalariga ega (uzunligi, profili, geografik joylashishi), loyihalashtirishda (antenna o'lchamlari va turi, uzatkich quvvati, chastotalar diapazoni, antennalarni osish balandligi, ajratilgan qabulning za-

rurligi) ular imkoni boricha hisobga olinadi. Biroq, amaliy foydalanish tajribasi shuni ko'rsatadiki, har bir RRL uchun fedinga eng ta'sirli oraliqlar mavjud.

Yuqorida bayon etilganlardan quyidagi xulosalarni chiqarish mumkin:

Qabul qilinayotgan O'YuCh signalning faqat sustlashish ko'paytiruvchisi o'zgarishiga bog'liq pasayishi qotishlar sirasiga kiradi.

Davriy holda qabul qilinayotgan signal sathini o'lchash zarur, chunki signalning har qanday pasayishi feding uchun zaxira kamayishiga olib keladi.

Qotishlar bilan kurashish samaradorligini oshirish uchun ustuvorlikni o'rnatish tizimini to'g'ri tanlash va vaqti-vaqti bilan tekshirish lozim. Bunda yuklanish bo'yicha eng muhim stvol (odatda TV) chastota bo'yicha rezervdagidan iloji boricha uzoqroqda, imkoni bo'lganda esa boshqa qutblanishda joylashishi lozim.

#### 7.4. RRL da rezervlash

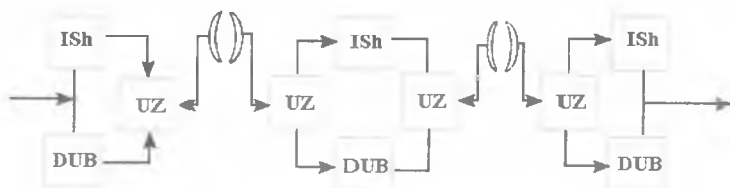
Radioreleli aloqa liniyalari ishonchliligining asosiy usullaridan biri rezervlashdir. Amalda rezervlashning ko'proq quyidagi variantlari qo'llaniladi:

stansiyalar bo'yicha, har bir stansiyada har bir stvol uchun asosiy va rezerv qabul qilgich-uzatkich (parallel yoki qayta ulanish bo'yicha ishlaydigan) o'rnatiladi;

uchastka bo'yicha, bitta uchastka chegarasida (masalan. URSdan URS gacha) bitta yoki bir nechta asosiy stvollar uchun rezervdagi stvol uskunalari ko'zda tutiladi.

Stansiyalar bo'yicha avtomatik rezervlash prinsipi, misol uchun, "Vosxod" analogli tizimining YuCh traktida amalga oshirilgan, unda ikkita uzatkich va ikkita qabul qilgich parallel ishlashi (bir xil chastotalarda) qo'llanilgan.

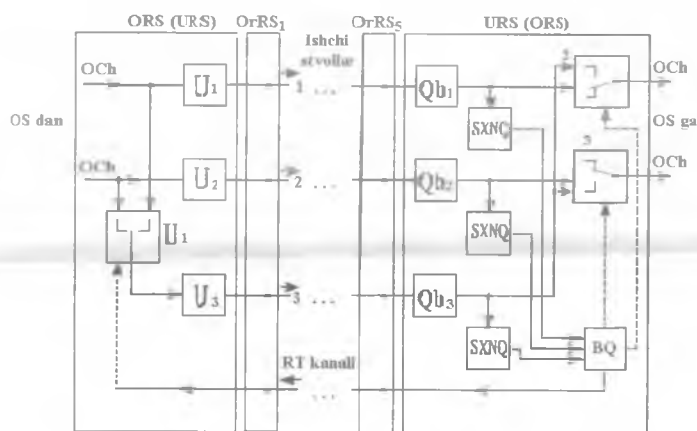
Bu tizimda har bir stansiyadagi har bir stvol uchun radio apparaturalar takrorlanishi ko'zda tutilgan (7.10-rasm):



7.10-rasm. Stantsiyalar bo'yichi rezervlash

Rezervlashning bunday sxemasi yuqori ishonchlikni ta'minlaydi, lekin samarali emas (ikkita komplekt, ammo bittasi ishlaydi), signallar qotishlaridan himoyalaniş uchun esa qabul qilgichlar bitta machtada balandlik bo'yicha ajratib o'ratilgan turli antennalarga ulanishi mumkin.

7.11-rasmida bitta aloqa yo'nalishida uchastka bo'yicha rezervlash tizimining ishlash prinsipini tushuntiruvchi soddalashtirilgan strukturaviy sxema keltirilgan:



7.11-rasm. Uchastka bo'yicha rezervlashning soddalashtirilgan strukturaviy sxemasi

Ikkita ishchi stvonga bitta rezerv to'g'ri keluvchi variant ko'rilmoqda (2+1 tizim). Hamma uchta stvollarining qabul qiluvchi-uzatuvchi apparaturasi doimo



ulangan holatda bo'ladi (yuklangan rezerv ishlatiladi), ammo axborot signallarining yo'llari stvollarning texnik holatiga bog'liq holda o'zgaradi.

Rezervlash talab etilmaydigan sharoitlarda 70 MGts chastotadagi OCH signallari oxirgi ustun OU dan  $P_1$  va  $P_2$  uzatkichlariga kelib tushadi, rezervlash uchastkasining oxirida  $Pr_1$  va  $Pr_2$  qabul qilgichlarda ajratiladi va qayta ulagichlar  $P_2$  i  $P_3$  orqali qabul qiluvchi tomondagi OU ga yo'naltiriladi. Belgilaymiz, barcha qabul qilgichlar tarkibiga, masalan, "KURS" tizimida, almashtiruvchi deb ataladigan generatorlar (GZ) kiradi, ularning signallari (70 MGts chastotadagi tebranishlar, chastotasi 8,75 MGts li nosozlik signalining fazasi bo'yicha modulatsiyalangan)  $Pr$  kirishidagi CHM signal yo'qolganda yoki uning sathi ma'lum qiymatdan (chegaraviy) past bo'lgan xar bir holatda,  $Pr$  chiqishiga beriladi.

Rezervlash uchastkasi oxiridagi  $Pr$  chiqishlariga ulanganadigan stvollar holatini nazoratlash qurilmalari SXNQ 70 MGts li OCH eltuvchisi yo'qolganini, GZ ulanishini va guruhli spektr yuqori qismidagi o'lchanadigan kanalda shovqinlar sathini normaldan ortishini qaydlaydi. Agar aloqa buzilish bu belgilar-dan hech bo'lmaganda bittasi ishchi stvol chiqishida aniqlansa, u holda SXNQ bilan bog'langan boshqaru-v qurilmasida BQ avariya signali AS shakllantiriladi, u rezervlash tizimi (RT) kanali bo'yicha rezerv-lash uchastkasi boshiga uzatiladi va  $P_1$  qaytamula-gich yordamida raddiya bergan ishchi stvol OCH sig-nalini rezerv uzatkich  $P_2$  kirishiga kommutatsiyalaydi.

Rezerv stvoli bo'yicha axborot signali normal o'tishsa,  $Pr_3$  bilan bog'langan SKNQ BQga mos ravishda  $P_2$  yoki  $P_3$  holatlarini o'zgartirishga "ruxsat" beradi. Buning natijasida  $Pr_3$  qabul qiluvchi tomondagi OU bilan ulangan bo'ladi shu bilan ishchi stvoldan rezervdagiga o'tish yakunlanadi.

Qayta ulanishning maksimal vaqti (aloqa uzilishi davomiyligi) 7 ms ni tashkil etadi. Ishchi stvol qayta

tiklanganidan so'ng barcha tizim boshlang'ich holatga qaytadi. Bir vaqtda ikkita ishchi stvol ishdan chiqsa, rezervdagiga ustuvorlik rejimiga ega bo'lgan stvol o'tadi.

Rezervlash uchastkasining qabul tomonidagi SXNQ va BQ stvollar nosozligining ikki darajasini – kuchsiz (sifatning yomonlashishi) va kuchli (aloqaning to'liq to'xtalishi) avariylarni farqlaydi. Agar rezerv yetishmasa, rezervlashda ustuvorlik kuchli avariya stvolga beriladi. Bir xil darajali avariyalarda rezervni birinchi raddiya bergan stvol egallaydi. Zaruriyat bo'lganda rezervlashni boshqarish operator tomonidan bajarilishi mumkin. Aloqaning teskari yo'nalishida ham shunga o'xshash rezervlash tashkil etiladi. Uchastkalar bo'yicha tizimda rezervlash takrorlanishi (karraligi) birdan sezilarli darajada kichik bo'lishi mumkin.

Misol sifatida 2000S uskunalari asosida qurilgan RRLdagi radiostvollarni rezervlashni ko'rib chiqamiz. 2000S ayrim bloklar raddiyasida va chastotaga bog'liq qotishlarda (asosiy va rezerv stvollar har xil chastotalarda ishlashadi, demak qotishlar ham bir vaqtda sodir bo'lmaydi) liniyaning ishonchliligini oshirish uchun qo'llanadi. Rezervlash sxemasi o'zaro inkor etuvchi ikkita shartdan tanlanadi – uskunalarni murakablashtirmasdan, samarali rezervlash tizimiga ega bo'lish. Bu shartlarni eng yaxshi qondiradigan (N+1) uchastkalar bo'yicha rezervlashdir. Bunda uzatuvchi stansiya modulatoridan qabul qiluvchi stansiya demodulatorigacha bo'lgan liniya uchastkasi rezervlanadi.

Bunday tizimning afzalligi shundaki, bir nechta ishchi stvollarga bitta issiq rezerv stvoli ishlatilishidir. Kamchiligi shundaki, qabul qiluvchi va uzatuvchi stansiyalar orasida ma'lumotlar almashish kanaliga (rezervlash kanali) mavjud bo'lishi kerak. Shuning uchun ba'zi hollarda stansiyalar bo'yicha rezervlash ham (uskunalarning har biri rezervlanadi) ishlatilishi mumkin.

Uskunalar foydalanish samaradorligini oshirish uchun past ustuvorlik uzatish rejimi qo'llaniladi. Rezervdagi stvol ko'p vaqt mobaynida bo'sh turishi sababli, undan unchalik muhim bo'lmagan ma'lumotlarni uzatishda foydalaniladi, asosiy stvolni rezervlashda bu ma'lumotlarni uzatish to'xtatiladi.

O'zbekiston Respublikasida 2000S uskunalar baza-sida qurilgan RRLda asosan N+1 tizimi qo'llanadi, shuning uchun uni batafsil ko'rib chiqamiz.

2000S uskunalarida qo'llaniladigan N+1 rezervlash tizimi analog tizimlarda qo'llaniladigan rezervlash tizimlaridan farqlanmaydi. Rezervga o'tishni tashabbuskori qabul qiluvchi stansiya bo'ladi. Ishchi stvol-lardan birining ishlashi buzilganda qabul qiluvchi stan-tsiyadan uzatuvchi stansiyaga avariya signali yuboriladi, unda qaysi ishchi stvol nosoz ekanligi haqida axborot bo'ladi. Uzatuvchi stansiya, avariya signalini qabul qilib, rezervdagi stvolga nosoz ishchi stvol haqidagi axborotni uzatishni tashkil etadi. Bunda ishchi stvolga oqim uzatilishi to'xtatilmaydi (parallel uzatish). Kommutatsiya tugallanganidan so'ng, uzatuvchi tomon qabul qiluvchi stansiyaga barcha kommutatsiyalar bajarilganligi haqida tasdiqlash signalini jo'natadi. Qabul qiluvchi stansiya tasdiqlov signalini olganidan so'ng, rezerv stvolga o'tishni amalga oshiradi. Qabul qiluvchi va uzatuvchi stansiyalar orasidagi axborot stvollar birida RFSOH sarlavhasida uzatiladi. Agar aynan shu stvol ishdan chiqsa, xizmat ko'rsatish ka-nalini boshqa stvolda tashkil etish imkoniyati ko'zda tutilgan.

Rezervlash jarayonini tashkil etishda quyidagi bloklar qatnashadi: REM – stvol holatini uzluksiz amalga oshiradi va SWO PROC blokiga rezervga o'tish zarurligi haqida axborot beradi. Rezervga o'tish mezonlari quyidagilardir:

- siklli sinxronizatsiya yo'qligi.
- shovqinlarni (BER) o'rnatilgan chegaradan oshib-ketishi. Chegara odatda  $10E^{*}(-3)$ ni tashkil etadi.

**Uzatuvchi qism** uzatuvchi stansiyalar rezervlashida qatnashadi, rezerv stvol modulatoriga rezervlanishi kerak bo'lgan stvol oqimni uzatishni amalga oshiradi. Bo'sh rezervdagi stvolga ichki generator **STM-1** uzatiladi. Agar past ustuvorlik uzatish funksiyasi ishlatilayotgan bo'lsa, **STM-1** generatori o'rniga rezerv stvolining **140/150MINTF** blokidan oqim uzatiladi. Rezervdagi modulatorga uzatiluvchi oqimlar turli yo'llardan o'tgani uchun, **A1** va **A2** bitlar bo'yicha qo'shimcha sinxronizatsiya amalga oshiriladi.

**Qabul qiluvchi qism** qabul qiluvchi stansiyadagi rezervlashda qatnashadi, asosiy stvollar **140/150-MINTF**ga uzatish uchun rezervdagi stvol demodulatori oqimini tarmoqlashni amalga oshiradi.

Har bir **TR DIST** blok to'rtta stvolni qo'llaydi. Agar **RRL**da to'rttadan ko'proq stvol bo'lsa, har bir keyingi **TR DIST** bloki ketma-ket avvalgi bilan bog'lanadi. Shunday qilib, maksimal mumkin bo'lgan rezervlashning 10+1 rejimi qo'llaniladi.

Rezervlash tizimining asosiy bloki **SWO PROC** rezervlash protsessor, u **140/150MEVTF** blokining **TR DIST** va **SYNCSW** ishlarini boshqaradi. **SWO PROC** tizim holatini baholaydi, rezervlash kanallarini avtotestlashni bajaradi, ustuvorliklarni o'rnatadi va h. k. **RRL** to'rttadan ko'proq stvoldan iborat bo'lgan holatda, har bir keyingi turgakka asosiy blok bilan bog'liq va unga tobe bo'lgan **SWOEXP** bloki o'rnatiladi.

Qabul qiluvchi tomonda rezervdagi stvolga o'tishni **SWO PROC** buyrug'i bo'yicha **140/150M INTF** blok amalga oshiradi.

Rezervlash tizimi quyidagi funksiyalarni bajaradi:

- asosiy stvol avariya uchraganida rezervdagiga avtomatik o'tish;
- ustuvorlik o'rnatish imkoniyati. Rezervga bir necha stvollar yo'qolishi bir vaqtda bo'lganida eng muhimi sifatida tanlangani yoki rezervdagi stvol boshqasi bilan band bo'lganida o'tiladi;

- rezervdagi stvolni ishlatishga ruxsat (past ustuvorlikda uzatish);

- qo'lda rezervlash imkoniyati va avtomatik va qo'l rejimlarida ishlash orasidagi ustuvorlikni o'rnatish;

Qo'l rejimida qabul va uzatishdagi almashtirgichlarni alohida boshqarish imkoniyati;

- agar stvol yo'qolishi ko'p martalik qisqa yo'qolishlar xususiyatiga ega bo'lsa, rezervga qattiq o'tish imkoniyati mavjud ("zashelka" rejimi), bunda asosiy stvolga qayta o'tish faqat bu rejim olib tashlanganda imkoni bor;

- stvolni kerak bo'lmaganda rezervlash tizimidan uzib qo'yish imkoniyati;

- rezervlash tizimining avtotekshirish imkoniyati. Bunda ham bitta stvolni, ham barchasini birdan tekshirish davrini o'rnatish mumkin (masalan, har 24 soatda). Bunda rezervlashning kalitni qabulga o'zgartirishdan boshqa barcha fazalari amalga oshiriladi.

- bir vaqtda ikkita stvoldan rezervlash signallarini uzatish. Bunda kerakli kanalni ham avtomatik, ham qo'lda tanlash imkoniyati mavjud.

Rezervlash tizimi haqidagi barcha axborotlar NEC 2000S dasturining SWO PROC oynasida ko'rsatiladi.

## 8-BOB

### RAQAMLI RRL NI LOYIHALASHTIRISH MASALALARI

Zamonaviy apparaturalarning yuqori texnik xarakteristikalari raqamli RRL asosiy parametrlarini hisoblash uchun soddalashtirilgan amaliy usulni qo'llash imkonini beradi. Loyihalash bo'yicha ko'plab uslubiy ko'rsatmalar mavjud va ularning hammasi MSE-R tavsiyalari va raqamli RRL ishlanmalariga ixtisoslashgan yetakchi firmalarning takliflariga asoslanadilar. Unga mos ravishda raqamli RRL stansiyalari joylashgan punktlarda antennalarning o'rnatilish balandligi aniqlanadi va me'yorlarga mos keladigan aloqa liniyalari sifat ko'rsatkichlarini olish uchun jihozlarning asosiy parametrlari tanlab olinadi. Bundan tashqari, tashqi xalaqitlar (masalan, sun'iy yo'ldoshli aloqa tizimlaridan), shuningdek turli stansiyalar yoki aloqa liniyalari stvollari yaratadigan korrelatsiyalangan va korrelatsiyalanmagan xalaqitlar ta'sirini hisoblash amalga oshiriladi.

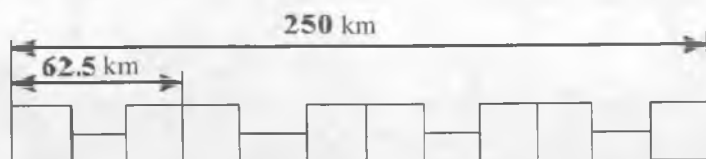
Raqamli RRLni loyihalashtirishda mavjud tavsiyalarning barcha turlari ichida Sankt-Peterburg telekommunikatsiyalar universiteti taklif etgan uslubiyatni ko'rib chiqamiz.

Ushbu uslubiyatni past (34 Mbit/sgacha bo'lgan) tezlikli pleziokron iyerarxiya raqamli radioreleli tizimlarini, shuningdek ko'p bosqichli 16 KAM, 32 KAM, 32 TSM va hokazo tipdagi STM-1 yoki STM-4 sinxron transport oqimlarida ishlovchi o'rta va katta hajmdagi zamonaviy tizimlarni loyihalashtirishda qo'llash mumkin.

## 8.1. Raqamli RRLning sifat ko'rsatkichlariga me'yorlar

Sifat ko'rsatkichlariga qo'yilgan talablar RRLning vazifasiga, uning uzunligiga va uzatilayotgan signal turiga bog'liq.

Sifat ko'rsatkichilari me'yorlar va tavsiyalar ma'lum uzunlik va strukturaga ega etalon zanjirlarga tegishli. Uzatish tezligi 8,448 mbit /s bo'lgan qisqa zona ichi raqamli RRL uchun gipotetik etalon zanjir (GEZ) 8. 1. rasmda tasvirlangan:



8.1-rasm. Zona ichi raqamli RRL uchun GEZ

Kuchsizlanishni ko'paytiruvchisining o'zgarishi tasodifiy xarakterli bo'lishi sababli raqamli RRLlardagi xatolik ehtimolligi vaqt bo'yicha tasodifiy qonunga mos o'zgaradi. Bu sharoitlarda xatolik (xatoliklar takrorlanishi) ehtimolligiga me'yorlar statistikasi inobatga oladi va vaqtning katta va kichik foizlari uchun o'rnatiladi. Bunda vaqtning katta foiziga tegishli ko'rsatkichlar uzatish kanallari sifatini tavsiflaydi, vaqtning kam foiziga tegishli ko'rsatkichlar raqamli RRL ishlash qobiliyatini aniqlaydi. Tayyorlik holatida bo'lgan, gipotetik etalon raqamli trakt (MKKR bo'yicha), MKKR tavsiyasiga ko'ra, xatolik ehtimolligi  $10^{-7}$  dan oshmasligi kerak, 1% istalgan oyning o'rtacha 1 min.da va  $10^{-3}$  0,05 % istalgan oyning o'rtacha 1 s.dan oshmasligi kerak. Stvoldagi uzatish tezligi 8,448 Mbit/s bo'lgan zonaviy raqamli RRLni loyihalashda ushbu tavsiyalarga rioya qilish lozim. Qisqa zona ichi raqamli RRL uchun vaqtning 1% ga mos keladigan xatolik ehtimolligi

$10^{-8}$  dan oshmasligi kerak. Raqamli RRL sifatining yana bir me'yorlangan ko'rsatkichi, stvolning to'liq ishonchliligini tavsiflovchi va uskunalar raddiyalarining ta'sirini hamda oraliqlarda signallarning chuqur qotishini hisobga oluvchi bekor turish koeffitsientidir  $K_p$ .

$$K_p = \frac{T_B}{T_{no} + T_B}$$

unda  $T_v$  – stvolni qayta tiklanishsh o'rtacha vaqti  
 $T_{no}$  – raddiyagacha ishlash.

MKKR tavsiyasiga mos ravishda uzunligi 2500 km, strukturalari etalon zanjirlarga yaqin bo'lgan analog RRL va raqamli RRLlarning bitta dupleksli stvolining bekor turish koeffitsienti 0,003dan. uzunligi qisqa 250 km bo'lgan zona ichi raqamli RRL uchun 0,002 oshmasligi kerak.

**Raqamli RRLning ishlash barqarorligi.** Barqarorlik signallar qotishi ta'sirida stvolning ishlash qobiliyatini tavsiflaydi. Barqarorlik B oydag (eng yomon) liniya oxirida  $P'_{osh}$  xatolik ehtimolligi qiymati vaqtning kichik foizi uchun MKKR me'yori bilan aniqlanadigan mumkin bo'lgan  $P'$  qiymatidan oshmasligi kerak. Amalda barqarorlikni tavsiflash uchun istalgan oyning vaqt foizi  $T_n$  qo'llaniladi, uning davomida  $P'_{osh} > P'$  bo'ladi. Shubhasiz,  $T_n = 100 - U, \%$ .  $T_n$  kattalik RRL stvolining barqaror emaslik ko'rsatkichi deb ataladi.

$P'_{osh \max}$  qiymati amalda liniyaning barcha oraliqlarida shovqinlar yig'ilishi sababli oshirilmaydi, balki ayrim oraliqlarda chuqur qotishlar natijasi bo'yicha oshirilishi eksperimental aniqlangan. Turli oraliqlarda chuqur qotishlar statistik jihatdan bog'liq emasligini va ular paydo bo'lish ehtimolligi kamligi hisobga olinganda butun liniya uchun barqaror emaslik ko'rsatkichi quyidagicha aniqlanadi:



$$T_n = \sum_{j=1}^n T_j(V_{jmin}),$$

unda  $n$  - RRL oraliqlari soni,

$V_{min}$  -  $j$ -nchi oraliqda kuchsizlanish ko'paytiruvchisining minimal ruxsat etilgan qiymati, unda liniya oxirida  $p_{osh} = p_{osh,min}$ .

$T_j(V_{jmin})$  - bitta  $j$ -nchi oraliqqa tegishli bo'lgan barqaror emaslik ko'rsatkichi.

**Tayyor emaslik ko'rsatkichi va xatoliklar bo'yicha sifat ko'rsatkichlarining me'yorlari.** MSE-T G. 821 tavsiyalari bo'yicha me'yorlar ikkita asosiy komponentlardan tashkil topgan: tayyor emaslik ko'rsatkichi va xatoliklar bo'yicha sifat ko'rsatkichi.

**Tayyor emaslik ko'rsatkichi (TEK).** Apparatura-ni tayyor emasligi - raqamli RRL uchastkasining shunday holatiki, unda ketma-ket keladigan 10 sekundlik interval mobaynida quyidagi hodisalardan hech bo'lmaganda bittasi sodir bo'ladi:

- signal yo'qolishi (sinxronizatsiya yo'qolishi);
- xatolik koeffitsienti  $k_{osh} = N_{osh} / N > 10^{-3}$ , unda  $N$  - uzatilgan simvollar soni,  $N_{osh}$  - xato qabul qilingan simvollar soni.

Apparaturaning tayyor emasligiga olib keluvchi sabablar:

- subrefraksiyada to'siqlarning ekranlovchi ta'siri;
- gidrometeorlar ta'siri (6 GGtsdan yuqori chastotalarda hisobga olinadi);
- sanoatning atmosferaviy meteorlari ta'siri (ekologik faktorlar). (Hisoblashlar uchun ma'lumotlar yo'q).
- apparaturaning ishonchli emasligi;
- xizmat ko'rsatuvchi xodimlar xatosi.

Bir qator hollarda qurilmalar holatini "tayyorlik" atamasi bilan baholash qabul qilingan. Bunda uskunalarning umumiy ishlash vaqtini tayyorlik va tayyor emapslik davrlari tashkil etadi, agar liniyaning ikkala yo'nalish "tayyor" bo'lsa (8.1-jadval), u holda liniya esa tayyorlik holatida bo'ladi.

## Aloqa liniyasining tayyorlik me'yorlari

8.1-jadval.

Liniya sifati		TEK, %
Yuqori sifatli aloqa liniyasi		J 0.3 L/2500
O'rtacha sifatli aloqa liniyasi	1 sinf	J 0.033 (L=280 km)
	2 sinf	J 0.05 (L=280 km)
	3 sinf	J 0.05 (L=50 km)
	4 sinf	J 0.1 (L=50 km)
Lokal sifatli aloqa liniyasi		J 0.01-1

**Xatoliklar bo'yicha sifat ko'rsatkichi (XSK).** Aloqa tizimining xatoliklar bo'yicha sifat ko'rsatkichi tizim tayyorlik holatida bo'lgandagi vaqt oralig'iga tegishli bo'ladi.

Quyidagi parametrlar ajratib ko'rsatiladi:

- kuchli zararlangan sekundlar (KZS);
- sifat pasaygan minutlar (SPM);
- xatolikli sekundlar (XS);
- qoldiq  $k_{osh}$  (OKO).

Kuchli zararlangan sekundlar sekundiga  $k_{osh} = 10^{-3}$  kattalikdan oshib ketadigan vaqt foizini bildiradi. Sifat pasaygan minutlar-minutiga vaqt foizining  $k_{osh} = 10^{-6}$  kattalikdan oshib ketganini bildiradi. Xatolikli sekundlar sekundiga  $k_{osh} = 10^{-6}$  kattalikdan oshib ketadigan vaqt foizini bildiradi (bu me'yor ma'lumotlarni uzatishda aloqa tizimi ishlash sifatini aniqlaydi). Ba'zi manbalarda xatolikli sekundlar parametriga butun tizimning umumiy vaqtiga nisbatan bitta yoki ko'proq xatoliklar paydo bo'lgan sekundlarning foiz nisbati degan ta'rif mavjud. XS parametri istalgan sabab bilan aniqlanishi mumkin (faqat aloqa liniyasi trassasidagi qotishlar bilan emas).

Barcha bu parametrlarning qiymatlari raqamli RRL intervalida signallarning interferentsion qotishiga bog'liq, ular silliq va chastotaviy-selektiv qotishlardan kelib chiqadi. Silliq qotishlarga aloqa tizimining chastotaviy xarakteristikasini buzmaydigan qotishlarni ko'rsatish zarur. Shunga mos ravishda chastotaviy-selektiv qo-

tishlar RRL stvolining ACHXga ta'sir qiladi, ya'ni aloqa liniyasi o'tkazish polosasi chegarasida turli chastotalarda turli kuchsizlanishlarni kiritadi. Bu qotishlarni 10–15 MGtsdan yuqori YCh stvolidagi o'tkazish polosasida hisobga olish kerak (8.2-jadval).

Loyihalashtirilgan yangi raqamli simsiz aloqa liniyalari uchun G.826 tavsiyalariga mos ravishda o'rnatilgan, ayniqsa, sinxron iyerarxiya (SDH) aloqa tizimlarini loyihalashtirishda yangi ancha qat'iy me'yorlardan foydalanish tavsiya etilishini nazarda tutish muhimdir.

### Chastotaviy-selektiv qotishlarga me'yor

8.2-jadval.

Yuqori sifatli aloqa liniyasi		KZS J 0.054% L/2500
		SPM J 0.4% L/2500
O'rtacha sifatli aloqa liniyasi L seksiya = 280 km	1 sinf	KZS J 0.06% SPM J 0.45%
	2 sinf	KZS J 0.0075% SPM J 0.2%
O'rtacha sifatli aloqa liniyasi L seksiya = 50 km	3 sinf	KZS J 0.005% SPM J 0.2%
	4 sinf	KZS J 0.0075% SPM J 0.5%
Lokal sifatli aloqa liniyasi		KZS J 0.015% SPM J 1.5%

**Mikroto'liqinli radioaloqada o'zlashtirilgan ishchi chastotalar diapazoni xususiyatlari.** Hozirgi paytda mikroto'liqinli radioaloqalar o'rnatish maqsadida 2 GGts diapazondan boshlanadigan ishchi chastotalarning ancha keng diapazonlari o'zlashtirilgan.

2 GGts.li (1.7–2.1 GGts) diapazon. Bu diapazon anchagina uzun oraliqlarda (50–80 kmgacha) signalarni tarqatish imkoniyati bilan xarakterlanadi. Radio-to'liqlar tarqalishining barqarorligi atmosferaviy refraksiyada RRL intervallarida to'siqlarlarning ekranlovchi ta'siriga yuqori darajada bog'liqdir. To'liqlarining bu diapazonida antennalar katta o'lchamlarga

ega, shuning uchun diametri 5m gacha bo'lgan parabolik antennalar kuchaytirish koeffitsienti 35–38 dBdan oshmaydi. Antennalar o'lichamlarini kichraytirilishi bilan aloqa tizimi samaradorligi keskin kamayadi. Diapazon boshqa radiotexnik vositalardan kelayotgan xalaqitlar ta'sirida bo'ladi.

4 GGts.li (3.4–3.9 GGts) diapazon. RRL chastotalar diapazonining eng ko'p o'zlashtirilgani va tirbandi. Bu diapazonda ko'pgina magistral aloqa tizimlari ishlaydi. Yaxshi sifat ko'rsatkichlarida yetarlicha uzoq masofali oraliqlarga (40–55km) ega bo'lish bilan xarakterlanadi. O'tkir yo'naltirilgan antennalar (kuchaytirish koeffitsienti 40 dB atrofida) katta hajm va og'irlikka ega, shunga ko'ra ular ancha qimmat antenna tirgovuchlarni talab etadi.

Signalni oraliqlardagi to'siqlarda, to'g'ri va akslangan to'lqinlar interferensiyasida ekranlashtirishga olib keladigan atmosfera refraksiyasi signallar tarqalishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Diapazon elektromagnit moslashuvchanlik nuqtayi nazaridan murakkabdirlar, chunki unda ko'plab radiotexnik vositalar ishlaydi.

6 GGts.li (5.6–6.2 GGts) diapazon). Bu keyingi o'n yillar ichida eng ommalashgan, magistral aloqa tizimlari uchun mo'ljallangan chastotalar diapazonidir. Axborotlarning katta hajmini uzatadigan, yetarlicha samarali RRL tizimlarini olish imkonini beradi. Oraliqning o'rtacha uzunligi 40–45 km.ga yetadi. Antennalarning hajmi uncha kattaemas (masalan, 43 dB kuchaytirish koeffitsienti 43 dB bo'lgan antenaning diametri 3.5 m).

Signalni oraliqlardagi to'siqlarda, to'g'ri va akslangan to'lqinlar interferensiyasida ekranlashtirishga olib keladigan atmosfera refraksiyasi signallar tarqalishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

8 GGts.li (7.9–8.4 GGts) diapazon). 8 GGts diapazon hozirgi kunda yetarlicha yaxshi o'zlashtirilgan. Unda o'rtacha hajmdagi radioreleli tizimlarning katta soni ishlaydi (stvollda analog tizimlar uchun 300–700

TLF kanallar va raqamli uchun – 55 Mbit/s gacha). STM-1 oqimlarni uzatish uchun katta hajmli apparaturalar ham mavjud.

Bu diapazonda signal tarqalishiga gidrometeorlar (yomg'ir, qor, tuman va boshqalar) ta'sir ko'rsata boshlaydi. Bundan tashqari trassaning yopilishiga yoki to'liq interferensiyasiga olib keluvchi atmosfera refraksiyasi ham ta'sir etadi.

RRL oraliq<sup>1</sup>ining o'rtacha uzunligi 30–40 kmni tashkil etadi. 1.5–2.5m atrofidagi diametrli antennalar yuqori kuchaytirish koeffitsientiga ega.

O'zbekiston Respublikasida bu diapazondan foydalanuvchi radiovositalar soni hali ko'p emas, demak, shunga ko'ra elektromagnit sharoit ham yaxshi. Lekin ushbu chastotalar diapazonida ishlayotgan qo'shni radioreleli liniyalardan xalaqitlarni hisobga olish zarur.

Hozirgi vaqtda bu diapazon zonaviy aloqa liniyalarini va magistral tizimlardan turli tarmoqlanishlarni tashkil etishda qo'llanadi. Ishlab chiqaruvchi firmalar apparaturalar ishlab chiqarishni yaxshi o'zlashtirganlar va bozorda ham o'rta, ham katta hajmdagi analog va raqamli tizimlarning keng spektrini taklif etishmoqda.

11 va 13 GGts li (10.7–11.7, 12.7–13.2 GGts) diapazonlar. Bu diapazonlar RRL tizimlar samaradorligi nuqtayi nazaridan istiqbollidir. Oraliqning 15–30 km uzunligida yuqori samarali antennalar katta bo'lmagan o'lchamga va vaznga egaligi sababli ular nisbatan arzon tirgovuchlarni talab qiladi.

Tizim ishlashi barqarorligiga atmosfera refraksiyasi ta'sirining hissasi kamayadi lekin gidrometeorlar ta'siri oshadi.

Bu diapazonlarda, asosan, 55 Mbit/s tezlikka ega bo'lgan raqamli radioreleli aloqa tizimlar quriladi, garchi 155 Mbit/s tezlikka ega bo'lgan raqamli oqimlarni ham misol tariqasida keltirish mumkin.

Apparatura ko'pincha monoblok ko'rinishida quriladi, ya'ni qabul qilgich-uzatkichlar antenna bilan birlashtirilgan va antenna tirgovuchlarining cho'qqisiga joylashtiriladi. Lekin bu diapazonlardan ko'p sonli

radiovositalar foydalanadi. Sun'iy yo'ldoshli aloqa tizimlari, turli radiolokatorlar va pelengatorlar, qo'riqlash tizimlari noqulay elektromagnit sharoit yaratadi, bu mazkur diapazonda ishlash qiyinchiligini keltirib chiqaradi.

*15 va 18 GGts li (14.5–15.35, 17.7–19.7 GGts) diapazonlar.*

Aloqa tizimlarining intensiv rivojlanishi bu chastotalar diapazonini jadal o'zlashtirishga olib keldi.

Mo'tadil iqlim zonalarida oraliqlarning o'rtacha uzunligi 20 kmgacha yetadi. Apparatura monoblok shaklida bajariladi. Kuchaytirish koeffitsienti 38 dan 46 dBgacha bo'lgan namunaviy parabolik antennalar 0.6, 1.2 yoki 1.8 m li diametrga ega bo'ladi.

Signallar tarqalishiga gidrometeorlar va to'g'ri va qaytish to'lqinlari interferensiyasi kuchli ta'sir ko'rsatadi. Yomg'irda kuchsizlanish 1–12 dB/km ni (yomg'ir intensivligi 20–160 mm/soat bo'lganda) tashkil etishi mumkin. Ba'zi ta'sirlarni atmosferaning o'zi ham ko'rsatishi mumkin (kislorod atomlari va suv molekullari), unda kuchsizlanish 0.1 dB/km ga yetadi.

*23 GGts.li (21.2–23.6 GGts) diapazon).* MSE-R tavsiyalariga ko'ra, bu diapazonda istalgan hajmdagi analog va raqamli aloqa tizimlarini qurishga ruxsat etilgan.

Oraliqlarning o'rtacha uzunligi 20 kmdan kam, chunki signallar tarqalishiga gidrometeorlar va atmosferadagi kuchsizlanish katta ta'sir ko'rsatadi. Istalgan qutblanishdan foydalanishga ruxsat berilganiga qaramasdan, radioto'lqinlarning vertikal qutblanishidan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Namunaviy parabolik antennalar 0.3, 0.6 i 1.2 m diametrga ega.

Yomg'irda kuchsizlanish 2 dan 18 dB/kmgacha, atmosferada esa 0.2 dB/kmgacha yetadi.

Sun'iy yo'ldoshli aloqa tizimlarida bu diapazondan foydalanishga ruxsat etilgan. Shuning uchun hisoblashlarda xalaqitlar mumkinligini hisobga olish zarur.

*27 GGts.li (25.25–27.5 GGts) diapazon.* Bu diapazon qayd qilinadigan radio xizmatlar tizimini qurishga mo'ljallangan. U atmosferada signalning bir qancha

kamroq kuchsizlanish bilan tavsiflanadi. (0.1 dB/km kamroq).

Oraliqning o'rtacha uzunligi 12 km. Yomg'irdagi kuchsizlanish 3-24 dB/kmni tashkil etadi. Antennalar 0.3, 0.6 m. diametrga ega.

38 GGts.li (37-39.5, 38.6-40 GGts) diapazon. MSE-R tavsiyalariga ko'ra, bu diapazonda istalgan hajmdagi analog va raqamli aloqa tizimlarini qurishga ruxsat etilgan. Oraliq uzunligi 8 km dan kam. Aloqa liniyasining tayyor emaslik ko'rsatkichi lokal sifatga mos kelsa, interval uzunligini 15 km gacha yetkazish mumkin.

Apparatura 0.3 m diametrli antennali monoblokni ifodalaydi. Faqat vertikal qutblanish qo'llaniladi, chunki bunda yomg'ir bo'lganida aloqa tizimining eng yaxshi barqarorligi yuzaga keladi.

Atmosferadagi kuchsizlanish 0.12 dB/km atrofida bo'ladi, gidrometeorlarda esa 5 dan 32 dB/km.gacha (yomg'ir intensivligi 20 dan 160 mm/soatgacha bo'lganda) bo'ladi.

55 GGts.li (54.25-57.2 GGts) diapazon. Oraliq uzunligi 15 sm diametrli antennalarda bir necha kilometrni tashkil etadi. Atmosferadagi signal kuchsizlanishi 5 dB/kmgacha, yomg'irda esa 7 dan 40 dB/km.gacha bo'ladi.

58 GGts.li(57.2-58.2 GGts) diapazon. Bu diapazonda istalgan hajmdagi analog va raqamli aloqa tizimlarini qurishga ruxsat etilgan, lekin tavsiyalar hozircha yo'q. Diapazondan diametri 15 sm dan kichik bo'lgan antennalarni qo'llab, 1-2 km masofadagi RRL oraliq'ini yaratishda foydalanish mumkin. Atmosferadagi signal kuchsizlanishi 12 dB/kmgacha, yomg'irda esa 9 dan 45dB/km.gacha bo'ladi. Kuchli yomg'irning ta'siri aloqa tizimi ishlashida barqarorlikni pasaytiradi.

Bu diapazon radiotizimlar yaratishda eng chegaraviy ekanligini hisobga olish zarur, chunki 60 GGtsdan yuqori chastotalarda energiyani kislorod atomlari yutishi sababli atmosferada radioto'lqinlar uchun tiniqlik

kuzatilmaydi (yutishning rezonans chastotalari 60 va 120 GGts teng). Ammo keyingi yillarda oraliq uzunligi 1–2 km boʻlgan litsenziyalanmagan radiotizimlarni yaratishda bu diapazonlarga qiziqish ortib bormoqda.

Oʻta quruq iqlim sharoitida yogʻingarchilik ehtimoli kam boʻlgan yoki qisqa oraliqlarda 84–86 GGts va undan yuqori chastota diapazonidan foydalanish mumkin. Rossiyada 93 GGts chastota diapazoni uchun apparatura mavjud.

## **8.2. Stansiya joylashadigan joyini va RRL antennalarini oʻrnatish balandligini tanlash**

Stansiya uchun joy tashlashda aloqa liniyasining “zigzagsimonlik” prinsipiga, keladigan yoʻllar va elektr uzatish liniyasining bor-yoʻqligiga, joyning umumiy reliefi, tuproqning xarakteri va boshqalarga eʼtibor qaratish zarur. Bu yetarlicha uzoq va bir maʼnoli boʻlmagan jarayondir, chunki RRL trassasini oʻtkazishda bir necha variantdan bittasini tanlash kerak boʻladi. Bundan tashqari, bir oraliq uchun stansiya joylashgan joyni muvaffaqiyatli tanlash, boshqa qoʻshni oraliqlar uchun toʻgʻri kelmasligi mumkin.

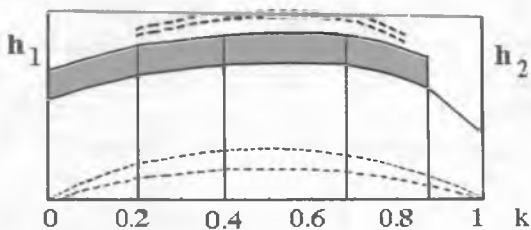
Raqamli RRLni hisoblashda mazkur iqlimiy hudud va subrefraksiyasi uchun nolli atmosferaviy refraksiyada, normal refraksiyada har bir oraliqning profilini qurib chiqish zarur.

Maʼlumki, refraksiyaning mavjudligi profil transformatsiyasi atamasida hisobga olinadi. 8.2–8.7 rasmda oraliqlarning boʻylama profillariga xarakterli misollar koʻrsatilgan. Bu profillarning xarakterli xususiyatlarini, ularning aloqa liniyasi ishlash barqarorligiga taʼsiri va turli sharoitlarda qoʻllanish sohaslarini koʻrib chiqamiz.

8.2 rasmda koʻrsatilgan boʻylama profil balandliklarida katta farq yoʻq va sirtning katta qismi oʻrmon bilan qoplangan. 5 smdan qisqa boʻlgan toʻlqin uzunligida bunday yuzadan qaytish diffuziya xarakteri kasb etadi va qaytish koeffitsienti  $F \rightarrow 0$  boʻladi.



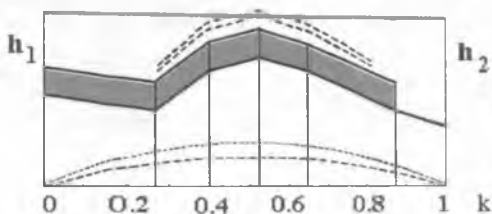
Demak, interferension qotishlar nuqtayi nazaridan, profilning bunday turi qulaydir, lekin oraliqning 40–60 km uzunlik holatida to‘g‘ri kelmaydi, chunki bunda subrefraksiya (punktir) sababli trassaning yopilish ehtimoli kattadir. Profilda to‘siqlar kengligi katta va trassa berkilish vaqtida chuqur qotishlar kuzatiladi, ular bir necha minutlab, ba‘zan soatlab davom etishi mumkin.



8.2-rasm. Bo‘ylama profil

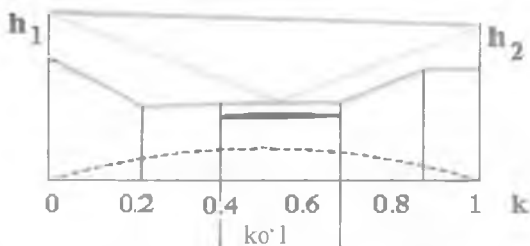
Albatta, trassa berkilishi sodir bo‘lmasligi uchun yorug‘likning shunday katta qiymatini tanlash mumkin, lekin oraliqning sezilarli uzunligida antennani osish balandligi juda katta bo‘ladi va u aloqa liniyasining narxi oshib ketishiga olib keladi. Shuning uchun uzun oraliqlarda profilning bunday shaklidan foydalanish maqsadga muvofiq emas.

8.3 rasmda o‘sha oraliqning profili ko‘rsatilgan, lekin o‘ng tarafdagi antenna tirgovuchi boshqa joyga qo‘yilgan. (Ayni holatda – oraliq 2 km atrofida). Ko‘rinib turibdiki, profildagi to‘siq shakli sezilarli darajada o‘zgargan. To‘siq yanada o‘tkirlashdi va shunga ko‘ra, trassa berkilishida signal qotishi 8.2.rasmdagi to‘siqqa nisbatan kamayadi.



8.3-rasm. Yanada o‘tkirroq bo‘ylama profil

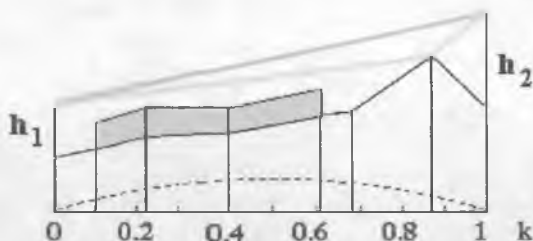
Bo'ylama profilda (8.4-rasm) antenna tirgovuchlari balandliklarga o'rnatilgan, bir qarashda foydali ko'rinishi, chunki antenna tirgovuchlari balandligi kichik bo'lganda ham ko'proq yorug'lik olish imkonini beradi. Ammo koordinatalari  $k = 0.2$  dan  $0.7$ gacha bo'lgan oraliq uchastkalarida yassi uchastkalar ham mavjud, ulardan interferension qotishlarni vujudga keltiruvchi to'lqinlarning qaytishi vujudga kelishi mumkin. Oraliq o'rtasida suvli muhitning borligi holatni yanada chuqurlashtiradi. Suv yuzasidan qaytish koeffitsienti  $1$ ga yetadi (to'lqinlanish mavjud bo'lmaganda) va qaytgan to'lqin energiyasi to'g'ri to'lqin energiyasiga teng bo'ladi, bu interferensiya  $0$  gacha bo'lganda qabullagich kirishdagi signal quvvatini pasayishiga olib kelishi mumkin.



8.4-rasm. Suvli muhitdagi bo'ylama profil'

Interferension qotishlarning davomiyligi sekundlar va ulushlarini tashkil etadi. Raqamli aloqa tizimlarda interferension qotishlar liniyaning sifat parametrlarini aniqlaydi. Shuning uchun bunday profilli oraliqlarni tanlash maqsadga muvofiq emas. Bu mulohazalar uzunligi bir necha km bo'lgan qisqa oraliqlarga tegishli emas, chunki antenna qurilmalarining yo'naltirilganlik xususiyatiga ko'ra qaytgan to'lqinlar bu yerda bo'lmasligi mumkin. Masalan, bunday oraliq keng daryodan o'tadigan aloqa liniyasi uchun hisoblangan bo'lishi mumkin edi. Oraliq uzunligi 4 km ni, yorug'lik kattaligi – 15 m ni, ishchi chastota – 11 GGts ni, antennani kuchaytirish koeffitsienti – 41 dB. ni tashkil etadi. Bunda antennaning yo'naltiruvchi xususiyatlari (yo'nal-

tirilganlik diagrammasi) shakllantirgan elektromagnit nurning ko'ndalang kesimi radiusi, oraliq o'rtasida taxminan 12 m atrofida. (yarim quvvat darajasida). Demak, bu sharoitda qaytgan to'lqinning paydo bo'lishi mumkin emas va profilning ushbu shakli maqsadga muvofiq. Oraliq uzunligi 20 km bo'lganda antenna yo'naltirilganlik diagrammasining (oraliq o'rtasida) ochilish radiusi bir necha o'nlab metr kattalikka yetadi. Demak, aloqa liniyasi barqaror ishlashi uchun oraliqning bunday shaklida yorug'lik qiymati bu kattaliklardan yuqori bo'lishi kerak.

