

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

O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA'LIMI MARKAZI

A.V. SHIN, N. XODJAYEV

TELEKOMMUNIKATSIYA UZATISH TIZIMLARI

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

TOSHKENT — «ILM ZIYO» — 2016

UO'K 621.377.037.3(075)
KBK 32.949
SH61

*Oliy va o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi ilmiy-metodik birlashmalari
faoliyatini muvofiqlashtiruvchi Kengash tomonidan nashrga
tavsiya etilgan.*

Ushbu o'quv qo'llanma «Telekommunikatsiya» yo'nalishida ta'lim olayotgan kasb-hunar kolleji o'quvchilari uchun mo'ljallangan bo'lib, namunaviy o'quv rejasi dasturiga asoslanib tuzilgan. O'quv qo'llanmada telekommunikatsiya tarmoqlari va tizimlari tuzilishining umumiy tamoyillari, yangi texnologiyalar va ularning qo'llanilishi, uzatish tizimlariga xizmat ko'rsatish prinsiplari kabi masalalar bayon etilgan.

Taqrizchilar: **T.P. OVCHINNIKOVA** — Toshkent axborot texnologiyalari kasb-hunar kolleji direktor o'rinbosari;
D.Y. YUNUSOV — dotsent, texnika fanlari nomzodi.

SO‘ZBOSHI

O‘zbekiston Respublikasi mustaqillikka erishgach, 1991-yildan boshlab xalq xo‘jaligining turli jabhalarida respublikamiz Prezidenti I. Karimovning tashabbuslari bilan yirik ko‘p yillik rivojlanishni o‘z ichiga olgan katta loyihalar amalga oshirila boshlandi, jumladan, aloqa sohasiga alohida e‘tibor berildi, bu borada yangi texnologiyalar asosida aloqa tizimi va axborotlashtirishni rivojlantirish dolzarb masalaga aylandi, davlat miqyosida bir qator dasturlar qabul qilindi va kechiktirmay amalga oshirila boshlandi. Telekommunikatsiya yo‘nalishida, telekommunikatsiya tarmoqlarini tubdan yaxshilash va rivojlantirish masalalarini hal qilish birlamchi vazifaga aylandi. Bu dolzarb muammolarni yechish uchun O‘zbekistonda telekommunikatsiya tarmoqlari va axborotlashtirishni rivojlantirish asosiy yo‘nalishlarini belgilash uchun qator qonun, farmon va qarorlar qabul qilindi, jumladan, «Telekommunikatsiyalar to‘g‘risida» (20.08.1999-y.); «Axborotlashtirish to‘g‘risida» (11.12.2003-y.)gi O‘zbekiston Respublikasi qonunlari; Vazirlar Mahkamasining 1995-yil 1-avgustdagi «O‘zbekiston Respublikasi telekommunikatsiya tarmog‘ini 2010-yilgacha bo‘lgan davrda rekonstruksiya qilish va rivojlantirish milliy dasturi to‘g‘risida»gi 307-son Qarori; O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2002-yil 30-maydagi «Kompyuterlashtirishni yanada rivojlantirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini joriy etish to‘g‘risida»gi PF-3080-sonli Farmoni va boshqalar shular jumlasidandir.

Telekommunikatsiya tarmog‘ini rivojlantirish to‘g‘risidagi qarorga muvofiq, O‘zbekiston Respublikasi telekommunikatsiya tarmog‘ini bosqichma-bosqich rekonstruksiya qilish va rivojlantirish vazifalari belgilandi va bu vazifalar amalga oshirilmoqda. Telekommunikatsiya tarmog‘i deyilganda hududiy turli olis masofada joylashgan foydalanuvchilarga axborot yetkazilishini ta‘minlovchi elektr aloqa vositalarining, shuningdek, uzatishga mo‘ljallangan va qabul qilingan axborotni saqlash va qayta ishlash vositalarining jamlanmalari tushuniladi.