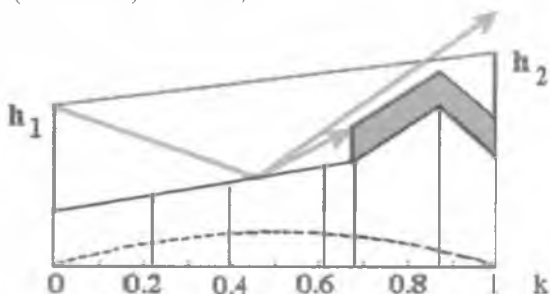


8.5-rasm. Qaytgan to'lqin paydo bo'lish imkoniyatiga ega oraliq profili

8.5-rasmda ko'rsatilgan oraliq profilida qaytgan to'lqinni paydo qilish imkoniyatiga ega ( $k = 0.87$ ) uchastka mavjud, lekin to'siq shakli shundayki unda qaytish biror-bir yuzadan emas, balki bitta nuqtada sodir bo'ladi. Bu holatda qaytgan to'lqinning sathi katta emas va interferensiya sababli signal qotishi unchalik chuqur emas.

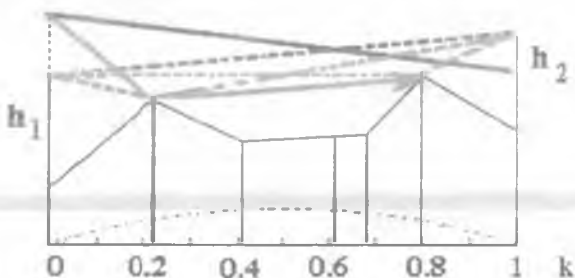
Oraliq profilidagi to'siqning eng baland nuqtasidan ( $k = 0.22$ ) ushbu holatda qaytish umuman sodir bo'lmaydi, chunki bu nuqta o'rmon bilan qoplangan. Mazkur profil uchun subrefraksiya tufayli trassaning berkilish ehtimolligi qaytish nuqtalarning antenna tirgovichlariga yaqinligi (qaytish nuqtalari oraliq chekkalari joylashgan) hisobiga katta emas. Shuning uchun bunga o'xshash oraliqlar profilari aloqa liniyasi ishida ma'qul bo'lgan natijalarini olish imkonini beradi.

8.6-rasmda ko'rsatilganidek, aloqa liniyasi ishlash yaxshi sifatini qaytgan to'liqinni profilda qandaydir to'siq yordamida ekranlaydigan oraliqda olish imkonini beradi (masalan, o'rmon).



8.6-rasm. Qaytgan to'liqinni ekranlaydigan profil

Bunday profillar mavjud bo'lganda, qaytgan to'liqinning ekranlanishi atmosferaning (ya'ni profilning istalgan transformatsiyasi mumkinligida) dielektrik singishi gradientining barcha qiymatlarida sodir bo'lishini kuzatib turish zarur.



8.7-rasm. Ikkita qaytish nuqtali oraliq profili

Oraliq profili (8.7-rasm) elektromagnit to'liqlar qaytishi mumkin bo'lgan ikkita nuqtaga ega. Punktir bilan ko'rsatilgan bevosita ko'rinish liniyasi va qaytgan nurlar bu yerda antennalarni osish taxminan bir xil balandligida hosil bo'ladi.

Amaliyotdan ko'rinib turibdiki, raqamli RRLning bitta yoki bir nechta qaytish nuqtalari mavjud bo'lganida barqaror ishlashiga erishish juda qiyin va qim-

matdir. Bitta qaytish nuqtasiga erishishga bo'lgan harakatlar antennalarning har xil balandlikka osishni tanlashga majbur qiladi (8.7 rasm). Bunda bir to'siqdan qaytgan to'lqin boshqa to'siqda ekranlanadi. Tabiiyki, bu shartni profilning turli transformatsiyalarida tekshirib ko'rilishi zarur.

Zamonaviy raqamli RRL apparaturalarining yuqori texnik xarakteristikalari oraliq profillari to'g'ri tanlanganda aloqa liniyalari intervallarida yorug'likni va shuningdek antennalarni osilish balandligini aniqlash uchun soddalashtirilgan usullardan foydalanish imkonini beradi. Yorug'liklarni tanlashning asosiy mezonini Frenelning birinchi zonasidir. (8.3-jadval).

### Intervaldagi yorug'liklarni tanlash mezonini

8.3-jadval.

Mezonlar	$R_0$ , km	$K_{atm}$
Mazkur joy uchun normal atmosfera refraksiyasida yorug'lik kattaligi Frenelning birinchi zonasini radiusiga mos kelishi kerak.	istalgan	1.333
Subrefraksiyada yorug'lik kattaligi noldan katta yoki nolga teng bo'lishi kerak.	$J15 > 15$	0.5 0.7

$$R_{1\phi} = 17.3 \sqrt{\frac{R_0 k(1-k)}{f}} \quad (8.1)$$

bunda  $R_0$  – oraliq uzunligi, km,

$f$  – ishchi chastota, (GGts),

$k$  – trassadagi eng baland nuqtaning nisbiy koordinatasi.

Yerning ekvivalent radiusi quyidagiga teng:

$$a_3 = \frac{a}{1 + \frac{a \times g}{2}} \quad (8.2)$$

bunda  $a$  – Yerning geometrik radiusi (6370 km)

$g$  – atmosferaning dielektrik o'tkazuvchanligining vertikal gradienti

( $1/m$ ), atmosferaning sinish koeffitsientini ( $K_{atm.}$ ) topish uchun grafik

mos jadvallarda keltiriladi:

$$K_{atm.} = \frac{a}{1 + \frac{a \times g}{2}} \quad (8.3)$$

unda  $K_{atm.}$  – atmosferaning sindirish koeffitsienti, u Yerning ekvivalent radiusini (atmosferaviy refraksiyada) Yerning geometrik radiusiga nisbatini bildiradi.

Ba'zi hollarda (masalan, oraliqda tor to'siq bo'lganda) yorug'likning qiymatlarini 8.1.jadvalda ko'rsatilgan mezonlarga qaraganda kamroq tanlash mumkinligini nazarda tutish kerak. Bunda raqamli RRLning tayyor emaslik ko'rsatkichlarining yomonlashuviga olib keluvchi subrefraksiya sababli oraliq berkilishi mumkin.

Antennalarni osish balandligiga tegishli bo'lgan yuqorida aytib o'tilganlarning barchasi, geografik xaritalarning kamchiligidir. Oraliqlarning haqiqiy kattaliklarini xaritaning maksimal kamchiligi kattalashtirib tanlash lozim. Bir qator hollarda joyning yuqori belgilarini amalda aniqlash uchun nafaqat antenna tirgovuchlari joylashgan joylarda, balki oraliqlarning kritik nuqtalarida ham izlanish ishlari olib borish tavsiya etiladi.

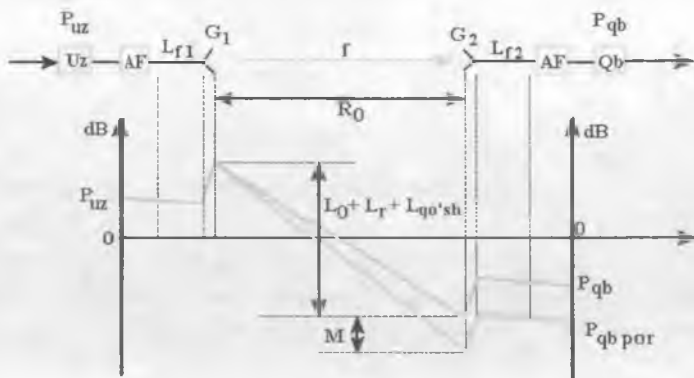
### 8.3. RRL intervalidagi signallar sathini hisoblash

Radioliniya intervalining soddalashtirilgan struktura-viy sxemasini va mos sathlar diagrammasini (8.8-rasm) ko'rib chiqamiz. Shubhasiz, aloqa liniyasi ishlash sifati Ppr qabullagich kirishidagi signal sathi va qotishlarda bu sathning mumkin bo'ladigan og'ishi bo'yicha aniqlanadi.

Sathlar diagrammasida, signal Ppd sath bilan uza-tuvchida nurlanishi, ajratuvchi filtr (RF) orqali o'tishi,

unda sath ichki yo'qotishlar hisobiga pasayishi va fider liniya orqali, kuchaytirish koeffitsienti  $G_1$  bo'lgan uzatish antenasiga kelib tushishi ko'rinib turibdi. Fider liniyadagi yo'qotishlar  $L_{f1}$  hisobiga, signal sathi yanada pasayadi, uzatuvchi antennada esa  $G_1$  kattalikka ortadi.

RRL intervalidagi signal (f ishchi chastotada,  $R_0$  masofada) tarqalishida bo'sh fazo susaytirishi, atmosfera gazlaridagi va boshqa qo'shimcha yo'qotishlar hisobiga signal sathi pasayib ketadi. Bu sabablarga ko'ra signalning umumiy pasayishi 130–140 dB va undan ham kattaroq bo'lishi mumkin.



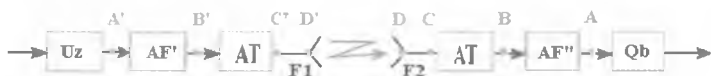
8.8 rasm. RRL intervalida signallar sathlari

Qabul qiluvchi antenada signal sathi  $G_2$  kattalikka ko'tariladi so'ngra qabul qiluvchi fider liniyada, ajratuvchi filtrda pasayadi va  $P_{pr}$  sath bilan qabul qiluvchi kirishiga kelib tushadi. Bu qiymat RRL oralig'ida signallar qotishi ro'y bermaganda hosil bo'ladi.

Qotib qolishga zaxira ( $M$ ) qabullagich kirishidagi signal sathining chegaraviy qiymati  $P_{pr}$  va berilgan kosh ( $10^{-3}$  yoki  $10^{-6}$ ) kattalik uchun raqamli RRLning konkret apparaturasi parametrlari bilan aniqlanadigan chegaraviy qiymati  $P_{pr\ por}$  orasidagi farqdir.

Hisoblardan oldin apparatura ishlab chiqaruvchi firma tomonidan aloqa liniyasi oralig'idagi qaysi xarakterli nuqtalar uchun texnik ma'lumot keltirilganligini

aniqlab olish kerak. Asosiy nuqtalar 8.9-rasmda ko'rsatilgan.



8.9-rasm. Aloqa liniya oralig'idagi xarakterli nuqtalar

Masalan, A', B' yoki S' nuqtalar uchun uzatkich quvvati sathiga ma'lumotlar berilgan bo'lishi mumkin, qabul qilgich kirishidagi signal sathining chegaraviy qiymati esa C, B yoki A nuqtalarga tegishli bo'lishi mumkin.

Qabul qilgich kirishdagi signal sathi (Ppr, dBm)

$$R_{pr} = R_{pd} + G_1 + G_2 - L_0 - L_{f1} - L_{f2} - L_g - L_{rf} - L_{dop}, \quad (8.3)$$

unda  $R_{pd}$  – uzatkich quvvatining sathi, dBm;

$G_1, G_2$  – qabul qiluvchi va uzatuvchi antennalar kuchaytirish koeffitsienti. Antennani tanlashda amalda 45–47 dB dan kattaroq kuchaytirish koeffitsientiga ega antennalar ishlatilmasligini hisobga olish kerak. Keyingi hisoblashlarda bu parametrlarni loyihalashtirilayotgan aloqa liniyalarini optimizatsiyalash uchun o'zgartirish mumkin;

$L_{f1}, L_{f2}$  – fider liniyalardagi (F1, F2) signallarning susayishi dB;

$L_{f1} = La$ , unda  $L$  – fider uzunligi, m;  $a$  – fider uzunligi bo'yicha so'nish, dB/m.

$L_{f2}$  – o'xshash holda aniqlanadi.

Fider liniyalaridagi uzunligi bo'yicha so'nish to'lqin uzatkich va AFTning konstruktiv xususiyatlariga bog'liq. Fider mavjud emasligida (qabul qiluvchi uzatuvchilar monoblok tarzida antennaga birlashganda) birlashtiruvchi qurilmaning konstruktiv xususiyatlarini hisobga olish kerak. Antennalarning diametri 30–60 sm bo'lganda qabul qiluvchi uzatkich blok antenna bilan bevosita pretsizion to'lqin uzatkichli birlashtirgich yordamida ulanadi, shuning uchun bunday holatlarda



fiderdagi yo'qotishlarni 0 dBga teng deb qabul qilish mumkin.

Antennalarning katta diametrlarida bog'lanish egiluvchan to'liq uzatkichning qisqa kesimi orqali amalga oshiriladi, unda  $L_{f1} = L_{f2} = 0.5$  dB.  $L_{rf}$  – yo'qotishlar apparatura parametrlaridan aniqlanadi. Odatda ajratuvchi filtrlarda susaytirish qiymati qabul qiluvchi va uzatuvchi qurilmalardagi yo'qotishlar qiymatlarining yig'indisiga mos keladi.

Monoblok konstruksiyalarda uzatkich quvvati sathiga ma'lumotlar va qabul qilgich kirishidagi signal sathining chegaraviy qiymati ko'pincha antenning to'liq uzatkichli birlashtirgich sathlariga mos nuqtalarga tegishli bo'ladi. (boshqa so'z bilan aytganda, sathlar qiymatlariga ajratuvchi filtrlardagi yo'qotishlar avvaldan kiritilgan.).

Bunday holatlarda yo'qotishlar kattaligi  $L_{rf} = 0$  bo'ladi. Qabul qiluvchi-uzatuvchi qurilmalar va antennalarning ajratilgan konstruksiyalarida RFDagi yo'qotishlar 4–5 dB (katta sig'imli RRLda)ni tashkil etadi.

$L_{dop}$ -antennalar obtekatellaridagi yo'qotishlar  $L_{ao}$  va qabul qiluvchi va uzatuvchi antennalar balandliklari farqidan kelib chiqadigan yo'qotishlar  $L_{pv}$  yig'indisidan hosil bo'lgan qo'shimcha yo'qotishlar ( $L_{dop} = 1-2$  dB).

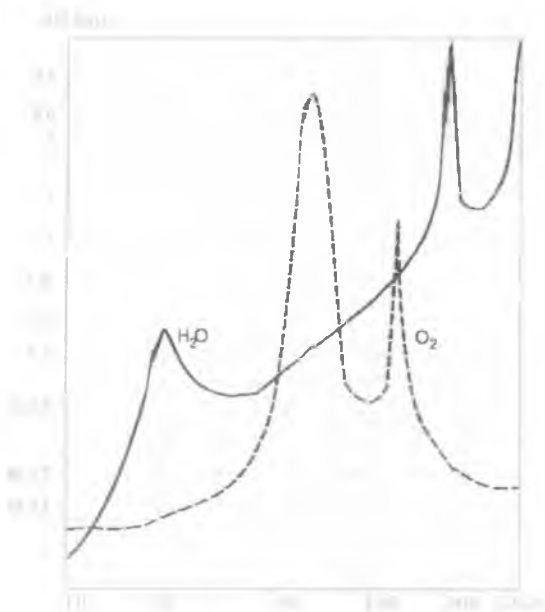
$$L_0 = 20 \lg (4.189 \cdot 10^4 R_0 f), \text{ dB} \quad (8.4)$$

unda  $R_0$  – RRL intervali davomiyligi, km

$f$  – ishchi chastota, GGts

$L_g - L_g = (g_o + g_n) R_0$ , dB, formula bo'yicha hisoblanadi,

unda  $g_o$ ,  $g_n$  – (dB/km), atmosferadagi suv bug'lari va kislorod atomlaridagi uzunlik bo'yicha so'nish (dB/km), u 8.10-rasmdagi grafikdan aniqlanadi.



8.10-rasm. Atmosferadagi suv bug'lari va kislorod atomlaridagi uzunlik bo'yicha so'nish (dB/km)

#### 8.4. Signalni intervaldagi yo'qolishini hisoblash

Yassi qotishlarga zaxirani hisoblash. Raqamli radioaloqa tizimini hisoblashda eng muhim parametr bu qotishga zaxiradir ( $M$ ). Qotish zaxirasi qotish mavjud bo'lmaganda qabullagich kirishida signallar sathi va xatoliklar koeffitsientining ma'lum bir kattaligida signalning chegaraviy sathi orasidagi farqni bildiradi.

Qotishga zaxira ( $M$ ), qabul qilgich kirishidagi signalning chegaraviy qiymati  $P_{pr}$  va berilgan kosh ( $10^{-3}$  yoki  $10^{-6}$ ) qiymati uchun konkret raqamli RRL apparaturasi parametrlaridan aniqlanadigan chegaraviy qiymat  $P_{pr}$  orasidagi farqdir.

Yassi qotishlarga raqamli stvol chastotaviy xarakteristikasini o'zgartirmaydigan refraksion qotishlar mansubdir.

Yassi qotishlar zaxirasi quyidagi munosabat bo'yicha aniqlanadi:

$$M(10^{-3}) = P_{pr} - R_{por}(10^{-3}), \quad (8.5)$$

unda  $R_{por}(10^{-3})$  — qabul qilgich kirishida  $k_0 = 10^{-3}$  bo'lganda (apparatura parametrlaridan aniqlanadi), signalning chegaraviy sathi,

$$M(10^{-6}) = P_{pr} - R_{por}(10^{-6}), \quad (8.6)$$

unda  $R_{por}(10^{-6})$  — qabul qilgich kirishida  $k_0 = 10^{-6}$  bo'lganda (apparatura parametrlaridan aniqlanadi), signalning chegaraviy sathi.  $R_{por}(10^{-3})$  va  $R_{por}(10^{-6})$  ning namunaviy qiymatlari bir-biridan taxminan 3–4 dB kattalikka farq qiladi.

Qotishga zaxira kattaligi 30–35 dB atrofida bo'lishi kerak. Kichikroq qiymatlarda barqaror aloqa bo'lmasligi mumkin, lekin bu chegaralardan kattaroq bo'lgan qiymatlarda tizim parametrlari, shunga mos ravishda uning qiymati ham so'zsiz ko'tariladi. Shuning uchun, antena kuchaytirish koeffitsientini, uzatkichlar quvvatini, ishchi chastotalar diapazonini, apparatura turlari va hokazolarni o'zgartirgan holda qotishga zaxira ko'rsatilgan chegaralarda bo'lishiga erishish kerak.

Ko'rsatilgan qotishga zaxiraning qiymatlari yetarli bo'lmasligi va agar RRL oralig'i katta suv havzalari (dengiz va ko'llar qirg'oqlari hududlarida), suvli yuzalarda, subtropik hududlar yaqinida ishlayotgan bo'lsa, 40–45 dB atrofida bo'lishi mumkin. Va aksincha, baland tog'li hududlardagi oraliqlarga kelsak, 20 dB miqdorda qotishga zaxira yetarli bo'ladi.

**RRL ishiga atmosfera meteorlari ta'sirini hisoblash.** Ma'lumki, gidrometeorlar 6 GGts dan yuqori chastotalarida aloqa liniyalari ishlashiga kuchli ta'sir ko'rsatadi (ularning ekranlash xususiyatlarini paydo bo'lishiga olib keluvchi va past chastotalarda ham ta'sir etuvchi ekologik sharoitlarni hisobga olmagan holda).

Gidrometeorlarning susaytirish harakati aloqa tizimlarining ishlash sifatiga ancha uzoq ta'sir etadi, uning tayyor emaslik (PNG) ko'rsatkichini yomonlashtiradi. Oldin aytib o'tilganidek, tayyor emaslik ko'rsatkichlari quyidagilar yig'indisidan yuzaga keladi:

$$\text{PNG} = \text{PNGd} + \text{PNGs} + \text{PNGa} + \text{PNGp} + \text{PNGe}, \quad (8.7)$$

unda PNGd – gidrometeorlar (yomg'irlar) ta'sirida aloqa liniyalarining tayyor emasligi,

PNGs – trassa yopilishi (subrefraksiya ta'siri) sababli aloqa liniyalari tayyor emasligi,

PNGa – apparaturaviy ishonchsizlik,

PNGp – xizmat ko'rsatuvchi personalning xatosi,

PNGe – ishlab chiqarishning atmosferaviy meteorlari (ekologik sabablar) ta'sirida aloqa liniyalarining tayyor emasligi.

Gidrometeorlar ta'siriga PNG me'yorining 70–80 % ko'rsatish zarur, chunki uning qolgan qismlari apparatura raddiyalarida, xizmat ko'rsatuvchi personal xatoliklari va nosoz ekologik sharoitlar aloqa liniyasi ishlash qobiliyatining buzilishiga to'g'ri keladi. Bu RRL trassasining yopilish ehtimolligi 0 ga intilishida haqqoniy hisoblanadi. Aks holda, gidrometeorlar ta'sirining hissasi yanada kichikroq bo'lishi kerak. Umuman olganda, TSRRL tayyor emasligiga olib keluvchi tashkil etuvchi sabablari hissasini buyurtmachilar hisoblash buyurtmachilari va apparatura ishlab chiqaruvchilar bilan kelishish kerak.

Radioaloqa tizimlari ish qobiliyatini aniqlovchi 10 GGtsdan yuqori chastotalar diapozonidagi asosiy faktorlar gidrometeorlar va atmosfera gazlaridagi yo'qotishlardir. Ishchi chastotalar oshishi bilan yo'qotishlar ham to'xtovsiz ortib boradi. Signalning uzunasiga so'nishi kattaliklari  $f = 60$  GGts da 40 dB/kmga yetishi mumkin. Shunday qilib, 60 GGts chastota tabiiy ravishda oraliqlar uzunligini 1–3 kmgacha chegaralaydi va shuning uchun bir qator davlatlarda bu diapozon

(undan ham kattaroq chastotalar diapazoni ham) litsenziyalanmagan, undan erkin foydalanishga ruxsat berilgan.

**Atmosfera**dagi yo‘qotishlarni hisobga olish. Atmosferadagi yo‘qotishlar, asosan, kislorod atomlarida va suv molekulalaridagi yo‘qotishlardan yuzaga keladi. Radioto‘lqinlar uchun to‘liq shaffof bo‘lmagan atmosfera 118.74 GGts chastotada kuzatiladi (kislorod atomlaridagi rezonansli yutilish), 60 GGtsdan ortiqroq chastotalarda esa uzunasiga so‘nish 15 dB/kmdan ortadi. Atmosferaning suvli bug‘larida kuchsizlanish ularning konsentratsiyasiga bog‘liq va ham iliq iqlimda yanada kattaroq, 45 GGts.dan past bo‘lgan chastotalarda butunlay dominantlik qiladi.

Kompyuter hisoblari uchun analitik va quyida keltirilgan analitik ifodalardan foydalanish mumkin.

Kislorod atomlaridagi uzunasiga yo‘qotishlar (dB/km):

$$\gamma_0 = \left[ 7.19 \times 10^{-3} + \frac{6.09}{f^2 + 0.227} + \frac{4.81}{(f - 57)^2 + 1.5} \right] \quad (8.8)$$

unda  $f$  - ishchi chastota, GGts.

Formula (8.8), atmosfera bosimi normal va havo temperaturasi +15 gradus S bo‘lganda, 57 GGts dan past ishchi chastotalarda haqqoniy bo‘ladi

57 GGts dan past bo‘lgan ishchi chastotalarda formula to‘g‘ri bo‘ladi, pri normal atmosfera bosimi va havo temperaturasi +15 gradus S bo‘lganda.

Suv bug‘laridagi uzunasiga yo‘qotishlar (dB/km):

$$\gamma_w = \left[ 0.05 + 0.0021 \times \rho + \frac{3.6}{(f - 22.2)^2 + 8.5} + \frac{10.6}{(f - 183.3)^2 + 9} + \frac{f^2 \rho}{(f - 325.4)^2 + 26.3} \right] \times 10^{-4} \quad 8.9$$

unda  $r$  - atmosferadagi suv bug‘lari konsentratsiyasi, g/m<sup>3</sup> (odatda  $r = 7.5$  g/m<sup>3</sup>).

15 gradusdan farqli temperaturada uzunasiga yo‘qotishlar yig‘indisi (dB/km):

$$g_{tot} = [1-(t - 15) 0.01] g_o + [1-(t - 15) 0.06] g_w, \quad (8.10)$$

unda  $t$  – havo temperaturasi. S.grad.

Atmosfera gazlarida to'liq yo'qotishlar uzunasiga kuchsizlanishni aloqa liniyasi intervali uzunligiga ko'paytirish orqali topiladi.

Gidrometeorologik ta'siri. Hidrometeorlarga yomg'ir, qor, do'l, tuman va boshqalar kiradi. Hidrometeorlar ta'siri 8 GGts dan ortiq chastotalarda sezila boshlanadi, noqulay ekologik sharoitlarda esa (atmosfera yog'inlarida metall changlari, kislota va ishqorlar mavjud bo'lsa) ancha past chastotalarda ham seziladi.

Aloqa liniyalari tayyor emasligi ko'rsatkichlariga gidrometeorologik ta'sirini hisobga olish usuli atmosferaviy yog'inlarida signallar susayishini hisoblashga asoslangan, mazkur maydonda ularning paydo bo'lish ehtimoligi 0.01% ga teng.

Yomg'irlar paydo bo'lishida uzunasiga so'nish quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$g_d = b J^a, \text{ dB/km}, \quad (8.11)$$

bu yerda  $J$  – yog'ingarchilik intensivligi (mm/chas),

$b$  va  $a$  – koeffitsientlar, ular quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi:

vertikal qutblanish

$$a_v = a_{0v} + a_{1v} (\ln f)^{-1} + a_{2v} (\ln f)^{-3} + a_{3v} (\ln f)^{-5}, \quad (8.12)$$

bu yerda  $a_{0v} = -2.125$ ,  $a_{1v} = 16.48$ ,  $a_{2v} = -87.9$ ,  $a_{3v} = 232.2$ .

$$b_v = \exp [b_{0v} + b_{1v} (\ln f) + b_{2v} (\ln f)^2], \quad (8.13)$$

bu yerda  $b_{0v} = -12.39$ ,  $b_{1v} = 4.1$ ,  $b_{2v} = -0.288$ ,

gorizontal qutblanish

$$a_h = a_{0h} + a_{1h} (\ln f)^{-1} + a_{2h} (\ln f)^{-3} + a_{3h} (\ln f)^{-5}, \quad (8.14)$$

bu yerda  $a_{0h} = -1.761$ ,  $a_{1h} = 13.81$ ,  $a_{2h} = -62.77$ ,  $a_{3h} = 142$ .

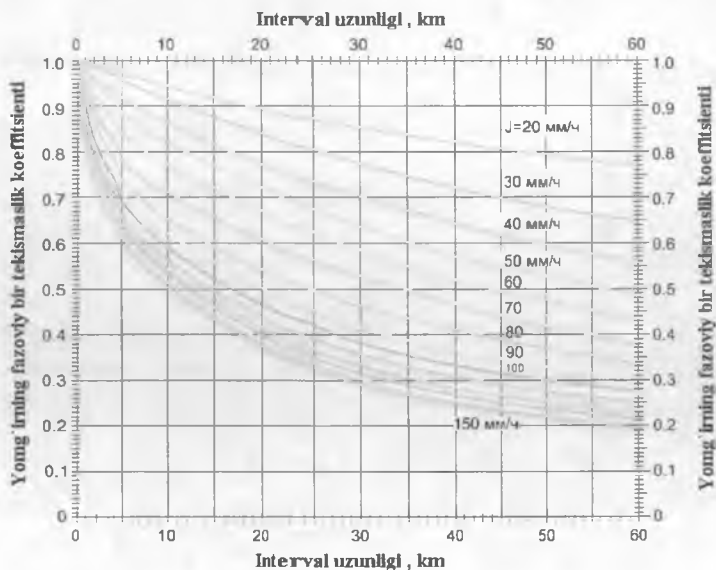
$$b_h = \exp [b_{0h} + b_{1h} (\ln f) + b_{2h} (\ln f)^2], \quad (8.15)$$

bu yerda  $b_{0h} = -12.76$ ,  $b_{1h} = 4.365$ ,  $b_{2h} = -0.324$ .

Yomg'ir paydo bo'lishi davomiyligining samaraliligi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$R_{\text{eff}} = R_0 * k_d, \quad (8.16)$$

Unda  $k_d$  – yomg'irning fazoviy notekislik koeffitsienti, u 8.11-rasmdagi grafikda ko'rsatilgan:



8.11-rasm. Yomg'irning fazoviy notekisligi koeffitsienti

Yomg'irning berilgan intensivligi keltirib chiqaradigan signal kuchsizlanishi (dB), :

$$A = g_d R_{\text{eff}} \text{ dB}. \quad (8.17)$$

Aloqa liniyasi oralig'ida qabullagich kirishdagi signal sathi xatoliklar koeffitsienti  $10^{-3}$  uchun chegaraviy qiymatdan kam bo'lish vaqtining  $T_d$  foyizi (bu aloqa liniyasi tayyor emasligi ko'rsatkichlarini tashkil etuvchilarga mos keladi), quyidagi usul bo'yicha aniqlanadi.

Bu usulning mohiyati yomg'ir intensivligini aniqlashni o'z ichiga oladi, unda trassadagi signal kuchsizlanishi qotish zaxirasiga mos kelishi lozim (xatoliklar koeffitsienti  $10^{-3}$  uchun) kelgusida mazkur iqlimiy hududda shunday intensivlikdagi yomg'irlar ehtimolligi aniqlanadi.

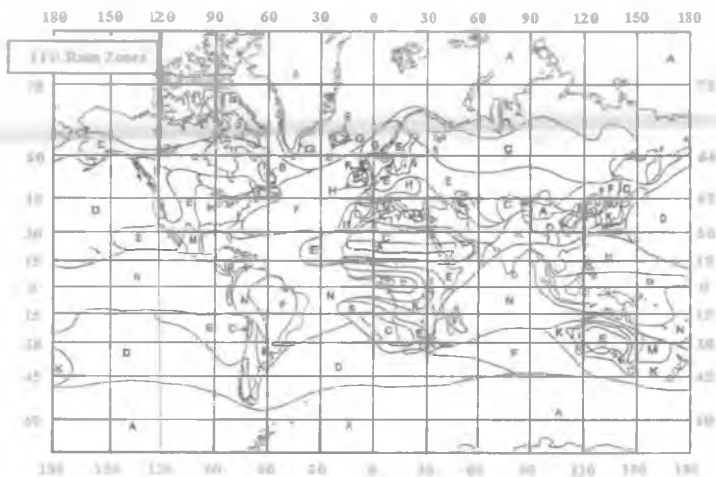
Aloqa tarmog'ining har bir oralig'i uchun hisoblash quyidagi ketma-ketlikda amalga oshirilishi mumkin:

1. 20 – 120 mm/soat chegarasida yomg'ir intensivligining  $J$  bir nechta ( $E - L$ ) qiymatlarini berish;

2. 8.7 – 8.17 formulalardan foydalangan holda, berilgan intensivlikdagi  $J$  yomg'irlarda signal susayishi ( $A$ ) kattaligini hisoblash;

3. Hisoblash natijalarini jadvalga kiritish va  $A = f(J)$  bog'lanish grafisini qurish;

4. Qurilgan grafikdan, mazkur oraliq uchun hisoblangan qotish zaxirasiga signal susayishi mos keladigan yomg'ir intensivligini aniqlash kerak. Kerakli qiymat qurilgan grafik tashqarisidan bo'lishi ham mumkin bo'lgan holatlar ham bo'ladi. Bunday holatda yomg'ir intensivligini tanlash chegaralarini kerakli tarzda o'zgartirish kerak;

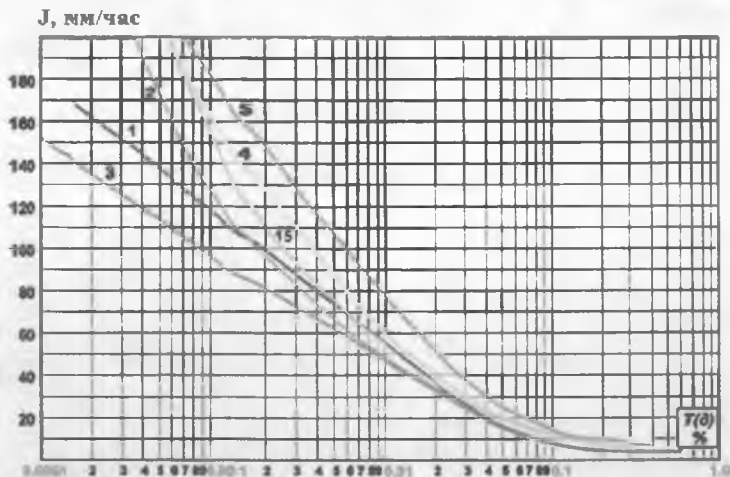


Yomg'ir intensivligi bo'yicha hududni tumanlashtirishning shartli xaritasi



5. Yomg'ir intensivligi bo'yicha hududni tumanlashtirish xaritasidan loyihalashtirilayotgan aloqa tarmog'ini ishlaydigan tuman raqamini aniqlang;

6. Yomg'ir intensivligi o'rta daqiqali qiymatining statistik taqsimoti grafigidan intensivli yomg'ir ehtimoligini aniqlang. Bu aynan izlanayotgan Td qiymatidir.



Yomg'ir intensivligi o'rta daqiqali qiymatining statistik taqsimoti

Yomg'irlar taqsimotining grafigi tadqiqotlar yangi ma'lumotlariga ko'ra davriy ravishda yangilanib turishini hisobga olish kerak.

Interferension qotishlarni paydo bo'lish ehtimoligini hisoblash. Interferensoin qotishlar raqamli RRLdagi hatolik koeffitsientini yetarlicha tez o'zgarishiga (birliklar va o'ndan bit sekund) olib keladi, shuning uchun ular xatolik bo'yicha aloqa liniyalarini sifat ko'rsatkichlariga (PKO) ta'sir etadi. Umimiy holatda PKO ikki asosiy komponentlar yig'indisidan iborat:

$$PKO = PKO_{gl} + PKO_{chs}, \quad (8.18)$$

bunda  $PKO_{gl}$  va  $PKO_{chs}$  – mos ravishda silliq va chastotaviy-selektiv interferension qotishlar ta'siri.

Amaliyot shuni ko'rsatadiki, chastotaviy-selektiv qotishlar ta'sirini 50 Mbit/s dan ortiq ishlash tezligida va aloqa liniyalarining oraliq uzunligi 20 kmdan ortiq bo'lganda hisobga olish lozim.

Silliq interferension qotishlar paydo bo'lish ehtimolligi ITU-T 338-4 tavsiyalariga mos ravishda aniqlanadi

$$R_{int} = K_{kl} Q f^b R_0^d \text{ c.} \quad (8.19)$$

bunda  $K_{kl}$  – klimatik faktor,

$b, s$  va  $d$  – koeffitsientlar,

$Q$  – yer sathi sharoitining faktori.

Turli xil iqlim hududlarida 8.19 formuladagi kataliklar tanlovida juda katta farqlanishlar kuzatiladi. Ularni tanlash uchun ma'lumotlar 8.4 va 8.5 jadvallarida keltirilgan.

Yer sathidan akslanuvchi to'lqinlar mavjudligini hisobga oluvchi Yer sathi sharoitlari ta'siri faktori ( $Q$ ), agar oraliq kesishuvchilar turkumiga mansub bo'lsa, birga teng deb olinadi.

Bularda akslangan to'lqinlarni ekranlashda yoki akslanish koeffitsientining kichik qiymatlarida kritik yoriqliq  $N_0$  kattaligining ikkilanganidan kattaroq akslanish yuzalarining notekisliklari sababli yuzadan akslanishlarni hisobga olmasa ham bo'ladigan proletlar kiradi (masalan, o'rmon yuzasidan qaytish).

8.4 jadval

No	Hududlar	$K_{kl}$	$b$	$d$
1	Quruqlikdagi hududlar	$4.1 \cdot 10^{-4}$	1.5	2
2	Dengiz bo'yi hududlari va suv omborlari, katta daryolar va boshqa suv massivlari yonida bevosita joylashgan hududlar	$2 \cdot 10^{-3}$	1.5	2
3	Rossii shimol-g'arbi va Sankt-Peterburg	$4.1 \cdot 10^{-4}$	1.5	2

4	G' arbiy Yevropa	1.4 10 <sup>-6</sup>	1	3.5
5	Skandinaviya	6.8 10 <sup>-5</sup>	1	3

8.5 jadval

No	Iqlim	S
1	Quruq	0,5
2	Mo'tadil	1
3	Issiq, nam iqlim yoki suv bo'yi hududlardagi mo'tadil iqlim	2
4	Issiq, nam iqlimli suv bo'yi hududlar	4

SES parametrining hisoblanadigan qiymatlari quyidagicha aniqlanadi:

$$SEShisob = Rint \cdot 10^{-0.1 M(-3)}, \quad (8.20)$$

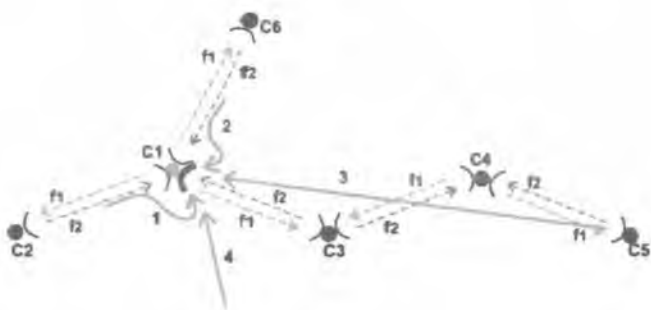
MPK parametri esa (taqribiy formula bo'yicha) quyidagicha aniqlanadi:

$$MPKhisob = 5.5 [Rint \cdot 10^{-0.1 M(-6)} - 0.5 Rint \cdot 10^{-0.1 M(-3)}] \quad (8.21)$$

Odatda, kuchli zararlangan sekundlarda normaning bajarilishi zamonaviy apparaturalarda va pasaytirilgan sifatidagi daqiqalarda norma bajarilishga keltiriladi, shuning uchun ko'pincha MPKhisob aniqlanmaydi.

Hisoblash natijasidan olingan kattaliklar normalar bilan solishtiriladi. Norma bajarilmaganda apparatura va antenna-fider traktining boshqa parametrlari bo'yicha hammasini qayta hisoblash lozim.

**Ichki va tashqi radioxalaqitlarning ta'sirini hisoblash.** Har qanday radioreleli aloqa linyalarning ishlashida odatda qabul qiluvchi qurilmalar kirishiga foydali signal va liniyaning o'zidan hamda begona manbalardan bir yoki bir necha xalaqit beruvchi signallar kelib tushadi. 8.12-rasmda RRLning bitta stvoli uchun C1-C3 oraliqdagi C1 uzal stansiyaning qabul qiluvchi qurilmasining kirishida xalaqit beruvchi signallar hosil bo'lishiga xarakterli misollar keltirilgan.



8.12-rasm. Xalaqit beruvchi signallar paydo bo'lishi

Xalaqit beruvchi signallar harakatlanish yo'llari nomerlangan strelkalar bilan ko'rsatilgan.

1-qabul qiluvchi kirishiga avvalgi C2-C1 oraliqdan, antenna yo'naltirilganlik diagrammasining orqa yaprog'i hisobiga, keluvchi signal;

2-qabul qiluvchi kirishiga tarmoqlanish(C1-C6 oraliq)dan, antenna yo'naltirilganlik diagrammasi yon yaprog'i hisobiga, keluvchi signal;

3-C5 stansiyasidan C1 stansiyasigacha uchta oraliqdan o'tuvchi signal;

4-boshqa manbalardan (masalan, sun'iy yo'ldoshli aloqa tizimidan) keladigan, xalaqit beruvchi signal.

Ko'p stvulli ishlashda qo'shni stvollarning signallari ham xalaqitlar manbai hisoblanadi.

Aloqa liniyalar ishiga xalaqit beruvchi signallar ta'sirini hisobga olishda, xalaqitning korrelatsiyalangan va korrelatsiyalanmagan tashkil etuvchilarini farqlash lozim.

Korrelatsiyalangan xalaqit beruvchi signallarga o'zgarishi foydali signal o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan tashkil etuvchilar kiradi. Shuning uchun foydali signalni xalaqit beruvchi signalga nisbati ( $S_k = P_c/P_p$ ) vaqt bo'yicha o'zgarimas bo'ladi. Bunday xalaqit beruvchi signallarning asosiy manbai – oraliqdagi qo'shni stvollarning xalaqitlaridir. Ma'lumki, RRL ning qo'shni stvollari ishchi chastotalari bilan 15–18 GGts gacha

diapazonda esa turli qutblanishlar bilan ham farqlanadi. Bunda korrelyatsiyalangan o'zgarishlarning asosiy sababi, keng chastota diapazonida chastotaviy-mustaqil bo'lgan gidrometeorlardagi so'nish hisoblanadi. Bundan tashqari nisbatan uzoq proetlarda kirish sathlarining korrelyatsiyalangan o'zgarishlariga trassa yopilishi hisobiga o'zgarishlarni keltirish mumkin.

Interferensiya sababli signallarning qotishi esa, odatda, RRLning turli stvollarida chastotaviy-mustaqildir (ayniqsa katta sig'imli tizimlarda). Shuning uchun interferensiyalar qotishlarda qo'shni stvol signallarining ta'siri korrelyatsiyalangan xalaqit deb hisoblanmaydi.

Korrelyatsiyalanmagan xalaqit beruvchi signallar o'zini foydali signallarga bog'liq bo'lmagan holda tutadi. Demak, foydali va xalaqit beruvchi signallar nisbati o'zgarishi va vaqt davomida turlicha bo'lishi mumkin. Shuning uchun korrelyatsiyalanmagan xalaqitlarni hisobga olishda eng yomon holatni, foydali signal maksimal kuchsizlangan va xalaqit beruvchi signallarning o'tish sharoiti eng yaxshi bo'lgan holatni ko'rib chiqish lozim. Aksariyat holda barcha xalaqit signallarini (8.12-rasm) korrelyatsiyalanmaganga kiritish mumkin.

Raqamli RRL dagi xalaqit beruvchi signallar ta'siri qabul qiluvchi qurilmalardagi signallarning chegaraviy qiymatlarining yomonlashishiga ekvivalentdir. Tabiiyki, qabul qilgichlarning chegaraviy qiymatlarining o'zgarishi demodulatorlardagi signal/xalaqit nisbatini o'zgarishiga olib keladi. QPSK kabi xalaqitga bardoshli modulatsiya turlarida, S/X nisbatining demodulatordagi ruxsat etilgan qiymati 15–25 dB ni tashkil etadi. Modulatsiyaning kamroq xalaqitbardosh usullarida (16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM, 256-QAM) talab etilgan S/X nisbati sezilarlicha yuqoridir. S/X nisbati va uning chegarasi yomonlashishi bilan bog'liqligining ruxsat etilgan qiymatlarini raqamli RRL apparatining texnik xarakteristikalaridagi ma'lumotdan topish mumkin.

Aloqa liniyalaridagi xalaqit beruvchi signallar mavjudligida vaziyatni yaxshilashga umumiy yondashish quyidagilarni to'g'ri tanlashga bog'liq:

- trassaning "zigzagsimonligini" va tashqi xalaqit signallaridan xoli "qurish"ni ta'minlash uchun RRL stansiyani joylashish joyini;

- yuqori yo'naltirilgan va himoyalaniş xususiyatlariga ega antennalarni qo'llashni;

- uzatkichlarning optimal quvvatlarini;

- ko'p stvolli tizimlarda ishchi chastotalarni taqsimlash rejasini to'g'ri tanlash.

**Korrelatsiyalanmagan xalaqitlar ta'sirini hisoblash.** Hisoblashning umumiy prinsipi qabul qilgichning 1—3 dB oralig'ida (xalaqitlar ta'siriga nisbatan faraz qilingan vaziyatga bog'liq holda) chegaraviy xarakteristikalarini yomonlashish kattaliklarini tanlash va aloqa liniyalari ko'rsatkichlarini Rpr por yangi kattaligi bilan qayta hisoblashlardan iborat. Hisoblashlarning quyidagi ket-ma-ketligini taklif etish mumkin:

a) xalaqit beruvchi signallar quvvatini aniqlash. Bu kattaliklar amaliyotda o'lchanadi yoki qabul qiluvchi antenna kuchaytirish koeffitsienti o'rnida orqadan yoki yon tomondan keluvchi signallar uchun antenna susaytirish kattaligidan foydalangan holda hisoblanadi. Xalaqit beruvchi signallar ta'sirini hisobga olish uchun antennalarning yo'naltirilganlik diagrammalari xarakteristikalarini bilish lozim. Aniq xarakteristikalar ishlab chiqaruvchi firmalar tomonidan ko'rsatiladi. Bundan tashqari, foydali signal chastotasidan farqlanuvchi chastotaga ega bo'lgan xalaqitlarni hisobga olganda ajratuvchi filtrlar susaytirishini hisobga olish lozim.

U holda:

$$R_{pi} = R_{pri} + A(Q) + Ar_f, \quad (8.22)$$

bu yerda  $R_{pi}$  – i-chi xalaqit beruvchi signal quvvati darajasi;

$R_{pri}$  – xalaqit beruvchi yo‘nalishdagi qabul qilgich kirishidagi signal quvvati darajasi;

$A(Q)$  – antennaga  $Q$  burchak ostida keluvchi signal sustlashishi;

$A_{rf}$  – ajratuvchi filtrlardagi signalni sustlashishi (foydali va xalaqit beruvchi signallar chastotalaridagi farqlanishlarda).

Turli yo‘nalishlarda va turli manbalardan keluvchi xalaqitlar quvvatining umumiy darajasi:

$$P_{n\Sigma} = 10 \lg \left( \sum_i 10^{0.1 P_{ni}} \right) \quad (8.23)$$

Bunda  $R_{pi}$  –  $i$ -nchi oraliqdan yoki xalaqitlar manbayidan keluvchi xalaqit signalining quvvati (dBm);

b) qotishlarsiz foydali va xalaqit beruvchi signal-larning quvvat darajalarining farqini aniqlash

$$S_0 = R_{pr} - R_p; \quad (8.24)$$

v) qotishlarda foydali va xalaqit beruvchi signal-larning quvvat darajalarining farqini aniqlash

$$S = S_0 - M(10-3); \quad (8.25)$$

g) olingan kattaliklarni konkret raqamli RRL apparaturasi qabul qiluvchi qurilmalarining chegarasini ekvivalent yomonlashishga olib keluvchi  $S/X$  nisbati bilan taqqoslash.

Raqamli RRL apparaturasi uchun xalaqitlarning ta’siri va chegarasi yomonlashishi orasidagi munosabat

$S/X$ nisbati, dB	Chegara yomonlashishi (Y), dB
17	3
18	2
20	1
24	0.5

d) Agar  $S/X$  nisbati qiymati jadvalda ko‘rsatilgan diapazonga joylashsa, chegara yomonlashish kattaligini (Y) aniqlash. Chegaraning yomonlashishi 3 dB dan

oshishi mumkin emas va aloqa liniyaning parametrlari va strukturasi to'liq qayta hisoblash talab etiladi;

e) chegara yomonlashishini hisobga olgan holda qotishga zaxirani aniqlash

$$M1(10-3) = M(10-3) - Y \quad (8.26)$$

va bu zaxiraning yangi qiymatini hisobga olgan holda aloqa liniya parametrlarini qayta hisoblash.

Agar qayta hisoblangan parametrlar me'yorga mos kelmasa, u holda oraliqdagi energetik ko'rsatkichlarni yaxshilash (uzatkich quvvatini yoki antennalar kuchaytirish ko'effitsientini oshirish) va hisoblashni takrorlash kerak. Ba'zi hollarda uzatuvchi-qabul qiluvchi apparaturaning ishchi chastota diapazonini o'zgartirishga to'g'ri kelishi mumkin.

**Korrelatsiyalangan xalaqitlar ta'sirini** shunga o'xshash usul bo'yicha hisoblash mumkin, faqat  $S/X$  nisbatini 3.1-jadval keltirilgan kattaliklar bilan taqqoslash quyidagi formula bo'yicha aniqlanadigan qotishlar yo'q holati uchun bajariladi.

$$S_0(k) = R_{pr} - R_p + X, \quad (8.27)$$

bunda  $X$  – har xil stvollar uchun RRL oralig'ida bo'ladigan jarayonlar dekorrelatsiyasini hisobga olish uchun loyihalangan zaxira. Odatda  $X = 3-6$  dB.

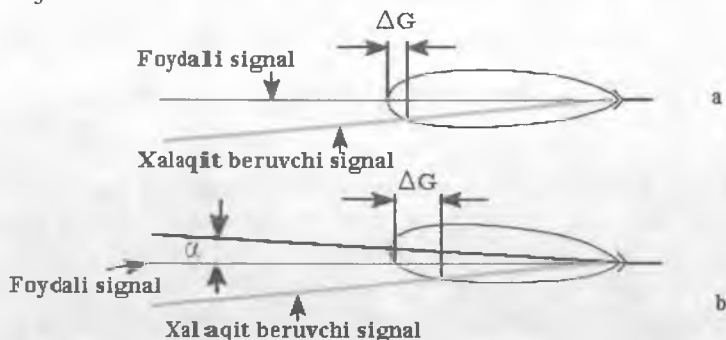
### **8.5. RRL oraliqlarida aloqa barqarorligini oshirish usullari**

Raqamli RRL sifat ko'rsatkichlarini yaxshilashning muhim usullariga antennalarni maxsus yustirovkalash va ajratilgan qabulni qo'llash kiradi. Sifat ko'rsatkichlarining yomonlashishiga asosiy sabab RRL oraliqlarida interferension qotishlar va xalaqit beruvchi signallar mavjudligidir.

Antennalarning maxsus yustirovkasi (0.5–1.5 grad. oralig'ida) ularning yuqori yo'naltirilganlik xususiyatlaridan foydalangan holda, turli xalaqit beruvchi sig-



nallardan xoli qurilishiga imkon beradi. Odatda bu foydalanish sharoitlarida bajariladi, lekin taxminiy hisoblashlarni oldindan bajarish mumkin. Aniq hisoblashlarning qiyinligi ko'p faktorlarga (xususan, antenna tirgaklari va montaj mahkamlagichlarining ta'siriga) bog'liq bo'lgan antenna yo'naltirilganlik diagrammalari qirqilganligi bilan bog'liq. Taxminiy hisoblashlar keltirilgan metodika bo'yicha, antennalarning standart yo'naltirilganlik diagrammalarini hisobga olgan holda bajariladi.



8.13-rasm. Xalaqit beruvchi signallardan xoli qurish

Xalaqit beruvchi signallardan xoli qurish prinsipi 8.14-rasmda ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, antennani a burchakka burishda foydali signalni kuchaytirish koeffitsienti ozroq kamayadi, lekin xalaqit beruvchi signal uchun esa kuchaytirish sezilarli darajada kamayadi. Odatda a burchakning optimal kattaligi quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$a_{\text{opt}} \approx 0.6 (2Q_0), \quad (8.28)$$

bunda  $2Q_0$  - quvvat yarimligi bo'yicha antannaning yo'naltirilganlik diagrammasi kengligi, grad.

Kuchli interferension ta'sirlar sharoitlarida ajratilgan qabul qilishni qo'llash mumkin, u yetarlicha samarali vositadir. Ma'lumki, amaliyotda qo'llanadigan RRL da stvol bo'yicha rezervlash usuli chastotaviy-ajratilgan qabul qilishning xususiy holatlaridan biridir.

Agar aloqa tizimida stvol bo'yicha rezervlash qo'llanilmasa, u holda raqamli RRL larda bardoshlilikini oshirish uchun ko'p hollarda fazoviy-ajratilgan qabul qilish qo'llaniladi. Apparaturalarning ba'zi turlari bunga o'xshash rejimlarda ishlash uchun konstruktiv imkoniyatlarga ega. Fazoviy-ajratilgan qabul qilishning umumiy prinsipi – signallarni fazoda ajratilgan ikkita-uchta antennalarda qabul qilishdir. Odatda RRLda antennalar bitta antenna tirgagida balandlik bo'yicha  $4500/f$ , sm dan kam bo'lmagan holda ajratish usuli qo'llanib joylashtiriladi, bunda f-ishchi chastota, GGts.

### 8.6. RRL parametrlarini hisoblash algoritmi

Loyihalashtirilayotgan raqamli RRL asosiy parametrlarini hisoblashning umumiy algoritmi berilgan sifati ko'rsatkichlariga erishish uchun apparatura va trassa parametrlarini ketma-ket tanlashdan iborat. Amaliyotda raqamli RRLni hisoblashda bir nechta masalalar uchraydi. eng ko'p uchraydigan variantlar quyidagilardir:

- berilgan o'tkazuvchanlik qobiliyati va sifati ko'rsatkichlarida aloqa liniyasini hisoblash;
- berilgan o'tkazuvchanlik qobiliyati, ishchi chastotalar diapazoni va sifati ko'rsatkichlarida aloqa liniyasini hisoblash;
- berilgan apparatura va oxirgi punktlarda aloqa liniyasining asosiy parametrlarini aniqlash;
- mavjud aloqa liniyalar modernizatsiyasini amalga oshirish;
- berilgan punktlar orasida tizimning eng kam tan narxida berilgan aloqa liniyalarini qurish imkoniyatini aniqlash.

Turli variantlar bo'yicha hisoblash algoritmini konkret sharoitlar uchun modifikatsiyalash tabiiy narsadir. Ko'p hollarda hisoblashlar ishchi chastotalar diapazonini, apparatura turlarini va antenna parametrlarini tanlashdan boshlanadi.

Apparaturani berilgan o'tkazuvchanlik qobiliyatida qabul qilgich kirishidagi chegaraviy signal darajasining mumkin bo'lgan kichik qiymatli va uzatuvchi qurilmalarning quvvat darajalarini birnecha qiymatlarida o'zgartirish imkoniyati mavjudligini tanlash maqsadga muvofiq.

Antenna tanlashda bir nechta mulohazalardan foydalanish lozim. Katta kuchaytirish koeffitsientli antennalar aloqa liniyalarining energetik potensialini oshiradi, bu sifat ko'rsatkichlarini yaxshilaydi. Bunday antennalar yaxshi himoyalanganlik hisobiga RRL trassasidagi xalaqitli vaziyatni ma'lum darajada yaxshilay oladi. Biroq katta kuchaytirish koeffitsientli antennalar katta o'lchamlarga ega. Ular kuchli shamol bosimiga duchor bo'ladi va kuchli mustahkamlashni va qattiq antenna tayanchlarini talab qiladi, bu esa aloqa liniya narxini oshiradi. Shuning uchun narx va sifat o'rtasida ongli nisbatni tanlash lozim.

Stansiyalar joylashish joylarini va oraliqlarning bo'ylama profillarini tanlashda yuqorida keltirilgan tavsiyalardan foydalanish mumkin. Bu, aloqa liniyalarining ishlash qobiliyatini ko'p jihatdan aniqlaydigan, o'ta mas'ul bosqichdir. Bunda sifatli kartografik materiallardan foydalanish, eng kritik holatlarda esa asosiy balandlik nishonlarini olish bilan hududni amaliy ko'zdan kechirish lozim.

Antennalarning o'rnatiladigan balandligi ham (10 GGts dan yuqori chastota diapazonlarida) yuqorida tavsiflangan mezonlar bo'yicha aniqlanadi.

Stansiyalar joylashish joylari va RRL oraliqlari uzunliklari aniqlanganidan so'ng, har bir oraliqqa aloqador me'yorlarni mos jadvallarda keltirilgan ma'lumotlardan foydalanib hisoblash mumkin.

Eslatish zarurki, raqamli RRL lar uchun me'yorlar uzil-kesil o'rnatilmagan. Shuning uchun ITU-R ni bu masalalar bo'yicha ko'rsatmalarini kuzatib turish lozim.

RRL oraliqlarida qotishlarga zaxirani hisoblash

bosqichida proletlar, apparaturalar va antennalarning asosiy parametrlari tanlovining to'g'riligi haqida oldindan xulosa qilish mumkin. Ko'pgina holatlarda qotishga zaxira 26–28 dB dan kam bo'lmashligi kerak. Bunday zaxirada, ma'lum sharoitlarda, raqamli RRL ko'rsatkichlari uchun me'yorlarni bajarish ham mumkin.

Qotishlarga o'ta katta zaxiralar (50–60 dB) iqtisodiy oqlanmaydi va ulardan chetlanish kerak.

Tayyor emaslik ko'rsatkichlarini hisoblashdan oldin aloqa liniyalari ishlashini buzilishiga olib keluvchi faktorlarni aniqlash talab etiladi. Qoida bo'yicha, ko'rilayotgan chastotalar diapazonlarida liniyalarning ishlash qobiliyati asosan yomg'irlar (gidrometeorologik) ta'siri bo'lganda aniqlanadi. Trassalarning yopilishi oraliqlar uzunliklari qisqa bo'lganda kam ehtimolidir va ular ayrim hollarda hisobga olinadi.

Xatoliklar bo'yicha barcha sifat ko'rsatkichlari orasidan ko'p holatlarda kuchli zararlangan soniyalarning foizli kattaligi aniqlanadi, boshqa kattaliklar zaruriyat bo'yicha hisoblanadi.

Agar yuqorida sanab o'tilgan harakatlar bajarilgandan so'ng tayyor emaslikka me'yorlar va sifat ko'rsatkichlari bajarilmasa, hisoblashlar apparatura, antennalar yoki oraliqlar uchun boshqa ma'lumotlar bilan qanoatlantiruvchi natijalar olinmaguncha qaytariladi.

Hisoblashlarning keyingi punkti – har bir oraliq uchun xalaqitli vaziyatlarni hisobga olish. Bunda barcha xalaqitlar manbalari tahlilini o'tkazish, S/X nisbatlari hisoblanishini bajarish va qabul qiluvchi qurilmalar chegarasi degradatsiya kattaligini aniqlash zarur. Shundan so'ng chegara degradatsiya kattaliklarini hisobga olgan holda qotishlarga zaxiralar qayta hisoblanadi va talab etilgan sifat ko'rsatkichlarini olish maqsadida barcha hisoblashlar qaytariladi. Me'yorlar bajarilmaganda oraliqlardagi signallar energetik darajasini oshirish, oraliqlar azimutlarini o'zgartirish, ishchi chastotalar taqsimlanish rejalarini yoki aloqa liniyalari strukturala-

rini konkret vaziyatga bog'liq holda o'zgartirish amalga oshiriladi.

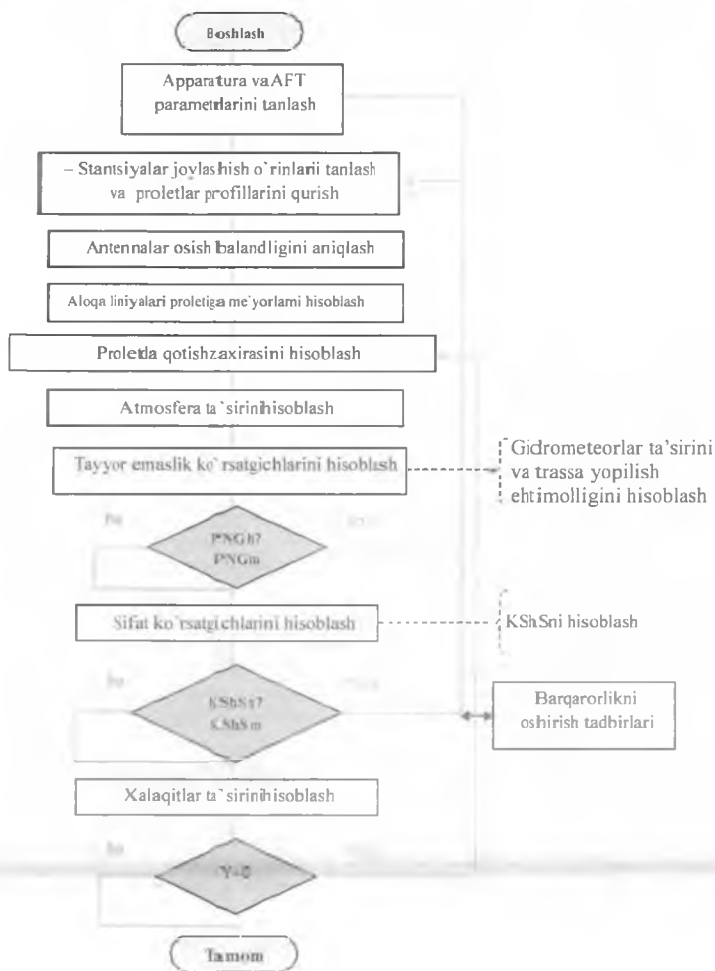
Ba'zi mushkul holatlarda ayrim oraliqlarda aloqa tizimi ishlashi barqarorligini oshirish bo'yicha choralar qo'llashga to'g'ri keladi. Lekin bunday usullarni eng ilojisiz holatlarda qo'llash lozim, chunki ular iqtisodiy befoyda bo'ladi.

Hisoblash algoritmi 8.14-rasmda keltirilgan.

Ko'rib chiqilgan raqamli radioreleli aloqa tizimlarini hisoblash metodikasi yagona emas. Uning afzalligi antennani o'rnatish balandligini va axborotni taqsimlash mikroto'lqinli ko'pkanalli tarmoqlar tizimi va aloqa liniyalari radiuskunalarning tanlangan parametrlarida sifat ko'rsatkichlarini aniqlash nisbatan osonligi hisoblanadi. Aloqa tizimlarini muvaffaqiyatli loyihalashtirish ko'p hollarda dastlabki ma'lumotlar aniqligiga, xususan, tashqi muhit parametrlari aniqligiga bog'liq. Bu parametrlarni aniqlanishga va bashorat qilishga, ayniqsa hozirgi vaqtda keskin o'zgaruvchi ekologok-iqlimiy faktorlarga jiddiy e'tibor berish lozim.

Hozirgi kunda raqamli RRLni loyihalashtirishning asosiy muammolari (oraliqlarda antennani o'rnatish balandligini tanlash, RRS antenno-fiderli traktining optimal parametrlarini aniqlash va raqamli RRL sifat ko'rsatkichlarini hisoblash) ixtisoslashtirilgan dasturiy majmualar yordamida bajariladi. MCHJ telekommunikatsiya texnologiyalari markazida (Novosibirsk, ctt-group.ru) yaratilgan DRRL dasturiy majmuasi keng qo'llanilmoqda va raqamli RRL ni loyihalash vositasi sifatida o'zini yaxshi ko'rsatmoqda.

Bu dasturiy majmua raqamli RRL loyihalashni avtomatlashtirishga mo'ljallangan. Dasturiy majmua ishlab chiqilishida foydalanuvchi interfeysi soddaligiga, hisob-kitoblarni maksimal avtomatlashtirishga va hisob-kitob natijalari haqida hisobotni maxsus rasmiylashtirish qoidalari va me'yorlariga mos ravishda chizmalar ko'rinishida olish imkoniyatiga alohida e'tibor qaratilgan.



8.14-rasm. Raqamli RRLni hisoblash algoritmi

Dasturiy majmua ProfEdit 3.0 dasturiy modulidan va DRRL 5.1 dasturiy moduli iborat. ProfEdit 3.0 moduli RRL oralig'ining bo'ylama profilidagi geodezik ma'lumotlarni kiritish, importlash va tahrirlashni ta'minlaydi va erkin foydalanish uchun taqdim etiladi.

DRRL 5.1 moduli RRL sifat ko'rsatgichlarini hisoblashni ta'minlaydi va erkin foydalanish uchun

tijoratdagi versiyaning barcha imkoniyatlariga ega bo'lgan, lekin faqatgina 8 ta oldindan o'rnatilgan raqamli RRL oralig'i bo'ylama profillari uchun hisob-kitobni bajarishga imkon beradigan ko'rgazmali DRRL 5.1 versiyani taqdim etiladi. Biroq u dasturning barcha imkoniyatlarini to'liq baholashga imkon beradi.

## 9-BOB

### NEC CORPORATION RADIORELELI TIZIMLAR

#### 9.1. Pasolink NEO

PASOLINK NEC Corporation sinfidagi uskuna o'zini eng yaxshi tomondan namoyon qildi, hattoki juda past haroratli hududlarda ham juda yuqori ishonchlilik va ishlashda barqarorlikni ko'rsatdi. Uskuna ixcham o'lchamlarga ega bo'lib, (ODU tashqi bloki – jahon ishlab chiqaruvchilar orasida eng ixchamlisi bo'lib, uning montajini jiddiy ravishda yengillashtiradi) uzoq yillar davomida yig'ilgan eng ilg'or texnologiyalar va tajriba asosida qo'llanilgan mobil va qayd qilingan aloqa operatorlarida qo'llash uchun ishlab chiqilgan edi. Ushbu sinfdagi barcha raqamli RRLlar yagona PNMSj boshqaruv tizimi ostida ishlaydi.

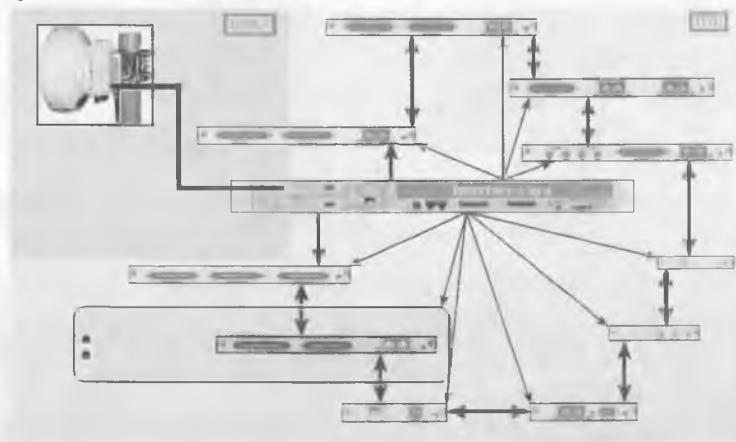
IDU ichki bloki PASOLINK NEO platformasidagi tarmoqning asosiy elementi bo'lib hisoblanadi, u 1-(1+0) yoki 2 ta(1+1)modemlarni va istalgan interfeys kartalarni o'rnatish uchun slotlarga ega bo'lib, CTRL Card boshqaruv kartasi orqali dasturiy o'zgaradigan konfiguratsiyaga ega. Interfeys kartalar istalgan zarur konkret masalalarni yechish uchun almashtirilishi mumkin yoki misolda ko'rsatilgandek (rasm 9.1) keng menyu(ro'yxat) dagi universal kartalardan o'rnatilishi mumkin, biroq bunda ko'rsatilgan kartalar bilan u cheklanmaydi.

PASOLINK NEO platformasi doimiy rivojlanmoqda, yangi funksiya va rejimlar, yangi almashadigan interfeys kartalar yuzaga kelmoqda, bu nafaqat joriy, hattoki istiqbolli masalalarni ham yechish imkonini beradi.

PASOLINK NEO IP trafikni uzatish bo'yicha ri-



vojlangan imkoniyatlarga ega. RRL PASOLINK NEO RRL ning gibrad sinfiga mansub bo'lib, u yerda TDM trafik (E1) va IP-trafik (Ethernet) IP-E1ning biron-bir konvertatsiyasini qo'llamasdan (va teskarisi) to'g'ridan to'g'ri radiofreymning mos qismiga joylashtiriladi. Bu ushbu uskuna negizida samarali gibrad tarmoqlarni qurish imkonini beradi.



9.1-rasm. Boshqarishning universal kartalari

Ko'p interfeysli kartalar LAN SW 2, VLAN, QoS tomonidan qo'llab-quvvatlanadi.

PASOLINK NEO tor polosali ikki nuqtali raqamli radioreleli tizim bo'lib, quyidagi radiochastotalar diapazonida ishlaydi: 6/7/8/11/13/15/18/23/26/28/32/38/52 GGts. PASOLINK NEO uskunasi yaxshi ishchi xarakteristikalariga ega bo'lgan holda, tizimning katta egiluvchanligini ta'minlaydi va yengil o'rnatiladi, ishonchiligi esa real ekspluatatsiya sharoitlarida tekshirilgan.

PASOLINK NEO PDH, SDH i LAN turlaridagi interfeyslarni taqdim etadi. Quyidagi: 4 - 48 x E1, 1 - 2 x E3, 1 - 2 x STM-1, 2/4 x 10/100 Base-T(X) va GbE , Gigabit-Ethernet) signallar uzatiladi.

Tizimlar antenna hamda ikkita bloklardan iborat – tashqi blok ODU(binodan tashqari joyda o'rnatiladi) va xonada o'rnatiladigan IDU blokidan iborat bo'

ladi. Ushbu bloklar alohida har bir RCH kanal uchun o‘zaro koaksial kabel bilan bog‘langan bo‘ladi. Quyidagi konfiguratsiya turlari qo‘llab-quvvatlanadi: zaxirasiz(1+0) va zaxirali (1+1). Zaxirali konfiguratsiyalar quyidagi turlar uchun qo‘llab-quvvatlanadi:”qo‘shma yo‘l” (twin-path) va “issiq zaxira”.



9.2-rasm. Antenna va tashqi blok ODU (bevosita montaj, 1+0 turi) (diapazon 11 – 52 GGts).

Tizimning o‘tkazish qobiliyati keng chegaralarda o‘zgarishi mumkin (9.1-jadval).

PASOLINK NEO ning mumkin bo‘lgan uzatish tezliklari

9.1-Jadval.

O‘tkazish qobiliyati ( E 1 / STM-1) (Mb/s)	5E1	10E1	20E1	40E1	48E1	STM-1
	10	20	40	80	108	155
Modulatsiya usuli	Kanalli interval* (MGts)					
QPSK						
16QAM	3.5	7	14 (13.75)	28 (27.5)		
32QAM					28 (27.5)	
128QAM						28 (27.5)

\* 13.75va 27.5 MGts chastotalar ham 18 GGts diapazoniga javob beradi.

IDU ichki blokining umumiy ko‘rinishi 9.3-rasmda keltirilgan.

a) 1+1 (zaxiralashli konfiguratsiya); balandlik 1U (4.45 sm); interfeys PDH+LAN



(b) 1+1 (zaxiralashli konfiguratsiya); balandlik 1U (4.45 sm); interfeys SDH



9.3-Rasm. Ichki xonaga o‘rnatish uchun IDU bloklari

PASOLINK NEO tizimining egiluvchanligi quyidagi texnik yechimlar bilan ta‘minlanadi:

- chastotaga – bog‘liq bo‘lmagan IDU ichki blok va 6 – 52 GGts chastotalar uchun ishlatiladi;

- aynan bitta IDU blokida ma‘lumotlarni uzatishni o‘zgaruvchan tezligi; 4 dan 48x2 Mb/s gacha; 1dan 2x34 Mb/s gacha; 155 Mb/s, 2x155 Mb/s, 10/100 Base-T(X), 1000 Base-SX, 1000 Base-T; Interfeyslarni o‘zgartirish IDU dagi interfeyslarning modulli platalarini almashtirish yo‘li bilan amalga oshiriladi;

- 155Mb/c dan 400Mb/s gacha tezlik bilan ishlaydigan PASOLINK NEO (NEO HP) ni katta tezlikda bajarish varianti;

- IDU blokida modulatsiya dasturiy yo‘l bilan o‘rnatiladi: QPSK/

16QAM/ 32QAM/ 128QAM. Yagona tashqi blok barcha turdagi modulatsiyalarni va 10 dan 155Mb/s gacha bo‘lgan tezliklarni qo‘llab-quvvatlaydi;

- PDH/ SDH/LAN interfeyslar uchun umumiy tashqi blok ODU bloki hisoblanadi.

Raqamli RRL PASOLINK NEO larda uskunada minimal o‘zgartirishlar yo‘li bilan o‘tkazish qobiliyatini orttirish imkoni bor. Modernizatsiyalash dasturiy ta‘minot litsenziyasini almashtirish va interfeyslar pla-

talarini almashtirish yo'li bilan amalga oshiriladi. ODU va IDU ning barcha bloklari o'zgarmaydi. bu sezilarli darajada tarmoqlarni modernizatsiyalashga ketadigan xarajatlarni va ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish imkonini beradi.

Uskunaning elektrta'minoti modemlar ichiga o'rnatilgan galvanik ajratgichli  $-48V$  DC Ta'minot Blokidan amalga oshiriladi. Ta'minot bo'yicha galvanik ajratkichning mavjudligi keskin ravishda uskunaning ishonchligini orttiradi, chunki asosiy raddiyalar ta'minotning notabil ishlashi tufayli yuz beradi.

Ta'minot kuchlanishi o'rnatilgan joyda  $-48V$  farqli kuchlanish bo'lsa, ta'minotning qo'shimcha DC-DC Converter konvertorini o'rnatish talab qilinadi, u  $+24V$  DC dan  $-60V$  DC gacha kuchlanishlar diapazonida ishlashni ta'minlaydi. Birlamchi manbaning ta'minot kirishlarida kuchlanish pasayganda yoki yo'qolib qolganda RRL PASOLINK NEO apparaturasi o'zining ishchi parametrlarini kuchlanish paydo bo'lgandan so'ng TS xodimlarining aralashuvisiz to'liq ravishda tiklaydi. RRL PASOLINK NEO o'zining ishchi parametrlarini ta'minotning nominal kuchlanishi  $-48V$  DC ( $+24V$  DS eki  $-60V$  DC tashqi konvertor bilan) ni  $-15\%+20\%$  chegaralarida saqlab qoladi.

IDU PASOLINK NEO uchun elektrta'minotning xususiyati bo'lib butun IDU ga bitta ta'minot bloki emas, balki har bir modemda (+ ODU har bir modem uchun mos ravishda) bir-biriga bog'liq bo'lmagan ta'minot bloklarining mavjudligi hisoblanadi. Bunday yechim har bir IDU uchun ta'minot bo'yicha zaxiralashni ta'minlaydi (har bir modemda ta'minot bloki) va keskin ravishda DCX uzelinig ishonchligini orttiradi.

RRL PASOLINK NEO Ta'minot Blokining Konstruksiyasi ta'minot zanjirlarida tasodifan ulanish yuz bersa va elektrta'minot qutblari noto'g'ri ulanganda yonib ketish imkonini istisno etadi. Elektrta'minot qutblari noto'g'ri ulanganda yoki qisqa tutashuvda IDU

old paneldagi eruvchan saqlagichlarni almashtirishga to'g'ri keladi (zaxiraviy saqlagichlar kelishuvga binoan IDU komplektiga kiradi).

RRL PASOLINK NEO ning ishchi parametrlari atrof-muhitning quyidagi haroratlarida kafolatlanadi:

IDU ning ichki bloki uchun:

- Xonadagi haroratning 0°C dan + 50°C gacha diapazonida ishchi parametrlar kafolatlanadi.

- Uskuna xonadagi harorat – 10°C dan +60°C. gacha diapazonida bo'lganda ishlash qobiliyatiga ega.

ODU ning tashqi bloki uchun (ochiq havoda):

- -50°C dan +50°C gacha harorat diapazonida ishning parametrlari kafolatlanadi.

Xonaning ichida o'rnatiladigan PASOLINK NEO IDU uskunasi, ventilatorlarga ega emas va konveksion usul bilan sovutiladi, bu keskin ravishda tizimning ishonchliligini orttiradi va xizmat ko'rsatishning hajmini kamaytiradi. IDU uchun koveksiyani va qizib ketishdan himoyani ta'minlash uchun ustun montajlanganda qo'shni IDU bloklari orasida 1U ga bo'shliq qoldirishning o'zi yetarli bo'ladi (yoki boshqa qo'shni uskuna bilan).

Eng yaxshi ekspluatatsion xarakteristikalarini ta'minlash uchun uskunani yetkazishda ANDREW (AQSH) ishlab chiqargan quyidagi antennalar taklif etiladi:

#### Diapazon 7/8GGts:

	Birqutbli	Ikki qutbli ortogonal qutblashlar bo'yicha ajratkich koeffitsientining orttirilgan qiymati bilan (XPD)
Diapazon 7/8GGts (7.125-8.400GGts)	VHLP2-7W-4WH	
	VHLP4-7W-4WH	
	VHLP6-7W-4WH	
	HP8-71W-D2M	
	HP10-71W-D2M	

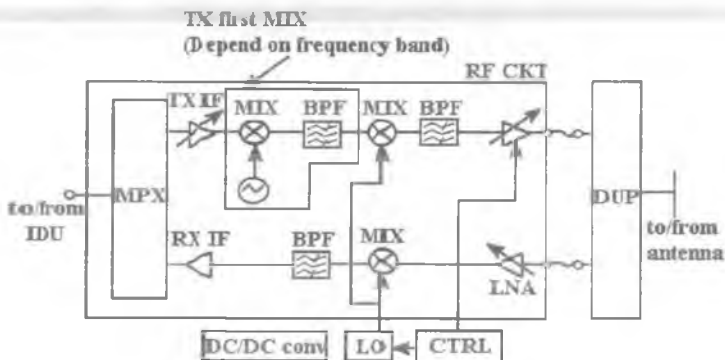
Diapazon 7GGts (7.125- 7.725GGts)		HSX4-71-D4A/A
		HSX6-71-D4A/A
		HSX8-71-D4M
		HSX10-71-D4M
		HSX12-71-D4M
Diapazon 8GGts (7.725- 8.275GGts)		HSX4-77-D4A/A
		HSX6-77-D4A/A
		HSX8-77-D4M
		HSX10-77-D4M
		HSX12-77-D4M

### Diapazon 18GGts:

- VHLP2-18-NC3(B) – diametri 0,6 m, past profilli antenna (Low Profile);
- VHLP4-18-NC3(B) – diametri 1,2 m, past profilli antenna (Low Profile);
- VHLP6-18-NC3(B) – diametri 1,8 m, past profilli antenna (Low Profile).

ODU tashqi blokini quyidagi variantlar bo'yicha montaj qilish mumkin:

- antennada to'g'ridan to'g'ri montaj qilish;



9.4-rasm. ODU tashqi blokining blok-sxemasi (6 – 52 GGts)

- alohida o'ratish, agar antennaga to'lqin o'tkazgich yoki koaksial kabel kelgan bo'lsa:

- 1+1 (zaxiralash bilan) tizimi gibridli summator/bo'lgich bilan;

- 2+0 tizimi, ikki qutbli antennani o'z ichiga oluvchi.

9.4-rasmda ODU tashqi blokining blok-sxemasi (6 – 52 GGts) keltirilgan.

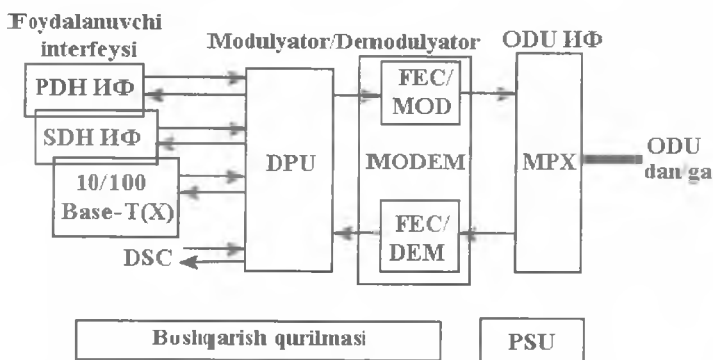
bunda: BPF – polosali filtr; CTRL – boshqarish qurilmasi; IDU – xonadagi blok; LO – geterodin; IF – PCH; LNA – kam shovqinli kuchaytirgich; MIX – aralash-tirgich; MPX – multipleksor; PA – impulsli kuchaytirgich; RF CKT – RCH-sxema; RX – qabul qilgich; TX – uzatkich.

Uzatkich-qabul qilgich shunday loyihalanganiki, unda 6–52 GGts diapazonlarda 8–155 Mbit/s raqamli signallar qayta ishlanadi. Talab qilinayotgan tizimning xarakteristikalari kvadratur fazali manipulyatsiyalar yordamida ta'minlanadi (QPSK). Chastotalar diapazonidan samarali foydalanish uchun modulyatsiyaning 16/32/128 (16/32/128QAM) karralisi bilan kvadratur fazali manipulyatsiya ishlatiladi. Ushbu ODU bloki bu modulyatsiyalarning har birida ishlatilishi mumkin.

ODU blokining barcha RCH sxemalarida integral sxemalarning yangi texnologiyalaridan foydalaniladi: MMIC (monolitli O'YUCH IS), MIC (monolitli IS) va h.k.

IDU blokining umumiy blok-sxemasi 9.5-rasmda keltirilgan.

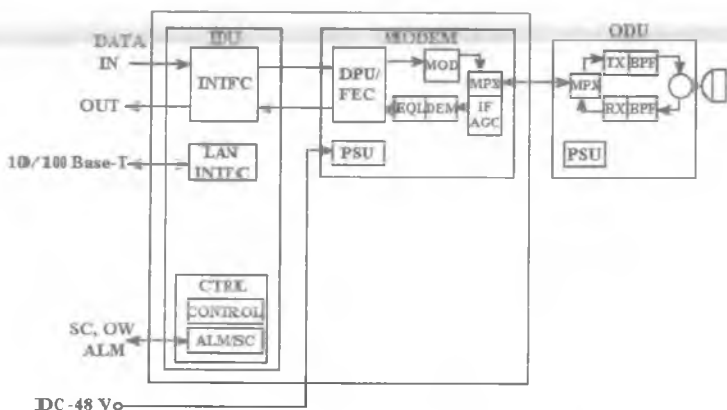
Blok 6 ta funksiyaga ega (MPX, MODEM, DPU, INTFC, boshqaruv va ta'minot bloki). Multipleksor funksiyasi (MPX) – bu ODU tashqi blokining interfeysi. Modulyator/demodulyator funksiyasi (MODEM) – bu modulyatsiya turini tanlashdir (QPSK yoki 16/32/128 QAM), bu tanlov dasturiy yo'l bilan amalga oshiriladi. MODEM funksiyasi o'z ichiga oldindan xatolarni to'g'rilashni (FEC) oladi. Foydalanuvchi



9.5-rasm. IDU blokining umumiy blok-sxemasi.

(qisqartmalar: DPU-raqamli qayta ishlash qurilmasi; DSC-raqamli servis kanali; FEC/DEM-xatolikni oldindan korreksiyalash (UKO)/demodulyatsiya; FEC/MOD – UKO/modulyatsiya; MPX – multipleksor; PDH – pleziokron raqamli iyerarxiya; PSU-ta’minot bloki; SDH – sinxron raqamli iyerarxiya; 10 Base-T(X) – LHT Ethernet koaksial kabelda, 10 Mb/s; 100 Base-T(X) – LVS Ethernet kabelda, 100 Mb/s).

interfeysining funksiyasi quyidagi interfeyslar uchun ta’minlanadi: PDH, SDH va Ethernet. Raqamli servisli kanal (DSC) bitlarni kiritish metodi bo’yicha yaratilgan, muhandislik xizmat telefoni esa (EOW) – IKM kodeki yordamida yaratilgan.



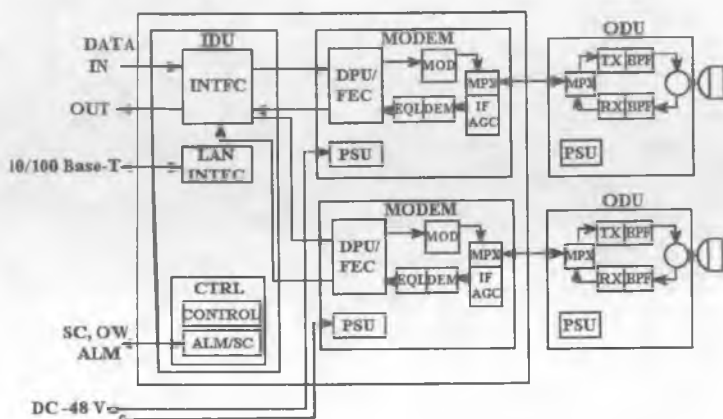
9.6-rasm. Rezervlanmagan (1-0) tizimning blok-sxemasi.



Raqamli qayta ishlashning barcha funksiyalari quyidagilardan foydalanib bosma platada yig'ilgan: KIS (BIS), O'KIS (SBIS) va integral mikrosxemalarning texnologiyasidan foydalanilgan.

Yuqorida aytib o'tilganidek, PASOLINK NEO quyidagi turdagi konfiguratsiyalarda amalga oshirilishi mumkin: zaxirasiz (rezervsiz) 1+0 yoki zaxirali 1+1 issiq zaxira (rezerv); issiq rezerv/fazoviy tarqatish va "qo'shma yo'l".

Tizim xarakteristikalarini yaxshilash uchun "qo'shma yo'l" (twin path) turidagi zaxiralashli tizim hayotiy muhim komponentlarni takrorlaydi. Zaxiralashsiz tizim uchun ichki blok IRU (4, 45 sm) balandlikka ega; uni standart 19" ustunda va ETSI ustunida montajlash



9.7-rasm. Rezervlangan (1+1) tizimning blok-sxemasi.

Bunda: data – ma'lumotlar; V – V; AGC – ARU; ALM/SC – trevoga/servisli kanal; BPF – polosali filtr; CTRL – boshqarish; DC – doimiy tok; DPU – raqamli qayta ishlash qurilmasi; EQL – ekvalayzer; IF – OCH; IN – kirish, OUT – chiqish; INTFC – interfeys; FEC – xatolikni oldindan koreksiyalash (UKO); MPX – multipleksor; PSU – BP; RX – qabul qilgich, TX – uzatkich; SC/OW – servisli kanal/buyurtmali kanal; 10 Base-T – LHT Ethernet ekranlanmagan o'ralgan juftlikda, 10 Mb/s; 100 Base-T – LHT Ethernet o'ralgan juftlikda, 100 Mb/s.

mumkin. Zaxiralashli 1+1 tizim uchun ichki blok ham 1RU balandlikka ega. Tashqi blokning konfiguratsiyasi ikki turda bo'lishi mumkin. Birinchi tur bitta antenna ishlatilganda tarqatish sxemasi sifatida gibriddli summatorni (yig'gichni) o'z ichiga oladi. Ikkinchi turdagisi ikkita antennani ishlatadi, lekin tarqatgich tuguni bunda qo'llanilmaydi; bunda ikkita antenna bevosita tashqi blokda montajlanadi. Tizimning fazoviy ajratish holda ikkita antennai bo'lishi muhimdir. Ikkala holda ham standart 1+0 ODU tashqi blokni ishlatish mumkin, u 1+0 va 1+1 konfiguratsiyalar uchun 100% o'xshash.

Zaxiralashsiz va zaxiralash bilan tizimlarning batafsil blok-sxemalari 9.6 va 9.7-rasmlarda keltirilgan.

Koaksial kabel uzatkich – qabul qilgichni bog'laydi (blok ODU) va IDU blokida MPX (multipleksor)ni bog'laydi. Kabel bo'yicha quyidagilar uzatiladi: ma'lumotlarni kiritish-chiqarish signallari, DC ta'minoti (o'zgarmas tok), xavotir (trevoga) signallari, uzatkichning ta'minoti; chastotani boshqarish signallari, uzatkichning quvvatini qabul qilinayotgan signalning sathini, hamda ODU bloki birlamchi zanjiridagi kuchlanishni kuzatish signallari. Kabel turiga qarab IDU – ODU bloklari orasidagi masofa 300 m. dan oshishi mumkin.

Uzatkichning oraliq chastotalari (340 MGts) va qabul qilgichning chastotalari (140 MGts) har xil bo'lganligi uchun bitta koaksial kabelnin o'zi ham yetarli bo'lar ekan; o'rnatish ham soddalashadi va tezlashadi.

Raqamli RRL Pasolink NEOning xarakteristikalarini 9.2-jadvalda keltirilgan.

Raqamli RRL Pasolink NEOning asosiy xarakteristikalari.

9.2-jadval.

		STANDARD (STD) type			
POZITSIYA		PDH		SDH	LAN
O'tkazish qobiliyati		do 100 Mb/s		155/2x155 Mb/s	do 155 Mb/s
Interfeys (IF)		D-sub 37MDR 68 16xE1/48xE1	IEC 169-13 (1.0/2.3) 2xE3	Optich.: LC elektrich.: IEC 169-13 (1.0/2.3) Do 2xSTM1	RJ-45 10/100/1000 Base-T(X) LC: 1000 Base-8X
Ulovchi ajratkich, kabelning impedansi va uning uzunligi (IDU-ODU)		ODU tomon: N tur, rozetka, 50 OM (koaksial). IDU tomon: TNC tur, rozetka, 50 OM (koaksial), 300 m (8D-FB kabeli uchun yoki ekvivalent)			
Kanallarni ajratish*	QPSK	7 MGts, 14 (13.75) MGts, 28 (27.5) MGts	28 (27.5) MGts		7 MGts, 14 (13.75) MGts, 28 (27.5) MGts
	16QAM	3.5 MGts, 7 MGts, 14 (13.75) MGts, 28 (27.5) MGts	14 (13.75) MGts, 28 (27.5) MGts		3.5 MGts, 7 MGts, 14 (13.75) MGts, 28 (27.5) MGts
	32QAM	28 (27.5) MGts			28 (27.5) MGts
	128QAM			28 (27.5) MGts	28 (27.5) MGts
Iqlimiy talablar	Kafolatlangan ish	ODU: -33 +50°S dan IDU: -5 +50°S gacha			
	Ishchi sharoitlar	ODU: -40 dan +55°S IDU: -10 +55°S gacha			
	Transportlash/saqlash	ODU, IDU: -40 dan +70°S gacha			
	Nisbiy namlik	ODU: 100% yo'l qo'yiladi IDU: +50°S da 90% dan kam (kondensatsiyasiz)			

EMS		Javob beradi EN301 489-4		
Ishonchlilik		Javob beradi EN60950		
Ta'minot bo'yicha talablar		-48 V DC (-40.5 do 57 V DC)Javob beradi N300 132-2		
Ta'minot (tipik)		1+0 kengaytiriladigan	1+1	
ODU		30 VT (6-11 GGts), 23 VT (13-52 GGts)	30 VTx2 (6-11 GGts), 23 VTx2 (13-52 GGts)	
IDU Karta/Blok	PDH/SDH	MODEM	10 BT	0.5 kg
	PDH	2M INTFC (48xE1)	8 BT	0.4 kg
		2M INTFC (16xE1)	8 BT	0.4 kg
		34M INTFC (1xE3)	8 BT	0.4 kg
		34M INTFC (2xE3)	8 BT	0.4 kg
	SDH	3TM-10 INTFC	5 BT	0.3 kg
		3TM-1E INTFC	5 BT	0.3 kg
		LAN/BT3 INTFC	5 BT	0.3 kg
Umumiy interfeys	CONTROL	1+0: 17 BT, 1+1: 19 BT	1.0kg	
O'lchamlar	ODU	237(sh)x237(v)x101(d): Prim.3 kg; One ODU	Ikkilangan ODU	
	IDU	482(sh)x44(v)x240(d): Prim.4 kg	0+1 dan faqat MODEM qo'shish kerak. Kengaytiramiz	

Bu yerda: LC – ajratkich turi; D-sub –ajratkichlar seriyasi; MDR –Mini Delta Ribbon ajratkichi; RJ-45 – 8-kont. ajratkichi; 8DFB – yuqori sifatli koaksial kabel' (50 Om); INTFC – interfeys; WS- ishchi stansiya.

## 9.2. Pasolink NEO Compac va NEO HP

Pasolink NEO seriyasi RRLlarining ko'rinishlaridan biri bo'lib, kichik sig'imli kompaktli Pasolink NEO Compac tizim hisoblanadi, u PDH va LAN interfeyslari bilan jihozlangan. Quyidagi signallarni uzatish imkoni mavjud: 5 - 16 x E1, 2 x 10/100 Base-T(X). O'tkazish qobiliyatini tanlash imkoni mavjud (9.3-jadval).

### O'tkazish qobiliyatining lineykasi

9.3-jadval.

O'tkazish qobiliyati (Mbit/s)	5E1	10E1	16E1	16E1+LAN *2
	10	20	40	80
Modulyatsiya sxemasi	Kanalli interval *1			
QPSK	7	14 (13.75)	28 (27.5)	foydalanilmaydi
16 QAM	3.5	7	14 (13.75)	28 (27.5)

\*1: 13.75 yoki 27.5 MGts chastotalar shuningdek 18 GGts diapazonda qo'llanadi.

\*2: 1+0 konfiguratsiyalarda LAN dan foydalanish imkoniyatli IDU bloklar yetishishlidir. IDU kengaytiriladigan 1+0 konfiguratsiyalarda (bitlarni uzatish tezligi erkin) va IDU 1+1 konfiguratsiyalarda 1+1 (bitlarni uzatish tezligi erkin).

IDU uchun tizimni tanlash quyidagi 4 ta aspektga muvofiq amalga oshiriladi:

1. Himoyalangan radio tizim (1+0, 1+0 tizimi LAN dan foydalanish imkoniyati bilan, 1+0 yoki 1+1 kengaytiriladigan tizim).








2. Interfeys turi E1 (5x E1 fiks. yoki bitlarni erkin uzatish tezligi).

3. Modulyatsiya turi (QPSK, fiks. yoki QPSK/16 QAM ni tanlash).

4. Raqamli ma'lumotlar (PDH) Ethernet (LAN) interfeys bilan yoki usiz.

## IDU parametrlari

9.4-jadval.

Tur	Tizim konfiguratsiyasi	Sig'xn	Modulyatsiya	LAN	Tashqi ko'rinishi
1-1	1+0	5xE1 qayd.	QPSK qayd.	Foydalanmaydi	 *1
1-2	1+0	5/10/16xE1 tanlov bo'yicha	QPSK qayd.	Foydalanmaydi	 *1
1-3	1+0	5/10/16xE1 tanlov bo'yicha	QPSK/ 16 QAM tanlov bo'yicha	Foydalanmaydi	 *2
1-4	1+0 LAN bilan	5/10/16xE1 tanlov bo'yicha	QPSK qayd.	40 Mbit/s gacha	 *3
1-5	1+0 LAN bilan	5/10/16xE1 tanlov bo'yicha	QPSK/ 16 QAM tanlov bo'yicha	80 Mbit/s gacha	 *3
2-1	1+1/1+0 kengaytiriladigan	5/10/16xE1 tanlov bo'yicha	QPSK qayd.	40 Mbit/s gacha	 *4, 5
2-2	1+1/1+0 kengaytiriladigan	5/10/16xE1 tanlov bo'yicha	QPSK/ 16 QAM tanlov bo'yicha	80 Mbit/s gacha	 *5

\*1: avariya signalizatsiya interfeysisiz;

\*2: avariya signalizatsiya interfeysi bilan;

\*3: LAN interfeysi bilan;

\*4: 2-son MODEM 1+0 konfiguratsiyaga montajlanmaydi kengaytirilgan;

\*5: 16E1+2P LAN INTFC interfeysi bilan.