Telekommunikatsiya sohasining kichik texnik mutaxassislari mavjud tarmoq va tizimlarni ekspluatatsiya qilish, ularga texnik xizmat ko'rsatish masalalarini chuqur egallagan bo'lishlari kerak va quyidagi muammolarni bilishlari lozim: axborotlarni yetkazish bo'yicha oshib borayotgan talablarni qondirish uchun mamlakatda telekommunikatsiya tarmoqlari qaysi yo'nalishda rivojlanishini; qancha va qanday aloqa vositalarini joriy etish lozimligini; uzatilayotgan xabarlarini o'z vaqtida yetkazish va aniqligini ta'minlash, minimal xarajatlardan zaruriy samara olish, shuningdek, uskunalar va aloqa kanallaridan maksimal foydalanish uchun telekommunikatsiya tarmoqlarini qanday optimal rivojlantirishni bilishlari kerak.

Barcha mamlakatlarda, shu jumladan, O'zbekistonda ham telekommunikatsiya tarmoqlarini qurish va baholash masalalari dolzarb hisoblanadi.

Telekommunikatsiya uzatish tizimlari va tarmoqlarini o'rganish «Telekommunikatsiya» va turdosh ta'lim yo'nalishlari bo'yicha kichik texnik xodim tayyorlash tizimining muhim va ajralmas qismidir.

Bugungi kunda «Telekommunikatsiya uzatish tizimlari» fanini o'rganishda qo'llaniladigan yagona, tizimiy darslik mavjud emas, o'quv materiallari mavzuga qarab turli adabiyot va manbalardan olinadi, bu esa fanni o'zlashtirishda biroz qiyinchiliklar tug'dirmoqda. Taqdim etilayotgan darslik ushbu muammoni qisman hal qilishga qaratilgan ijodiy ishdur.

Taklif etilayotgan darslik sakkizta bobdan iborat. Birinchi bobda telekommunikatsiya uzatish tizimlarining asosiy vazifalari, ta'rif va tushunchalari, telekommunikatsiyaning rivojlanish tarixi, ularning tasniflanishi, ma'lumotlarni uzatuvchi transport tarmog'ining rivojlanishi, telekommunikatsiya tarmoqlari tarkibi va strukturasi, tarmoqlarning istiqbolli rivojlanishi hamda ma'lumotlarni uzatishda foydalaniladigan signallarning logarifmik birliklari keltirilgan.

Ikkinchi bobda uzatish tizimlarining umumiy tuzilish prinsiplari, birlamchi signallar va ularning fizik tavsiflari, uzatish tizimlari arxitekturasi, axborot taqsimoti uzatish kanallari va ularning tavsifi keng yoritilgan.

Uchinchi bobda kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlarining tuzilish prinsipi, ko'p kanalli uzatish tizimlarining tuzilish prinsipi, kanal signallarini shakllantirish tamoyillari, chastotalarni ko'p marta o'zgartirish prinsipi, kanal va traktlarda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan shovqinlar tabiati ko'rib chiqilgan.

To'rtinchi bob telekommunikatsiya uzatish tizimlarida raqamli uzatish tizimlarining tuzilish prinsipiga bag'ishlangan. Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlarining tuzilish prinsipi, analog signaldan raqamli signalga o'tish, AIM signallarning xususiyatlari va AIM signallarining turlari, birlamchi raqamli kanalning signallar tuzilmasi, IKM bilan uzatishni tashkil etish tamoyillari, birlamchi raqamli kanaldagi signallarning tuzilmasi (E-1 oqimi), IKM-30 oxirgi stansiyasining tuzilishi, raqamli uzatish tizimlarida sikllash va sinxronlash prinsiplari, raqamli liniya trakti tuzilishining prinsiplari ko'rib chiqilgan.

Signallarni regeneratsiyalash, regeneratorlarning tuzilish sxemasi, taktli chastotani ajratish, raqamli uzatish tizimlarida qo'llaniladigan liniyaviy kodlar ko'rib chiqilgan.