Pasolink NEO turkumining RRL ko'rinishlaridan yana biri bo'lib yuqori sig'imli va mahsuldorli RRL tizimi sifatida Ethernet va SDH interfeyslari bilan jihozlangan Pasolink NEO HP hisoblanadi. GbE / FE texnologiyasi bo'yicha 400 Mbit/s gacha tezlikda hamda STM-1ning 1-2 signallarini uzatish imkoni bor.

## Pasolink NEO HPning o'tkazish qobiliyati

9.5-jadval.

O'tkazish qobiliyati (Mbit/s)	STM-1/155	2xSTM-1/310	200	400
Modulyatsiya sxemasi	Kanalli interval *1 (MGts)			
16 QAM	56 (55)	-	-	-
128 QAM	28 (27.5)	56 (55)	-	-
256 QAM	-	-	28 (27.5)	56 (55)

\*1: 13.75 yoki 27.5 yoki 55 MGts chastotalar, shuningdek, 18 GGts diapazonda qo'llanadi.

-: kirish mumkin emas.

Pasolink NEO HP quyidagi funksiyalarni amalga oshiradi:

– APS texnologiyasi optik liniyalardan STM-1 yoki 2xSTM-1ning himoyasini ta'minlaydi. Ushbu funksiya oddiy MSP funksiyasiga nisbatan oddiroq hisoblanadi (multipleksirlash bilan seksiyalarni himoyalash), bu RST (ITU-T G.841, noreversiv rejim) rejimida ishlovchi uskuna bilan birgalikda ishlashini ta'minlaydi;

– XPIC texnologiyasi o'tkazish qobiliyatini 28 yoki 56 MGts (27,5 MGts eki 55 MGts, 18 GGts polosa uchun) diapazonida ikkita STM-1 gacha orttirish imkonini beradi. Sig'imni orttirish uchun bitta STM-1 tizimdan ikkitalangan qutblanishli antennadan, yana bitta ODU/IDU bloklar komplektidan, XPIC kabellar komplektidan va qo'shimcha dasturiy-apparatli ta'minotdan foydalanish zarur. Modernizatsiya mavjud STM-1 uskunasi bazasida amalga oshirilishi mumkin.

IDU uchun tizimni tanlash quyidagi 2 ta aspektga muvofiq ravishda amalga oshiriladi.

1. Himoyalangan radio tizim (kengaytirilgan 1+0 yoki 1+1 tizim).

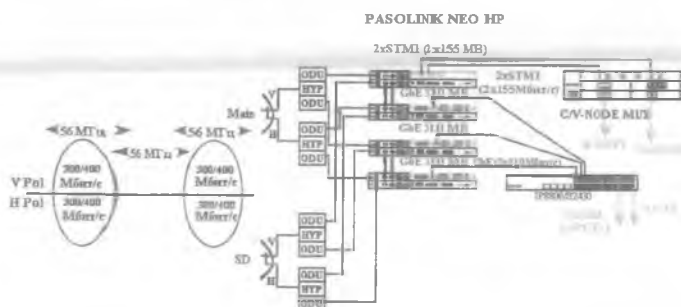
2. Ethernet (LAN) interfeysli yoki usiz raqamli (SDH) ma'lumotlar.

XPIC texnologiyasi egallangan chastotali spektrdan foydalanish imkonini beradi, bu esa ekspluatatsion xarajatlarni kamaytiradi, quyi chastota diapazonlarida esa katta sondagi eltuvchilarni joylashtirishning yagona usuli hisoblanadi.

PASOLINK NEO HP bazasida 4 stvolli RRLning terminalini qurish misoli 9.8-rasmda keltirilgan.

Har bir stvol 310-400Mbpsni uzatishni ta'minlaydi va 2xSTM-1 interfeyslar hamda GbE (1000BT)lar bilan tanlov bo'yicha komplektlanishi mumkin. STM-1 va GbE interfeyslar bilan turli kombinatsiyalar qilib, ham TDM, ham Ethernetda ishlash uchun gibridd tizimni olish mumkin, bunda TDM/Ethernetni RRLga o'zaro o'zgarishi yuz bermaydi, chunki radiokanalda to'g'ridan to'g'ri uzatish texnologiyasi qo'llaniladi. Bu uzatishning eng yaxshi parametrlarini, vaqt bo'icha ushlanib qolishlarni va buferlarning to'lib ketish muammolari bo'lmasligini ta'minlaydi.

Olis masofalarga uzatish uchun (20 km dan ortiq) 128QAM katta bo'lmagan modulyatsiyadan foydalanish zarur, bu 4x310 Mbps o'tkazish qobiliyatini cheklaydi. Bunda tizim bor-yo'g'i 1 ta oraliqqa ikki juft chastotalarni egallaydi.



9.8-rasm. PASOLINK NEO HP bazasida 4 stvolli RRL terminalining strukturaviy sxemasi

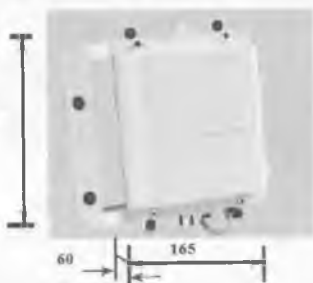
256QAMgacha orttirilgan modulyatsiyali kengpulosali signallar (56Ggts) qo'llaniladigan, katta sig'im-



dagi magistral TSRRLlarni qurish uchun maxsus ravishda orttirilgan quvvatli tashqi ODU radioblokning (9.9 va 9.10-rasm) yangi modifikatsiyasi ishlab chiqilgan va taklif qilingan.



9.9-rasm. 6-7-8GGts diapazonlardagi orttirilgan quvvatli ODU ning tashqi ko'rinishi



9.10-rasm. 11-38GGts diapazonlardagi orttirilgan quvvatli ODU ning tashqi ko'rinishi

### 9.3. iPasolink seriyasining RRL tizimi

NEC Corporation Kompaniyasi iPasolink RRL tizimini LTE tarmoqlariga o'tishni telekommunikatsiya operatorlariga yechish uchun ishlab chiqdi. Paketli rejimni qo'llash, RRL va tola-optik texnologiyalarni modulli texnologiyalar bilan bir qatorda qo'llash, egiluvchan va konvergentli dizayn bilan iPasolink tizimi telekommunikatsiya operatorlariga yuqori samarali telekommunikatsiya tarmoqlarini ortiqcha xarajatlarsiz qurish imkonini beradi.

iPasolink RRL tizimi LTE uchun zarur bo'lgan «full IP» transport tarmoqlariga gibridli TDM va Ethernet tarmoqlarining evolyutsiyasini qo'llab-quvvatlash maqsadida ishlab chiqilgan.

Egiluvchan modulli arxitektura telekommunikatsiya operatorlariga o'sib borayotgan trafikka bo'lgan ehtiyojlariga qarab, xususiy strategiyalarini optimallashtirish

tirish va investitsiyalarini tarmoqqa qadamba-qadam olib kirish imkonini beradi. Bunday dizayn iPASOLINK seriyasidagi RRL tizimi uskunasiining montajini sod-dalashtiradi va juda yuqori ishonchlilik bilan bo'lgan bunday kombinatsiya telekommunikatsiya operatorlariga yuqori daromad keltirish qobiliyatiga ega.

iPasolink seriyasi RRL tizimining asosiy kompo-nenti bo'lib, ichiga o'rnatilgan quvvatli Ethernet kom-mutator hisoblanadi, u effektiv agregatni, QoS funk-siyani qo'llab-quvvatlashni va ushlanib qolishning ki-chik ko'rsatkichlarini ta'minlaydi. Yuqori darajali modulyatsiyaning va XPIC tizimining ishlatilishi tufay-li, bunday yechim sekundiga 1 Gigabitgacha o'tkazish qobiliyatini ta'minlash imkoniyatiga ega.

iPasolink seriyasi RRL tizimi konfiguratsiyalana-digan yuqori texnologik platforma bo'lib, uning funk-tsionalligi plug-and-play modullari yordamida va qo'-shimcha yuklamani boshqaruv funksiyalarini trafikka ta'sirisiz har bir tarmoq ilovasiga adaptatsiyalangan (moslashgan) bo'lishi mumkin.

iPasolink seriyasi RRL tizimida quyidagi uchta muhim prinsip loyihalangan, ular IP paketli simsiz va simli intellektual konvergensiyaalangan tarmoqlar uchun foydalanuvchilarning ehtiyojlarini to'liq qondirish uchun amalga oshirish imkonini beradi.

1. Ma'lumotlarni uzatishning katta egiluvchanligi va ishonchliligini ta'minlaydi. iPasolink seriyasi RRL tizimi RRL bo'yicha va tola-optik liniyalar bo'yicha ma'lumotlarni uzatishni, ma'lumotlar oqimlarini kom-mutatatsiyalash va agregatlashni o'z ichiga oladi, bunda u E1/T1 dan STM-16 gacha trafik sig'imlarini yoki Fast Ethernet operotorlik sinfidan 10 Giga Ethemet-gacha va ham TDM, ham paketli ma'lumotlarni uzatishni qo'llab-quvvatlaydi. iPasolink seriyasi RRL tizimi yuqori o'tkazish qobiliyatini va kichik ushlanib qolishni qo'llab-quvvatlash uchun loyihalangan, bunda u paketli ma'lumotlar ichida TDM trafigini uzatishni

ishonchliligi bilan bog'liq bo'lgan (TDM-over-packet), (QoS) xizmatlar sifati, turli TDM va Ethernet ma'lumotlar uzatish tarmoqlari topologiyalarida marshrutlarni zaxiralash uchun loyihalangan. iPasolink seriyasi RRL tizimi uzilishsiz adaptiv modulyatsiyali uzatishning ikkilangan sig'imi (XPIC hisobiga) texnologiyalarini, bog'liq bo'lmagan kross kommutatsiya zarur ishchi xarakteristikalarini kiritishni, quvvatli va egiluvchan gibridli transport tarmoqlariga o'tishni qo'llab-quvvatlaydi hamda ularni keyingi avlod IP/mobil transport tarmoqlariga o'tishga tayyorligini bildiradi.

2. Ishlashning uzluksizligi va apgreydning imkonligi. TDM transport tarmoqlarini to'liq IP paketli transport tarmoqlariga o'tish strategiyasiga asoslanib, iPasolink seriyasining RRL tizimida TDM i IP paketli transportli tarmoqni boshqarishga mukamallashtirilgan" oxiridan oxiriga" yondoshuvlar, tarmoqni optimallashtirish maqsadida tarmoqning yuqori sathini boshqaruvchi tizim bilan qo'shish interfeysi, «traffic engineering» funksiyasi, QoS va marshrutlarni rezervlashni boshqarish amalga oshirilgan. Mukamallashtirilgan ma'lumotlar bilan birgalikda, iPasolink seriyasining RRL tizimida «Pay as you need» konsepsiyasi amalga oshirilgan, u uskunaning olisdan turib apgreydini amalga oshirish imkonini beradi. Universal slotlarning va dasturiy ta'minotning integratsiyalangan boshqaruvi qo'llangan uskunaning modulli konstruksiyasi har bir RRLning oraliq yoki tugun bo'yicha ishlashining uzluksizligini va apgreyd imkonligini ta'minlaydi.

3. Buyurtmachi uchun foydani ta'minlash. NEC Corporationning transport tarmoqlarini rivojlantirish bo'yicha injinerligli bashoratlari ( prognozlar) narx nuqtai nazaridan samarali IP transportli tarmoqlarga uskunaning moslashuvini amalga oshirish imkonini berdi. iPasolink seriyasining RRL tizimida ma'lumotlar uzatish muhitining qo'llab-quvvatlanadigan spektri va

qo'llab-quvvatlanadigan konvergirlandigan texnologiyalar istalgan xizmatlarga (qayd qilingan xizmatlar, mobil aloqa yoki keng polosali imkoniylik xizmatlari) bitta transport tarmog'ida birgalikda bo'lish imkonini beradi. iPasolink seriyasining RRL tizimi yordamida transport aloqa tarmog'ini unifikatsiyalashni ta'minlash narxni va amalga oshirish murakkabligini kamaytiradi,

iPasolink seriyasi RRL tizimi yordamida transport aloqa tarmog'ini unifikatsiyalashni ta'minlash operatorlarga multiservis transport tarmoqlari mavjud bo'lishi kerak bo'lgan joyda narxni va amalga oshirish murakkabligini kamaytiradi, yoki turli telekommunikatsiya xizmatlarining ma'lumotlarini to'g'ridan to'g'ri almashmasdan uzatish zarur bo'lgan joyda operatorga transport sig'imini taqdim etish imkonini beradi va shu bilan uning transport aloqa tarmog'idan qo'shimcha daromad olish imkonini beradi. undan tashqari, telekommunikatsiyalar operatori o'zining transport tarmog'ini mavjud tarmoq infrastrukturasidan foydalangan holda topologiya, sig'im va intellektuallik (funksionallik)ni o'zgartirish nuqtai nazaridan qayta loyihalashi mumkin. Xususiyl holda iPasolink seriyasi RRL tizimi mobil aloqa operatori transport tarmog'ida, 2G/3G tarmoqlaridan narx bo'yicha proporsional oshirmay, keng polosali kirishning yuqoriroq tezliklariga masshtablash imkoniyatini ta'minlaydi.

iPasolink seriyasi RRL tizimini, kirish tarmog'idan boshlab agregat tarmoqlari tugallaguncha, transport tarmog'ining barcha qismlarida qo'llash mumkin. Buning uchun iPasolink seriyasi uch turdagi uskunani o'z ichiga oladi: : iPasolink 200, iPasolink 400, iPasolink 1000.

iPasolink 200 RRL tizimi ikkita ichiga o'rnatilgan modemdan iborat (MODEM), ular bazaviy konfiguratsiya (1+0/1+1)ni qo'llab-quvvatlaydi va tugun stansiyasida qo'llash imkoniyati bor. iPasolink 200 460 Mbit/s gacha ham TDM, ham Ethernet trafiklarni

egiluvchan kombinatsiyali uzatishni, hamda yaxshilangan adaptivli modulyatsiya sxemasini 6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 18, 23, 26, 28, 32, 38, i 42 GGts diapazonlarda ishlashini ta'minlaydi.

iPasolink 200 RRL tizimi o'z ichiga qabul qiluvchi – uzatuvchi antennani, tashqi modul(ODU) va ichki modul (IDU)ni oladi va juda yuqori ishchi xarakteristikalarni amalga oshiradi va o'ta yuqori ishonchlilikka ega.

iPasolink 200 ning bitta ichki IDU moduli ikkita tagacha bir-biriga bog'liq bo'lmagan uzatish kanallarini amalga oshirishi mumkin. Bu bitta IDU blokida 1+0 «yelka-yelkaga» 2-WAY, 1+1 «ikkilangan yo'l» bitta yo'nalishda, issiq rezerv, fazoviy ajratish, hamda XPIC bo'lishi mumkin, u bitta RCH kanalda ikkala qutblashdan foydalanib o'tkazish qobiliyatini 920 Mbit/s gacha ikkilash imkonini beradi. Buning hammasiga radiokadri yoki ma'lumotlar paketlarining sarlavhasini biron-bir kompressiya qilmay erishiladi.

iPasolink 200 RRL tizimiga avval sanab o'tilgan barcha funksiyalar xosdir:

– ham TDM, ham Ethernet trafiginii uzatishni qo'llab-quvvatlaydi;

– qo'shimcha apparatli ta'minot xarid qilmasdan «pay-as-you-need» konsepsiyasini qo'llab-quvvatlagan holda, aloqa operatorining imkoniyatlari va ehtiyojlariga bog'liq ravishda qo'shimcha funkcionallikni qo'shishning soddaligi. Misol tariqasida, bitta RCH el-tuvchisi bo'yicha 920 Mbit/s gacha uzatish sig'imini ikkilash mumkin, bunda ikkala qutblashdan foydalangan holda qo'shimcha radio ODU moduli va ichki IDU moduli xarid qilishga talablar qo'yilmaydi;

– sinxronizatsiyalash protokollari va metodlarining to'la to'plami (TDM, Sync Ethernet);

– PWE va ma'lumotlarni agregatlashni qo'llash orqali multiservis trafiginii uzatishni qo'llab-quvvatlash;

- Ethernet OAM standartini qo'llab-quvvatlash;
- 2048QAM va adaptivli QoS modulyatsiyaning maksimal yuqori sathi bilan trafikni uzatishni uzmay adaptivli modulyatsiyani qo'llab-quvvatlash;
- TDM trafigi bo'yicha halqa topologiyasi konfiguratsiyasida bog'liq bo'lmagan hamda Ethernet ma'lumotlari bo'yicha parallel ishlash (rezerv yo'nalishga 50 millisekunddan kam vaqt ichida qayta ulanish).

Universal platformaning konfiguratsiyasi:

- bitta IDU uchun quyidagi himoyaga imkoniylik bor: issiq zaxiralashli himoyalangan konfiguratsiya (1+1) / fazoviy yoyilishli/kontaktsiz qayta ulashli "juftlangan yo'l" himoyasi;

- himoyalangan konfiguratsiya (1+0), ketma-ket konfiguratsiya ((1+0) x 2) yoki bitta IDU da XPIC (2+0) funksiyasi yordamida sig'imni ikkilash;

- radiokanal bo'yicha uzatish tezligi: 500 Mbit/s gacha bitta qutblash bilan yoki 1000 Mbit/s ikkita qutblash bilan Ethernet paketlarini uzatish uchun;

- asosiy interfeys: 2 x 10/100 Base-T(X) (IEEE802.3i/IEEE802.3u), 2 x 1000 Base-SX/LX SFP (IEEE802.3ab/IEEE802.3z) va E1 ning 16 ta porti;

- (2 ta port 10/100 Base-T ni 4 ta portgacha kengaytirish mumkin 10/100/1000Base-T) – qo'shimcha interfeys\*: qo'shimcha E1 ning 16 ta portlari, STM1-ning 16 ta porti (optik yoki elektrik) 63E1 bilan, bu qimant to'ldirishda uzatishni ta'minlaydi yoki MSE (ko'pfunksional plata MSE E1ning 16 ta portlari bo'yicha psevdokanallarni emulyatsiyalash uchun) bilan.

Ul'trakompaktli va ishonchli Eco-platformasi:

- ul'tra-kompaktli va yengil platforma oddiy qurilma uchun: vazni taxminan 1.5 kg (10 GGts dan ko'proq) yoki vazni 3 kg (10 GGts dan kamroq) va foydalanuvchining grafik interfeysi (GUI) bo'lgan yengil rostdash (sozlash) va monitoring uchun IU va ODU o'lchamdagi IDU ishlatiladi;

– raddiyasiz ishlashning tekshirilgan juda yuqori ko‘rsatkichlari tufayli katta ishonchlilik va sifat (MTBF).

– quvvatni iste‘mol qilishning past darajasi: energiyani tejash uchun qayta ishlashning integratsiyalangan raqamli texnologiyalarni tatbiq etish va yuqori samarali radiochastotali (RF) komponentlarni ishlatish.

– tarmoq kuchlanishining keng diapazoni, undan tashqari ta‘minot uzatishning qo‘shimcha moduli bilan o‘zgarmas tokning  $\pm(20 - 60)$  V ini kiritish mumkin.

TDM i Ethernet paketlarini uzatish uchun egiluvchan platforma. iPasolink 200 qo‘shimcha slot va bir qator funksional modullarning yordamida qo‘llashning egiluvchanligini ta‘minlaydi.

Mukamallashtirilgan funksiya QoS:

– aniq sozlangan o‘tkazish polosasini va har bir oqim uchun ustuvorlikni nazoratlash imkonini beradi, bunda trafik uzatishda mahsuldorlikka ta‘sir etilmaydi, buning hisobiga egiluvchan va iqtisodiy foydali paketli trafikni uzatish ta‘minlanadi;

– sinflarni aks ettirish (QoSni nazoratlash uchun 4 ta sinf navbati);

– sarlavhalar to‘g‘risidagi axborot asosida paketlarni turkumlash (klassifikatsiya) (802.1p, IPv4 ToS, IPv6 TC, MPLS Exp);

– o‘tkazish polosasini boshqarish (trafikni shakllantirish, CIR / PIR portida/VLANni nazoratlash);

– egiluvchan dispetcherlash (dispetcherlashning siklik algoritmi DWRR yoki qat‘iy ustuvorlik).

Yuqori sur‘atdagi tarmoq moslashuvchanligini, har bitta xizmat ishonarligi va nazorat qilinishini ta‘minlash uchun 2-darajali operatorlik tarmog‘ida Ethernet/VLAN turli funksiyalari saqlab turiladi.

– Blokirlanmaydigan kommutatsiya.

– Kattalashtirilgan o‘lchamdagi kadrlarni qo‘llab-quvvatlash.

– VLAN funksiyasi (jadval o‘lchami VLAN: 256 ta guruhgacha (VLAN ID: 1 ~ 4094)), port bazasida VLAN, LAN (IEEE802.1Q) belgilar bazasida.

– RSTP funksiyasi (IEEE802.1w) zaxiralash (rezervlash) uchun va konturlar yuzaga kelishini oldini olish uchun aloqa liniyalarini agregatlash (IEEE802.3ad).

– Filtrlash funksiyasi.

Gibrid kommutatsiya funksiyasi. Paketli kommunikatsiya va kross-kommunikatsiyaning alohida-alohida funksiyalari bitta platforma bilan saqlab turiladi. Shuning uchun ham trafik turiga bog‘liq holda halqasimon aylanma himoya, ikkiyoqlama aylanma himoya yo‘nalishlar bo‘yicha tashilishining samarali va yanada ishonarli tizimini konfiguratsiyalash mumkin.

– Paketlar kommutatsiyasi: 12 Gbit/s.gacha.

– Kross-kommutatsiya TDM: chap va o‘ng marshrut uchun, SNCP ni qo‘llab-quvvatlash (kross-kommutatsiya imkoniyati, maksimum 152x152 E1).

Universal radio seksiya.

– Sxemaning yuqori modulyatsiyasi (2048 QAM gacha) Ethernet va TDM-trafikni uzatish uchun dastlabki formatda spektrdan yuqori samaradorlik bilan foydalanilgan holda, bu 2048 QAM modulyatsiya texnologiyasini qo‘llash va ikkilangan qutblashda trafikni uzatish hisobiga erishiladi.

– AMR funksiyasi modulyatsiyalarni uzishsiz qayta ulash.

Tizimning kuchaytirish yuqori koeffitsienti.

– Tizimning yuqori kuchaytirish koeffitsienti quyi zichlikda (LDPC) juftlikni nazorat qilish hisobiga xatolarni bevosita to‘g‘rilash (FEC) texnologiyasi yordamida, hamda buzilishlarni bartaraf etish metodi (linearizator) yordamida erishiladi. bu kichik o‘lchamli antennani ishlatish va platformaning narxini kamaytirish imkonini beradi.

Chastotani tezda qayta sozlash va yengil (oson) sozlash.



– Radiochastotali kanalning\* litsenziyasini ishlatib, Web-texnologiyalari bazasida lokal aloqa (LCT) terminalidan foydalanib dala sharoitlarida sozlash imkoni.

OAMning samarali funksiyalari.

Lokal va olislashtirilgan nazorat lokal aloqa terminali (LCT) orqali web-texnologiyalari, elementlarni boshqarish instrumenti sifatida ishlatiladigan PNMSj tizimi, yoki yagona yuqoriroq sathdagi boshqarish tizimi sifatida ishlatiladigan MS5000 bazasida amalga oshiriladi.

PASOLINK mavjud bo'lgan avvalgi versiyalaridagi OAM funksiyalaridan tashqari, iPASOLINK 200 gibridli va to'la paketli tarmoqlarning quyidagi samarali boshqaruv funksiyalarini qo'llab-quvvatlaydi:

– nosozliklarni aniqlash, to'xtashlarni lokallashtirish va bartaraf etish, avariya signallarini uzatish va ishchi xarakteristikalarini o'lchash uchun Ethernet OAM (IEEE802.1ag/ITU-T Y.1731);

– buralishni o'rnatish imkoniyati: asosiy chastotalar polosasining yaqin va olis chekkalarida buralishni o'rnatish va OCHda buralishni o'rnatish;

– olislashtirilgan yangilanish imkoniyati.

iPasolink seriyasining RRL tizimi modulli transportli platforma bo'lib, qo'llanishning barcha sohalarini – chetki stansiyalardan agregatlash tugunlari orqali ishlaydigan shahar transport tarmoqlarigacha qamrab olgan holda, o'z ichiga paketli kommutatsiya, TDM paketlarining kross-kommutatsiyasini va RRL/optik funksiyalarini oladi.

Mobil transport tarmoqlarida qo'llash. Kanallar kommutatsiyasi mobil xizmatlari (CS) yo'rdamida uzatiladigan trafik mukamallashtirilishi yuz beradi, tovushli CS Voice ARPU xizmatlar esa "to'yinish nuqtasiga" yaqinlashadi. Paketli ma'lumotlarning hajmi esa, aksincha, sekin-asta ortadi. Foydalanuvchilar va cheklangan xizmatlarning baland narxi tufayli hozirgi ma'lumotlar

hajmi katta bo'lmada, IP-xizmatlar ni kengaytirish hisobiga daromadni orttirishga, ayniqsa, korporativ sektor (M2M, B2B/C), masalan VPN uchun va sensorli qurilmalarda ishlatish uchun ma'lumotlarni qayta ishlashda "bulutli" xizmatlar bo'yicha, smart-fonlar va "nozik mijoz" terminallarida erishish mumkin. Biroq:

- ma'lumotlarni uzatish bo'yicha xizmatlar uchun zarur bitlarning soni, tovushli ma'lumotlarni uzatishga qaraganda ancha ko'pdir, shuning uchun sezilarli darajada bit qiymatini kamaytirish zarurdir;

- jiddiy ravishda sotaning o'tkazish qobiliyati ortadi. Mavjud spektrning cheklanganligi, chastotaning va yangi spektr narxini orttirish zarurligini inobatga olib, mazkur orttirishni amalga oshirish kerak.

Balki, bu juda yuqori raqobatbardosh sohada muvaffaqiyatli ishlash uchun quyidagilar zarur bo'lar:

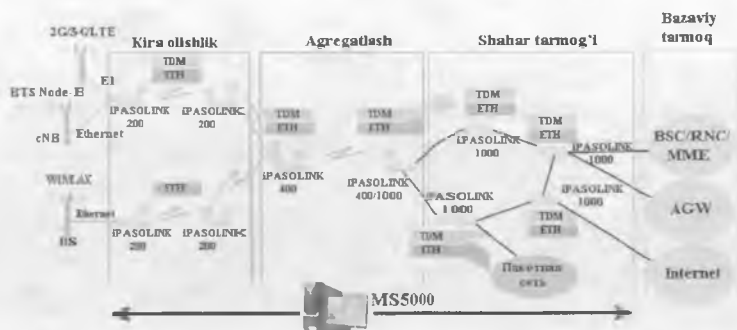
- spektrdan foydalanish samarasini orttirish, u o'z ichiga hududiy mobil RAN mini/mikro/femtosot tarmog'idan foydalanishni ko'zda tutadi;

- paketli ma'lumotlarni agregatlashning uncha qimmat bo'lmagan texnologiyasini ishlatish (statistik multipleksirlash) va Ethernet transport tarmog'ida mustaqil detsentralizatsiya (markazlashtirmaganlik), masalan, yuklanishni pasaytirish, mesh WDM va MPLS VPN texnologiyalari va hokazo.

Yuqorida keltirilganlarni inobatga olib, shu narsa tus hunarli bo'ladiki, paketli mobil tarmoqlarga to'la migratsiyalash (o'tish) – bu bir qadam olg'a yurish degaridir. Shunga qaramay, asosiy daromadni bugun 2G/3G CS tovushli servislar keltirmoqda, ularni qisqa muddat ichida LTE texnologiyalariga almashtirish mumkin emas. All-IP tarmog'idagi 3GPP Release – 99 operatorlarining migratsiya strategiyasi boshqa mobil operatorlarning strategiyasidan foydalanilayotgan mobil arxitekturadagi farq tufayli ajralib turishi mumkin.

9.11-rasmda mobil tendensiyalar ma'lumotlariga va

foydalanilayotgan mobil arxitekturasi asoslangan mobil transport tarmog'ini uchun iPASOLINK seriyasi tizimining RRL yechimi keltirilgan. iPASOLINK seriyasining RRL tizimi Dual Native (boshlang'ich formatda TDM paketlar va Ethernetni uzatish) rejimida ishlashni qo'llab-quvvatlaydi. Tashqi blok o'rnatmay aynan bitta uskuna yordamida gibriddi paketlar TDM va Ethernet yoki IP-paketlarni uzatish mumkin. Demak, iPASOLINK seriyasi RRL tizimi tarmoqning holati va mijozning rivojlanish darajasiga bog'liq holda egiluvchan va optimallashtirilgan migratsiyani ta'minlash imkonini beradi.



9.11-rasm. Mobil transport tarmog'ini uchun iPASOLINK

iPASOLINK turkumi ma'lumotlar uzatish arxitekturasining quyidagi barcha elementlarini qo'llab-quvvatlaydi:

– Native TDM

TDM texnologiyasi bazasidagi tarmoq – bu sinxron tarmoq bo'lib, o'tkazish polosasi kafolatlangan bo'ladi. U vaqt va sinxronlash bilan bog'liq bo'lgan aspektlarga bog'liq bo'lmaydi. Biroq TDM tarmog'ini ma'lumotlar hajmini ortishini samarali boshqaruvini ta'minlay olmaydi.

– Native IP

Native TDM tarmog'idan farqli o'laroq, paketli IP-tarmoq ma'lumotlar hajmi o'sishi bilan samarali ravishda eplaydi. Undan tashqari, birgalikdagi bog'lanishlardan foydalanish natijasida sezilarli darajada simlarni montaj qilish bo'yicha ishlar hajmini qisqartirish mumkin. Biroq paketli IP-tarmoqning talab bo'yicha ishlashining asinxron xarakteri ma'lumotlarni sinxron uzatishni kafolatlamaydi. Shuning uchun ushlanib qolish, kutish vaqti yoki djitterning vaqti o'zgarishi tufayli mobil xizmatlar ko'rsatilganda alohida e'tiborni sinxronlash masalalariga qaratish lozim.

– Dual Native (Native TDM i  
Native IP)

TDM

ETH

TDM-trafikning ham paketli kommutatsiyasi, ham kross-kommutatsiyasining boshlang'ich qo'llab-quvvatlanishi ta'minlanadi, shu tufayli bitta platfollarda trafik turiga qarab egiluvchan uzatish imkoni bo'ladi. Trafik va ushlanib qolishga sezgir/djitter taktli impulslar, masalan, 3GPP Release-99, TDM tarmoq bo'yicha bevosita uzatiladi, bunda ular ushlanib qolish vaqtini kattalashtirmaydi, va IP-trafik, masalan, LTE-trafik, u IP – tarmoq bo'yicha bevosita saqlanmasdan uzatiladi. Bir meyorda ortib boruvchi paketli ma'lumotlarni statistik multiplekslash yordamida samarali ravishda agregatlash mumkin, bunda ushlanib qolishga/djitterga sezgir TDM-servislar sifati saqlanib qoladi.

TDM-trafikni (PWE texnologiyalari yordamida) ajratish va trafikni yuklanishdan tushirish/konsentratsiya. TDM-trafikni ajratish mavjud tarmoq trafigini taqsimlash imkonini beradi, masalan, HSPA-ma'lumotlarini, IP – tarmoq bo'yicha psevdokanal (PWE) emulyatsiya funksiyasi yordamida, TDM-tarmoqda faqat vaqtga sezgir muhim ma'lumotlarni saqlaydi. Ushbu funksiya mavjud tarmoqni modernizatsiyalash imkonini beradi, bunda u IP – tarmoqdan foydalanish hajmini orttiradi.

PWE texnologiyasini djitterga va ushlab qolish vaqtiga sezgir bo'lmagan servislar uchun yoki agar mobil RAN tarmoqlarida taktli sinxronlash sinxronlashning boshqa usullari hisobiga ta'minlangan hollarda ishlatish kerak.

Trafik yuklanishini pasaytirish operatorga mavjud emulyatsiyalangan trafikni o'z ichiga olgan holda iqtisodiy jihatdan foydali bo'lgan IP-tarmoqda IP-trafikni yuklashdan tushirish imkonini beradi. Trafikni yuklanishdan tushirishning ustunliklari:

- mijozlarga xizmatlarni differentsialli ko'rsatish;
- tovushli axborotlarni va ma'lumotlarni konvergentsiyalash hisobiga operatsion xarajatlarni kamaytirish.

Yuklanishni pasaytirish konsentratsiyadan farqli ravishda telekommunikatsiyalar operatorlariga o'zlarining tarmoqlarini turli mijozlardan keladigan xizmatlar va trafik konvergentsiyalari tufayli maksimal ravishda ishlatish imkonini beradi.

Mobil tarmoq (2G/3G/LTE). Mobil xizmatlarni ko'rsatish uchun juda ham aniq taktli generator kerak bo'ladi, masalan, 0,05 ch/mln – joylashgan o'rni aniqlash bo'yicha (LCS) xizmatlar, qayta ulashlar va boshqa turdagi mobil platformaning psevdosinxronizatsiyasi. Odatda, taktli impulslar 3GPP Release-99 ning BSC/RNC GSM/UTRAN (2G/3G) tizimidagi BSC/RNCdagi 3GPP kontrolleridan tarqatiladi. Bunday aniq taktli impulslarni butun BTS/e-NodeB stansiyaga oddiy IP-tarmoq orqali uzatish juda murakkabdir. Mavjud xizmatlar uchun tavakkalchilikni hamda qo'shimcha operatsion va kapital xarajatlarni 2G/3G xizmatlarga minimallashtirish uchun IP texnologiyaga migratsiya jarayonini rejalashtirish va puxtalik bilan o'rganish lozimdir. Ko'rsatilgan xizmatlardan kelajakda foydalanish to'xtatiladi. Demak, Dual Native transport tarmog'ini tatbiq etish – ishonchli, eng egiluvchan va iqtisodiy jihatdan all-IP tarmoqda foydali migratsiya usulidir.

Olis aloqali mobil tarmoqlarda ishlatilishi. iPASOLINK 200 ning RRL tizimi uzellarni ikki tomonlama o'rnatish imkonini qo'llab-quvvatlaydi. Bitta ichki iPASOLINK 200 blok relali bog'lanishni qo'llab-quvvatlaydi.



9.12-rasm. Olis aloqaning mobil tarmog' i

Uzluksiz djitter va sinxronlashga kutish vaqti ta'siri bo'lgan holda yoki mahsuldorlik ko'pkaskadli oraliqlar olis aloqa paketli tarmog'ining mavjudligi natijasida TDM-trafik uzatish bo'yicha xizmatlar talab darajasida bo'lmaydi. Bunday tarmoqlar uchun maqbul qarorlar bo'lib ikkita dastlabki formatlarda ma'lumotlarni uzatish hisoblanadi. Istisno tariqasida iPASOLINK 200 RRL tizimining chetki terminallari keima-ket ulanishli oddiy repiter sifatida qo'llaniladi.

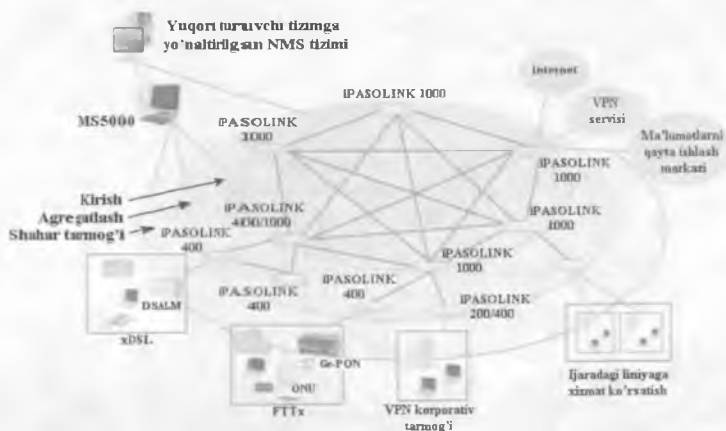
iPASOLINK 200 ning RRL tizimi turli tarmoqli ilovalarda qo'llanilishi mumkin va mijozlarning turli talablari bilan oson integratsiyalanishi mumkin.

Mobil tarmoq (CDMA2000/mWiMAX/LTE). iPASOLINK bir vaqtning o'zida Ethernet liniyalarini uzluksiz bog'lanishini qamrab olish va sig'imini, uzelli paketli radiuskunadan foydalanishni, agregatlashni va o'tkazish polosasini bosh-qarishni ta'minlashi mumkin.

Keng polosali tarmoqlarda qo'llash. Keng polosali uzatish bo'yicha keng polosali tarmoqlar quyidagi funksiyalarni qo'llab-quvvatlashi kerak:

- yuqori mahsuldorli uzatish;
- raddiyaga barqaror yuqoriroq ko'rsatkichlar (IP/MPLS ili MPLS-TP va hok.);
- QoS ni batafsil nazorati.

9.13-rasmda iPASOLINK 400 va iPASOLINK 1000 bilan jihozlangan takomillashtirilgan shahar tarmog'ini keltirilgan.



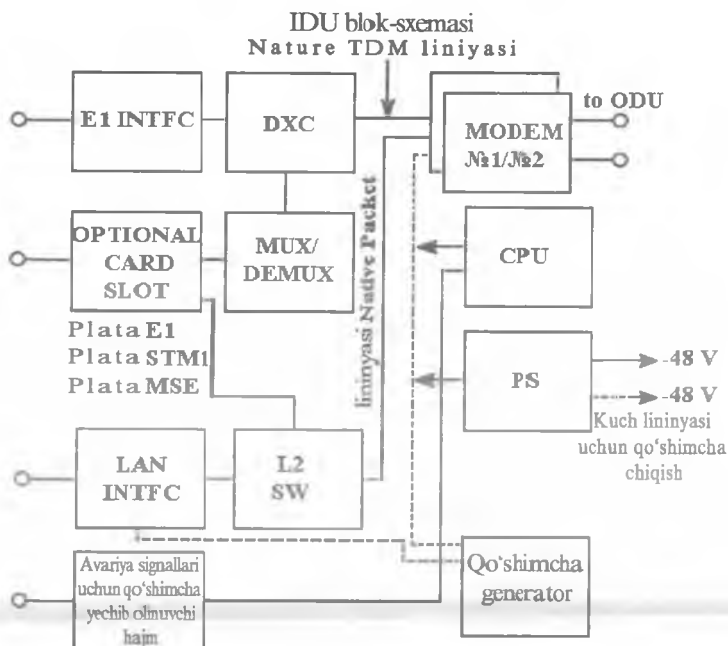
9.13-rasm. iPASOLINK 400 va iPASOLINK 1000 bilan jihozlangan shahar tarmog'ini.

iPASOLINK seriyasining RRL tizimi quyidagi xususiyatlar bilan xarakterlanadi:

- ODU-IDUning alohida montaji. Ulash uchun faqat bitta koaksial kabel ishlatiladi;
- ODU va IDUdan umumiy foydalanilganda himoya yoki himoya tizimi mavjud bo'lmaydi;
- ODU va antenna uchun egiluvchan konfiguratsiya, to'g'ridan to'g'ri montaj /alohida montaj/1+0 (zaxiralashsiz)/1+1 issiq zaxiralash/1+1 fazoviy ajratish/1+1 chastotali ajratish (juftlangan yo'l), 2+0;
- ACCP, ACAP, CCDP rejimlarida kanallarning alohida va kombinatsiyalangan konfiguratsiyalaridan foydalanish mumkin;
- 19-dyuymli kompakt IDU, o'lchami 1U > 483 mm (SH) x 44 mm (V) x 240 mm (G);
- katta bo'lmagan va yengil ODU oddiy holda xizmat ko'rsatish va o'rnatish uchun;
- ODU va IDU haroratining katta diapazoni;

- nominal kirish kuchlanishi o'zgarmas tokning kuchlanishi -48 V o'zgarmas tok. Nominal quvvatning kengroq diapazoni bo'lishi mumkin: +/- 20-60 V o'zgarmas tok.

IDUva ODuning blok-sxemasi mos ravishda 9.14 va 9.4-rasmlarda keltirilgan.



9.14-rasm. IDUning blok-sxemasi.

#### 9.4. Magistral ahamiyatidagi RRL tizimi 5000S

SDH – tizimning 5000S seriyasidagi magistral ahamiyatdagi RRL NEC Corporation tomonidan telekommunikatsiyalarning yuqori sifatli RRL tarmog'i uchun ishlab chiqarilgan va 4 dan GGts gacha diapazonlarda ishlash uchun mo'ljallangan.

RRL SDH DMR5000S uskunasi har bir RRL stvolda bitta STM-1/OS-3 (155 Mbit/s) signalni uzatish



imkonini beradi. Qo'shimcha kanallarni tashkil etish imkoni bor.

(N+1) ni o'z ichiga olgan tizimni tuzishning turli variantlari ko'zda tutilgan. Uzatuvchi kanalning o'tkazish qobiliyatini o'ttirish maqsadida uskuna ustunining qo'shimcha modullarini va/yoki seksiyalarini o'rnatish kifoya. Rezervlash bilan maksimal o'tkazish qobiliyati 11+1 ni tashkil etadi. Rezervlash bilan trafikni uzmasdan N+1 tizimida rezervga o'tish tufayli qayta ulash vaqtida xatoliklar istisno etiladi. Undan tashqari, chastotalarning ishchi diapazonidagi kanallar soni kesishuvchi qutblashli radiosignallarning aloqa tizimida ishlatish hisobiga ikki marta ortishi mumkin. Qutblash bo'yicha ajratish bilan umumiy kanalda uzatish XPIC kesishuvchi qutblashli xalaqitlarni raqamli kompensatsiyalovchi yordamida amalga oshiriladi. Tizim adaptiv korrektorli (DFE) raqamli uskuna bilan jihozlangan.

Xalaqitlardan kuchaytirilgan himoyalash kodlashning MLCM, MLCM+RS va LDPC xalaqitbardosh texnologiyalarini qo'llagan holda ta'minlanadi.

Turli konfiguratsiyalar uchun mo'ljallangan uzatuvchi uskuna o'z ichiga kiritish-chiqarish multipleksorini va NMS (tarmoqni boshqarish tizimi)ni oladi. Ushbu uskuna turli tarmoq konfiguratsiyalarini qo'llab-quvvatlaydi, masalan, N+1 rezervlash tizimining chastotali ajratish (FD) / fazoviy ajratish (SD) va issiq rezerv (HS) uchun. Bitta ETSI ustunida MUX (multipleksor)li 10 ta tizimni joylashtirish mumkin.

Asosiy xarakteristikalar:

- Chastotalar polosasi: 4 — 11 GGts;
- O'tkazish qobiliyati: 155,52 Mb/ har bir tizimdan;
- Modulyatsiya: 64QAM, 128QAM;
- Interfeys: STM-1 elektrik/optik, GbE (ichiga joylashtirilgan MUX bilan).

Konfiguratsiya:

- RST (MST ichiga joylashtirilgan MUX bilan);

- $N+0$  ( $N= 1 - 10$ ),  $N+1$  ( $N= 1 - 9$ );
  - kaskadli:  $2x(N+0)$  ( $N= 1 - 5$ ),  $2x(N+1)$  ( $N= 1 - 4$ );
  - retranslyator:  $2x(N+0)$  ( $N= 1 - 5$ ),  $2x(N+1)$  ( $N= 1 - 4$ );
  - XPIC tizimidan foydalangan holda ikkilangan qutblashli stvollarni qo'shma yo'naltirilgan uzatish:  $2x(N+1)$  ( $N= 1 - 4$ );
  - 1+1 issiq zaxira/ikkilangan kanal/fazoviy ajratish;
  - $2x(1+1)$  issiq zaxira/ikkilangan kanal/fazoviy ajratish (retranslyator);
  - SD metodi: PCH bo'yicha jamladigan, kombi-natsiyalangan tizim (antennalar soni 3 tagacha);
  - Montaj: ETSI ustunida maksimum 10 ta tizim, MUX ni o'z ichiga olgan holda:
    - 5 ta tizim (tabiiy sovutish).
    - 6–10 ta tizim (katta muddatli xizmat bilan ventilyatorli sovutish).
- 9.6-jadvalda DMR 5000S uskunasi tizimli ro'y-xati (menyu) keltirilgan.

## DMR 5000S uskunasiyining ro'yxati

9.6-jadval.

Punktlar		4 GGts		5 GGts		L6 GGts	U6 GGts		7 GGts	8 GGts		11 GGts
Modulyatsiya sxemasi	64 QAM	o	-	o	-	-	o	-	-	o	-	o
	128 QAM	-	o	-	o	o	-	o	o	-	o	-
Turli xillari	FD	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	FD/SD	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	HS/HS	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	HS/SD	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	3 Antennas SD	-	-	-	-	o	o	-	-	-	o	-
TX quvvati (*1)	+33 dBm	o	-	o	-	-	o	-	-	o	-	-
	+30 dBm	o	-	o	-	-	o	-	-	o	-	o
	+32 dBm	-	o	-	o	o	-	o	o	-	o	-
	+29 dBm	-	o	-	o	o	-	o	o	-	o	-
Tarmoqlangan zanjir	Sirkulyator	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	SS (*2)	-	-	-	-	o	o	-	-	-	-	-
	ACCP (*3)	o	-	-	-	-	-	-	o	-	o	-

Izohlar:

\*1: ATPCdan foydalanmagan holda nominal daraja. ATPCdan foydalangan holda rostlanadigan (sozlanadigan) minimal sath -20 dB jadvalda keltirilgan sathdan past.

\*2: Taqsimlovchi filtrlarning tutashgan (Contiguous) tizimi, buyurtmachilar talabi bo'yicha maxsus loyihalashtirilgan va faqat XPIC ishlatilganda qo'llanadi.

\*3: Bir xil qutblanishda qo'shni RCH kanallardan foydalanish uchun qo'shimcha birlashtirgich/ajratgich HYBsiz taqsimlovchi filtrlar tizimi. Interfeysli karta: STM-1 optik, STM-1 elektrik va OS-3.

Elektr ta'minot: -48 V (-40.5dan -57 V gacha).

Wayside bo'yicha uzatish sig'imi: 2x2 Mbit/s eki 64QAM uchun 2x1.5 Mbit/s.

128QAM uchun 1x2 Mbit/s eki 1x1.5 Mbit/s.

Shartli belgilashlar: o – qo'llab-quvvatlanadi.

DMR 5000S RRL tizimi TRP qabul qilgich – uzatkichdan va MDP modemdanda tashkil topgan. Texnik xizmat ko'rsatish tizimi (OAM & P) va xizmat telefon aloqasi MDP modem ichiga o'rnatilgan.

SDH radiuskunasining **elektr ta'minoti**. Liniyaviy ta'minot har bir tizimga uzgich orqali beriladi (NFB). Ta'minot har bir konverter (DC-DC CONV)ga beriladi, u zarur o'zgarmas kuchlanishni MODEM, TRP, SD modullarga va umumiy modullar uchun beradi. Doimiy ta'minot TRP blokiga ularni MODEM moduli bilan bog'laydigan PCH kabellari orqali beriladi. Odatda, MODEM uskunasi DC-DC CONV ikkita (2) yoki uchta (3) moduli uskunani barcha modullarini stabilashtirilgan kuchlanish bilan ta'minlaydi.

## **9.5. Takomillashtirilgan RRL DMR5000S (5000IPS) magistral tizimi**

2011-yilning oxirida NEC Corporation magistral RRL aloqa liniyalari bo'yicha to'liq paketli trafikni va gibridli uzatishning zaruriyati tufayli foydalanuvchilarning (aloqa operatorlari) talablarini qondirish maqsadida mukammallashtirilgan 5000IPS magistral aloqa tizimini ishlab chiqardi.

5000S apparaturasi uzatadigan 5000iPS (5000iP Series) magistral uskunasi Ethernet trafikni qo'llab-quvvatlash uchun rivojlangan platforma bo'lib, avval ishlatilgan, STM-1 trafigi uchun TDM yoki OC-3 inter-

feysini saqlagan holda ishlab chiqilgan. Shunday qilib, 5000iPS bir vaqtning o'zida TDM va Ethernet rejimlarida ishlashni ta'minlaydi.

Chastotalarning ishchi diapazoni 64QAM, 128QAM va 256QAMlardan tanlash imkoniyati bilan QAM (kvadraturali amplituda modulyatsiyasi) qo'llab-quvvatlashi bilan 4 dan 11 GGts chegaralarda yotadi.

*Radio traktning xususiyatlari.*

- Chastotalar diapazoni: 4/5/L6/U6/7/8/11 GGts

- Kanallar orasidagi ajratilish: 28/29/29.65/30/40-MGts

- Modulyatsiya: 64QAM, 128QAM i 256QAM (sAMR)

- Uzatish tezligi: 280 Mbit/Sek/40 MGts, 220 Mbit/Sek /28/29/29.65/30 MGts

- Fazoviy/chastotaviy ajratilish va LACP

- Stvollar soni: bitta ustunda 10 tagacha

*Interfeys & IP funksiyasi.*

- Interfeyslar: GbE (1000Base-SX/LX, 10/100/1000-Base-T) STM-1 (S1.1/ L1.1/ Ele )

- IP funksiyasi: Class L2 qayta ulash eltuvchisining funksiyasi

- VLAN

- QoS (8 ta sath, 4 yoki 8 ta DWRR navbat ro'yxati)

- Tekislash va shakllashtirish funksiyasi

- Ethernet (ITU-T G.8261-2/ IEEE1588) ni sinxronlashtirish

- PWE3 (nuqta-nuqta psevd simli bog'lanishning emulyatsiyasi)

- Ethernet (ITU-T G.8032) halqasini himoyalash

- Ethernet OAM (IEEE 802.1dg, ITU.T Y.1731), (xizmat ko'rsatish)

*Asosiy xarakteristikalar* oxirgi standartlarga mos keladi. Barcha IP va SDH bo'yicha NE NEC to'la birga ishlay oladi va IEEE802, ITU-R va ITU-T, hamda Yevropa A loqa Standartlariga (ETS) mos keladi.

DMR5000IPS larda O'YuCh integral (MIC) sxemalardan foydalanish O'YuCh uskunani (TRP) ishonchli va ixcham qiladi. Undan tashqari, individual tayyorlanishda Katta Integral Sxemalari qo'llaniladi (LSI). Yangi raqamli modem bitta LSI chipida joylashtirilgan, u NEC tomonidan radio uskuna uchun maxsus ishlab chiqilgan. Undan tashqari, individual tayyorlanishdagi (FPGA LSI) YUqori tezlikli Dasturlanadigan Matritsa qo'llaniladi, bu uskunani yanada ixchamroq va bir vaqtning o'zida energota'minotni kamaytiradi.

*ETSI standart ustunida joylashtirish.* SDH va SW turkumidagi uskunaning barcha jovonlarida, radio uskunani o'z ichiga olgan holda, NEC ishlab chiqargan optik uzatish tizimlari va qayta ulash qurilmalari joylashtirilgan, ular balandligi 2200mm va ETS-300119-3 standartlariga mos keluvchi ETSI ustunlarida montajlanadi. Ustun kengligi – 500 mm (standart), kabel kanallarini (kengligi 50 mm) ustunning ikkala tomonidan joylashtirish imkonini beradi. Opsiya sifatida, qo'shimcha tarzda balandligi 1800 mm bo'lgan standart uskuna ishlatilishi mumkin. Bunday kengaytirish to'liq frontal kengaytirish imkonini beradi va keyinchalik kengaytirishni soddalashtiradi. Ushbu radiotizimlar to'liq montajlangan ustunlar va ustunlar aro montaj bilan zavoddan keltiriladi, bu esa uskunani tez va oson o'rnatilishini ta'minlaydi.

*Uzatgich quvvatini avtomatik rostdash.* NEC ning microto'liqinli uskunasi Uzatishning Quvvatini Avtomatik To'g'rilash (UQAT – ATRS) standart funksiyasiga ega. UQAT funksiyasi qo'shni tizimlar bilan interferentsiyani pasaytiradi, tarqalish trassasida sinfazli aks etilishlarda signalning zararli o'sish effektini kamaytiradi, BER rezidentini yaxshilaydi, iste'mol qilinayotgan quvvatni kamaytiradi va uskunaning ishonchligini oshiradi.

*FECni qo'llashdan xatoliklar koeffitsientini yaxshi-*

*lash.* Past Zichlikdagi Juftlikka Tekshirish Kodlari (LDPC) xatolarni to'g'rilash (FEC)ning yuqori xarakteristikalarini kafolatlash. LDPC ning xizmati – kodlashda eng yuqori foydani olish.

*Class L2 eltuvchisini qayta ulash funksiyasi.* NEC IP radio uskunasi Class L2 eltuvchisini qayta ulash funksiyasiga ega. GbE portlar soni va qayta ulashning maksimal sig'imi, joriy standartlar bo'yicha yuqoridir. Undan tashqari IP Trunk seriyasi IP Trunk qayta ulash kengaytirilgan funksiyalaridan iboratdir.

*Turli interfeyslar.* Tizim turli Ethernet va TDM interfeyslar bilan komplektlanishi mumkin. Bu iste'molchiga tez va katta egiluvchanlik bilan talab qilina-yotgan tarmoqlarni loyihalash imkonini beradi.

*Himoya.* Radio liniya uchun himoyaning quyidagi variantlari mavjud HS, SD va FD. N+ 0 s LACP tizimlar (protokol, Ethernet tarmoqlarida bir necha fizik kanallarni birlashtirish uchun mo'ljallangan) Ethernet tizimlari uchun himoyalash bilan yaroqlidir. Undan tashqari, bu tizim ta'minlash qurilmalari bo'yicha, asosiy kartalar, sovutish va APSli TDM interfeysi bo'yicha himoyaning turli variantlariga ega. Tizim yana Ethernetni himoya qilish metodlarini qo'llab-quvvatlaydi, bularga RSTP yoki Ethernet Ring (G.8032) kiradi.

*WEB-sharhlovchi asosida LCT.* WEB-sharhlovchi asosida LCT. Odatdagi RS dan foydalanish imkonini beradi, bu o'rnatish va foydalanishning soddaligini ta'minlaydi.

*EMS.* Xizmat ko'rsatish intuitivlikka asoslanib ishlab chiqilgan. Linux yoki Windows qobig'ida grafik interfeysi qo'llaniladi.

5000 iPS uskunasi yuqori xarakteristikalar bilan birga turli-tuman imkoniyatlarga ega, AMR va XPIC texnologik funksional ko'p qirralikni ta'minlaydi.

*Yuqori tizimli kuchaytirish* LDPC yordamida eri-

shiladi (past zizlik juftlikni tekshirish), FEC (xatoliklarni to'g'ri to'g'rilashning texnologiyasi) va buzilishlarni bostirish(bartaraf etish) texnologiyasi (linearizatsiya), bu katta bo'lmagan antennalarni qo'llash imkonini beradi va tizimning narxini kamaytiradi.

*Chastotaning stabiligi va o'rnatishning soddaligi.* Foydalanuvchining litsenziyasiga muvofiq katta chegaralarda chastotani o'rnatish LCT bilan birga amalga oshiriladi.

*Modulyatsiyaning adaptiv koeffitsienti (AMR)* – modulyatsion iyerarxiya ichidagi termal bo'sag'aviy farqdan foydalanish yo'li bilan asosan paketli uzatish muhitida barqarorlikni oshirish imkonini beruvchi texnologiya, bu QPSK dan 256QAM gacha va h.k. bo'lishi mumkin.

Kuchli yomg'irda so'nishning tez fluktuatsiyalari yuz berishi mumkin. Bu holda signalni qabul qilishda tebranishlarni tez va samarali kompensatsiyalash (qoplash) zarur bo'ladi. Xatoliklarni va modulyatsiya koeffitsientini to'g'ri to'g'rilash(FEC) kabi kichik qadamlar metodi, har doim ham bunday tez o'zgarishlarni kuzata olmaydi va amaliyotda samarasiz bo'lishi mumkin. Shuning uchun blok sathida ishonchli va amalda ko'p ishlatiladigan AMR metodi ishlab chiqildi va tatbiq etildi. U AMRning ishlaydigan bir qismidek QoS parametrlarini o'rnatishni ulaydi.

*IP xususiyatlari.* “Dual-native” texnologiyasining asosiy transport uzeli bo'lib gibridli qayta ulovchi qurilma hisoblanadi. U paketlarni qayta ulashni va bitta platformada kross bog'lanishlar funksiyasini ta'minlaydi. Himoyalash mexanizmlari o'z ichiga turli-tuman marshrutlar va ikkilangan xalqa trafik turlari asosida konfiguratsiyalanishi mumkin.

*5000 iPS uchun maksimal konfiguratsiyalanadigan sig'im :*

– paketlarni qayta ulash imkonligi: 48 Gbit/sek gacha;



– kross bog‘lanishlar TDM (VC-12): maksimal 168 E1 SNCP qo‘llab-quvvatlashida chap va o‘ng yo‘nalishlar uchun (E1kanallar soni modulyatsiya sxemasi va TDM sig‘imini o‘rnatish bilan belgilanadi).

*QoS funksiyasini kengaytirish* uzatish trafigi xarakteristikalarini yomonlashtirmay har bir oqimni ustuvorligi bilan polosani aniq sozlashni ta‘minlaydi. O‘z navbatida bu egiluvchan va tijorat yashovchan paketli trafikni ta‘minlaydi.

Sath-2 tarmoqlarida Ethernet/VLAN ning turli funksiyalari egiluvchanlik, barqarorlik va “har bir servis” bilan kabi yuqori sathlar erishilish tartibiga qarab ta‘minlanadi:

- liniyaviy tezlik, blokirlanmaydigan qayta ulash;
- MAC table – o‘lchami 32000 tagacha (VLAN ga bog‘liq emas);
- katta paketlarni qo‘llab-quvvatlash (jumbo frame):
- VLAN funksiyalari (VLAN jadval o‘lchami: 4094 (VLAN ID gacha: 1dan 4094gacha)) port VLAN asosida, LAN alomati asosida (IEEE802.1Q), provayderning ko‘priklari (IEEE802.1ad);
- RSTP ortiqlik funksiyalari: (IEEE802.1w) xalqalanish oldini olish, barqarorlik va LACP bilan liniyani agregatlash uchun (IEEE802.3ad);
- paketlarni sinxronlash uchun yuqori aniqlikda xronirlash. Liniyadan va tashqi sinxronlashga o‘xshash sinxronlashning standart mexanizmlariga qo‘shimcha sifatida, 5000 iPS Synchronous Ethernet (G.8261-2 & 4) orqali Ethernet kadrlari bo‘yicha sinxronlash o‘rnatilishi mumkin. Xronirlash manbai bo‘lib TDM (E1), IEEE1588v2 yoki Synchronous Ethernetkadrlariga o‘xshash tashqi signal bo‘lishi mumkin.

Ta‘minlash bo‘yicha talablar: – 48 VDC (– 40.5 dan – 57.0 VDC gacha).

Vazni: maksimum 200 kg.

## 9.6. iPasolink EX

iPasolink EX ning RRL tizimi toryo'lakli raqamli RRL tizimi bo'lib "nuqta-nuqta" sxemasi bo'yicha 80 GGts radiochastota diapazonida ishlaydi. Ushbu tizim ma'lumotlarni raqamli uzatish xizmatlariga bo'lgan doimo o'sib borayotgan ehtiyojlarni qoniqtiradi va undan tashqari umumfoydalanish aloqa liniyalarining jamoat xizmatlari, ajratilgan kanallar, shahar va qishloq rayonlarining tarmoqlari uchun, hamda vaqtli tarmoqlarda va favqulodda vaziyatlar uchun tarmoqlarda – turli ko'rinishdagi ma'lumotlarni uzatish maqsadida, hamda mavjud TDM trafikni va tez o'suvchi IP-trafikni bir vaqtning o'zida qo'llab-quvvatlash uchun etarli darajada o'tkazish qobiliyatini kafolatlash uchun xizmat qiladi.

iPasolink EX ning RRL tizimi yuqori mahsuldorlikni va tizimning egiluvchanligini ta'minlaydi, tizim ishonchli va iqtisodiy jihatdan samaralidir. Bunda u kelajakdagi o'sayotgan ehtiyojlarni qoniqtirishga mashtablanadi va orientirlanadi. SDH/SONET va LAN turidagi interfeysli modullarini, hamda 1200 Mbit/sek gacha ma'lumotlar uzatish tezligini qo'llab-quvvatlaydi. Yagona tashqi blokdan (to'la tashqi bajarilish) iborat, u bir vaqtning o'zida SDH/SONET va Ethernet (9.15-rasm) ni ulashni foydalanish imkoniyatini beradi.



9.15-rasm. Tashqi blok

Uzatishning mumkin bo'lgan tezliklari 9.7-jadvalda keltirilgan.

### O'tkazish qobiliyatining lineykasi

9.7-jadval.

Ma'lumotlar uzatish tezligi/ O'tkazish qobiliyati (Mbit/s)	120	240	600	1200
Modulyatsiya sxemasi	Kanallarni ajratish (MGts)			
BPSK	250			
QPSK	-	250		
BPSK	-		1000	
QPSK	-	-	-	1000

iPASOLINK EX ning asosiy xarakteristikalari.

Unumdorlik:

- boshlang'ich rejimda ko'pprotokolli qo'llab-quvvatlash: SDH/SONET 4ta interfeysgacha + Ethernet 5 interfeysgacha;

- o'tkazish qobiliyati 1000 Mbit/s gacha, bu bir gigabit Ethernet plus 200 Mbit/sek sig'imga ekvivalent;

- BPSK/QPSK modulyatsiya yordamida spektrni samarali ishlatish;

- kengaytirishni soddalashtirish uchun rostlanadigan radiochastotali kanallar.

Operator sinfi:

- operator sinfi Ethernet xizmatlaridan foydalanish 2 stahdagi ichiga o'rnatilgan kommutator Gigabit Ethernet yordamida ta'minlanadi:

- operator sinfining tarmog'ini boshqarish;
- barcha 70/80 GGts polosasi bo'yicha RCh kanallarni sozlash orqali tarmoqni samarali rejalashtirish;

- tez va egiluvchan kengaytirish;

- kira olishni ortirish uchun uzatkich quvvatini avtomatik boshqarishdan foydalanish (ATRS);

- operatorlik sinfidan 99,999% gacha ishonchlilik.

### Xavfsizlik:

- yo'naltirilganlikning tor diagrammasi bilan maksimal xavfsiz antennalar;
- AES-shifrlashning ma'lumotlarini barcha aloqa liniyalari bo'yicha gigabitli uzatish tezligida himoyalashni ta'minlash imkoniyligi;
- foydalanuvchi o'rnatadigan LINK ID kodlari: 256 tagacha ichki ID kodlari.

### Tizimning egiluvchanligi:

- bitta ODU blokida ma'lumotlarni uzatishni o'zgartiriladigan tezligi (STM-1/OC-3 155,52 Mbit/sek, STM-4/OC-12 622,08 Mbit/sek, 10/100/1000 Base-T, 1000 Base-SX/LX);
- SDH/LAN interfeyslari uchun ODU umumiy bloki;
- tarmoqda kirish kuchlanishining keng diapazoni: o'zgarmas tokning – 37,5 dan – 70 V gacha;

### Texnik xizmat ko'rsatish vositalari:

- veb-texnologiya (HTML) bazasida ichiga qurilgan modul yordamida amalga oshirilgan ODU ni olislashgan va lokal nazoratlash yoki xavfsizlik funksiyasi.
- ODU ishlash qobiliyatini veb-texnologiyalar negizida boshqaruv moduli yordamida olislashtirilgan monitoringi;
- ODU dan orqa tomondan kabellarga ulanish va foydalanuvchi interfeysidan to'la foydalanish;
- buralishni o'rnatish uchun imkoniyatlar, SONET/SDH buralishini o'rnatish, radioukunada buralishni o'rnatish.

Tezlikning adaptiv modulyatsiyasi (AMR) ma'lumotlar uzatish tezligini adaptatsiyasini va uzatish uchun modulyatsiya o'zgarishini asta-sekin ta'minlaydi yoki signalni o'tkazish polosasini o'zgartiradi, bu yomg'ir yoqqan paytda tinishlar hosil bo'lsa liniyalardan foydalanishga yuqori kira olishlikni qo'llab-quvvatlaydi.

Signal yo'lida buzilishlar uni sathinig pasayishiga

olib keladi, iPA SOLINK EX modulyatsiyani QPSK dan BPSK ga o'zgartiradi va o'tkazish qobiliyati asta-sekin kamayadi. Ichiga o'rnatilgan texnologiya ma'lumotlar uzatishning yangi tezliklari sharoitlarida zarur darajada xizmatlar sifatini qo'llab-quvvatlash uchun Ethernet i SONET/SDH trafigining zarur ustuvorligini ta'minlaydi. Uzatish traktining yomonlashuvi to'xtashi bilanoq, iPASOLINK EX avtomatik tarzda o'tkazish qobiliyatini tiklaydi.

9.8-jadvalda kanallarni ajratish uchun AMR diapazoni keltirilgan, modulyatsiyaning o'zgarish sxemasi esa – 9.16-rasmda keltirilgan.

### Kanallarni ajratish va modulyatsiya sxemalari

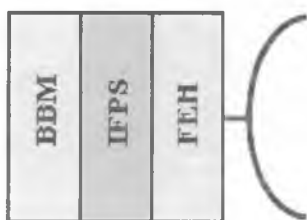
9.8-jadval.

Ma'lumotlar uzatish tezligi/ O'tkazish qobiliyati (Mbit/s)	120	240	600	1200
Modulyatsiya sxemasi	Kanallarni ajratish (MGts)			
BPSK	250	-	-	-
QPSK		250		
BPSK	-		1000	
QPSK	-	-	-	1000



9.16-rasm. AMRda o'tkazish qobiliyatini o'zgartirish sxemasi

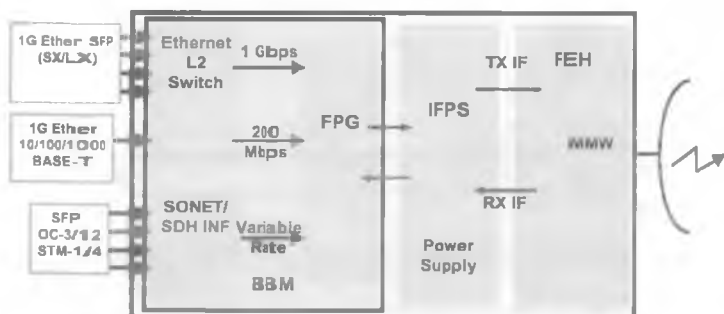
ODU iPA SOLINK EX ning strukturaviy sxemasi 9.17-rasmda keltirilgan.



9.17-rasm. e-Pasolinkning modullari

ODU iPASOLINK EX ning elektronikasi uchta moduldan tashkil topgan ( 9.18-rasm):

1. Liniyaviy chiqishning moduli (BBM).
2. IFPS (IFPS) moduli.
3. Tashqi interfeys (FEH).



9.18-rasm. e-Pasolinkning strukturaviy sxemasi

Liniyaviy chiqishning moduli (BBM) tashqi uskuna va radiotizimning aloqasi uchun bir necha tarmoq interfeyslarini ta'minlaydi. SFP modullarining interfeysi SONET/SDHning to'rttagacha interfeyslarini qo'llab-quvvatlaydi. Ethernetning qo'shimcha interfeyslari SFP modullarining ikkinchi interfeysidan va RJ-45 standart ajratkichli misli kabellar bo'yicha ma'lumotlarni uzatish bitta 10/100/1000 Ethernet interfeys orqali qo'llab-quvvatlanadi. Barcha Ethernet interfeyslari Ethernet kommutatori bilan bog'langan. Ethernet kommutatori va SONET/SDH interfeyslari FPGA bilan

bir necha yuqori tezlikli SERDES interfeyslari bilan bog'langan.

FPGA bir necha ma'lumotlar oqimlarini biriktiradi, ma'lumotlarni formatlaydi, xatolarni bevosita to'g'ri-lash kodini qo'shadi va zarur holda shifrlashni ta'minlaydi.

Natijada olingan yuqori tezlikdagi ma'lumotlar oqimi IFPSga chiqariladi. Undan tashqari FPGA IFPSdan olingan yuqori tezlikdagi ma'lumotlarni qayta ishlaydi.

IFPS moduli uchta asosiy funksiyalarni bajaradi: BBM dan FEH ga uzatishni ta'minlaydi, FEH dan BBM ga qabulni ta'minlaydi va radiotizimning asosiy ta'minlovchi tizimi uchun o'zgaras tokning 48 V tashqi kuchlanishini 5,5 V gacha pasaytiradi.

FEH moduli to'rtta asosiy funksiyani bajaradi: uzatkichning OCH signalini millimetrli to'liqlar chas-totasigacha o'zgartiradi, qabul-qilgichning millimetrli to'liqlarini qabulning OCH chastotalarigacha o'zgar-tiradi, bitta antenna portida TX va RX millimetrli sig-nallarni birlashtiradi va sinovlar va sozlash uchun mil-limetrli to'liqlarning buralishi o'rnatilishini ta'min-laydi.

Tashqi tarmoq qurilmalarini ulash uchun ikkinchi sathdagi Ethernet L2 kommutatori to'rtta SFP portlar va bitta RJ45 port bilan jihozlangan. U boshqarish blokiga va radiotizimning asosiy/ikkinchi darajali intrfeyslari ulangan interfeyslar bilan jihozlangan. Radio interfeys orqali trafikni uzatish uchun portlarning istalgan birikmasini ishlatish mumkin.

SONET/SDH trafigi radiotizimga ichki kommutator orqali kelmay ayrim ayrim keladi. SFP modulining in-terfeyslari SONET/SDH ning to'rttagacha interfeyslari-ni qo'llab-quvvatlaydi.

Elektra'tminotining nominal kuchlanishi o'zgaras -48 V tokni tashkil etadi. Biroq blokning ish diapazoni -37,5 dan -75 V gacha o'zgaras tokni tashkil etadi.

iPASOLINK EX ning boshqarish parametrlari:

- veb-texnologiya asosida ichiga o'rnatilgan instrumentariyga ega, kommunikatsiya nastroykasi – ishlashga sozlanishini ta'minlovchi nazorat, boshqaruv va monitoring (HTTP, xavfsiz HTTPS protokoli);

- ichiga qurilgan agent SNMP (V1 i V2) – olinlashtirilgan boshqarish uchun istalgan SNMP orqali qo'shma menejer;

- oborudovaniyu iPASOLINK EX uskunasi ga IPV4, DHCP server orqali avtomatik tarzda olingan yoki foydalanuvchi tomonidan konfiguratsiyalangan manzil berilishi mumkin.

- parollar orqali hamda RADIUS serveri yordamida foydalanuvchining autentifikatsiyasini amalga oshiradi;

- foydalanuvchi sozlagan ID aloqa liniyalari kodini qo'llaydi (256 tagach ichki kodlar), ular xavfsizlikning yuqori darajasini hamda, olin stansiyadan uzatilayotgan ma'lumotlardan foydalanishni va begona qabul qilgich foydali signalni ushlab olmasligini ta'minlaydi.

iPASOLINK EX keyinroq dasturiy yangilash kaliti yordamida yangilashi mumkin, bu quyidagi xarakteristikalarni qo'shish imkonini beradi:

- o'tkazish qobiliyatini orttirish 240 Mbit/s dan 600 Mbit/s gacha;

- o'tkazish qobiliyatini orttirish 600 Mbit/s dan 1200 Mbit/s gacha;

- o'tkazish qobiliyatini orttirish 240 Mbit/s dan 1200 Mbit/s gacha;

- tezlikning adaptiv modulyatsiyasi (ma'lumotlarni zarur uzatish tezligi 600 Mbit/s yoki yuqori);

- 256-bitli shifrlash AES (faqat Ethernet da yoki 4TDM modellarda erishish mumkin).

Dasturiy-apparatli ta'minot yangilashning dasturiy kaliti yordamida uzatish traktida AES ni 256-bitli shifrlashini taqdim etish uchun yangilanishi mumkin.

Tizim holisalarini qayd qilish tizimli jurnalining brauzeri bilan jihozlangan, u 256 ta oxirgi hodisalarni buferda saqlaydi va HTTP/HTTPS interfeys orqali



o'qish uchun imkoniylikka ega.

Lokal va olislashgan o'zi generatsiyalanadigan avariya signallarini HTTP/HTTPS interfeys orqali monitoringi ko'zda tutilgan. Tashqi avvariya signallari monitoringi funksiyalari mavjud emas.

Lokal uzatkich quvvatini bostirish funksiyalarini qo'llab-quvvatlash va YUCH sathida buralish va kirish imkoniyatini beradi.

iPASOLINK EX ning asosiy xarakteristikalarini 9.9, 9.10, 9.11, 9.12 va 9.13 - jadvallarda keltirilgan.

### **iPASOLINK Exning ishchi xarakteristikalarini**

*9.9-jadval.*

<b>NOMI</b>	<b>TEXNIK TAVSIFI</b>
<b>ChASTOTALAR DIAPAZONI</b>	71,125 – 85,875 GGTS
Chastotalar taqsimlanishining sxemasi	SERT ESS 05/07, CFR47 qism 101 (FCC)
Polosani cheklashlar	71-76 GGts / 81-86 GGts
Kanallarni ajratish	250 MGts/1000MGts
Qabul qilish va uzatishni ajratish	10 GGts
<b>O'TKAZISH QOBILIYATI</b>	
TDM o'tkazish qobiliyati	155 Mbit/s / 622 Mbit/s
LAN o'tkazish qobiliyati	min.120 Mbit/s maks1200 Mbit/s
Adaptiv tezlikda o'tkazish qobiliyati	120 Mbit/s /240 Mbit/s /600 Mbit/s /1200 Mbit/s
<b>MA'LUMOTLARNING INTERFEYSLARI</b>	
TDM	4 ta portgacha SFP (STM-1/0C-3, STM-4/0C-12)
Enternet	4 ta portgacha SFP (1000 Base SX/LX)
	+ 1 port RJ-45 (10/100/1000 Base-T)
<b>ATROF-MUHITNING SHAROITLARI</b>	

Ishchi harorat	-33°C dan +55°S gacha
Ishchi namlik	100% ixtiyoriy iqlim sharoitlarida
Transportlash/saqlash	v mestax, zashishyonnix ot vozdeystviya atrof-muhit ta'siridan himoyalangan joylarda EN300019-2-3, 1.2-sinf
EMM	EN300489-1,-4
XAVFSIZLIK	EN60095, UL60950
TA'MINOTGA TALABLAR	
Kirish kuchlanishi	-48 V o'zgarmas tokda (ot -37.5 V do -70 V)
Sarflanadigan quvvat	60 Vt
MEXANIK PARAMETRLAR	
O'Ichamlar (K x B x CH)	11,5» x 11,5» x 5» (29,2 sm x 29,2 sm x 12,7 sm)
Vazni	14 funt (6,4 kg)

### Raqamli signalning interfeysi

9.10-jadval.

Tur	Interfeys	Bitlarni uzatish tezligi (Mbit/s)	Kabel	Modul	Ajratkich
TDM	STM-1/OC-3	155 Mbit/s	Birmoddali tola	SFP	LS
	STM-4/OC-12	622 Mbit/s	Birmoddali tola	SFP	LS
Enter-net	1000 Base-T	10/100/1000	Misli	-	RJ-45
	1000 Base-SX	1000	Ko'pmoddali tola	SFP	LS
	1000 Base-LX	1000	Birmoddali tola	SFP	LS

## Ethernet trafigi va xizmatlari

9.11-jadval.

• Kadr turi	: 802.3 va 802.1 Q ni qo'llab-quvvatlaydi
• Trafikni boshqarish	: VLAN
• Ma'lumotlar oqimini boshqarish	: 802.3x oqimi uchun
• Avtomatik muvofiqlashtirish	: 10/100/1000 interfeyslarini qo'llab-quvvatlaydi
• Kadr o'lchami	: 10000 bayt gacha o'lchami kattalash-tirilgan paketlarni qo'llab-quvvatlaydi
• Kutish vaqti	:kadr o'lchamiga bog'liq holda. 1,2 Gbit/s da minimum 65 mks
• Hisoblagichlar	: probnaya statistika porta Ethernet dostupna cherez NTTR
• Portga Ethernet	: podderjivaet ogranichenie skorosti porta i schyotchiki Ethernet
• 2- darajali Ethernet kommutatori	: podderjivaet kommutatsiyu L2
• MAS ni o'rganish	: podderjivaet funktsiyu zapominaniya MAS
• MAS ning kommutatsiyasi	: podderjivaet kommutatsiyu MAS
• MAS ni mavjud bo'lish vaqti	: MAS mavjud bo'lish vaqtini belgilash imkonini beradi
• A loqani tezda uzish	: LSP orqali RLS ni qo'llab-quvvatlaydi

## Tizim xarakteristikallari

9.12-jadval.

NOMI	TEXNIK TAVSIF
<b>Modulyatsiya / O'TKAZISH POLOSASI</b>	
1200 Mbit/s	QPSK / o'tkazish polosasi 1000 MGts

600 Mbit/s	BPSK / o'tkazish polosasi 1000 MGts	
240 Mbit/s	QPSK / o'tkazish polosasi 250 MGts	
120 Mbit/s	BPSK / o'tkazish polosasi 250 MGts	
<b>UZATKICH</b>		
CHiqish quvvati (BPSK/ QPSK)	+ 18 dBm	
Uzatgich chiqish quvvatining stabilligi (barqarorligi)	+1 – 2 dB	
ATRS diapazoni	30 dB	
Uzatgich nurlanishi spektrining niqobi	EN 302217 (2008-11)	
Uzatgichning parazit nurlanishi	ERC/REC 74-01E	
<b>QABUL QILGICH</b>		
Maksimal kirish darajasi	- 5 dBm	
Bo'sag'aviy qiymat	10 <sup>-12</sup> BER	10 <sup>-6</sup> BER
1200 Mbit/s / QPSK	-62 dBm	-63 dBm
600 Mbit/s / BPSK	-65 dBm	-66 dBm
240 Mbit/s / QPSK	-69 dBm	-70 dBm
120 Mbit/s / BPSK	-72 dBm	-73 dBm
Qo'shni kanallarda xalaqitlar	EN 302217	
3 dB ga yomonlashuv	19 dB	
1 dB ga yomonlashuv	23 dB	
CW parazit nurlanishi	EN 302217 (2008-11)	
Qabul qilgichning parazit nurlanishi	ERC/REC 74-01E	
Kamaytirilgan chastota BER	< 1x10 <sup>-12</sup>	

TIZIMNING KUCHAYTIRISH KOEFFITSIENTI	$10^{-12}$ BER	$10^6$ BER
1200 Mbit/s	80 Db	81 dB
600 Mbit/s	83 dB	84 dB
240 Mbit/s	87 dB	88 dB
120 Mbit/s	90 dB	91 dB

**To'g'ridan to'g'ri montajlanadigan antenning  
parametrlari va uning ishchi xarakteristikalari**

9.13-jadval.

	Diametr 30 sm (12")	Diametr 60 sm (24")
Kuchaytirish koeffitsienti (quyi polosa)	43 dBi	50 dBi
Kuchaytirish koeffitsienti (o'rta polosa)	43,8 dBi	51 dBi
Kuchaytirish koeffitsienti (yuqori polosa)	44,6 dBi	52 dBi
Yo'naltirilganlik diagrammasining kengligi 3 dB	0,9 gradus	0,4 gradus
Kross-qutbli seleksiya	30 dB	30 dB
Antenning teskari nurlanish koeffitsienti	64 dB	60 dB
Tur	Kassegren parabolik antennasi	Kassegren parabolik antennasi
Vazni ( ODU siz)	14 funt (6,4 kg)	30,5 funt (13,8 kg)
Vazni ( ODU bilan)	28 funt (12,7 kg)	44,5 funt (20,2 kg)

## 9.7. iPasolink iX

NEC korporatsiyasining yangi tashqi bloki iPasolink iX yuqori samaradorlik va ishonchlilik bo'yicha xalqaro e'tibomi mujassamlashtiradi, shu bilan birga formfaktor va uskunalar o'lchamlari bo'yicha eng oxirgi an'analarga mos keladi.

Kichik o'lchamlarga erishish uchun odatda, radioaloqaning barcha tashqi tizimlari kamroq funksional imkoniyatlarga ega, bu esa zaruriy funksional imkoniyatlarni qo'llab-quvvatlash uchun qo'shimcha periferik apparaturaga ehtiyoj tug'diradi, masalan L2 va PoE qayta ulagichlarga o'xshash.

iPASOLINK iX qo'shimcha periferik apparaturaga ehtiyoj tug'dimaydi – ixcham estetik blok zaruriy xususiyatlar va funksional imkoniyatlarga ega, operatorlarga tezkor va oddiy amalga oshirish uchun tayyor uskunalarni taqdim etish imkonini beradi.

Qizib turgan 1+1 rezerv, fazoviy tarqatilganlik va CCDP (XPIC), 2 gcha modemlar o'rnatilish imkoniyati bo'lgan yagona shassiga joylashtiriladi. Umumiy prinsiplar va ajratish falsafasini qo'llab, NEC ajratilgan RF sxemasini qo'llaydi, bu operatorlarga to'liq chastotaviy menyu, moslashuvchanlik va boshqarishni soddalashtirishni taqdim etadi. iPASOLINK seriyasi yangi iPASOLINK iX bilan tarmoqlar konstruktsiyasini rivojlantirish opsiyalarini kuchaytirish kontseptsiyasi nuqtai nazaridan bir-biriga mos keladi.

### iPASOLINK iX ning xususiyatlari

- **Sharoitlarga moslashuvchanlik.** Yuqori xarakteristikalar turli sharoitlarga, jumladan shahar, qishloq, tog'lar, cho'llar, orollar va namli zonalarga moslashuvchanligida namoyon bo'ladi.

- **Kapital va joriy harajatlarning kamayishi.** Periferiyani ulaydigan yagona blokni o'rnatish va kengaytirish soddaligi, kapital va joriy harajatlarni (CAPEX i

OPEX) kamaytiradi, shuningdek konditsionirlash tizimlariga zarurat yo'q.

- Yuqori ishonchlilik. Yuqori ishonchlilikka tizimning yuqori kuchaytirishi va raddiyaga yuqori bardoshligi sabab bo'ladi.

- Eltuvchilarni qayta ulanishi blokirovkalanmaydi. Eltuvchilarning blokirovasiz qayta ulanish yuqori xarakteristikalari uzatishning yuqori samaradorligini amalga oshiradi.

- Moslashuvchan birga bo'la olishlik. iPASOLINK iX tarmoq arxitekturalari MPLS-TP, IP/MPLS, SDN va OpenFlow uchun dasturlanadi va masshtablanadi.

- PASOLINK seriyadagi liniyalarning birga bo'la olishligi. iPASOLINK, iPASOLINK iX i iPASOLINK seriyadagi liniyalarning birga bo'la olishligi mavjud asbob-uskunalardan samarali foydalanish imkonini beradi.

- RF diapazonini erkin tanlash. iPASOLINK iX ning moslashuvchan komponentlari tizimiy konfiguratsiyani cheklovsiz o'zgartirish imkonini beradi.

- Radiotizimning erkin konfiguratsiyasi. (1+0/1+1 HS/1+1

SD/1+1FD/CCDP(XPIC). Turli konfiguratsiyalar birgalikda ishlay oladigan MDU va ODU qo'llanishi sababli mumkin bo'ladi. Tizimning xususiyati odatiy AOR-eshittirishdan novatorlik g'oyalari chiqarishga imkoniyat beradi.

iPASOLINK iX asosiy xarakteristikalari 9.14-jadvalda keltirilgan.

#### iPASOLINK iX xarakteristikalari

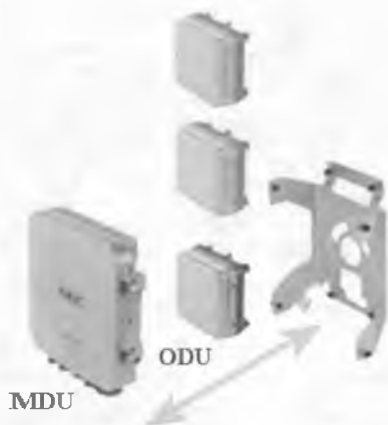
9.14-jadval.

Radiouzatish xarakteristikalari	6/7/8/10/11/13/15/18/23/26/28/32/38/42 GGts 7/14/28/40/56 MGts
Chastotaviy diapazonlar	QPSK/16/32/64/128/256/512/1024/2048QAM uzilishsiz AMR
Kanallarni ajratish	1Gbit/sek kompressiyasiz (56MGts)
Modulyatsiya Sig'iri	CCDP)

Konfiguratsiyalar	1+0, 1+1 HS/SD, 1+1 FD,2+0, CCDP (XPIC)
Paketli funksiyalar Ethernet interfeysi	10BASE-T, 100BASE-TX, 1000BASE-T/SX/LX
VLAN	IEEE802.1 provayder ko'prigi, IEEE802.1Q VLAN
QoS	Chiqish 8 sinflar navbati bo'yicha, kirish 8 sinflar klassif. Bo'yicha. (CoS/Diffserv/ MPLS EXP)
STP	MSTP, RSTP (IEEE802.1w)
ERPS	G. 8032v2 ERPS
LAG	LAG/LACP (802.1AX), Radio trafikni agregatlash (Fizik qatlam; RTA)
Sarlavxani siqish	Sarlavhani siqish L2/L3/L4, Foydali yuklamani siqish
Sinxronizatsiya	SyncE, IEEE1588 v2
Xizmat ko'rsatish	PMON/RMON, ETH OAM (802.1ag CC/LB/LT, IEEE 802.3ah Link OAM, Y.1731 LM/DM)
Boshqarish platformasi	Polosa ichidagi DCN, Boshqaruvchi kirishning ro'yxati M-Plane
Fizik interfeyslar	3 Gbit portlar (1xElektricheskij / 2xSFP), portlar LCT/NMS
Ta'minot	O'zgartirish manbasi -48V DC
O'lchamlar (mm)	Taxminiy. (6-11 GGts) 253 X 253 x 140 /7kg, (13-42GGts) 253 X 253 x 127/ 6kg

iPASOLINK iX tashqi radio tizimlarining konstruksiyalari 9.19 va 9.20-rasmlarda keltirilgan.



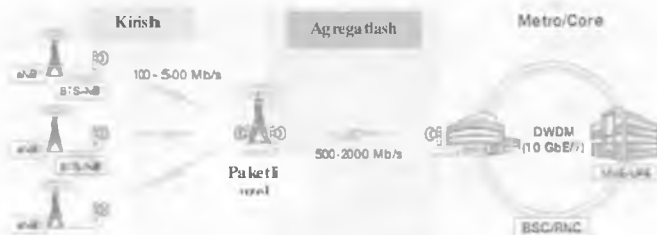


9.19-rasm. iPASOLINK iXning konstruksiyasi



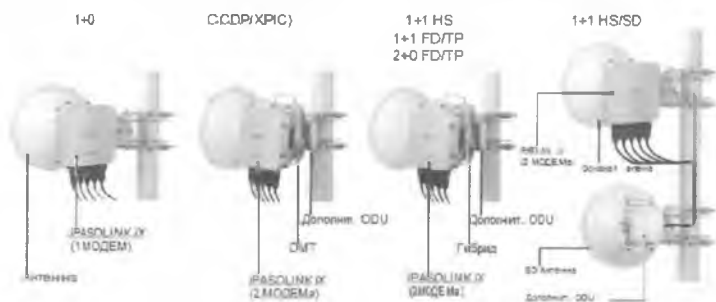
9.20-rasm. MDUning konstruksiyasi

iPASOLINK iX dagi tarmoqni qo'llanishiga misol 9.21-rasmda keltirilgan.



9.21-rasm. iPASOLINK iX dagi sotali aloqaning bazaviy magistral tarmog'i

iPASOLINK iX dagi tarmoq konfiguratsiyasining moslashuvchan variantlari 9.22-rasmda keltirilgan.



9.22-rasm. Tarmoq konfiguratsiyasining variantlari

## 9.8. Tarmoqni boshqarish tizimi

NEC Corporation ishlab chiqargan RRL tizimlari ikkita boshqarish tizimlari bilan – PNMSj va MS5000 bilan markazlashtirilgan holda boshqarilishi va nazoratlanishi mumkin. Tarmoq elementiga lokal va olislashtirilgan imkoniylik uchun web-texnologiyalari asosida lokal aloqa terminali ishlatilishi mumkin. Web-ilo va IDU blokida o'rnatilgan.

**PASOLINK (PNMSj) tarmoqni boshqarish tizimi-ning Java-versiyasi** foydalanuvchi uchun monitoring nazorat, konfiguratsiyalash va boshqarish uchun qulay imkoniyatlar yaratadi. PNMSj quyidagi funksiyalarga ega:

- radiouskunalar holatining monitoringi;
- radiouskunalarni nazoratlash va konfiguratsiyalash;
- aloqa liniyasining o'tkazish qobiliyati to'g'risida ma'lumotlar yig'ish;
- radiotarmoqlar konfiguratsiyasi to'g'risidagi ma'lumotlarni yangilash.

PNMSj tizimi markaziy yoki xududiy boshqaruv punktida joylashgan va tarmoq operatorlariga veb-brau-zerlardan foydalanish hisobiga tarmoqli (NE) ele-

mentlarning monitoringi va nazoratini amalga oshirish imkonini beradi.

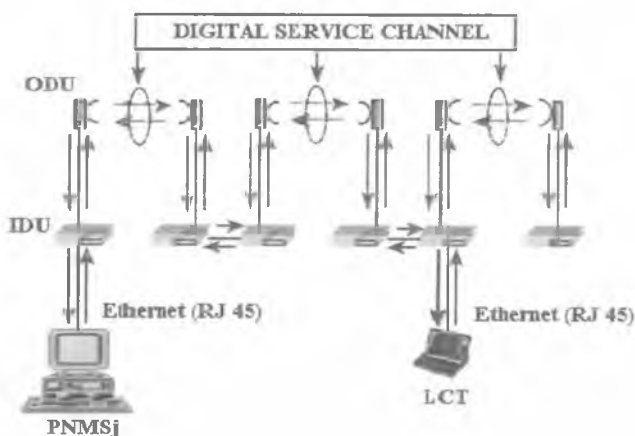
PNMSj tizimi bitta kirish nuqtasini taqdim etadi, butun tarmoqning uzluksiz monitoringi va nazoratini amalga oshirish mumkin. PNMSj tizimining dasturiy ta'minoti tarmoqning va uning tarmoqostilarining sharhli kartalarini o'z ichiga oladi, bu barcha tarmoqni tez va oson sharhlashni ta'minlaydi.

Boshqarish funksiyasi ichki blokni Boshqaruv moduli ichiga o'rnatilgan. U terminal va tarmoqni boshqarish tizimi o'rtasidagi aloqani ta'minlaydi. Undan tashqari, u RRL uskunadan keluvchi hodisalar va xarakteristikalar to'g'risidagi ma'lumotlarni yig'ish va saqlash imkonini beradi. Ma'lumotlar bilan almashish biron-bir xizmat kanallari bo'yicha amalga oshiriladi, bu tarmoqning biron-bir imkoniylik nuqtasida joylashgan, RRL uskunasi istalgan blokiga olishlashgan imkoniylikni (olisdan foydalanishni) ta'minlaydi. 9.23-rasm da PASOLINK tarmog'i uchun NMS tizimining konsepsiyasi keltirilgan.

Asosiy xarakteristikalar:

- OS dan foydalanish bo'yicha cheklashlarning mavjud emasligi: SNMP menedjer/agent texnologiyasi asosida yaratilgan PNMSj Windows® XP, Windows Vista® yoki UNIX®. PNMSj bazasida ishlaydi.

- Oddiy va qulay ekspluatatsiya. PNMSj yordamida tarmoqni aks etdirish uchun kontekstli va pastlashuvchi ro'yxatdan (menyu) foydalanish kerak, bu tarmoq elementlari konfiguratsiyasini o'zgartirish va holati to'g'risidagi batafsil axborotni ko'rib chiqish imkonini beradi. Oynaning ko'psathli strukturasi zarur RRL stansiyaning holatini, so'ngra zarur bo'lsa kerakli komponentni ham osongina aniqlash imkonini beradi. Operator avval guruhostilarni aks etdiruvchi kartani, so'ngra turli konfiguratsiyalarning guruhostilarini aks etdiruvchi kartalarni ko'rib chiqib PASOLINKning istalgan stansiyasining sharhlash oynasini tez topishi mumkin;



9.23-Rasm. NMS tizimini tuzilish prinsipi

- Aloqa liniyasiga yo'naltirilgan boshqaruv va nazo-rat. Eksploatatsiya qilishda qulaylikni ta'minlash uchun PNMSj avtomatik tarzda qarama-qarshi stansiya PASOLINK statusini aloqa liniyalarining asosiy parametrlari bilan birga aks etdiradi;

- Olislashgan kira olish va boshqaruv. PNMSj mijozlari vebbrauzerlar (Ieva h.k) yordamida tarmoq elementlarini kuzatish va boshqarishlari mumkin. Tarmoq elementlariga polosa ichida yoki undan tashqaridagi interfeys yordamida kira olish imkoni bor;

- Hodisalar jurnalini olib borish. Ushbu instrument tarmoqda yuz beruvchi barcha hodisalarning monitorin-gini amalga oshirishga yordam beradi. U PNMSj ga xizmat ko'rsatish va diagnostikasi(tashhiz) bo'yicha ishlarni bajarishni soddalashtiradi. Yuz bergan hodi-salar ko'rib chiqish uchun oddiy shaklda aks ettiriladi va foydalanuvchiga axborotni vujudga kelgan sanasi va vaqti to'g'risida, tarmoq elementi to'g'risida, ham-da uning birligi va statusi to'g'risida axborot beradi. "Foydalanuvchi" ustunida (User) hodisalarni qayd qilish jurnali aks etdiriladi, uni foydalanuvchi nazorat qilishi mumkin. Undan tashqari, bu erda qayd qilingan

foydalanuvchining nomini qo'llab-quvvatlash mavjud. Hodisalarni qayd qilish jurnal oynasi PNMSj ning asosiy oynasiga kiritilgan. Journallar PNMSj ekranining quyi qismida aks ettiriladi;

- Avariya signallarini boshqarish. "Aktiv signallash" funksiyasi (Active Alarm) barcha ulangan tarmoq elementlari uchun aktiv signallar monitoringini qo'llab-quvvatlaydi. Tarmoq elementlarida o'chirilgan signallar Akti signalizatsiya oynasidan olib tashlanadi va signallash tarixi oynasida qayd qilinadi (Alarm History). Joriy aktiv signallarning ro'yxati signallash to'g'risidagi axborotni Tahlili opsiyasi yordamida amalga oshiriladi (Alarm Information View). Ushbu oynada bitta guruhga tegishli tarmoq elementlarining aktiv signallari to'g'risidagi axborotni ko'rish mumkin. Ushbu ro'yxatda yana hozirgi vaqtda tarmoq elementida aktiv avariya signallarining jiddiylik darajasi, hamda tasdiqlashning mavjudligi yoki mavjud emasligi aks ettiriladi. Har bir toifadagi joriy aktiv signallarning umumiy soni asosiy oynaning yuqori qismida aks ettiriladi;

- Ishchi xarakteristikalarining monitoringi (standart ITU-T G.826). PNMSj ITU-T G.826 spetsifikatsiyasiga binoan barcha sanab o'tilgan PASOLINK stansiyalarining ishchi xarakteristikalarini va ularga mos radio-releli liniyalar to'g'risida ma'lumotlarni olish imkonini beradi:

- ma'lumotlarni rejalashtirilgan yuklanishi yoki so'rov bo'yicha yuklanish;
- hisobot yoki grafikni taqdim etish;
- bo'sag'asini o'rnatish va xavotir (trevoga) signallari.