Beshinchi bobda raqamli uzatish tizimida raqamli oqimlarni birlashtirish usullari, IKM asosida tashkil qilingan raqamli uzatish tizimi iyerarxiyasi, plezioxron raqamli iyerarxiyada raqamli oqimlarni birlashtirish, PDH tizimlarining kamchiliklarini PDH da sinxronizatsiya va boshqarish muammolari, raqamli oqimlarni sinxron raqamli iyerarxiyada birlashtirish, sinxron raqamli iyerarxiya (SDH)ning afzalliklari, sinxron raqamli iyerarxiyaning tuzilish xususiyatlari, sinxron raqamli iyerarxiyaning raqamli uzatish tizimlari, SDH da umumiy multipleksorlash sxemasi, STM-N ning shakllanishi, SDH sinxron raqamli iyerarxiya qurilmalari, sinxron raqamli iyerarxiyaning asosiy (bazaviy) topologiyalari, SDH tarmoqlarida sinxronizatsiya masalalari ko'rilgan.

Oltinchi bobda telekommunikatsiya uzatish tizimi texnologiyalarini qo'llash, abonent kirish tarmoqlari texnologiyalari, ISDN, DSL, PON, multiservis tarmoqlari NGN — keyingi avlod tarmoqlari batafsil ko'rib chiqilgan.

Yettinchi bob telekommunikatsiya uzatish tizimlarida tola optik tizimlarining qo'llanilishi, optik aloqaga oid asosiy tushunchalar

va optik tolali aloqa tizimlari, OA tizimlarining tuzilish prinsiplari, optik yorug'lik uzatgichlar, ularning turlari, foton texnologiyasi asosidagi telekommunikatsiyaning optik tarmoqlariga bag'ishlangan.

Sakkizinchi bobda telekommunikatsiya uzatish tizimlariga texnik xizmat ko'rsatish masalalari keltirilgan, shuningdek, uzatish tizimlariga texnik xizmat ko'rsatish obyektining ishonchlilik ko'rsatkichlari, buzilishlar jadalligi, ishonchlilikni oshirish usuli, uzatish tizimlariga texnik xizmat ko'rsatish, O'zbekiston Respublikasining telekommunikatsiya tarmog'i rivojlanish holati va istiqbollari yoritilgan.

KIRISH

1875-yilda, telefon aloqasining rivojlanishida jo'natuvchi nuqta, ovozni uzatish usuli va texnologiyasi bo'lgan telefon yaratilgandan beri, 1975-yilda birinchi mikrokompyuter paydo bo'lgunga qadar 100 yil o'tdi. Shu davr mobaynida aloqa (butun dunyoda o'tgan asr 60-yillarning o'rtalarigacha, Rossiyada esa 70-yillarning o'rtalarigacha) analog tizimlardan iborat edi. 1937-yildan IKM, 1939-yildan boshlab esa maxsuslashtirilgan raqamli kompyuterlar ma'lum bo'lishidan qat'i nazar, amalda raqamli aloqa tizimlari yo'q edi.

40-yillarning boshlarida, aloqa radiolokatsiyasining rivojlanishi munosabati bilan impulsli modulatsiyalash usuli jadallik bilan rivojlanishiga qaramay, raqamli qurilmalarning hajmi juda kattaligi tufayli amalda keng tarqalmadi. Bu hol 1959-yilgacha, element bazasi sifatida tranzistorlar qo'llaniladigan ikkinchi avlod kompyuterlari paydo bo'lgunga qadar davom etdi.

Ma'lumotlarni uzatish tarmog'ida raqamli texnologiyalarni qo'llashning boshlanishi IKM, ya'ni kabelli aloqa tarmoqlari asosidagi raqamli telefon tizimlari bilan bog'liq. IKM va kanallarni vaqtli ajratishga ega bo'lgan multipleksorlash usuli qo'llaniladigan, ovozni uzatuvchi birinchi raqamli tizim 1962-yilda Chikagoda o'rnatilgan Bell System (AQSH) kompaniyasining tizimi hisoblanadi. Bu tizim mis simli kabellar orqali, Bell System kompaniyasi ofislari orasida 24 ta ovozli kanallarni uzatish imkonini bergan. Har bir ovozli kanal 64 kbit/s tezlikda uzatilgan va barcha kanallarning ikkilik ma'lumotlari 1536 kbit/s tezlikli yagona oqimga multipleksor yordamida birlashtirilgan, xizmat kanali (8 kbit/s)ni nazarda tutgan holda bu oqimning tezligi 1544 kbit/s ga yetdi. U keyingi standartlashga asoslangan holda, oldin AQSHda raqamli telefonlashtirish tizimlari uchun multipleksorlashning birinchi sathi deb qabul qilindi va *DS1* yoki *T1* kanaliga aylandi.