- Xavfsizlik. Foydalanuvchilarni qayd qilish nomini yoki parolini kiritish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Foydalanuvchilarni qayd qilish uning nomini va parolni kiritish orqali amalga oshiriladi. Ruxsat berilmagan kirishdan, o'zgarishlardan tarmoq va tarmoqni boshqarish tizimini himoyalash uchun, foydalanish

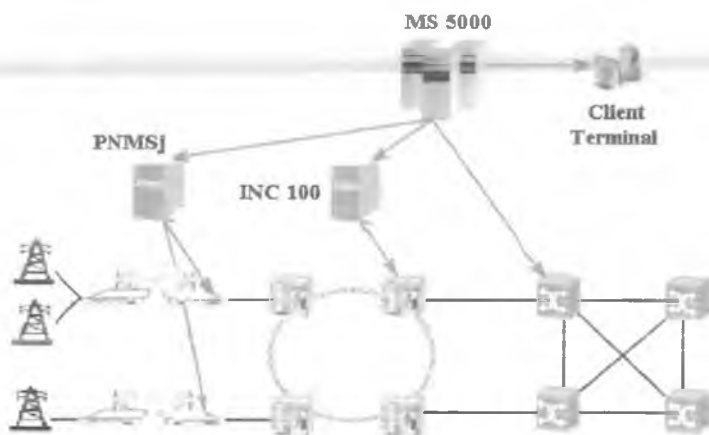
huquqi ayrim foydalanuvchiga emas, guruhlarga beriladi. Foydalanuvchi qaysi guruhga mansub bo'lsa, shu guruhga berilgan foydalanish imkoniyati xuquqini oladi.

Undan tashqari, element tarmoqlarini nazoratlash parametrlarini sozlash mumkin bo'ladi va faqat ma'lum guruhlarga shu opsiyasidan foydalanishni taqdim etadi. Bu ma'muriyatchiga (administratorga) nafaqat PNMSj funksiyalarini egiluvchan taqsimlashni hatto, ayrim tarmoq elementlarini nazoratlash va boshqarish imkonini beradi. Va nihoyat, PNMSj da yaratilgan foydalanuvchilar va guruhlar faqat PNMSj tizimiga mansub bo'ladi hamda foydalanuvchilar va Windows guruhlari bilan mos kelmaydilar.

- SNMP interfeysi. PNMSj SNMP interfeysini qo'llab-quvvatlaydi, bu RRL uskunasini yuqoriroq sathdagi tarmoqni boshqarish tizimining ajralmas qismiga aylantirish imkonini beradi.

**MS500 boshqarish tizimining xarakteristikalari (rasm.9.24):**

- NEC transport uskunasini yagona boshqaruvi (optik, radioreleli, paketli);
- qo'llab-quvvatlanayotgan uskunalar uchun ele-



9.24-rasm. MS5000 tarmoqni boshqarish tizimi

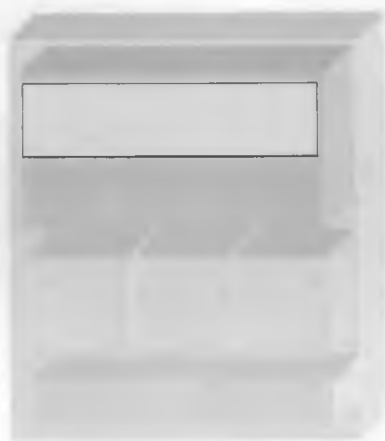
mentlarni boshqarish sathida (konfiguratsiya va h.k.) va tarmoqlarni boshqarish sathida (traktning boshqarish, marshrutning loyihalash va h.k.) funksiyalarni taqdim etish;

- NBI interfeysi, sohaviy standartlar SNMP va CORBA bilan birgalikda ishlash;

- klasterli va konfiguratsiyalarni rezervlash va yaratish hisobiga yuqori foydalana olishlik va mashtablanish ;

- ochiq dasturiy va oraliq ta'minot platformasi bazasida.

MS5000 – bu tarmoqni boshqaruvchi tizim bo'lib u integratsiyani va optik, radio va NEC paketli transport uskunasi bilan boshqaruvni ta'minlaydi. MS5000 arxitekturasini 9.25-rasmda keltirilgan.



9.25-Rasm. Platformaning arxitekturasini

MS5000 tizimining modulli arxitekturasini faqat zarur funksiyalar va o'lchamlarni inobatga olgan holda, dastlabki ishni amalga oshirish imkonini beradi. Qo'shimcha imkoniyatlar va sig'imiyl parametrlar tarmoq rivojlanishiga qarab kengaytirilishi mumkin.

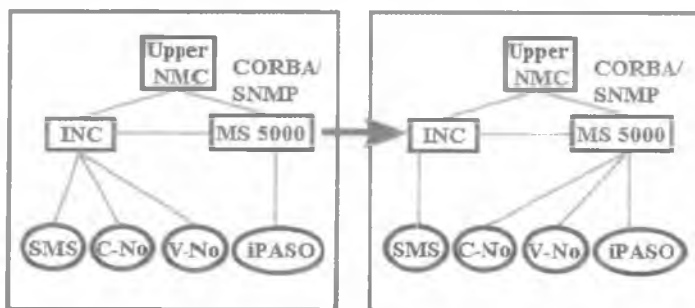
MS5000 puxtalik bilan ishlab chiqilgan boshqaruv tizimi bo'lib, tarmoqli ma'muriyatchilik sohasida quyidagi ustunliklarga ega:

– yangi funksiyani oddiy qo‘shish, ichiga o‘rnatilgan kontseptsiya yordamida yangi tarmoq elementini operativ ulash (plug-and-play) va litsenziyalash tizimi;

– mantiqiy serverga nisbatan uskunani egiluvchan taqsimlanishi yordamida boshqaruv tarmog‘ining mashtabiga bog‘liq holda masshtablanadigan tizimni tuzish;

– xavfsizlikni ta‘minlashning mukamallashtirilgan funksiyasi va “nozik mijoz” negizida foydalanuvchining grafik interfeysli LCT terminali hisobiga hi-moyani kuchaytirish;

OSS/NMS integratsiyasi (9.26-rasm). MS5000 tizimini mijozning ekspluatatsion qo‘llab-quvvatlash tizimi (OSS) bilan va yuqori darajali tizimning interfeysi yordamida yuqoriroq sathdagi NMS tizimi bilan integratsiyalash mumkin, u sohaviy CORBA va SNMP protokollari yordamida o‘rnatiladi, bu esa operatorning barcha tarmog‘i bo‘yicha tizimni kompleks boshqaruvini ta‘minlaydi. Undan tashqari. MS5000 mavjud boshqarish tizimi NEC ni ustma-ust tushishi hisobiga tarmoq migratsiyasini qo‘llab-quvvatlaydi, masalan. PNMSj, INC-100MS, MN9100/9200, TNM, bular o‘z navbatida mos ravishdagi tarmoq elementlarini boshqaradi (Rejalashtirilmoqda). Undan so‘ng tarmoq elementi bilan MS5000 yordamida boshqarish mumkin, chunki u EMS/NMS tizimlariga mos keladigan ko‘p sonli funksiyalar bilan jihozlangan.

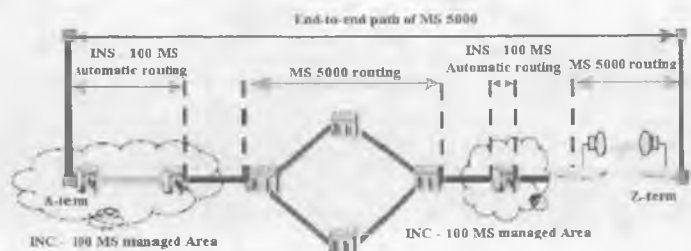


9.26-rasm. Tizimning integratsiyasi



Boshqaruv funksiyalari. MS5000 konfiguratsiyalarini boshqarish/nosozliklarni bartaraf etish/xavfsizlik kabi asosiy funksiyalardan tashqari kompleks ravishda yechish uchun mukamallashtirilgan funksiyalarni ham qo'llab-quvvatlaydi (9.27-rasm).

Traktning boshqarish. Bunga har bir sathda trakt hosil qilgan bog'lanishlarni yaratish va saqlash kiradi (L1, L2 va optik sath). Radioreleli va optik uskunalar uchun to'g'ridan-to'g'ri traktlar va Ethernet liniyasi-ning chetki nuqtalari orasida to'g'ridan to'g'ri traktlar, hamda asosiy marshrut nosozligi holatida trafikni qayta yo'naltirish uchun rezerv yo'llar yaratish mumkin. Marshrutni avtomatik loyihalashda A va Z chetki uzellar orasida TDM/WDM/L2 ning optimal yo'li hisoblanadi.



9.27-rasm. Traktidagi kompleks yechimlar

Unumdorlikni boshqarish. Tarmoq administratorlari (ma'muriyatchilari) uchun tarmoqning unumdorligini ta'minlash muhimdir va shu tufayli mijozlarning ehtiyojlarini qondirish va ular tomonidan ishonch qozonish mumkin. Shu sababdan ham MS5000 monitoring uchun interfeyslar bilan jihozlangan va unumdorlikning turli ko'rsatkichlarini saqlashi mumkin. Ushbu ma'lumotlarni keyinchalik qayta ishlash yoki tezda tahlil qilish maqsadida grafik ko'rinishda eksport qilish mumkin.

## Xulosa

Raqamli radiorele liniyalarining texnologiyalari xozirgi kunda ham son, ham sifat bo'yicha rivojlanishning yuqori bosqichiga erishdi. Ular zamonaviy transport aloqa tarmoqlarining muhim tarkibiy qismidir. Bu ham milliy, ham xalqaro pleziokron va sinxron ierarxiyali raqamli tarmoqlariga taalluqlidir.

Optik texnologiyalar qanchalik jalb qiluvchi bo'lmasin, O'zR da uning geografik va iqlimiy xususiyatlariga ko'ra tog'li va aloqa bilan kam ta'minlangan xududlarda aloqa kanallarini tashkil etish uchun raqamli RRL xali ko'p vaqtlargacha talab qilinadigan darajada bo'ladi. Talabga to'la javob beradigan kabelli infrastrukturani tashkil etish oson bo'lmaydigan, shuningdek uni bozor talablariga mos ravishda saqlab turish yanada murakkab bo'ladigan magistral yo'nalishlarda, an'anaviy ravishda raqamli radiorele liniyalari foydalanilmoqda va bundan keyin ham foydalanishda bo'ladi.

Optik tolali kabelda ma'lumotlar uzatish tarmoqlarini muvaffaqiyatli amalga oshirilishi, aloqa tarmoqlari sig'imi va uzunligiga talablar tezkor ortishi, ayniqsa sinxron raqamli iyerarxiyani (SDH) paydo bo'lishi ma'lumotlar uzatish raqamli radiorele tarmoqlarini rivojlanishiga yangi turtki bo'ldi. Bu yangiliklar va yangi texnologiyalarni ixtiro etilishi, jumladan, bir nechta eltuvchi chastotalardan foydalanib uzatish, qutblanishlararo interferentsiyalarni bartaraf etilishi va x.k. natijasi 155- Mbit/s, 2x155- Mbit/s va 622- Mbit/s darajalarda ma'lumotlar uzatish imkoniyati paydo bo'lishiga olib keldi. Buning natijasi, raqamli RRL telefoniya sohasida 50% gacha va teleeshittirishlarda amalda 100% gacha qo'llanilmoqda.

An'anaviy simli aloqadan, radiorele aloqani ajratib turadigan, o'ziga xos xususiyatlari uni global, regional va mahalliy ma'lumotlar uzatish tarmoqlarida qo'llanishiga sabab bo'lmoqda. Ayniqsa, aloqa infrastrukturasi rivojlanmagan xududlarda xarakatdagi abonentlarga xizmat ko'rsatadigan ma'lumotlar uzatish tarmoqlarini tezkor rivojlantirish zaruratida radiorele aloqasi qo'l keladi.

Raqamli radioreleli radio tizimlar kabelli va optik-tolali aloqa tizimlari bilan muvaffaqiyatli raqobatlashmoqda. O'YuCh elektron komponentlarining uzluksiz takomillashtirilishi, yangi prinsiplar va texnologiyalarning paydo bo'lishi, simsiz aloqa uchun o'ta yuqori ishonchlilik, juda kichik hajmli, energiyani juda kam iste'mol qilish bilan ajralib turadigan qurilmalarning yangi avlodi yaratilishiga olib keldi.

## Adabiyot

1. *Тепляков И.М.* Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. – М.: “Радио и связь”. 2004. – 327 с.

2. Прокис Дж. Цифровая связь. Пер. с англ. / Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: “Радио и связь”, 2000. – 800 с.

3. *Маковеева М.М.* Принципы построения и расчёта цифровых радиорелейных систем. Учебное пособие. МТУСИ. – М.: ЗАО “Информсвязьиздат”, 2000. – 63 с.

4. *Данилович О.С.* Курс лекций по ЦРРЛ за 1995 г.

5. Системы радиосвязи. Учебник для ВУЗов. / Под ред. Н.И. Калашникова. – М.: “Радио и связь”, 1988. – 352 стр.

6. Радиорелейные и спутниковые системы передачи. /Под ред. А.С.Немировского. – М.: “Радио и связь”, 1986.

7. *Носов В.И.* Основы построения радиорелейных линий синхронной цифровой иерархии. Учебное пособие. УМО по специальности связь. – Новосибирск: СибГУТИ, 2005. – 238 с.

8. *Сорокин А.С.* Проектирование ЦРРЛ. Учебное пособие. МТУСИ. – М.: ЗАО “Информсвязьиздат”, 2009. – 39 с.

9. *Лобач В.С.* Цифровые микроволновые системы связи: методические указания к курсовому проектированию (спец. 201000, 201000) / – СПбГУТ, 1993.

10. CCIR Green Book. Report 338. – D, 1990. vol. V.

11. Гомзин В.Н., Лобач В.С., Морозов В.А. Расчет параметров цифровых РРЛ, работающих в диапазонах частот выше 10 ГГц / СПбГУТ, 1998.

12. Фокин В.Г. Основные принципы АТМ: Методические указания по курсу Т2204. – Н.: СибГУТИ, 1999.

13. Битнер В.И. Управление сетью электросвязи: Учебное пособие / СибГУТИ, 2001. – 78 с.

14. Радиооборудование СЦИ серии 2000S. Учебные материалы в 5 томах. NEC JLV-98SE-0911. – Выпуск 3, сентябрь, 1998.

15. Закон РУз. “О радиочастотном спектре”. – Ташкент, 25.12.98 г.

## Glossariy

**ITU (International Telecommunication Union)** – XEI (xalqaro elektr aloqa ittifoqi).

**ITU-R (International Telecommunication Union – Radio Sector)** – xalqaro elektr aloqa ittifoqining radioaloqa sektori. 1993-yilda tashkil topgan va xalqaro radioaloqa konsul'tativ qo'mitasining huquqiy vorisi.

**ITU-T (International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector)** – xalqaro elektr aloqa ittifoqining telekommunikatsiyalar sohasidagi standartlashtirish sektori. 1993-yilda tashkil topgan va xalqaro telegrafiya va telefoniya konsultativ qo'mitasining huquqiy vorisi.

**Avariyaaviy chaqiriq.** Kritik vaziyatlar, avariyaalar, abonent uchun xavflar va x.k. xaqida ogohlantirish uchun aloqa tizimi kanallari orqali yuboriluvchi maxsus signal. Odatda tizimda eng yuqori darajadagi ustunlikka ega. Aksar holatlarda avariya chaqirig'ini yuborish uchun radiostansiyada alohida maxsus tugmadan foydalaniladi.

**Aviatsiya diapazoni.** Radio aloqa reglamentiga muvofiq aviatsiyada radio aloqani tashkillashtirish uchun ajratilgan 118–136 MGts chastotalar polosasi. Aviadia-pazonda tarixan amplitudaviy modulyatsiya qo'llanadi.

**Chastotani avtomatik rostlash (ChAR).** Biron-bir sababga ko'ra avtogeneratorning chastotalar tebrani-shi, uning belgilab qo'yilgan qiymatidan og'ish yuz bergan holatlarda uni ana shu qiymatga qaytarishni ta'minlovchi avtomatik boshqarish. ChAR radiopriyom-niklarda, radiouzatkichlarda va boshqa radiotexnik qurilmalarda keng qo'llaniladi.

**Ko'chaytirishni avtomatik rostlagich (KAR).** Radioqabullagichning kirishida quvvat o'zgartiruvchi qurilma. Amplitudali, modulyatsiyali radiostansiyalar priyomniklarining chiqishidagi signal darajasining og'ishini kirishdagi 60....80 dB og'ishlarga nisbatan 4....6 dB gacha kamaytirish uchun qo'llaniladi.

**Azimut.** Obyekt yo'nalishida nolga teng deb qabul qilingan yo'nalishdan boshlab hisoblanuvchi gorizontal yuzadagi burchak.

**Aktiv antenna.** O'ziga bevosita o'rnatilgan aktiv elementli, qabul qilish va uzatish maqsadlarida xizmat qiluvchi antenna. Aktiv antenna radiotexnik qurilmaning alohida qismi hisoblanadi va pechatli montaj usullarini qo'llagan holda bajarilishi mumkin. Aktiv antennalar turli xil radiotexnik qurilmalarning fazalangan antenna panjalarida keng qo'llaniladi. Radioga qiziquvchilar ko'pincha qabul qiluvchi aktiv antennalardan foydalanishadi, shunday bo'lsa ham keyingi yillarda uzatuvchi aktiv antennalar haqidagi ta'riflar uchramoqda.

**Amplituda.** Garmonik tebranishlarni bajaruvchi kuchlanish, tok yoki boshqa bir kattalikning eng katta qiymati.

**Amplitudaviy modulyatsiya (AM).** So'nmas tebranishlarning, ularni modulyatsiyalovchi ancha past chastotali tebranishlar amplitudasiga mos ravishda o'zgarishi sodir bo'ladigan modulyatsiya.

**Amplitudaviy xarakteristika.** Qurilma chiqishidagi signal amplitudasi uning kirishidagi signal amplitudasiga bog'liqligi. Amplituda xarakteristikasi bo'yicha qurilmaning chiziqchiligi, undagi noxiziqli buzilishlar va x.k. to'g'risida fikr yuritiladi.

**Amplituda-chastotaviy xarakteristika (AChX).** Qurilma kirishidagi garmonik signal amplitudasi o'zgarish bo'lganda uning qurilma chiqishida chastotaga bog'liqligi. Radiotexnikada AChX bo'yicha chastotalar o'tkazish polosasini, tanlovchanlikni va boshqa parametrlar aniqlanadi.

**Amplitudaviy diskriminator.** Ma'lum amplitudali elektr signalini ajratib oluvchi qurilma.

**Spektr analizatori.** elektr signallarining spektrini tahlil qilish uchun ishlatiladigan asbob.

**Chastotalar spektri analizatori.** Asosan laboratoriya sharoitida ishlatiluvchi, displey ekranida kuza-tilayotgan chastota spektrlarini tadqiqlash uchun qo'llaniluvchi elektr o'lchash asbobi. Tadqiqlanayotgan tebranishlar spektrini "quvvat-chastota" koordinatlarida ostsillografik tasvirini olish uchun spektr analizatorlarida super-geterodin radiopriyomnik qo'llaniladi. Havaskorlarga va yarimprofessionallarga, narxi yuqori bo'lmagan, spektr analizatorlari chiqarilmoqda, masalan AOR SDU-5000 yoki SDU-5500.

**Analog – raqamli o'zgartgich.** Analog signallarni (masalan, kuchlanish yoki tok) ularga ekvivalent bo'lgan (ikkilik yoki ikkilik-o'nli) raqamli kod bilan ifodalangan diskret signallarga avtomatik ravishda o'zgartiruvchi qurilma.

**Analog integrallangan.** Analog (uzluksiz) signal-larga ishlov berishni amalga oshiradigan integral sxema. Analog sxemada chiqish signali kirish signalining uzluksiz funksiyasi bo'ladi. Analog integral sxemalar radio qurilmalarda turli o'zgarishlarni amalga oshirishda qo'llanadi.

**Anizotrop muhit.** Xususiyatlari turli yo'nalishlarda turlicha bo'lgan muhit.

**Antenna.** Radioto'lqinlarni tarqatuvchi va qabul qiluvchi qurilma. Uzatuvchi antenna radio uzatkich chiqishidagi tebranish zanjirlarida yig'ilgan yuqori chastotali elektromagnit tebranishlar energiyasini tarqalayotgan radio to'lqinlar energiyasiga aylantiradi. Qabul qiluvchi antenna teskari funktsiyani bajaradi: tarqalayotgan radio to'lqinlarning energiyasini qabul qilgichning kirish tebranish zanjirlaridagi yig'ilgan energiyaga aylantirib beradi. Antennalarning shakli, o'lchamlari va konstruksiyasi turli-tuman bo'lib, ular



tarqatilyotgan yoki qabul qilinayotgan to'liqlarning uzunligiga va antenna bajaradigan vazifaga bog'liq. Keng polosali qabullagichlarda simning bir bo'lagi ko'rinishidagi (eng oddiy variant), shtirli (shu jumladan teleskopik), disk-konusli va boshqa ko'rinishidagi antennalar qo'llaniladi.

**Yuguruvchi to'liq antenasi (YuTA).** Ishlayotganda, uning polotnosida yuguruvchi to'liq rejimi o'rnatiladigan antenna. Bu nodavriy antennalar – Beveredj antenasining yorqin vakili, T2FD turidagi antenna, yuklantirilgan antenna.

**Kulikov antenasi.** egiluvchan shtirli antenna, u egiluvchan po'lat trosdan iborat bo'lib, trosga alyuminiy g'altaklar kiydirilgan. Trosning bir uchi antenaning asosiga mahkamlangan, ikkinchi uchiga antenaning ustki g'altagi kavsharlab qo'yilgan. Antenaning ishchi holatida tros tortiladi. Amortizatorning siqilgan prujinasi ta'siri hisobiga g'altaklar bir-biriga zich joylashadi va egiluvchan, barqaror vertikal shtir hosil etadi. Trosning tortilishi kompensatorning uzunligini o'zgartirish hisobiga boshqariladi. Sharnir yordamida tros tortilishi kuchsizlantirilib antenani taxlash mumkin. Trosning tortilishi kuchsizlantirilgandan so'ng antennaga, uni saqlash va tashish uchun qulay bo'lgan istalgan shaklni berish mumkin. Kulikov antenasi qurolli kuchlarda va turli xizmatlarning tashib yuriluvchi radiostansiyalarida qo'llanadi. Radioishqibozlar Kulikov antenasidan, o'rta diapazonda ishlash uchun, qisqa to'liq diapazonida uzatuvchi avtomobil antennalari yaratish uchun foydalanishadi.

**Bazaviy stansiya.** Harakatdagi radiostansiyalar bilan aloqani ta'minlovchi markaziy retranslyator va boshqaruvchi uskuna. Harakatlanuvchi radio aloqa tarmog'ida bittadan bir nechta yuzgacha bazaviy stansiyalardan foydalaniladi (umumdavlat trunk tarmoqlari, mobil telefon tarmoqlari).

**Xotira banki.** Qabulqilgichning yoki transiverning

xotirasida guruhlangan xotira kanallari. Yahshi asbob bir nechta banklarga ega bo'ladi, ularning har birida o'nlab kanallar mavjud. Banklar chastotalarni idoraviy qararniligi, diapazoni, hududiyli va boshqa alomatlar bo'yicha guruhlash (keyinchalik skanerlash) imkoniyatini beradi. Qabulqilgichlarning ayrim modellarida "yopiq" chastotalar banklari mavjud, ularga faqat parol kiritilgandan so'ng kirish mumkin. Shuningdek izlash banklari ham (boshqacha nomlari – izlash diapazonlari, izlash uchastkalari va boshqalar) mavjud, ular chegaraviy chastotalar deb ataluvchi chastotalarni yozib olish uchun ikkita xotira yacheykasidan iborat. Bunday bank bo'yicha izlash chegaraviy chastotalar oralig'idagi barcha uchastkada izlashni bildiradi.

**Elektr batareyasi.** Zarur kuchlanish yoki quvvatni olish uchun elektrik va konstruktiv bog'langan bir tipdagi galvanik elementlar guruhi.

**Yuguruvchi to'lqin.** Yiqiluvchi to'lqinning o'zi. Ko'pincha yuguruvchi to'lqin antennalari deb ataluvchi antennalarning ishini tavsiflash uchun qo'llanadi.

**Xavfsizlik.** Muloqotlarning maxfiyligi va konfidentsialligini ta'minlash bo'yicha ruxsatsiz kirishdan himoyalash bo'yicha talablarning realizatsiyasi darajasi bilan aniqlanuvchi, aloqa tizimlarining xarakteristikasi.

**Bel (B.V.).** Nomlari bir xil bo'lgan fizik kattaliklar nisbatining o'nli logarifmiga teng bo'lgan, o'lchash birligi.

**Oq shovqin.** Spektri chastotalarning barcha sohasi bo'yicha bir xilda taqsimlangan shovqin.

**Qirg'oq refraksiyasi.** Qirg'oq refraksiyasi deyilganda qirg'oq chegarasini kesib o'tish paytida er radio to'lqinlari tarqalishi yo'nalishining o'zgarishi tushuniladi. Qirg'oq refrikatsiyasi 1918-yilda qirg'oq radiopelengatsion stansiyalari ishlayotgan paytda pelenglashning tizimiy xatoligi sababchisi sifatida aniqlangan.

**Elektr tebranishlarning urishi.** Chastotalar bir-biriga yaqin bo'lgan ikki garmonik tebranishning qo'shilishidan yuzaga keluvchi signal amplitudasining davriy ravishda o'zgarishi.

**Bimetall sim.** Professional antennalarni qurishda ularning polotnosi uchun bimetalldan sim ishlatiladi. Uning o'ziga xosligi, asosi temir o'tkazgichdan, tashqi yuzasi esa mis yoki alyuminiy pypoqdan tashkil topgan. Skin-effekt tufayli yuqori chastotali toklarning metallning ichiga kirish chuqurligi kam, shuning uchun yupqa mis qobiqdan foydalanish mumkin. Metall asosi tufayli bimetalldan sim mis simdan mustahkamroq va butunlay misdan bajarilgan simdan arzonroq bo'ladi.

**Antennaning yaqin zonasi.** Bu antenna tarqatayotgan to'liq uzunligining o'n karrasigacha bo'lgan masofa bilan chegaralangan zona. Bu zonada bog'langan nostaionar elektromagnit maydon deb ataluvchi maydon mavjud.

Radioishqibozlar yaqin zonada to'liqning yuqori darajadagi elektr va magnit tashkil etuvchilari mavjudligini bilishlari, yaqin zonada antennaning yo'naltirilganlik diagrammasi aniqlanmasligini bilish muhimdir.

**Bloking-generator.** Kuchli musbat teskari aloqa ta'siri natijasida paydo bo'luvchi, katta g'ovakli elektr impulslarning generatori.

**Klaviaturani blokirovkalash (arretirovkalash).** Radiostansiyani boshqarish organi bexosdan noto'g'ri ishlatib qo'yish natijasida ilgari programmalashtirib qo'yilgan funksiyalarning buzilishini oldini oluvchi funksiyasi. Bu funksiya ulangandan so'ng, tugmalarni belgilangan tartibda bosilgandan so'ng klaviaturani aktiv holatga keltirish mumkin, bu ushbu operatsiyani tasodifan bajarilishiga imkoniyat bermaydi.

**Yon chastotalar.** Etluvchi chastotaning ikkala tomoniga joylashgan modulyatsiyalangan tebranishlar spektrining tashkil etuvchilari. Yon chastotalar spektri bo'yicha radiotexnik qurilmalar va asboblarning zarur bo'lgan o'tkazish polosalari aniqlanadi.

**Brevster effekti.** XX asrning 20-yillarining boshida ingliz olimi Brevster (Brewster) ixtirosi: real yer ustida joylashgan vertikal shtirli antennaning nurlanish burchagi, ideal o'tkazuvchi yuza ustiga o'rnatilgan antenna uchun hisoblab chiqilgan burchakdan baland. Yerning sifatiga bog'liq holda nazariy nurlanish burchagi bilan real nurlanish burchagi orasidagi farq bir necha gradusdan o'nlab gradusgacha bo'lishi mumkin. Bu xodisa "Brevster effekti" deb ataladi.

**Kuchaytirgich.** Radiotexnikada – uzatkich radio-signalini qo'shimcha tashqi quvvat kuchaytirgichi. Odatda uzun radiokabeldagi yo'qotishlarni o'mini qoplash uchun qo'llanadi.

**Vakuimli kondensator.** Shisha ballon ichiga joylashtirilgan ikkita silindrik koaksial elektroddan iborat, unda yuqori vakuum hosil qilinadi, bu ishchi kuchlanishni oshirish imkonini beradi. Bu kondensatorlar 1–2 MGts chastotalar diapazonida eng kam yo'qotishlarga ega bo'shladi, bunda kondensatorning aslligi 10000 ga yetadi. Chastota ortishi bilan kondensator chiqishida va uning dielektrigida yo'qotishlar ortadi va uning aslligi pasayadi.

**Varikap.** R-p o'tishining sig'imi o'zgaruvchan yarimo'tkazgichli diod, unda sig'im o'tishdagi kuchlanish siljishi orqali boshqariladi. Radiotexnikada kuchlanish bilan boshqariluvchi o'zgaruvchan sig'imli kondensator sifatida qo'llanadi.

**Variometr.** Biri ikkinchisining magnit maydonida aylanuvchi ikkita g'altakdan iborat. Rostlash jarayonida g'altaklar ketma-ket yoki parallel qayta ulanishi mumkin, bu tizimning induktivligini keng chegaralarda o'zgartirish imkonini beradi.

**Varistor.** elektr kuchlanishi ta'sirida qarshiligi o'zgaruvchan noxiziqli rezistor. elektr zanjirlarini himoya qiluvchi, elektr kuchlanishini va tokni stabillovchi va rostlovchi element sifatida qo'llanadi.

**Vatt (Vt, W).** Quvvatning, shu jumladan radiosignal quvvatining va elektr quvvatining o'lchov birligi.

**Elektrik ventil.** O'tkazuvchanligi sezilarli darajada elektr tokining yo'nalishiga bog'liq bo'lgan noxizizqli asbob. O'tkazuvchanligi to'g'ri yo'nalishda teskarisiga nisbatan sezilarli darajada katta bo'ladi. Ventillar to'g'ri lagichlarda, chastota o'zgartgichlarida va boshqa qurilmalarda ishlatiladi. Ventil sifatida yarimo'tkazgichli diodlar keng qo'llaniladi.

**Vertikal qutblangan to'lqin.** elektromagnit to'lqin bo'lib, uning elektr maydoni vektori, o'zi tarqalayotgan o'tkazuvchan yuzaga nisbatan perpendikulyar yo'nalgan bo'ladi.

**O'zarolik effekti.** O'zarolik effekti antennaning parametrlari, u uzatish uchun ishlayotganda ham, qabul qilish uchun ishlayotganda ham bir xilligi orqali ifodalanishidir. Antennaning ko'pchilik nazariy model-lari shunga asoslanib qurilgan. Hozirda, antennaga jiddiyroq nazariy yondoshilganda bunday emasligi ma'lum bo'ldi. Antennaning uzatishga ishlayotgandagi parametrlari qabul qilishga ishlayotgandagi parametrlariga mos kelmaydi. Bu farq antennalarning konstruk-siyasiga bog'liq. Biroq hozirgi kungacha antenna bo'yicha hisob-kitoblarda o'zarolik effektidan foyda-laniladi. Bunda real farqni hisobga olgan holda tuza-tishlar kiritiladi.

**Vibrator.** Antennaning nurlanishida va yo'nalti-rilganlik diagrammasini shakllantirishda ishtiroq etuv-chi element.

**Vibrator.** Radiotexnikada elektromagnit to'lqin-larni nurlantiruvchi yoki qabul qiluvchi metall sim chiviq. Sim chiviq uzunligi to'lqin uzunligi bilan moslashtiriladi. Vibrator eng oddiy antenna sifatida yoki murakkab antennaning elementi sifatida qo'llanadi.

**Videosignal.** 1. O'zida videotasvirni eltuvchi (televi-denieda, videoyozuvda qo'llanadi) signal. 2. Bir necha megagersdan o'nlab megagersgacha chastotalarning keng spektriga ega signal yoki jarayon.

**Ichki antenna (radiohavaskorlar jargoni).** 1) bino (xona, chordoq, oynavand balkon) ichkarisiga joy-

lashgan harqanday uzatuvchi va qabul qiluvchi antenalarining nomi. Agar antenna binodan tashqarida, tashqi atmosfera ta'siri ostida bo'lsa, u ichki deb atalmaydi. 2) radiotexnik qurilma (qabul qilgich, televizor) ichiga joylashgan qabul qiluvchi antenna.

**Vokoder.** Nutq signallarini raqamli shaklga aylantirishga mo'ljallangan qurilma. O'zgartirishda signalning ortiqchaligi olib tashlanadi, bu bir tomondan uni uzatish uchun talab qilinadigan uzatish polosasini kichraytiradi, ikkinchi tomondan talab etilgan nutqni tushunarli darajada saqlagan holda nutq signalini buzadi (tembr va tanib olishni o'zgartiradi).

**To'lqin uzatkich (Volnovod).** Kovak yoki dielektrik bilan to'ldirilgan metall truba, unda elektromagnit maydonning yo'naltirilgan harakati amalga oshiriladi. To'lqin uzatkichda amalda nurlanishning yo'qotilishi yuzaga kelmaydi. Ichki o'tkazgichga qiyoslaganimizda metalning o'tkazish xususiyatidagi koaksialning yo'qligi tufayli yo'qotishlar, to'lqin uzatkichda koaksial liniyaga qaraganda kamroq, havo bilan to'ldirilgan to'lqin uzatkich kam dielektrik yo'qotishlarga ega.

**To'lqin qarshiligi.** Bu parametr uzatish liniyalarga tegishli. Liniyaning to'lqin qarshiligi liniya bo'ylab tarqalgan induktivlikni shu liniya bo'ylab tarqalgan sig'irga nisbatining kvadrat ildiziga teng. Fizik jihatdan, liniyaning to'lqin qarshiligi liniyaning generatorga qanday ekvivalent qarshilik ko'rsatayotganini ko'rsatadi. Garchi to'lqin qarshiligi reaktiv qarshiliklardan kelib chiqib hisoblansa ham, u aktiv xarakterga ega. Fizik jihatdan u liniya generatoridan oladigan energiyaga mos keladi. Liniya yuklamasining qarshiligiga bog'liq holda liniyaning ish rejimi turlicha bo'lishi mumkin.

**Aylanuvchi qutblanish.** Qutblanishning bu turida elektr va magnit maydoni vektorlari radioto'lqinlar tarqalish tekisligida aylanadi.

Ularning aylanishi sinusoidal qonuni bo'yicha

amalgaga oshadi, unda aylanishning burchak tezligi burchak chastotasiga teng bo'ladi (ya'ni, aylanish signal chastotasi bo'yicha amalgaga oshadi). Doiraviy va elliptik qutblanishli to'lqinlar aylanuvchi qutblanishga ega bo'lishi mumkin. Bu holda aylanuvchi doiraviy va elliptik qutblanish haqida gapirish mumkin. Maydon vektorlarining soat strelkasi bo'yicha aylanishida o'ng tomonga aylanuvchi qutblanish, vektorlarining soat strelkasiga qarshi aylanishi chap tomonga aylanuvchi qutblanish deyiladi. Aylanuvchi qutblanishni yaratish uchun maxsus turdagi antennalardan foydalaniladi. Bu polarizatsiya ESY aloqalari uchun va meteorlar orqali aloqa qilish uchun foydalaniladi. Radiohavaskorlar bu turdagi qutblanishdan uning doiraviy qutblanishni ta'minlovchi antennalarni qurishdagi murakkabligi sababli kam foydalanishadi.

**Radio.** 6 TGts.gacha bo'lgan diapazondagi elektromagnit to'lqinlarni nurlanishi orqali masofadan axborot uzatish usuli.

**Radioto'lqinlar.** To'lqin uzunligi 500 mkm dan katta bo'lgan (chastotasi  $6 \times 10^{12}$  gts kam bo'lgan) elektromagnit to'lqinlar. 1895–99 yillarda A.S.Popov tomonidan amalgaga oshirilgan radioto'lqinlar yordamida signallarni uzatishning birinchi tajribalarida 200 dan 500 metrgacha bo'lgan to'lqin uzunliklaridan foydalanilgan. Radiotexnikaning keyingi rivojlanishi elektromagnit to'lqinlarning kengroq spektridan foydalanishga olib keldi. Radiouzatuvchi qurilmalar nurlantirayotgan radioto'lqinlar spektrining quyi chegarasi 103–104 gts dan iborat. Tabiatda radioto'lqinlarning ko'plagan tabiiy manbalari mavjud: yulduzlar, jumladan Quyosh, galaktikalar, metagalaktikalar, planetalar. Yer atmosferasida yuz berayotgan ba'zi jarayonlarda ham radioto'lqinlar generatsiyasi kuzatiladi. Masalan, ular chaqmoq chaqqanda, ionosfera plazmasida tebranishlar qo'zg'alishida paydo bo'ladi. Bunday jarayonlarda ancha past chastotali radioto'lqinlar

(gersning eng kichik hissasigacha) qo'zg'atilishi mumkin. Turli chastotadagi to'liqlar Yer doirasida va kosmik fazoda turlicha tarqaladi va shunga binoan radioaloqada va ilmiy tadqiqotlarda turlicha qo'llaniladi. Tarqalish, generatsiyalash va (xususan) nurlanish xususiyatlarini hisobga olgan holda radioto'liqlarning barcha diapazonini bir qator quyi diapazonlarga bo'lish qabul qilingan. Radioto'liqlar turlicha qo'llanishi mavjud: radioaloqa, radioeshittirish, radiotelefon aloqalari, televidenie, radiolokatsiya, radiometeorologiya va hokozalar. Barcha sanab o'tilgan hollarda radioto'liqlar u yoki bu axborotni masofaga simsiz jo'natish vositasi hisoblanadi, masalan, nutqlar, telegraf signallari, tasvirlar. Radioto'liqlar turli obyektlarga yo'nalishni va masofasini aniqlash, atmosferaning yuqori qatlami tuzilishi haqida ma'lumotlar olish uchun qo'llanadi.

**Radiogorizont.** To'g'ri (bevosita) to'liqli radioaloqa imkoniyati bo'lgan ikki antenna orasidagi masofa. Bu atama UQTLi radioaloqada ishlatiladi. Radiogorizont tabiiy hodisalar – troposferadagi refraktsiya, temperatura inversiyasi, troposferaning turli xolatlari, shuningdek sun'iy xolatlar – antenna balandligi, uzatkich quvvati va qabul qilgich sezgirligiga bog'liq holda kengayishi yoki torayishi mumkin.

Radiogorizont tushunchasi, optik gorizontdan (Yerning sharsimonligidan kelib chiqib, ko'rinish chegarasidagi nuqtalardan tashkil topgan liniya) farqli ravishda, noaniq tushuncha ekanligi tushunarlidir. Radiogorizontni aniqlashda troposferali to'liqli uzatkich va troposferaning bir jinsli emasligi hisobiga UQTLar diapazoni radioto'liqlari uzoqqa tarqalishini hisobga olishmaydi.

**Radiokanal.** Radioto'liqlarni uzatishdan foydalanilgan holda axborotni uzatish usuli. Radiokanal radiouzatuvchi va radioqabul qiluvchi qurilmalardan iborat. Radiochastota radiokanalga qo'yilgan vazifaga bog'liq holda, shuningdek mavjud imkoniyatlardan kelib



chiqib tanlanadi. Radiokanallar radioaloqani, radiotar-  
moqlarni tashkil etishda, axborot tizimlari segmentlarini  
birlashtirishni va hakozalarni amalga oshirishda foy-  
dalaniladi.

**Radiomajmua.** Yaxlit tizim sifatida texnik va este-  
tik munosabatda hal qilingan radiotexnik apparatlar  
yig'indisidir. Radiomajmuaning o'ziga xos xususiyati  
uning texnik-iqtisodiy xarakteristikalarining muvoza-  
natlanganligi va uskunalarning tarqoqlangan to'plamiga  
xarakterli bo'lgan, bir-birini takrorlovchi qismlarning  
yo'qligidir.

**Radiobo'yoq.** elektromagnit energiyani yutib yubor-  
maydigan bo'yoq. Bu bo'yoq bilan aerodrom va kema-  
lardagi lokatorlar antennalarini bo'yashadi.

**Radiohavaskorlik aloqasi.** qabul qiluvchi-uzatuv-  
chi apparatura va antennalar bilan eksperiment (ilmiy  
tajriba) o'tkazish maqsadida amalga oshiriladigan nop-  
rofessional radioaloqa. Radioaloqa reglamentiga mos  
ravishda radiohavaskorlar aloqasi uchun 3MGts dan 22  
GGts gacha bo'lgan chastotalar intervalida bir necha  
diapazonlar ajratilgan.

**Radiohavaskorlik diapazonlari.** Radiohavaskorlik  
aloqasi va radio orqali boshqariluvchi modellarga signal  
uzatish uchun ajratilgan radioto'lqinlar diapazoni.  
Xalqaro radioaloqalar reglamentiga ko'ra, aloqa uchun  
5 ta qisqa to'lqinli diapazonlar ajratilgan – 80-, 40-,  
20-, 14- i 10-metrli mos ravishdagi chastotalari 3,50-  
3,65 Mgts; 7,0-7,1 Mgts; 14,00-14,35 Mgts; 21,00-  
21,45 Mgts; 28,0-29,7 Mgts va 6 UQTLi 144-146 Mgts;  
430-440 Mgts; 1,215-1,300 Ggts; 5,65-5,67 Ggts;  
10,0-10,5 Ggts; 21-22 Ggts. chastotali. Modellarni  
radioboshqaruv uchun ( $27,12 \pm 0,05\%$ ) Mgts chastota  
va 28,0-29,7 Mgts va 144-146 Mgts diapazonli bir  
necha uchastkalar ajratilgan. Har bir radiohavaskorlik  
diapazoni ichida telegraf va telefon rejimida ishlashi,  
yaqin va uzoq stansiyalar va hakoza bilan aloqa  
qilish uchun alohida uchastkalar ajratilgan.

**Radionavigatsiya.** Radiotexnik vositalar va usullar yordamida fazoda to'g'ri mo'ljal olish.

**Radiopelengatsiya.** Radio nurlanish manbasiga yo'nalishni aniqlash. Radiopelengatorlar yordamida amalga oshiriladi. Radiopelengator pelenglanayotgan obyektдан tarqalayotgan radioto'lqinlarni qabul qiluvchi va qabullovchi indikator deb ataluvchi antenno-fider tizimidan tashkil topadi. Q/ida pelenglanayotgan obyekt yo'nalishlari va hisob boshlanishi deb qabul qilingan asosiy tekislik orasidagi burchak haqida ma'lumotlar ishlab chiqiladi. Bir-biridan yetarlicha uzoqlikda joylashgan ikki yoki undan ortiq pelengatorlardan foydalanuvchi radiopelengatsiya pelenglanayotgan obyektning joyini aniqlash imkonini beradi – u yo'nalishlar kesishgan nuqtada joylashgan.

**Radiouzatkich.** Radiochastotalar diapazonida modulyatsiyalangan elektr tebranishlarni hosil qiluvchi va keyinchalik ularning nurlantiruvchi (antenna yordamida) radioelektron qurilma.

**Radiopriemnik.** Qabul qilinayotgan signalni yoki qandaydir elektromagnit manba nurlanishini ajratish, kuchaytirish va signalni mos qayta tiklovchi qurilmaga (masalan, radiokarnay) ta'sir etishi uchun o'zgartirishga xizmat qiluvchi radioelektron qurilma.

**Bevosita kuchaytigichli radioqabullagich.** Qabul qilinayotgan radiosignallarni oldin (detektorgacha) bevosita eltuvchi chastotada kuchaytiriladi, so'ngra (detektordan keyin) uni kuchaytirish modulyatsiya chastotalarida amalga oshiriladi. Hozirgi paytda professional radioaloqada qariyb qo'llanilmaydi.

**Radioreleli liniya (RRL).** Bir biridan bevosita aloqa masofasiga 40:70 km. uzoqlashtirilgan qabul qiluvchi va uzatuvchi UQT stansiyalar zanjiri.

**Radioreleli aloqa.** Radioreleli aloqa (fransuzcha radio va relais – oraliq stansiya), odatda bir-biridan antennalar bevosita ko'rinishli masofada turadigan, qabul qiluvchi va uzatuvchi radiostansiyalar zanjirlari

yordamida amalga oshiriladigan radioaloqa. Har bir bunday stansiya qo'shni stansiyadan signalni qabul qiladi, uni kuchaytiradi va keyingi stansiyaga jo'natadi. Radioreleli aloqa detsimetrli (DM) va santimetrli (SM) to'liqlarda telefon, telegraf, televizion va boshqa signallarni ko'p kanalli uzatish uchun ishlatiladi. DM va SM to'liqlar diapazoni, signallar spektri kengligi bir necha o'nlab Mgts bo'lgan ko'p sonli radio-uzatkichlarni bir vaqtda ishlash imkoni borligi, radio-qabulga atmosfera va industrial xalaqitlar darajasining pastligi, aniq yo'naltirilgan antennalarni qo'llash imkoni borligi uchun tanlangan. Chunki DM va SM to'liqlarning barqaror tarqalishi faqat bevosita ko'rinish chegarasida ro'y beradi, shuning uchun olis masofaga aloqalar uchun ko'p sonli retranslyatsiya stansiyalarini joylashtirish kerak bo'ladi. Stansiyalar orasidagi masofa iloji boricha uzoq bo'lishi uchun ularning antennalarini machtalar yoki minoralarga, iloji boricha balandroq joylarga o'rnatiladi. Tekis joylarda stansiyalar orasidagi masofa 40–50 km ni tashkil etadi; troposferadi radioaloq stansiyalarini (zanjirning alohida qismlarida) qo'llash masofani 250–300 km gacha uzaytirish imkonini beradi.

Radioreleli aloqani katta sig'imli-magistral, o'rta sig'imli-zonaviy liniyalarga, kam kanalli-temir yo'l transportida, gaz quvurlarida, neft' quvurlarida, elektr uzatish liniyalarida, shuningdek harbiy maqsadlarda qo'llanadigan xarakatlanuvchi stansiyalar bilan aloqa uchun kichik kanalli liniyalarga bo'linadi. 5 kanalli radioreleli aloqanining birinchi liniyasi AQSHda 1935-yil Nyu-York va Filadelfiya orasida qurilgan.

**Radioaloqa.** Radioto'liqlar yordamida amalga oshiriladigan elektr aloqalarning bir turi.

Xabarlarini uzatish amalga oshirilayotgan punktada radioaloqa tashkil etish uchun radiouzatkich va uzatuvchi antennaga ega bo'lgan radiouzatuvchi qurilma va xabarlarini qabul qilish punktida (radioqabul) qabul

qiluvchi antenna va radioqabullovchiga ega radioqabul qiluvchi qurilma joylashtiriladi. Uzatgichda generatsiyalanadigan tashuvchi chastota deb ataluvchi radiochastotalarning biror bir diapazoniga tegishli bo'lgan elektromagnit tebranishlar uzatilayotgan xabarga mos ravishda modulyatsiyalanadi. Modulyatsiyalanayotgan radiochastota tebranishlar radiosignallardir. Uzatkichdan radiosignal uzatuvchi antennaga tushadi, uning yordamida antennani o'rab turgan fazoda elektromagnit to'lqinlar qo'zg'atiladi. Tarqala turib, ular qabul qiluvchi antennaga yetib boradi va unda elektr tebranishlarni vujudga keltiradi, keyin radioqabullagichga kelib tushadi. Bunday tarzda qabul qilingan signal juda kuchsiz bo'ladi. chunki qabul qiluvchi antennaga tarqalayotgan energiyaning juda kam miqdordagi qismi kelib tushadi. Shuning uchun radioqabullagichda radiosignal avval kuchaytiriladi, keyin demodulyatsiyalanadi yoki detektirlanadi, natijada radiouzatkichdagi tashuvchi chastota bilan modulyatsiyalangan tebranishga o'xshash signal ajratiladi. Keyinchalik bu signal kuchaytiriladi va mos signal hosil qiluvchi qurilma yordamida boshlang'ich xabarga to'g'ri keladigan xabarga aylan-tiriladi.

**Radiostansiya.** Radioto'lqinlar yordamida xabar uzatuvchi kompleks qurilma (uzatuvchi radiostansiya), uning qabul qilinishi (qabul qiluvchi radiostansiya yoki radioqabullagich) va uzatish va qabul qilish (qabul qiluvchi va uzatuvchi radiostansiya). Asosiy elementlari: radiouzatkich va (yoki) radioqabul qilgich, fider, antenna, ta'minot manbasi. Bundan tashqari, uzatuvchi radiostansiya tarkibiga ayrim tashuvchidan (masalan, magnit lentasi kabi) uzatish uchun mo'ljallangan axborot hosil qiluvchi qurilmalar kirishi mumkin, qabul qiluvchi tarkibiga esa qabul qilinayotgan signallarni qaydlovchi yoki ularni tovush yoki tasvirga aylantiruvchi qurilmalar kiradi.

**Radiotelegraf aloqa.** Radioto'liqlar yordamida harfli, raqamli va belgili diskret xabarlarini uzatuvchi elektr aloqadir. Telegraf xabar bo'yicha modulyatsiyalangan elektr tebrani shlar uzatuvchi stansiyadan radiotelegraf aloqa liniyasiga kelib tushadi va undan qabul qiluvchi stansiyasiga tushadi. Detektrlangan va kuchaytirilgandan so'ng telegraf xabari tovush bo'yicha qabul qilinadi yoki qabul qiladigan xarf bosuvchi telegraf apparati tomonidan yozib olinadi.

**Radiotelefon aloqa.** Radioto'liqlar yordamida telefon (nutqli) xabarlarini uzatuvchi elektr aloqa. Axborot radiotelefon aloqa liniyasiga mikrofon orqali, undan esa, odatda telefon orqali kelib tushadi. Radiostansiyaga mikrofon va telefon bevosita, yoki telefon liniyalari orqali ulanadi.

**Radiotexnika.** 1. elektromagnit tebrani shlar va radiodiapazon to'liqlari, ularni hosil qilish, kuchaytirish, tarqatish. qabul qilish usullari haqidagi fandi r. 2. Radioaloqa, radioeshittirish, televidenie, radiolokatsiya, radionavigatsiya va boshqalarda xabarlarini uzatish uchun tebrani shlar va to'liqlarni qo'llashni amalga oshiruvchi texnika sohasi. Radiotexnik usullar va qurilmalar avtomatikada, hisoblash texnikasida, astronomiyada, fizikada, ximiyada, biologiyada, meditsinada va boshqalarda qo'llaniladi. Bir necha muhim sohalarga ajraladi, ulardan eng muhimi-elektr tebrani shlarini hosil qilish, kuchaytirish, o'zgartirish; antennali texnika; turli muhitlarda radioto'liqlar tarqalishi; uzatilgan signallarni qayta hosil qilish (ovozli, tasvirli, telegraf va boshqa belgilar); radiotexnik usullar yordamida boshqarish texnikasi, roslash, va nazorat qilish kabi sohalarga tegishlidir.

**Radiochastota.** Chastota bu vaqt birligidagi davrlar soni. Radiochastota bir sekunddagi radioto'liqlar tebrani shlarini sonini ko'rsatadi va Gertslarda o'lchanadi. (1 Kilogerts = 1000 Gerts, 1 Megagerts = 1 mln. Gerts, 1 Gigagerts = 1 mlrd. Gerts va hokaza). Chastotalar

spektrining quyi chegarasi 1 Kgtz, yuqori chegarasi 3000 Ggtz. Zamonaviy keng polosali qabullagichlar chastotalar keng diapazondagi radiosignallarni qabul qilish imkoniyatiga ega, lekin odatda 3 Ggtz dan ortmaydi.

**Radiochastotali kabel.** Bu radiosignallarni uzatishga mo'ljallangan kabel. Uni radiouzatkichlar, radio qabul qilgichlar va televizion qabul qilgichlarning antenno-fider qurilmalarda fider sifatida, radioelektron apparaturalar va boshqalarda bloklararo va bloklar ichidagi bog'lanishlarda qo'llashadi. Konstruksiyasi va o'tkazgichlarning o'zaro joylashishiga ko'ra radiochastotali kabellarni koaksial va ikki o'tkazgichli kabellarga bo'linadi eng ko'p tarqalgani koaksial kabellardir. Har qanday radiochastotali kabellarning eng muhim elektrik xarakteristikasi (izolyatsiyalovchi dielektrik va kabel' geometriyasini aniqlovchi asosiy fizik xususiyatlari), bu to'liq uzunligining ishchi diapazoni, to'liq qarshiligi, chiziqli (tarqatilgan) sig'imi, so'nish koeffitsienti, ruxsat etilgan uzatish quvvati, teshib o'tish kuchlanishidir. Kabel markirovkasi uning asosiy xususiyatlari haqida ma'lumot beradi, masalan, RK-75-4-11: radiochastotali, koaksial, to'liq qarshiligi 75 om, diametri 4 mm, yaxlit polietilen izolyatsiyali degan ma'noni bildiradi.

**Radioelektronika.** Bir necha fan va texnika sohalarining yig'ma nomi, u elektromagnit tebranishlar va to'liqlar radiochastotalardan foydalanish asosida axborotni uzatish va o'zgartirish bilan bog'liq; ulardan asosiy radiotexnika va elektronika. Radioelektronika usullari va vositalari, asosan zamonaviy fan va texnikaning ko'pchilik sohalarida qo'llanadi.

## Ilova. A. Pathloss dasturiy ta'minoti ishining bayoni

Pathloss dasturi 30 MGtdan 100 GGtgacha chastotalar diapazonida ishlovchi RRL oraliqlarini rejalashtirishdagi universal asboddur. Dastur 10 funksional modullardan tashkil topgan. Ko'rsatilgan modullarga kirish Module menyusi vositasi orqali amalga oshiriladi. "Summary", "Antenna Heights" va "Worksheet" modul-lari formatlari foydalaniladigan ilovalarga (Microwave yoki VHF-UHF) bog'liq. Ushbu modullarning asosiy funksiyalari IA.1-jadvalda umumlashtirilgan.

Pathloss DT modullari

IA.1-jadval.

Summary	Ushbu modul sukut bo'yicha boshlang'ichdir. U aniq ilova uchun mos bo'lgan asosiy ma'lumotlar va tanlovlarni kiritish uchun oyna taklif qiladi. Modul obyektlarning ma'lumotlar bazasiga interfeys hisoblanadi. Ushbu modulda obyektlarning ma'lumotlar bazasidan foydalanib interfeysiyani hisoblash bajariladi.
Terra in Data	Ushbu modul yer usti ma'lumotlar bazasi va raqamli jadval yordamida qo'l bilan kiritilgan ma'lumotlardan foydalanib RRL oralig'i profilini yaratish va korreksiyalash uchun ishlatiladi.
Antenna Heights	Ushbu modul oraliq masofasiga, talablar to'plamiga mos keluvchi antenna ilgagi balandligi hisobini bajaradi.

Worksheet	Ushbu modul ikki xil formatda: yoki Microwave uchun yoki VHF-UHF ilovalari uchun bo'lishi mumkin. Ilovalar orasidagi tanlov Applications menyusidagi Summary modelida amalga oshiriladi. Modul hisob kitoblarni amalga oshirish uchun talab qilinadigan uskunalar va RRL oraliq'i bo'yicha ma'lumotlarni kiritish uchun batafsil (to'la) formani taklif qiladi. Signalni ko'pinchalik tarqalishidagi ishonchlik va yog'ingarchilik tufayli so'nish ham ushbu modulda hisoblanadi.
Diffraction	Ushbu modul difraksiya va signalni troposferada tarqalib ketishi tufayli bo'ladigan yo'qotishlarni hisob-kitob qilishlarni amalga oshirish uchun mo'ljallangan. Bunda difraksiyon yo'qotishlarni hisoblashlarni antenna ilgagi balandligi, Yer omili radiusi va chastotasiga bog'liqlik funksiyasi sifatida amalga oshirish mumkin.
Refraction	Ushbu modul oraliqdagi yakka oynali refraksiya ta'sirini tahlil qiladi. Tahlil foydalanuvchi tanlay olishi mumkin bo'lgan refraksiya tekisligiga asoslanadi.
Multipath	Ushbu modul ham doimiy, ham refraktivlikni gradient o'zgaruvchanligini qo'llab, oraliqning refraksiyali xususiyatini aniqlash uchun nurlarni kuzatish texnologiyasidan foydalanadi.
Print profile	Ushbu modul oraliq profillarini chop etish uchun turli formatlarni amalga oshiradi.
Network Map Grid	Ushbu modullar obyektlar tarmoqlarini grafik tarzda ifodalashni ta'minlaydi. Tarmoqdagi har bir oraliq Pathloss ma'lumotlari faylidagi o'zining havolasiga ega. Network modulidan aniq bir oraliqqa muvofiq har qanday boshqa modulga kirish imkoniga ega bo'lish mumkin. Interferensiyon ta'sir hisoblari Network modulida bajariladi.



Antenna Heights, Diffraction, Refraction va Multipath modullariga kirish imkoniyatiga ega bo'lish uchun oraliq profili mavjudligi zarur.

**Ma'lumotlarni kiritish.** Dasturda ma'lumotlarni kiritish quyidagi ikkita formatidan foydalaniladi.

Ma'lumotlar kiritishni standart shakli IA.1-rasmda keltirilgan. Bo'yalgan sohani sichqoncha yoki kursor strelkalari yordamida siljitish mumkin. Qiymatlarni kiritish oynani quyi qismida bajariladi. Tab, Enter klavishani yoki kursorning istalgan strelkasini bosish orqali ma'lumotlar ekranning bo'yalgan qismiga kiritiladi. Bo'yalgan maydonning sichqoncha yordamida o'zgartirilishi chop qilingan (terilgan) qiymatni kiritishiga olib kelmaydi.

Kirish imkoni bo'lmagan maydonlar, ularda ko'rsatilgan qiymatlarning ko'k rangi bilan ajralib turadi. Bu hisob-kitoblar natijalari aks etadigan sohalar bo'lishi mumkin.

Inverse Coordinates (Clarke 1866)		
OK Cancel Help		
	Brownvale	Peace River
Latitude	56 04 24.00 N	56 14 11.00 N
Longitude	117 52 47.00 W	117 15 45.00 W
True azimuth (°)	64.4145	244.9271
Distance (km)	42.4371	
Easting (km)	445.2364	483.7279
Northing (km)	6214.3764	6232.2069
UTM zone	11N	11N
Brownvale Latitude:		

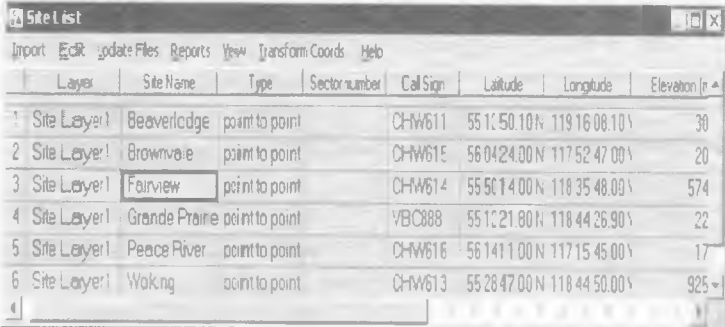
IA.1-rasm. Ma'lumotlar kiritishning standart shakli

Ma'lumotlarni kiritish uchun OK menyusini bosing, agar Cancel menyusini tanlansa, ma'lumotlar qiymati oldingi qiymatga qaytadi.

Kiritilgan ma'lumotlarni o'chirish uchun sohani belgilang va F3 tugmasini bosing. Ba'zi ma'lumotlar majburiy bo'ladi va ularni o'chirib bo'lmaydi.

Ma'lumotlarni o'zgartirish uchun o'sha joyni belgilang va F2 tugmasini bosing.

*Ma'lumotlarni jadval ko'rinishida aks etilishi IA.2-rasmda keltirilgan.*



Layer	Site Name	Type	Sector number	Call Sign	Latitude	Longitude	Elevation (ft)
Site Layer1	Beaverledge	point to point		CHW611	55 11 50.10 N	119 16 08.10 W	30
Site Layer1	Brownvale	point to point		CHW61E	56 04 24.00 N	117 52 47 00 W	20
Site Layer1	Fairview	point to point		CHW614	55 50 14 00 N	118 35 48.00 W	574
Site Layer1	Grande Prairie	point to point		VBC888	55 12 21.80 N	118 44 26.90 W	22
Site Layer1	Peace River	point to point		CHW61E	56 14 11 00 N	117 15 45 00 W	17
Site Layer1	Woking	point to point		CHW613	55 28 47 00 N	118 44 50.00 W	925

*IA.2-rasm. Ma'lumotlarni jadval ko'rinishida aks etilishi*

Network modulidagi saytlar ro'yxati kabi ko'pgina turli ma'lumotlarni kiritish zarur bo'lganda foydalaniladi. Quyidagi ma'lumotlar turlaridan foydalaniladi: raqamlash, matn, algebraik hamda ro'yxatning tushuvchi oynasi.

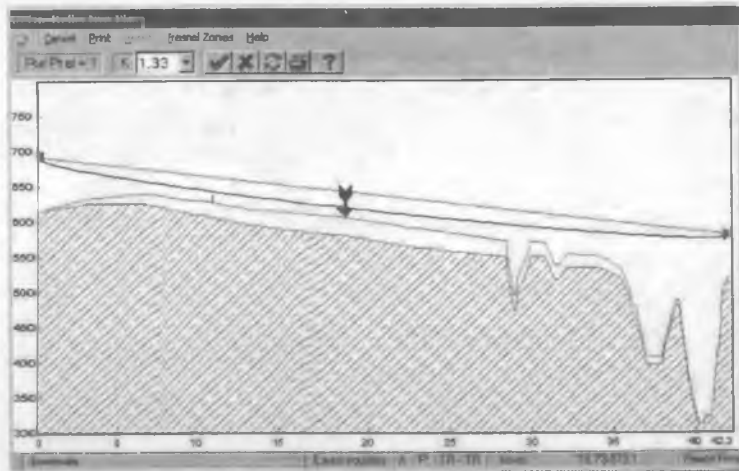
Foydalanilgan maydonlar to'g'ridan-to'g'ri displeyning o'zida tahrir qilinishi mumkin.

IA.3-rasmda profilni aks etilishi keltirilgan.

Profilni aks etilishi loyihalashtirishning ko'pgina modullarida ishlatiladi. Yuqorida keltirilgan profilning aks etilishi Reflections modulida signalni sirtidan qaytgan uchastkasini aniqlash uchun foydalaniladi va profilning aks etilishidan foydalanishga tipik misol bo'ladi.

Sirt profili shunday konfiguratsiyalashganki, profil qo'shni nuqtalari orasidagi masofa butun oraliq masofaning rosa 1% iga teng. Aks etilishning ko'pchiligi

yemning diagonal tarzda to'ldirilgan naqshli tekis profilini va uning ustida yerning bo'rtiqligi effektini ko'rsatuvchi ikkinchi profilni ko'rsatadi. Yer radiusi (K) omili yoki status panelida aks etadi va yoki nazorat panelining tushuvchi menyusidan tanlanadi.



IA.3-rasm. Profilni aks etilishi

**Network moduli.** Ushbu modul loyihalashtirish modullariga ikki sayt o'rtasidagi chiziqqa sichqoncha knopkasini oddiygina bosish hisobiga oddiy geografik interfeysni ta'minlaydi (IA.4-rasm). Ushbu imkoniyat katta loyihalar holatlarini loyihalashtirishdagi kuchlanishlarni anchagina kamaytiradi. Bundan tashqari bunda tizimlararo interferensiya hisoblarini amalga oshirish mumkin.

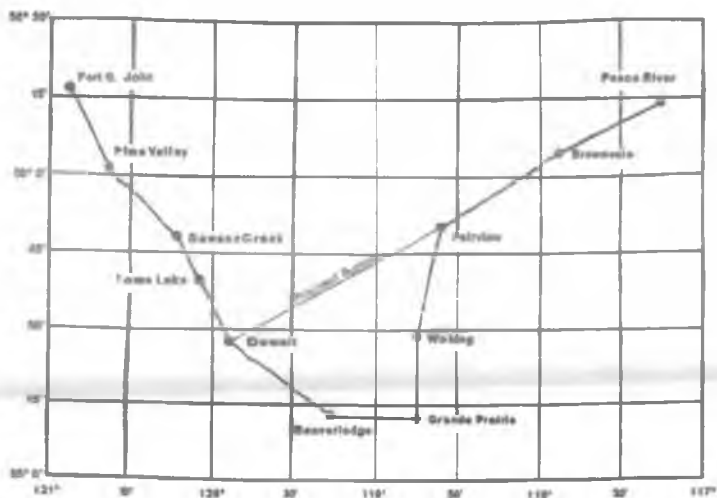
**Ma'lumotlarning yaxlitligi.** Har qanday loyihada o'zgarishlarni boshqarish anchagina murakkab vazifa hisoblanadi. Loyihani amalga oshirish jarayonida ushbu modul saytlar joylashishi balandliklarini va koordinatalarini, saytlar nomlariga nisbatan qilingan barcha o'zgarishlarni kuzatib boradi va bu bilan barcha ma'lumotlar fayllari bo'yicha yaxlitlikni kafolatlaydi.

**Darajalar.** Linklar ham, saytlar ham turli marshrutlar yoki chastotali diapazonlar bo'yicha tanlab, ixtiyoriy

ishlashni ta'minlash maqsadida turli darajalarga kiritilishi mumkin.

*Chizmani masshtablashtirish.* Masshtablashtirish imkoniyati bir necha saytlar yoki bir necha ming saytlar tarmoqlari uchun ishlashni aks etilishini yaratish uchun amalga oshirilgan.

*Saytlar haqidagi ma'lumotlar importi.* Odatda loyiha saytlar va ko'ordinatalari nomlari ro'yxatini kiritishdan boshlanadi. Bu vergul yordamida bo'lingan Excel fayllarini yoki matnli fayllarni import qilish orqali bajarilishi mumkin. Saytlar va linklar, saytlar ma'lumotlar bazasidan import qilinishi mumkin yoki Pathloss fayllarini to'g'ridan-to'g'ri import qilinishi yo'li bilan importlanadi.



1A.4-rasm. Loyihalashtirish modullariga geografik interfeys

**Linklar belgilari.** Belgilar saytlar orasidagi link chizig'iga erkin shaklda yoki Pathloss alohida ma'lumot fayllaridan yangilanadigan, oldindan berilgan xususiyatlardan foydalanib chizilgan bo'lishi mumkin. Oldindan aniqlangan format quyidagi parametrlarni har qanday kombinatsiyasini o'z ichiga oladi:

- TX channel ID;
- TX frequency;
- Polarization;
- Distance;
- Azimuth.

**Xaritalar kesishmasi.** Xaritalar kesishmasi dyuymda yoki santimetrda xaritani eng yaqin burchagidan seksiyani kesishini bildiradi va oraliq masofasini ko'rsatadi.

**Obyektlarning hisobot ro'yxati.** Ushbu ro'yxat joyning balandligi va koordinatasini, ob'ektlar nomlarini ko'rsatadi.

**Uskuna bo'yicha umumlashgan hisobot.** Ushbu hisobot Pathloss ning alohida fayllarini o'qiydi va uskuna haqidagi umumlashgan axborotni generatsiyalaydi.

**Chastotaviy rejalashtirish bo'yicha hisobot.** Ushbu hisobot Pathlossning alohida fayllarini o'qiydi va uzatish, qabul qilishga chastotalarni belgilash bo'yicha umumlashgan axborotni generatsiyalaydi.

**Summary moduli.** Ushbu modul dasturni ochishda sukut bo'yicha aks etiladi va quyidagi funksiyalarni ta'minlaydi:

- Oraliq bo'yicha ma'lumotlarni kiritish uchun markaziy joylashishni ta'minlaydi. Oraliq hisobi qabul qilish signali darajasi bo'yicha ma'lumotlar asosida bajariladi. Worksheet moduli oraliq bo'yicha signalning tarqalish ishonchligini tahlil qilinishni yakunlaydi. Ob'ekt nomi kabi ba'zi parametrlar faqatgina ushbu moduldagina kiritilishi mumkin. Antenna ilgagi balandligi kabi boshqa kiritiluvchi ma'lumotlar dasturning boshqa modullarida o'zgartirilishi mumkin;

- Ma'lumotlarni kiritish va interferensiyani tahlil qilishni o'tkazish uchun Pathloss ma'lumotlar bazasiga interfeysni ta'minlaydi;

- Yoki RRL (point to point ili point to multipoint) uchun va yoki eshittirish uchun (VHF-UHF) dasturda qo'llanadigan ilova turini sozlaydi.

**TERRAIN DATA moduli.** Yuza profili dasturning boshqa ko'pgina modullariga kirish uchun boshlang'ich hisoblanadi. U ikki obyekt o'rtasidagi masofa jadvalini va joy balandligini o'z ichiga oladi. Ushbu modulda yuza profili quyidagi usullarning istalganidan foydalanib yaratiladi:

- Masofa va joy balandligi haqidagi ma'lumotlarni qo'lida kiritish;

- Masofa to'g'risidagi ma'lumotlarni – joy balandligi to'g'risidagi ma'lumotlarni to'g'ridan-to'g'ri kiritish raqamli jadvallardan foydalanib topografik xaritalardan olinadi;

- Masofani o'zgartirish – joy balandligi haqidagi ma'lumotlar alohida matnli faylda ko'rsatilgan;

- Joy balandligi va masofa haqidagi ma'lumotlar ma'lumotlar bazasidan olinadi.

Obyektlar koordinatalari kenglik va uzunlik ko'rinishida yoki quyida sanab o'tilgan istalgan turda kiritilishi mumkin:

*UTM (Universal Transverse Mercator):*

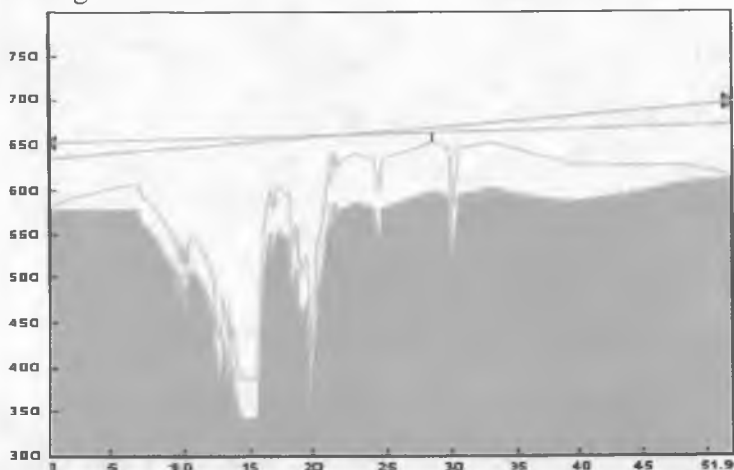
- Swiss national grid;
- South African Gauss conformal;
- New Zealand grid;
- UK Ordinance grid Irish grid;
- Gauss Kruger (soon).

Obyektlar koordinatalari bir standartdan boshqasiga (masalan, NAD-27 dan NAD-83 ga) o'zgartirilishi mumkin. Dasturlar koordinatalarning 120 ta turli standartlari ta'riflarini o'z ichiga oladi.

Topografik xaritadan olingan oraliq yuzasi profili, odatda qir-adir va tekisliklar yassi yuzasini ko'rsatadi. Bu kontur intervali mos foizini ko'rsatish yordamida avtomatik tarzda yaxshilanishi mumkin.

**ANTENNA HEIGHTS moduli.** Ushbu modul yoriqlik (to'g'ri ko'rinish) mezonlarini qoniqtiruvchi, Yer radiusi (K) omili ko'rinishida o'rnatilgan, Frenel birinchi zona radiusi foizi va ixtiyoriy balandlikda o'rnatilgan (IA.5 rasm) antenna ilgagi balandliklarini

aniqlaydi. Asosiy va ajratilgan antenna uchun yoriqlikning ikkita alohida mezoni o'rnatilishi mumkin.



IA.5-rasm. Yoriqliq mezonlarini qoniqtiruvchi antenna ilgagi balandliklari

Antennalar balandliklari har qanday kombinatsiyalarda o'zgarishlari mumkin yoki antennalar ilgagi balandliklari kvadratlari yig'indisi minimal qiymati asosida optimallashtirilishi mumkin.

**MICROWAVE WORKSHEET moduli.** Ushbu modulda uzatish sifatining to'la tahlili bajariladi. Ma'lumotlar kiritish qurilma tasvirini bosish yo'li bilan bajarilishi mumkin. Hisoblashlar bajariladi va hisoblash natijalari ma'lumotlarni kiritish mobaynida aks etib boriladi.

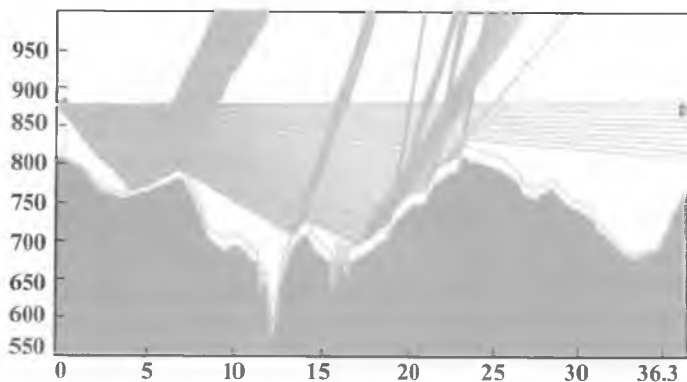
**MULTIPATH moduli.** Nurlarni kuzatish texnologiyasi oraliqda aks etish xarakteristikasini tahlil qilish va signalning nonormal tarqalish sharoitlarini hosil qilish uchun dasturda qo'llaniladi (IA.6-rasm).

**REFLECTION moduli.** Ushbu modul oraliqda qabul qilinadigan signal sathi variatsiyalarini tahlil qiladi. Aks etgan signal quyida sanab o'tilgan istalgan parametrlarning funksiyasi sifatida hisoblanadi:

Site 1 antenna height

Site 2 antenna height

Frequency  
Earth radius factor (K)



IA.6-rasm. Oraliqda aks etish xarakteristikalari tahlili

**DIFFRACTION moduli.** Difraksiyon yo'qotishlar birinchi navbatda quyidagi kategoriyalardan foydalanib, yer sirtini xarakterlaydi (IA.7-rasm):

- «single knife edge»;
- «near single knife edge» yoki alohidalangan to'siq;
- «multiple knife edge» (Epstein-Peterson yoki Deygout usullaridan foydalanib);
- antenna va uning gorizonti o'rtasidagi «foreground» yo'qotishlari (balandlik – e kuchaytirish);
- default irregular terrain (Longley-Rice) yoki rough earth diffraction.

Avtomatik difraksiyalashning uchta algoritmi ta'minlanadi:

- TIREM terrain integrated rough earth model;
- NSMA National Spectrum Managers Association;
- Foydalanuvchi konfiguratsiyalaydigan Pathloss algoritmi

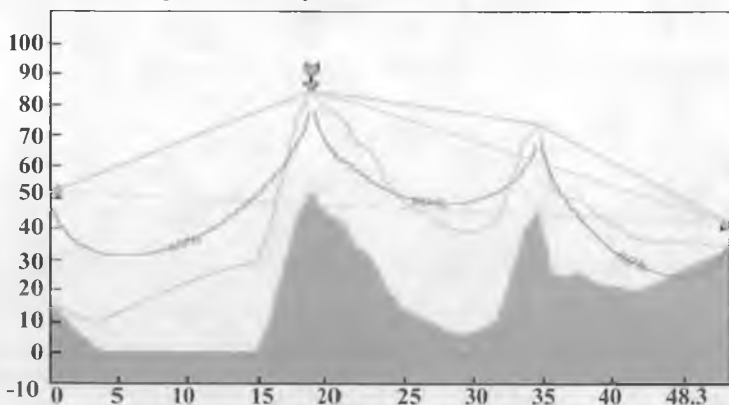
Ushbu algoritmlardan har biri yer yuzasini xarakterlovchi va o'zgaruvchan parametrlarni hisoblash, hududni yopish va interferensiya tahlili uchun asos bo'luvchi qoidalar to'plamiga mos keladi.

**PRINT PROFILE moduli.** Profilning uchta umumiy formati ta'minlanadi:



- yer yassi yuzasi ustidan ikkinchi profillar sifatida taqdim qilingan yerning radiusi (K) omili bilan yer yuzasining yassi aks etishi. Frenel zonalari antennalar orasidagi nurlarda aks etadi. K omilining va Frenel zonalarining to'rt turli tayanch qiymatlari aks etishi mumkin;

- yer egilishini to'g'ri yoki bo'rtiq gorizontol o'q bilan aks etishi K omilini bir qiymatini Frenel to'rt tayanch bo'g'inidan foydalanib ko'rsatiladi.



IA.7-rasm. O'zgaruvchan parametrlarning hisoblash uchun asos bo'luvchi Yer yuzasi

Pathloss-4 dasturida 58 km uzunlikdagi RRL oraliqni hisoblash misolini ko'rib chiqamiz.

Ushbu oraliq Kaspiy dengizi qirg'oqlari bo'ylab o'tadi va ko'pgina joylarda hatto suv yuzasidan o'tadi. Bunday sharoitlar RRL oraliqni signalning tarqalishi va atmosfera o'zgarishlari ta'siriga uchrash nuqtai nazaridan yetarli darajada murakkablashtiradi. Ushbu oraliq suv yuzasidan signalni qaytishi hisobiga interferension ta'sirga ega bo'lish ehtimoliga ham ega.

Hisoblash protsedurası dasturga SUMMARY modelidan foydalanib (IA.8-rasm) zaruriy ma'lumotlarni kiritishdan boshlanadi. Ushbu modulda quyidagi ma'lumotlar kiritiladi:

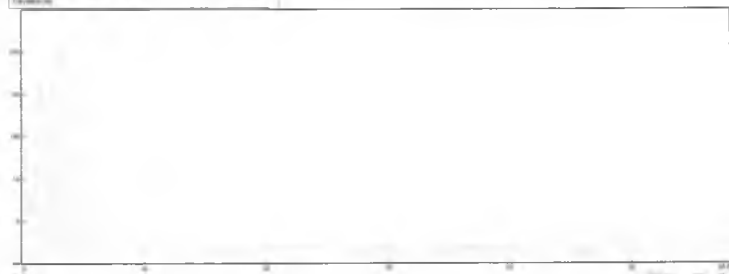
- Stantsiyalar nomlari;
- Stantsiyalar koordinatalari;
- Antennalar ilgaklari balandliklari va antenna tayanchlari balandliklari;
- Ishchi chastotaviy diapazon.

Site Name	Lat	Lon	Operat. code	Site mode	Power
Site Name	37	88			
Beam Code					
Site Code					
Latitude	42 21 08.48 E	58 31 38.88 E			
Longitude	548 48 34 17 E	548 31 08 50 E			
Frequency (MHz)	216.27	216.27			
Channel (MHz)	216.27	216.27			
Power (dBm)					
Antenna Height (m)	134.87	134.87			
Tower Height (m)	312.82	312.82			
10 Antenna Height (m)	145.88	145.88			
10 Tower Height (m)	348.88	348.88			
Antenna Code	0 00	0 00			
10 Antenna Code	0 00	0 00			
10 Tower Code	0 00	0 00			

IA.8-rasm. Dasturga zaruriy ma'lumotlarni kiritish

Ushbu modul to'raligicha to'ldirilishi uchun TERRAIN (IA.9-rasm) modulida oraliq profilini shakllantirish lozim.

Site	Lat	Lon	Power	Antenna Height	Tower Height	Antenna Code	Tower Code
1	42 21 08.48 E	58 31 38.88 E	216.27	134.87	312.82	0 00	0 00
2	42 21 08.48 E	58 31 38.88 E	216.27	134.87	312.82	0 00	0 00
3	42 21 08.48 E	58 31 38.88 E	216.27	134.87	312.82	0 00	0 00
4	42 21 08.48 E	58 31 38.88 E	216.27	134.87	312.82	0 00	0 00
5	42 21 08.48 E	58 31 38.88 E	216.27	134.87	312.82	0 00	0 00
6	42 21 08.48 E	58 31 38.88 E	216.27	134.87	312.82	0 00	0 00
7	42 21 08.48 E	58 31 38.88 E	216.27	134.87	312.82	0 00	0 00
8	42 21 08.48 E	58 31 38.88 E	216.27	134.87	312.82	0 00	0 00
9	42 21 08.48 E	58 31 38.88 E	216.27	134.87	312.82	0 00	0 00
10	42 21 08.48 E	58 31 38.88 E	216.27	134.87	312.82	0 00	0 00
11	42 21 08.48 E	58 31 38.88 E	216.27	134.87	312.82	0 00	0 00
12	42 21 08.48 E	58 31 38.88 E	216.27	134.87	312.82	0 00	0 00



IA.9-rasm. TERRAIN modulida oraliq profilini

Oraliq profilini qurilgandan so'ng ANTENNA HEIGHT modulida antenna ilgagi balandligini yetarli

ekanligi tekshiriladi. Agar zarur bo'lsa, antenna ilgaklari balandliklari bevosita ushbu modulda (IA.10-rasm) o'zgartirilishi mumkin.



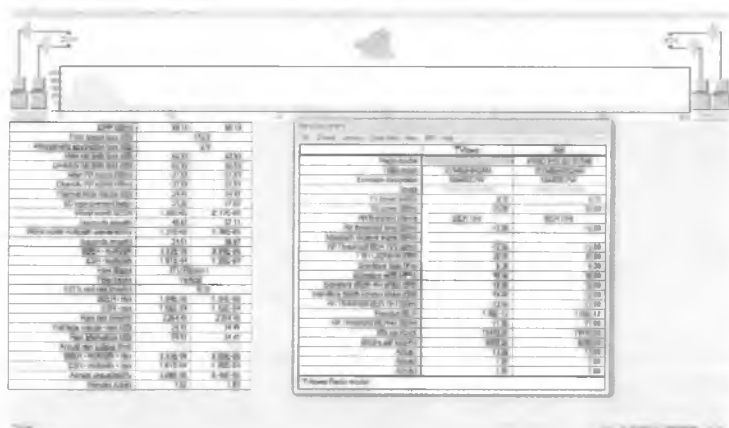
IA.10-rasm. ANTENNA HEIGHT modulida oraliq profili

Ushbu modulda profil yuzasining qabariqligi atmosferaning oraliqqa eng kam holatda qulayligi vaziyati qo'shimcha tarzda ko'rsatiladi.

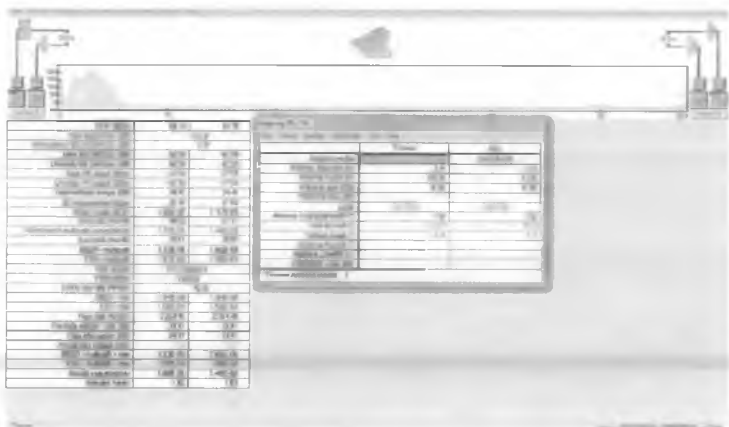
Dasturning yuqorida ko'rsatilgan modullari bilan ishlashni tugatgandan so'ng WORKSHEETS moduliga – RRL oraliq'ini hisoblash asosiy moduliga o'tamiz.

Ushbu modulda RRL oraliq'i sifat xarakteristikalarini hisoblashda (IA.11-rasm) zarur bo'lgan ma'lumotlarni kiritish yakunlanadi. Quyidagi ma'lumotlar kiritiladi:

- Uskunalar turi;
- Antennalar turi;
- To'liqin uzatkich turi (zarur bo'lganda);
- RRL traktidagi bog'lanish nuqtalaridagi yo'qotish darajalari;
- Chastotalar nominallari.



IA.11-rasm. RRL oralig'i sifat xarakteristikalarini hisoblashlarda zarur ma'lumotlarni kiritish



IA.12-rasm. Qurilma konfiguratsiyasi hamda yog'ingarchilik intensivligi darajasi

Bundan tashqari qurilma konfiguratsiyasi aniqlanadi: ajratilgan/ajratilmagan qabul, XPIC, va h.k., hamda oraliq o'tadigan joydagi yog'ingarchilik intensivligi darajasi (IA.12-rasm).

Shuningdek hisoblashlar uslubiyati aniqlanadi - ITU ning qaysi standarti bo'yicha hisoblashlarni bajarish lozim (IA.13-rasm).



The screenshot displays two overlapping windows from a software application. The background shows a grid with numerical values ranging from 04 to 97.

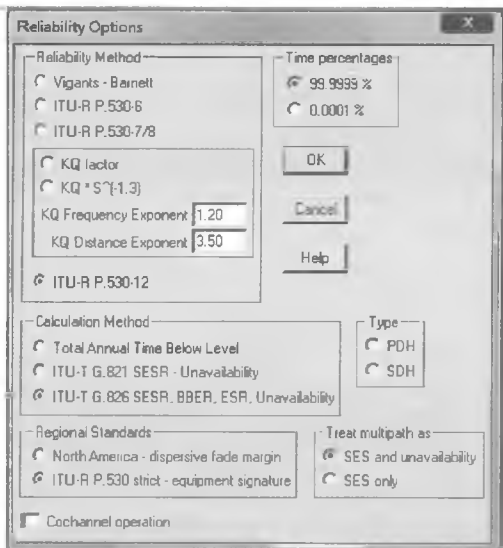
**Rain Window:**

- Method:**
  - Crane
  - Rp 0.01% (mm/hr)
  - ITU-R P.530-7/8
  - ITU-R P.530-8
- Polarization:**
  - Vertical
  - Horizontal
- Latitude:**
- Buttons:** Load Rain File, Close, Reset, Help
- Info:** Rain File: ITU\_K.RAI, Rain region: ITU Region K

**Load Rain File Window:**

- Path:** ITU
- Table:**

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
<input type="checkbox"/> ITU_F.RAI			
<input type="checkbox"/> ITU_G.RAI			
<input type="checkbox"/> ITU_H.RAI			
<input type="checkbox"/> ITU_I.RAI			
<input type="checkbox"/> ITU_K.RAI			
<input type="checkbox"/> ITU_L.RAI			
- File Name:**  **Buttons:** Открыть, Отмена
- File Type:** Rain Files (\*.rai)



#### IA.13 -rasm. Hisoblash uslubiyatini aniqlash

Barcha zaruriy ma'lumotlarni kiritgandan so'ng dastur avtomatik tarzda hisoblashlarni bajaradi va hisoblash natijalarini jadval ko'rinishida beradi (IA.2-jadval).

#### Hisoblashlar natijalari

EIRP (dBm)	66.10	66.10
Free space loss (dB)	143.30	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.49	
Main net path loss (dB)	62.59	62.59
Diversity net path loss (dB)	62.59	62.59
Main RX signal (dBm)	-37.59	-37.59
Diversity RX signal (dBm)	-37.59	-37.59
Thermal fade margin (dB)	34.41	34.41
SD improvement factor	31.92	27.62
Worst month SESR	1.85E-05	2.17E-05
(seconds /month)	48.62	57.11
Worst month multipath unavailability	1.31E-05	1.48E-05
(seconds /month)	34.51	38.97

BBER - multipath	3.33E-06	3.88E-06
ESR - multipath	1.81E-04	1.86E-04
Rain region	ITU Region K	
Polarization	Vertical	
0.01% rain rate (mm/hr)	42.00	
BBER - rain	1.94E-08	1.94E-08
ESR - rain	1.56E-04	1.56E-04
Rain rate (mm/hr)	2364.45	2364.45
Flatfade margin - rain (dB)	34.41	34.41
Rain attenuation (dB)	34.41	34.41
Annual rain outage (min)	0.00	0.00
BBER - multipath + rain	3.33E-06	3.88E-06
ESR - multipath + rain	1.81E-04	1.86E-04
Annual unavailability	3.08E-06	3.48E-06
(minutes /year)	1.62	1.83

Olingan hisoblangan ma'lumotlarga ko'ra mos tahlil bajariladi.

Ushbu misolda, hatto so'nishga 34,4 dB zaxirada va qabulda fazoviy tarqalishni qo'llanilganda, oraliqning sifat xarakteristikalari, SESR kabi, ITU tavsiyalari bo'yicha o'rnatilgan me'yordan past bo'lishi ko'rinadi. Bu oraliq qirg'oq bo'ylab va suv yuzasini kesib o'tishi bilan bog'liq. Ushbu oraliq ishini barqarorligini yaxshilash yoki antenna o'lchamlarini 2,4 m dan 3 m ga oshirish yo'li bilan, yoki qo'llaniladigan raqamli modulatsiyani - 64QAM dan 32QAM ga o'zgarish yo'li bilan amalga oshirilishi mumkin. Biroq bunda oraliq sig'imi (oraliq bo'yicha ma'lumotlar uzatish tezligi) birmuncha pasayadi.

## **Ilova B. Mentum kompaniyasidan Ellipse dasturiy ta'minoti**

Quyida keltirilgan dasturiy ta'minot ko'rsatilgan masalalarni hal etishda imkonini beradi:

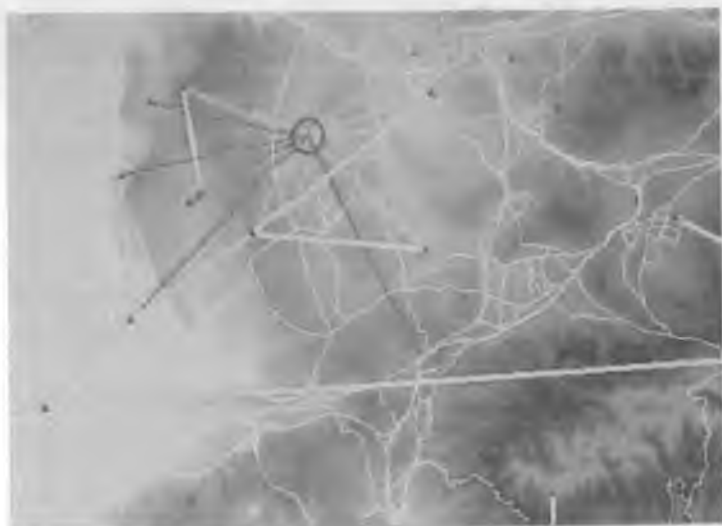
- Radioreleli liniyalar injiniringi;
- Simsiz keng polosali kitirish tarmog'ini rejalashtirish;
- Transport tarmog'ini rivojlantirish ssenariylarini iqtisodiy tahlili;
- Transport oqimlarini hisoblash va rejalashtirish.

Dasturning ichki qurilgan geografik axborot tizimi (IV.1-rasm) keng kartografik ma'lumotlar to'plami, raqamli modellari (balandliklar) yer yuzasi topologiyasi (clutter), raster suratlari (sun'iy yo'ldoshli va aero-fotosyomka, qog'oz xaritalar), vektorli xaritalar, bir loyiha doirasida xaritalar o'rtasida o'zaro biridan boshqasiga o'tish, har qanday geodeziya tizimi, proeksiyasi hamda koordinata tizimlarini (WGS, ED50...) qo'llab-quvvatlash, bir vaqtning o'zida turli tasvir aniqligidagi xaritalardan foydalanish (raqamli modellar va yer yuzasi topologiyasining 3 tagacha o'lchamlarini qo'llab-quvvatlash, avtomatik ravishda optimal yechimni tanlash) (IV.1-rasm).



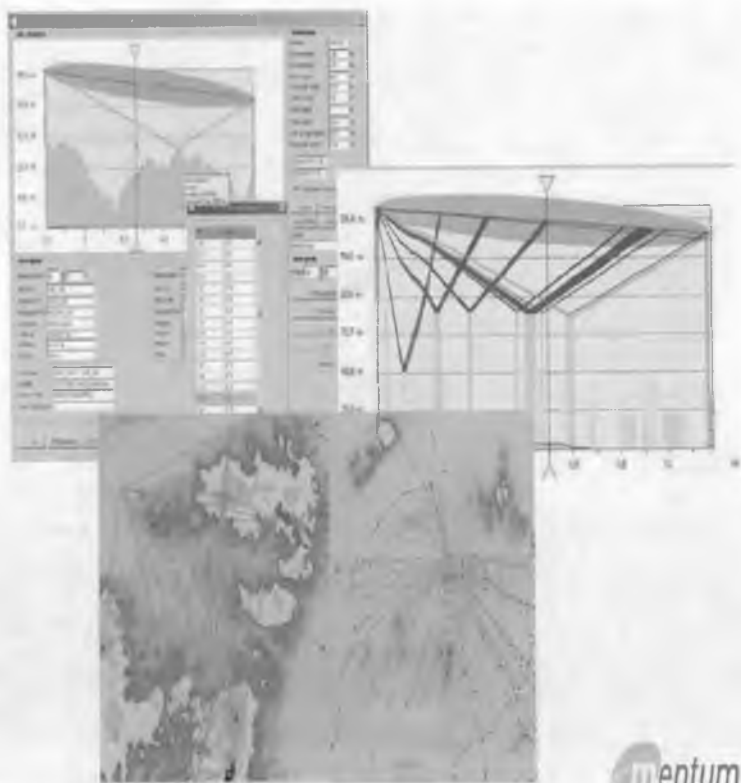


*IV.1-rasm.* Dasturning ichki qurilgan geografik axborot tizimi  
Radio ko‘rinuvchanlikni tahlil qilish funksiyasi  
quyidagilarga imkon beradi (IV.2-rasm):



*IV.2-rasm.* Radio ko‘rinuvchanlikni tahlil qilish

- Profilni real vaqtda ko'rish;
  - O'zaro to'g'ridan to'g'ri ko'rinuvchanlik hududlarini hisoblash;
  - Retranslatorlar va konsentratsiya bo'g'inlarining optimal joylashgan o'rinlarini aniqlash;
  - RRL oraliqlarining ochilishini tekshirish.
- RRL profilini tahlil qilish funksiyasi yordamida quyidagilarni bajarish mumkin:
- RRL tezkor injiniringi (IV.2-rasm):
    - Jihozlar shablonlaridan foydalanish (chastotali diapazonlar, hajmlar va ishlab chiqaruvchi kabi jihatlariga ko'ra);
    - RRL oraliqlarini avtomatik ravishda yaratish;
    - quyidagilarni hisobga olgan holda RRL profilini tahlil qilish:
      - Frenel ellipsoidlarini ochilishining talab etilgan foizi;
      - Balandliklar kartografiyasi va yer yuzasi topologiyasi;
      - Chastotali diapazon;
      - K ning ikki koeffitsientini taqqoslash.
      - Qaytarilgan nurlar tahlili;
      - Antennalarni o'rnatish balandligini hisoblash;
      - profilni qo'lda tahrirlash, xalaqit beradigan obyektlarni yetkazish;
      - to'g'ridan to'g'ri ko'rinuvchanlikni avtomatik tahlil qilish:
        - 1 maydonchadan -> berilgan radiusda boshqa maydonchalar bilan to'g'ridan to'g'ri ko'rinuvchanlikning borligi yoki yo'qligi;
        - Bir nechta maydonchalar o'rtasida -> o'zaro ko'rinuvchanlik matritsasini yaratish;



IV.3-rasm. RRLning tezkor injiniringi

RRL energetik zaxirasini tahlil qilish funksiyasi (IV.4-rasm) quyidagilarni bajarishga imkon beradi:

- Xaritada oraliqni oddiy tanlash orqali energetik zaxirani ko'zdan kechirish;

- Radioto'liqlar tarqatishning oxirgi xalqaro tavsiyalari, uslubiyatlari va modellari hisobga olgan holda barcha ta'sir etuvchi omillarni hisoblash;

Elektromagnit muvofiqlik tahlilini o'tkazish davomida (IV.5-rasm) quyidagi masalalarni hal qilish mumkin:

- Tanlab olingan chastotali kanallarga xalaqitlarni hisoblash;



#### IV.4-rasm. RRL energetik zahirasining tahlili

- Chastotali rejadan optimal kanalni tanlab olish;
- Simsiz keng polosali kirish tarmoqlari va sun'iy yo'ldoshli aloqaning yerdagi stansiyalaridan bo'ladigan xalaqlarni hisoblash;

• RRLga xalaqit beruvchi obyektlarning xaritada vizual ko'rsatish.

Chastotali rejalashtirishni bajarish (IV.6-rasm) davomida quyidagilarni amalga oshirish mumkin:

- eMM individual tahlili.
- RRL ning ikkala terminalida sezgirlik darajasining yomonlashuvi jihatlari bo'yicha xalaqlarni batafsil hisoblash.
- Quyidagilarni grafik aks ettirish:
  - eng ko'p ta'sir qiluvchi RRL;
  - Yuqori va quyi chastotalarni tayinlashdagi xatoliklar;



IV.5-rasm elektromagnit moslashuvchanlik tahlili

- Yqin hududda aralash kanallardan foydalanish;
- eMM tarmoq tahlili.

- Avvalroq tayinlangan chastotali kanallarni hisobga olgan holda RRL tarmog'i uchun tanlangan hududiga xalaqitlar bo'lishi mumkin bo'lgan barcha holatlarni baholash.

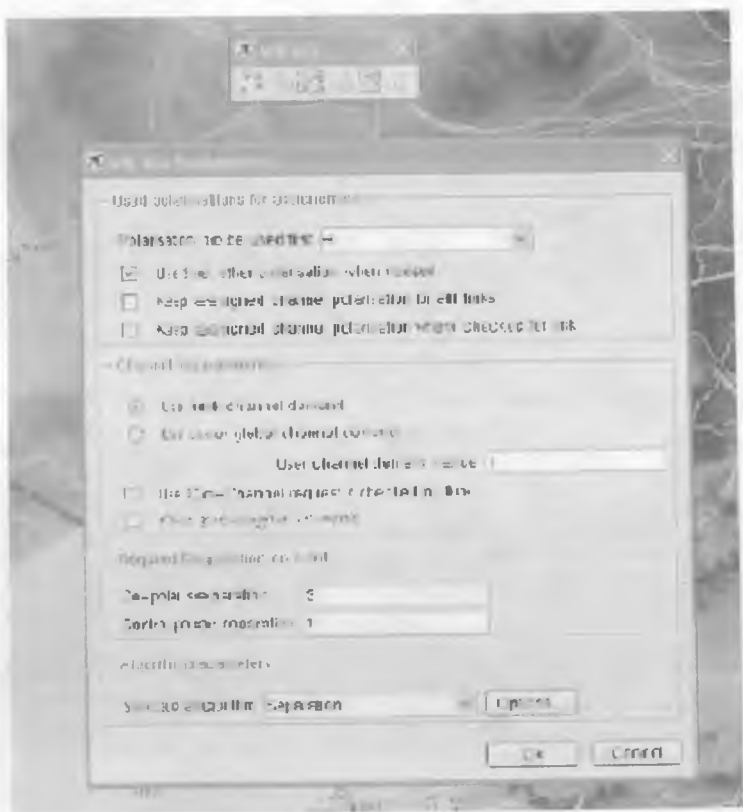
- Har bir xalaqitli holat bo'yicha batafsil hisobot berish:

- Avtomatik chastotali rejalashtirish.

Kanallarni avtomatik tayinlash funksiyasi (IV.7-rasm) quyidagilarni bajarishga imkon beradi:

- Ichki tizim xalaqitlari va istalgan chastotali rejani hisobga olgan holda optimal chastotali kanallarni tayinlashni hisoblash;





IV.7–rasm. Kanallarni avtomatik tayinlash

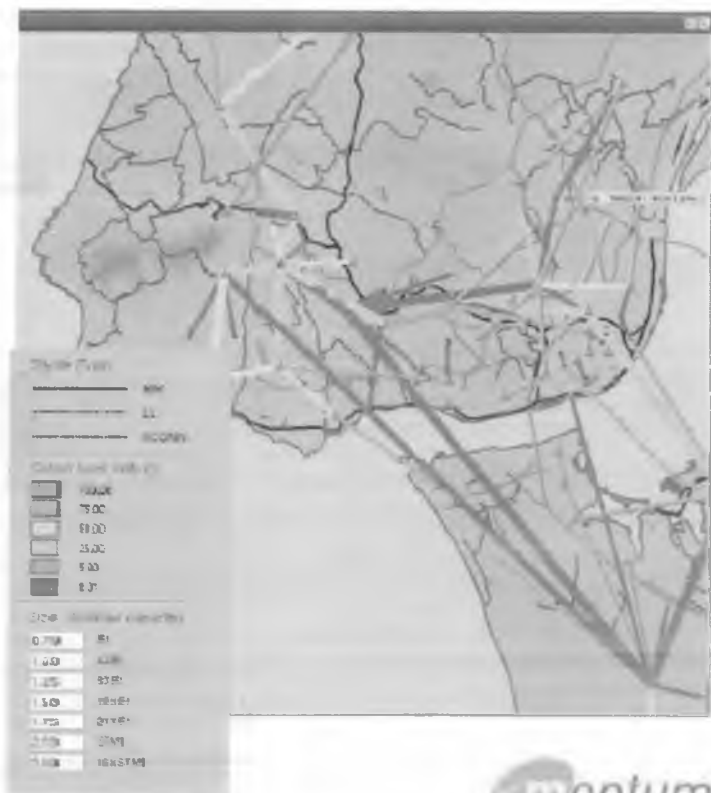
Transport oqimlarini boshqarish funksiyasi (IV.9-rasm).

• Transport oqimlarini boshqarish quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- PDH/SDH iyerarxiyasini qo'llab-quvvatlash;
- Kanal hajmi (E1/T1, E3/DS-3...);
- Uzatish liniyasida kanallarni (slotlar) tayinlash;
- Jihaz portlarini belgilash (BTS, multipleksorlar va boshq.).

• Imkoniyatlari:

- Talab etilgan hajmni hisobga olgan holda yo'nalishni avtomatik qidirish;



IV.8-rasm. Butun transport tarmog'ini bo'yicha resurslarini hisobga olish va rejalashtirish

- Slotlarni avtomatik ravishda tanlash;
- Xaritada grafik aks etish.

Hisobotlarni yaratish funksiyasi (IV.10-rasm) quyidagilarni yaratishga imkon beradi:

- Har qanday maqsadlar uchun hisobotlarning sozlanadigan shablonlari (qurilish uchun ariza, muvofiqlash tirish va boshq.);
- Excel formatida hisobotlar;
- Sichqonchani bir marta bosish orqali o'nlab hisobotlarni tezkor chiqarish.





mentum

IV.9-rasm. Transport oqimlarini boshqarish

Ma'lumotlarni boshqarish funksiyasi (IV.11-rasm) quyidagilarni qo'llab-quvvatlaydi:

- Quyidagilar uchun yagona ma'lumotlar bazasi:
  - Tarmoq elementlari (maydonchalar, terminallar, RRL...);
  - Jihozlar va antennalar kutubxonalari;
  - Hisobotlar va har qanday birlashtirilgan fayllar.
- Hujjatlar ay lanishi:
  - RRL ni loyihalashtirishning turli bosqichlarini hisoblash;
  - Boshqa tizimlar bilan integratsiya qilish va o'zaro ma'lumotlar bilan almashinish imkoniyati.





## **I I o v a C. Suv yuzasidan o'tuvchi RRL oraliqlarni tayyorligi va sifat xarakteristikalarini hisoblashning o'ziga xos xususiyatlari**

RRL oraliqlarining tayyorligi va sifat xarakteristikalarini avvaldan hisoblash RRL oraliqlarini rejalashtirish va amalga oshirishning muhim va albatta bajarish kerak bo'lgan bosqichi hisoblanadi. Bunday hisoblashlarning natijalari antenna o'rnatiladigan joyning balandligi, antennalar o'lchamlari, oraliqdagi antennalar soni, radiomodullar turi kabilarni tanlashga ta'sir ko'rsatadi. Bunda hisoblashlarni bajarishda xatoliklar va noaniqliklarga yo'l qo'ymaslik juda muhimdir, chunki RRL oraliqlar foydalanishga kiritilgandan keyin ularning ishlash barqarorligi va ishonchliligi to'g'ridan to'g'ri shunga bog'liq bo'ladi.

Ma'lumki, RRL oraliqlarining tayyorligi va sifat xarakteristikalari RRL oraliq bo'ylab radiosignalni tarqatish yoki o'tish sharoitlariga bog'liq bo'ladi. Masalan, 10 GGTS dan past chastotalar diapazonida RRL oraliq bo'yicha radiosignalning o'tishi radiosignalning radioefirda ko'p nurli tarqalishi oqibatida davriy ravishda radiosignalning o'zining qandaydir sirtidan qaytarilishi ta'siriga (interferensiyasiga) uchrashi mumkin. Qaytarilgan signalning ta'siri natijasida asosiy radiosignal qabul qiluvchi stansiyada darajasi bo'yicha kuchayadi yoki pasayadi. Qaytarilgan signalning asosiy signalga ta'sir darajasi signal qaytarilgan sirtga va qaytarish burchagiga bog'liq bo'ladi. Qaytarilgan signal ta'siri tufayli asosiy radiosignal darajasining o'zgarishlari radiosignal kanalining butun chastotalar spektri bo'ylab ham (yassi so'nishlar), radiosignal kanalining aniq bir chastotasi bo'yicha alohida ham

(selektiv so'nishlar) yuz berishi mumkin. Bunday turdagi radiosignal darajasining o'zgarishlari birgalikda (bir vaqtning o'zida) ham, bir-biridan alohida holda ham sodir bo'lishi mumkin, hamda signalni qaytarish yuzasining tipiga ham bog'liq bo'ladi.

Unda hech qanday to'liqlar bo'lmaganda signal suv yuzasidan (suv sirti) qaytarilganda eng kuchli ta'sirga ega bo'ladi, deb hisoblanadi. Bunda ko'pincha asosiy radiosignalning yassi so'nishlari ham, selektiv so'nishlari ham birgalikda paydo bo'lishi sodir bo'ladi. Bu holda selektiv so'nishlar darajasi (chuqurligi) yassi so'nishlar darajasiga qaraganda kuchliroq bo'ladi.

Qaytarilgan signalning asosiy radiosignalga ta'sir darajasi ham signalning qaytarish sirtidan qaytarish burchagiga bog'liq bo'ladi. Qaytarish burchagi qanchalik kichik bo'lsa, ta'sir shunchalik kuchliroq bo'ladi. Shunday qilib qaytarish burchagini orttirish orqali qaytarilgan signalning asosiy signalga ta'sirini kamaytirishimiz mumkin. Bunday usul suv sirtidan qaytarilgan signalning asosiy signalga ta'siri bilan bog'liq bo'lgan so'nishlarga qarshi kurashning samarali usullaridan biri sifatida qaraladi. Qaytarish burchagini orttirishni "HIGH & LOW" deb ataluvchi usul yordamida amalga oshirish mumkin, bunda RRL oralig'i bitta stansiya-sining antenasini o'rnatish joyi balandligi maksimal darajada baland qilib, qarama-qarshi stansiya antenasi balandligi esa maksimal darajada past qilib tanlanadi (RRL oralig'ida to'g'ridan to'g'ri ko'rinishni va yetarli darajadagi oraliqni ta'minlash mumkin bo'lgan darajada).

Bunday so'nishlarga qarshi kurashning boshqa samarali usuli bo'lib qabul qilishdagi antennalarni fazoviy yetkazib berish hisoblanadi, bunda agar bitta antenada asosiy signalning so'nishi sodir bo'lsa, yetkazib berilgan antenada signalning so'nishi bo'lmaydi, deb faraz hisoblanadi. Bu usuldan foydalanganda antennalar o'rtasidagi to'g'ri masofani o'rnatish hisoblanadi, aks holda ushbu usulning samaradorligi umuman yo'qqa

chiqishi mumkin. Hozirgi vaqtda antennalar o'rtasidagi masofa qiymatini RRL oraliqlarning xarakteristikalarini hisoblash bo'yicha maxsus dasturiy ta'minot yordamida osongina hisoblanadi (masalan, Pathloss-5, Mentum Ellipse va hok.). Biroq uzunligi 30 km dan uzun bo'lgan RRL oraliqlari uchun radiosignalning tarqalish sharoitlari butun oraliq davomida kuchli darajada farq qilishi mumkinligi tufayli kerakli fazoviy masofani to'g'ri hisoblashga har doim ham muvaffaq bo'linavermaydi. Bunday holatlarda endi joyning o'zida "urinishlar va xatoliklar" deb ataluvchi usul bilan kerakli fazoviy masofani aniqlashga to'g'ri keladi.

Samarali usullardan yana biri bo'lib antennalarni yuqoriga vertikal qiyalatish hisoblanadi, buning hisobiga antennalarning kichik razyustirovkasi tufayli asosiy signaldagi yo'qotishlarga qaramasdan suv yuzasidan qaytarilgan signalning ta'siri kamaytiriladi.

Yuqorida ko'rsatib o'tilgan usullarni qo'llash zarurligi to'g'risida qaror qabul qilingunicha signalning sirtidan qaytarilish nuqtasi suv yuzasida emas, balki kamroq qaytarish koeffitsientiga ega bo'lgan sirt, masalan, o'simlik sirtida joylashadigan antennani o'rnatish joyi balandligini aniqlashga harakat qilish lozim.

Suv sirtidagi RRL oralig'ining tayyorligi va uning sifat xarakteristikalarini hisoblashda signalning so'nishiga mo'ljallangan kerakli zaxirani aniqlash juda muhimdir. Masalan, RRL oralig'i barqaror ishlashi uchun signalning so'nishiga mo'ljallangan 30–35 dB zaxiraga ega bo'lish yetarlidir, degan tavsiyalarni ko'p eshitish mumkin. So'nishga mo'ljallangan tavsiya qilingan zaxira suv sirtisiz RRL oraliqlari uchun yetarli bo'lishi va tog'li RRL oraliqlari uchun haddan tashqari katta bo'lishi ham mumkin. Biroq so'nishga mo'ljallangan bunday zaxira cho'zilgan suv sirtili RRL oraliqlari uchun yetarli bo'lmaydi. Bunday oraliqlar uchun 40–45 db va undan ko'proq miqdordagi so'nishga mo'ljallangan zaxiraga ega bo'lish tavsiya qilinadi.

Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, muhandis-loyihachilar qo'lida hozirgi vaqtda Pathloss-5, Mentum Ellipse kabi qulay va samarali dasturiy ta'minot vositalari mavjud. Shu bilan birga dasturiy ta'minotlar RRL oraliqlari parametrlari va ishlash qobiliyati xarakteristikalarini aniqlovchi hisoblashlar uchun aniqroq ifodalardan foydalangan holda muntazam takomillashtirib borilmoqda (dasturiy ta'minotlarda foydalaniluvchi ifodalar ITU-R P.530-xxx tavsiyalarida chop qilinadi).

Shunday qilib suv yuzasiga ega bo'lgan RRL oraliqlarini rejalashtirish va hisoblashning avvalroq keltirilgan o'ziga xos xususiyatlarini e'tiborga olgan holda katta qismi suv yuzasidan o'tuvchi bitta RRL oraliqining tayyorligi va sifat xarakteristikalarini hisoblashni ko'rib chiqamiz. Yana hisoblash natijalarining haqiqiy ishlaganda bu RRL oraliq parametrlari va xarakteristikalariga qanchalik darajada mos kelishini aniqlashga ham harakat qilamiz.

Tanlab olingan oraliq dengiz sirtidan mos ravishda 135 m va 10 m balandlikda joylashgan ikki RRL ni birlashtiradi, bu esa hisoblashlar uchun yuqorida esga olib o'tilgan "HIGH & LOW" yondashuvidan foydalanishga imkon beradi.

Antennalar ilgaklari balandliklarini birinchi stansiyada mos ravishda 200 m va 190 m deb hisoblaymiz (fazoviy yetkazib berilgan primdan foydalanilishi faraz qilinadi). Ikkinchi stansiyadagi antennalar ilgaklarining balandliklari mos ravishda 70 m va 60 m. Bu shart "HIGH & LOW" yondashuvi ni yanada samaraliroq qiladi, chunki birinchi va ikkinchi stansiyalardagi antennalar ilgaklari o'rtasidagi farq yetarli darajada kattadir.

Faraz qilaylik, ushbu RRL oraliq qo'llab-quvvatlashi kerak bo'lgan ma'lumotlarni uzatishning talab qilingan tezligi radiochastota kanalining kengligi 28 MGts dan ortiq bo'lmagan holda 155 Mbit/s ga teng bo'lsin. Ushbu RRL oraliqda foydalaniladigan chastota diapazoni 6 GGts ga teng.

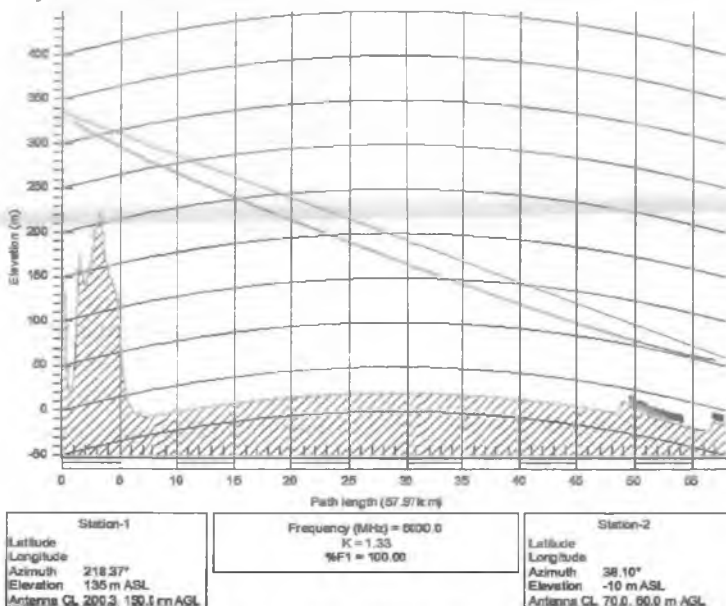
Pathloss-5 dasturiy ta'minotida bajarilgan ushbu oraliq profili IS.1- rasmda keltirilgan.

Bu oraliqni amalga oshirish uchun RRL jihozlarini ishlab chiqarish va yetkazib berish bo'yicha dunyodagi yetakchi kompaniyalardan biri bo'lgan NEC Corporation kompaniyasining iPasolink RRL jihozidan foydalanamiz. Bu RRL jihozining xarakteristikalari quyidagicha:

- Radio modulni uzatishning chiqish quvvati 128 QAM modulatsiyada va radiochastota kanalining kengligi 28 MGts bo'lganda +26dBm ga teng;

- Qabul qilishdagi signal darajasining bo'sag'aviy qiymati xatolar darajasi BER 10-6 bo'lganda - 72dBm ga teng.

30-35 dB ga teng bo'lgan so'nishga mo'ljallangan zaxirani tanlash bo'yicha tavsiyalar hamda operatorlar tomonidan ko'p foydalaniladigan RRL oraliqning yillik tayyorligiga bo'lgan 99.999 % ga teng talabga amal qilgan holda antennalarning zarur o'lchamlarini tanlaymiz. Bunda hisoblashlarda ITU-R P.530-9/12 tavsiyalaridan foydalanamiz.



IS.1- rasm. Hisoblanayotgan oraliqning profili



Signalni suv yuzasidan qaytarish burchagining yetarli darajada kattaligi, antennalar o'rtasidagi masofaning esa to'g'ri tanlanganligini e'tiborga olgan holda hisoblashlarda selektiv so'nishlarning vujudga kelish ehtimolligini hisoblash formulasidan foydalanmaymiz.

Hisoblashlar natijasida antennalarning 2,4 metrga teng diametrlil o'lchamlari va yuqorida ko'rsatilgan ilgak balandliklarida ushbu RRL oraliqning hisoblangan yillik tayyorligining 99.999 % ga, so'nishga mo'ljallangan zaxiraning 33,6 dB ga, qabul qilishdagi signal darajasining -38.4 dBm ga tengligini olamiz.

Station-1	Station-2	
Elevation (m)	134.87	-10.30
Tower height (m)	315.00	75.00
Antenna model	HP8-57W	HP8-57W
Antenna gain (dBi)	41.20	41.20
Antenna height (m)	200.30	70.00
TX loss (dB)	1.00	1.00
RX loss (dB)	1.00	1.00
Antenna model	HP8-57W	HP8-57W
Antenna gain (dBi)	41.20	41.20
Antenna height (m)	190.00	60.00
RX loss (dB)	1.00	1.00
Radio model	iPASA IHG 6G 189MB	
TX power (dBm)	26.00	26.00
TX channel assignments	1h 5752V 11 6018V	
Main receive signal (dBm)	-38.37	-38.37
Diversity receive signal (dBm)	-38.37	-38.37
Thermal fade margin (dB)	33.63	33.63
SD improvement factor	30.77	30.00
Annual 2 way multipath availability (%)	99.99917	
Annual rain availability (%)	100.00000	
Annual rain + multipath availability (%)	99.99917	

Hisoblashlarni bajarishda Ethernet tipidagi trafikning rejalananayotganligi, ma'lumotlarning umumiy trafigi esa yuqori va quyi ustuvorlikka ega bo'lgan ma'lumotlarga

bo'linishi ko'zda tutildi. Yuqori ustuvorlikka ega bo'lgan ma'lumotlarning rejalananayotgan sig'imi 80 Mbit/s-dan past bo'lmasligi kerak va 28 MGts ga teng radiokanal kengligida bunday sig'imni 16 QAM modulatsiyada amalga oshirish mumkin. Yuqorida keltirilgan shartlarni hisobga olgan holda ushbu oraliqni qurishda adaptiv modulatsiyali radiodan foydalanish tavsiya qilindi, bunda qabul qilishdagi signal darajasiga bog'liq ravishda uzatilayotgan ma'lumotlar trafiginu uzmasdan va xatoliklar paydo bo'lmasdan yuqori darajadagi modulatsiyadan quyi darajadagi modulatsiyaga va teskari yo'nalishda avtomatik o'tish sodir bo'ladi.

Loyihalananayotgan RRL oraliqda adaptiv modulatsiyaning qo'llanilishi kuchli so'nishlar paydo bo'lgan hollarda ma'lumotlar trafiginu uzmaganda holda modulatsiyaning quyi darajalariga o'tish amalga oshiriladi, deb hisoblashga imkon beradi, ya'ni yuqori ustuvorlikka ega bo'lgan ma'lumotlar barqaror va yo'qotishlarsiz uzatiladi.

Haqiqatda esa qurilgan RRL oraliq ushbu hududda issiq va shamolsiz ob-havo sharoiti vujudga kelgunicha loyiha parametrlariga muvofiq ishladi. Havoning Tsel'siy bo'yicha 38 gradusga yaqin harorati va shamolning deyarli nolga teng tezligida xatoliklar va ma'lumotlar trafigidagi uzilishlar paydo bo'la boshladi. Qabul qilishdagi signal darajasi -88 dBm gacha pasaydi, bunda modulatsiyaning quyi darajalariga avtomatik o'tish xatoliklar paydo bo'lgandan so'ng amalga oshirildi, xatolar esa modulatsiyalar o'rtasidagi o'tishlar amalga oshirilgan bo'sag'aviy qiymatlardan balandroq bo'lgan qabul qilish darajalarida vujudga keldi.

Albatta, xatoliklar RRL jihazining noto'g'ri ishlashi bilan bog'liq deb faraz qilish mumkin edi. Biroq ushbu RRL bilan bir xil konfiguratsiyadagi, biroq suv yuzasidan o'tmaydigan qolgan oraliqlarda hammasi (adaptiv modulatsiya, antennalar o'rtasida o'tish) hisoblangani kabi to'g'ri ishladi.

Bo'sag'aviy qiymatdan baland bo'lgan qabul qilish darajasida, boshqa RRL oraliqlardan xalaqitlarning mavjudligida xatoliklarning vujudga kelish mumkinligi tekshirildi. Biroq o'lchashlar boshqa RRL dan xalaqitlarning yo'qligini ko'rsatdi.

Yakunda qabul qilishdagi bo'sag'aviy qiymatdan baland bo'lgan signal darajasida xatoliklarning vujudga kelishining sababi selektiv so'nishdir, ya'ni ma'lum chastotada signal bo'sag'aviy qiymatdan pastlaydi, foydalanilayotgan radiochastota diapazonining qolgan chastotalarida esa u baland bo'lgan holda qoladi, degan xulosaga keldik. RRL jihozi modulatsiyalar bo'yicha o'tish uchun alohida chastotadagi signal darajasidan emas, balki butun foydalanilayotgan radiochastota diapazonining o'rtacha signal darajasidan foydalanadi. Shuning uchun alohida chastotada signal darajasi pasayganda modulatsiyani pastga o'tkazish sodir bo'lmaydi, bu esa xatoliklarning paydo bo'lishiga olib keladi. Shunday qilib adaptiv modulatsiyaning mavjudligiga qaramasdan kerakli effektga erishilmaydi.

Selektiv so'nishlarning vujudga kelishining sababi bo'lib suv sirtidan qaytarishning mavjudligi hisoblanadi. Shuning uchun bunday so'nishlarni kamaytirish yoki butunlay bartaraf qilish uchun qaytarilgan signalning ta'sirini bartaraf qilish yoki kamaytirish zarur. Qaytarilgan signal bilan kurashishning quyidagi usullari mavjud:

- qaytarish nuqtasini suv yuzasidan yer yuzasiga ko'chirish maqsadida antennalarni ilish balandliklarini o'zgartirish;

- qabul qilishdagi antennalar shunday tarqatilsinki, bitta antenna tomonidan qabul qilingan signalda so'nishlar bo'lganda, boshqasida bu bo'lmasin;

- qarama-qarshi stansiyalar o'rtasida antennalarni ilish balandliklari o'rtasidagi farqni orttirish ("HIGH & LOW" usuli);

- antennalarni yuqoriga vertikal og'dirish.

Qurilgan RRL oraliqda avval stansiya-2 dagi an-

tennalarni vertikal og‘dirish (asosiy signal 3 dB darajasidagi yo‘qotishlarga ega bo‘ladigan burchakka) amal-ga oshirildi, chunki xatoliklar faqat shu stansiyada vujudga keldi. Biroq ushbu usul sezilarli darajadagi yaxshilanishga olib kelmadi. So‘nishlar bir vaqtning o‘zida har ikkala antennada mavjud bo‘lishda davom etdi.

Keyingi qadam sifatida stansiya-2 dagi antennalar o‘rtasidagi fazoviy masofani to‘g‘ri (Pathloss dasturiy ta‘minotidagi hisoblashlar natijalari bo‘yicha) qo‘yishga urinish bajarildi. Quyi antenna 60 m balandlikdan 67 metr balandlikka ko‘tarildi va shu orqali antennalar orasidagi masofa 3 m ga keltirildi (hisoblashlarga ko‘ra eng maqbul masofa). Bunda og‘ishning vertikal burchagi avvalroq qilingani kabi saqlab qolindi. Ushbu qarshi chora hattoki holatni yanada yomonlashtirdi – xatoliklarning vujudga kelish soni ortdi. Stansiya-2 antennalaridagi so‘nishlar to‘liq o‘zaro bog‘liq bo‘ldi.

Yuqorida ko‘rsatib o‘tilgan usullarning samarali emasligi quyidagi xulosalarni chiqarishga imkon beradi:

- Signalni eng kuchli qaytarish nuqtasi Pathloss dasturiy ta‘minot bilan qilingan hisoblashlar ko‘rsatgani kabi suv yuzasida joylashgan;

- Suv yuzasidan qaytarilgan signal stansiya-2 antennalari o‘rnatilgan balandlikka aniq tushadi;

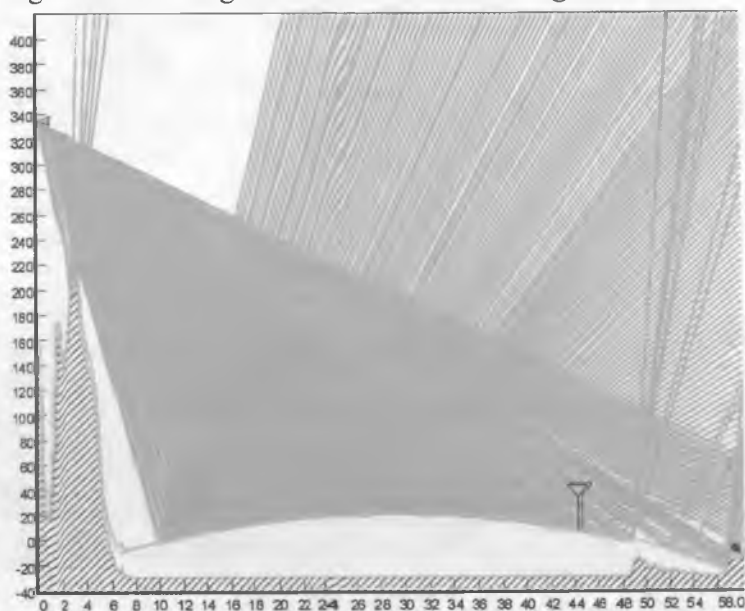
- Qaytarilgan signal shunchalik kuchliki, antennalarni yuqoriga vertikal og‘dirish sezilarli natijaga olib kelmaydi;

- Oraliqda davriy ravishda radiochastotali to‘lqin uzatish effekti vujudga keladi, bunda qabul qilish antenasiga nafaqat suv yuzasidan, balki atmosferaning yuqori qatlamlaridan qaytarilgan interferension signallar keladi;

- Keskin kontinental iqlimga ega bo‘lgan suvli yuzadan o‘tuvchi katta uzunlikdagi ( $>30\text{km}$ ) RRL oraliqlarda Pathloss dasturiy ta‘minoti yordamida qabul qilishdagi antennalar o‘rtasidagi fazoviy masofani hi-

soblashning to'g'riligini kafolatlab bo'lmaydi. Hisoblash natijalari tajriba asosi da tekshirishni talab qiladi.

IS.2-rasmda hisoblangan signalni maksimal qaytish nuqtasi va stansiya-2 antenna tayanchidagi qaytgan signallar tushadigan balandliklar ko'rsatilgan.



IS.2-rasm. Maksimal qaytish nuqtalarini hisoblash natijalari

Chiqarilgan xulosalar quyidagi choralarni bajarish uchun tavsiyalar berishga imkon berdi:

a) eng kuchli qaytarish nuqtasini suv sirtidan quruqlikka ko'chirish maqsadida stansiya-2 antennalarini quyiroq balandlikka tushirish. Antenna ilgaklarining zarur balandliklarini hisoblash Pathloss dasturiy ta'minotidan foydalangan holda amalga oshirildi, bunda antenna tayanchida bo'sh joy borligi hisobga olindi.

b) antennalar o'rtasidagi fazoviy oraligni Pathloss dasturiy ta'minotida hisoblash va uning to'g'riligini joyda tekshirish.

v) suv sirtidan qaytarilgan signalning ta'sirini kamaytirish uchun avvalroq qilingani kabi antennalarni vertikal qiyalatishni bajarish.

Berilgan tavsiyalar va qilingan hisoblashlarga muvofiq antennalar mos ravishda 37 va 21 m balandlikka o'rnatildi, asosiy signal darajasi esa antennalarning yuqoriga vertikal chetlashishi hisobiga 3 dB ga kamaytirildi. Natijada antennalar o'rtasidagi korrelatsiya sezilarli darajada kamaydi, fazoviy yetkazib berish ishlay boshladi va oraliqdagi holat yaxshilandi. Garchi modulatsiyalarga o'tkazilgunicha xatoliklarning vujudga kelishidan iborat bir-ikkita holatlar bo'lgan bo'lsa-da, TSeI'siy bo'yicha 40 graduslar atrofidagi atrof-muhit harorati va shamolning nolga teng tezligida adaptiv modulatsiya (xatoliklar yuzaga kelgunicha quyi modulatsiyaga o'tkazish) me'yorida ishlay boshladi.

Shunday qilib, quyidagilarni ta'kidlab o'tish mumkin:

- signalning eng kuchli qaytarish joyi suv sirtidan quruqlikka ko'chirildi

(stansiya-2 dagi antennalar ilgaklari balandliklarini pasaytirish hisobiga);

- sirtidan qaytarish burchagi kamaytirildi (stansiya-1 va stansiya-2 dagi antennalar ilgaklari balandliklari o'rtasidagi farqni orttirish hisobiga);

- stansiya-2 antennalari o'rtasidagi fazoviy oraliq hisoblendi va imkoni bo'lgan aniqlikda tanlab olindi.

Biroq ko'rilgan qarshi choralar bilan xatoliklarning vujudga kelishi holatlarini butunlay bartaraf qilib bo'lmadi. Yoki boshqacha aytganda ushbu RRL oraliqda selektiv so'nishlarning paydo bo'lishini to'liq istisno qilib bo'lmadi. Bunga quyidagilar sabab bo'lishlari mumkin:

- Oraliqda selektiv so'nishlarning vujudga kelishiga faqatgina suv yuzasidan qaytarilgan interferensiyalar signalning ta'siriga sabab bo'lmasdan, balki oraliqda radiochastotali to'lqin uzatish effekti paydo bo'lganda atmosfera yuqori qatlamlaridan qaytarilgan interferensiyalar signalning ta'siri ham sabab bo'lgan;

- Oraliqdagi atmosfera holati o'zgarishlarida (K ning

katta qiymati) maksimal qaytarishning yangi nuqtasi stansiyaga yaqin bo'lgan suv yuzasiga ko'chadi;

• Pathloss dasturiy ta'minotidagi hisoblashlarda foydalaniluvchi raqamli xaritalarda ma'lum xatolik mavjud.

Qilingan qarshi choralar natijalari bo'yicha xulosa qilgan holda ushbu RRL oraliqning faqat xatolikning vujudga kelishining bo'sag'aviy darajasi  $-87.5$  dBm ga teng bo'lgan QPSK modulatsiyadan (adaptiv modulatsiyani qo'llamagan holda) foydalangandagina xatoliklarni namoyish qilmagan holda, barqaror ishlay boshlaganligini ta'kidlash kerak. Kuchli darajadagi so'nishlarda stansiya-2 dagi qabul qilish darajasi  $-89$  dBm gacha pasayadi, biroq qabul qilishdagi antennalarni fazoviy tarqatishning samarali ishlashi hisobiga xatoliklarning paydo bo'lishining oldi olinadi.

Shu bilan birgalikda bunday sharoitlarda (QPSK modulatsiya) oraliqning o'tkazish qobiliyatining  $50$  Mbit/s ga teng bo'lgan maksimal tezlik bilan cheklanishini ta'kidlab o'tish kerak, bu esa RRL oraliq uchun telekommunikatsiyalar operatorining ehtiyojlarini qanoatlantirmaydi.

Selektiv so'nishlar mavjud bo'lganda uzatish tezligini oshirish uchun quyidagilarni bajarish ko'zda tutiladi:

1. Stansiya-2 dagi antenalar ilgaklari balandliklarini mos ravishda  $30$  va  $15$  metrga pasaytirish. Bu sirt-dan signalning qaytarilish burchagini qo'shimcha ravishda kamaytirish hamda ushbu RRL oraliqdagi radiochastotali to'lqin uzatish effektining ta'sirini kamaytirishga imkon beradi.

2. Adaptiv modulatsiyadan foydalanishdan voz kechish, uning ishidagi buzilishlar selektiv so'nishlar mavjud bo'lgan hollarda qabul qilishdagi antennalarni fazoviy tarqatish ishini buzadi.

3. Kuchliroq radio modullar (chiqishdagi uzatish quvati  $128$ QAM modulatsiyada  $+30$  dBm ga teng) va kattaroq diametrdagi antenalardan foydalanish hisobiga

ushbu RRL oraliqdagi tizimli kuchaytirishni orttirish. Antennalar diametrini orttirish asosiy radiosignalning ko'proq darajada yo'naltirilgan (jamlangan) nurini olishga imkon beradi, bu esa qaytarilgan signalning ta'sirini kamaytirishga imkon beradi.

Pathloss dasturiy ta'minotidan to'g'ri va maqsadli foydalanish yaxshiroq xarakteristikalariga ega bo'lgan ushbu RRL oralig'ini rejalashtirish va hisoblashga hamda loyiha ishlarini o'tkazish uchun bir qator tavsiyalarni ishlab chiqishga imkon berdi.

1. Suv yuzasidan o'tuvchi RRL oraliqlarini hisoblashda ITU-R P.530-7/8 Tavsiyalaridan foydalanish kerak.

2. Suv yuzali sohalarga ega bo'lgan RRL oraliqlar uchun selektiv so'nishlarning vujudga kelish ehtimolligini majburiy tartibda hisoblash kerak.

3. Suv yuzasidan o'tuvchi RRL oraliq tayyorligining me'yoriy qiymati yil va oydagi eng yomon holatda ham 99.999% dan kam bo'lmasligi kerak.

4. Agar suv yuzasidan o'tuvchi RRL oraliqlarini hisoblashda selektiv so'nishlarning vujudga kelish ehtimolligi me'yoriy tayyorlikka (99.999% dan kam emas) mos kelsa, qurilgan oraliqning barqaror va xatolarsiz ishlashini ishonch bilan aytish mumkin.



## MUNDARIJA

Kirish .....	3
<b>1 bob. Uzatish radiotizimlarining tuzilish umumiy prinsiplari</b> .....	6
1.1 Radioaloqani tashkil etish prinsiplari .....	6
1.2 Radiochastotalar klassifikatsiyasi .....	11
1.3 RRL qurilish prinsiplari .....	12
<b>2 bob. UQT tarqalish xususiyatlari va RRL antennalari</b> .....	17
2.1 Radioto'liqlarning umumiy xususiyatlari .....	17
2.1.1 Ochiq fazoda radioto'liqlarning tarqalishi .....	18
2.1.2 UQT tarqalish xususiyatlari .....	19
2.2 Radio qabulga xalaqitlar .....	24
2.3 UQT diapazon antennalari .....	26
2.3.1 Antennalarning asosiy xarakteristikalarini .....	28
2.3.2 RRL antennalari.....	33
2.3.3 RRLning fider traktlari .....	39
<b>3 bob. Ko'p kanalli aloqa tizimlarida raqamli uzatish usullari</b> .....	45
3.1 Signallarni vaqt bo'yicha ajratish prinsiplari .....	45
3.2 Signallarni raqamli taqdim etilishi .....	53
3.3 Radioaloqa tizimlarida ko'plab foydalana olish usullari .....	57
3.4 PDH, SDH va SONET standartlari .....	68
3.5 ATM standarti va Ethernet .....	85
3.6 Ma'lumotlar uzatish tarmoqlarining topologiyasi .....	95
3.7 Transport tarmog'ining unumdorligi .....	98
3.8 Tarmoqda sinxronizatsiya .....	100
3.9 Tarmoq bo'yicha uzatishda signalning kechikishi ....	120
<b>4 bob. Raqamli RRL tizimlar</b> .....	121
4.1 Raqamli RRL klassifikatsiyasi va qo'llanish sohalari .....	121

4.2 Radioreleli aloqa liniyasining strukturasi .....	123
4.3 Bevosita ko‘rinishli bitta stvolli RRLda chastotalar taqsimlanish rejası .....	125
4.4 Raqamli RRLning konstruktiv bajarilishi va aloqa tarmoqlarini tashkil etishga misollar .....	127
4.5 Raqamli radioreleli stansiyalar .....	130
4.6 <b>Turli texnologiyalar bo‘yicha qurilgan aloqa liniyalarini taqqoslash .....</b>	<b>134</b>
<b>5 bob. Raqamli modulatsiya .....</b>	<b>136</b>
5.1 Raqamli modulatsiyaning asosiy ta‘riflari .....	136
5.2 Amplitudaviy va fazaviy manipulasiya .....	140
5.3 Kvadraturali fazaviy modulatsiya .....	146
5.4 Fazaviy manipulasiyaning geometrik talqini va kvadraturali amplitudaviy modulatsiya .....	155
<b>6 bob. Raqamli radioreleli tizimlarning apparaturasi .....</b>	<b>161</b>
6.1 Qabul qiluvchi-uzatuvchi modul ODU .....	161
6.2 Bino ichiga o‘rnatiladigan modul (IDU) .....	164
6.3 Taqsimlangan RRL tizimini montajlash va sozlash ..	166
<b>7 bob. RRLda shovqinlar va xalaqitlar .....</b>	<b>168</b>
7.1 Raqamli RRL da issiqlik shovqinlarning ta‘siri .....	168
7.2 Simvollararo xalaqitlarning ta‘siri .....	172
7.3 Signal qotishi .....	174
4 RRLda rezervlash .....	181
<b>8 bob. Raqamli RRL ni loyihalashtirish masalalari ...</b>	<b>185</b>
8.1 Raqamli RRLning sifat ko‘rsatkichlariga me‘yorlar .....	186
8.2 Stansiya joylashadigan joyini va RRL antennalarini o‘rnatish balandligini tanlash .....	192
8.3 RRL intervalidagi signallar sathini hisoblash .....	197
8.4 Signalni intervaldagi yo‘qolishini hisoblash .....	200
8.5 RRL oraliqlarida aloqa barqarorligini oshirish usullari .....	211
8.6 RRL parametrlarini hisoblash algoritmi .....	212
<b>9 bob. NEC Corporation radioreleli tizimlar .....</b>	<b>216</b>
9.1 Pasolink NEO .....	216
9.2 Pasolink NEO Compac va NEO HP .....	226
9.3 Pasolink seriyasining RRL tizimi.....	230

9.4 Magistral ahamiyatdagi RRL tizimi 5000S .....	240
9.5 Takomillashtirilgan RRL DMR5000S (5000IPS) magistral tizimi .....	243
9.6 iPasolink EX .....	246
9.7 iPasolink iX .....	254
9.8 Tarmoqni boshqarish tizimi .....	258
<i>Xulosa</i> .....	264
<i>Adabiyot</i> .....	265
Glossariy .....	266
Ilova A .....	277
Ilova B.....	292
Ilova C.....	303

## Qaydlar uchun

---

## Qaydlar uchun

---

## Qaydlar uchun

---

«Raqamli radioreleli uzatish tizimlari» kursi bo'yicha darslik  
TATU Ilmiy-metodik kengashi tasdig'i asosida chop etilgan  
(2015-y. 26.02 dagi № 8 «647» bayonnoma)

**A.N. ARIPOV, I.M. ARIPOV**

## **RAQAMLI RADIORELELI UZATISH TIZIMLARI**

«Sharq» nashriyot-matbaa  
aksiyadorlik kompaniyasining  
Bosh tahririyati  
Toshkent — 2015

Muharrir *Barnobek Eshpo'latov*  
Badiiy muharrir *Feruza Basharova*  
Texnik muharrir *Ra'no Boboxonova*  
Musahhah *Sharofat Xurramova*  
Sahifalovchi *Hilola Sharipova*

**Nashr litsenziyasi AI № 201, 28.08.2011-yil.**

Bosishga ruxsat etildi 14.07.2015. Bichimi 84x108  $\frac{1}{32}$ . «Times  
New Roman» garniturası. Ofset bosma. Shartli bosma tabog‘i 19,3.  
Nashriyot-hisob tabog‘i 18,1. Adadi 1500 nusxa.  
Buyurtma № 3952. Bahosi shartnoma asosida.

**«Sharq» nashriyot-matbaa  
aksiyadorlik kompaniyasi bosmaxonasi.  
100000, Toshkent shahri, Buyuk Turon ko‘chasi, 41.**