Bu raqamli ma'lumotlarni uzatuvchi tijorat kompyuter tizimlarini tashkillashtirish uchun qo'llaniladigan, shuningdek, lokal tarmoqlarga kompyuterlarni birlashtirish uchun rivojlangan kirish/chiqishli multipleksor tizimlariga ega, kirish/chiqishli kanal

konsepsiyasini olib keluvchi EHMLar uchinchi avlodining (IBM System 360, 1963-yil) paydo bo'lgan vaqti edi.

1971-yilda Intel kompaniyasining birinchi mikroprotssessorlari paydo bo'lishi bilan, faqatgina mikroprotssessor texnikasi va texnologiyalari rivojlanishiga bo'lgan intilish telekommunikatsiya tizimlarida raqamli texnikani yaratish imkonini berdi va IKM asosida ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarini rivojlantirishda ikkinchi katta turtki bo'ldi.

Tarmoqning umumiy vazifali EHMLar yoki menfreymlar asosida birinchi yaratilgan kompyuter texnologiyalari mana bir necha yillardan buyon shaxsiy kompyuterlar tarmog'iga birlashish uchun qo'llanilib kelinmoqda. Aloqa tarmoqlarini boshqarish bo'yicha talablarni qondirish uchun mikroprotssessorlarni ishlab chiqish va ularning funksional imkoniyatlari juda oshgan bir paytda tarmoq texnologiyalarini keng qo'llashga imkon yaratildi.

Tarmoqning raqamli texnologiyalari global va lokal tarmoqlar uchun parallel holda rivojlandi. Global tarmoq texnologiyalari, asosan, ovozni uzatish uchun qo'llaniladigan raqamli telefon tarmoqlarini rivojlantirishga yo'naltirildi. Lokal tarmoq texnologiyalari, aksincha, asosan, ma'lumotlarni uzatish uchun qo'llanildi.

Raqamli telefon tarmoqlarining rivojlanishi kanallarni liniya bo'ylab zichlashtirish bo'yicha ketdi. Bu T1 past tezlikli birlamchi kanallarni multipleksorlash hisobiga amalga oshgani kabi, anchagina samarali bo'lgan modulatsiyalash usullarini qo'llash hisobiga ham amalga oshdi. Masalan, bunday usulga 32, 16 va 8 kbit/s tezlikda ovozni uzatishda qo'llash imkonini beruvchi differensial IKM va uning modifikatsiyasini qo'llash kiradi.

Multipleksorlash sxemasining rivojlanishi, uzatish tezliklari va kanallari ushbu usulda standartlashgan: DS2 yoki T2/E2, DS3 yoki T3/E3, DS4, yoki T4/E4, turli sathlarga ega (davlatlarning turli guruhlar uchun) uchta raqamli iyerarxiyani yuzaga keltirdi. **Pleziokson** (sinxron kabi) nomli, PDH (PRI) raqamli iyerarxiya keng avj oldi va hozirgacha raqamli telefonlashtirishdagi kabi ma'lumotlarni uzatishda ham qo'llanilib kelinmoqda.

So'nggi yillarda, PDH asosidagi tezlikli telekommunikatsiya texnologiyalarining rivojlanishi, yetarli darajada yangi ikkita raqamli texnologiyalar: **sinxron optik tarmoqlar (SONET)** va **sinxron raqamli iyerarxiya (SDH)**ning paydo bo'lishiga olib keldi, ayrim

hollarda bu uzatish tezligining diapazonini 40 Gbit/s gacha kengaytiruvchi, xuddi yagona texnologiya SONET/SDH kabi qaraladi. Ushbu texnologiya uchun muhit sifatida tolali optik kabellarni qo'llash mo'ljallangan.

Ma'lumotlarni uzatish uchun mo'ljallangan lokal tarmoq texnologiyalari nafaqat matnni uzatish, balki grafik, hozirda esa multimedia ma'lumotlarini uzatish kanallarining o'tkazuvchanlik polosasini oshirish bo'yicha rivojlandi. Natijada boshlang'ich rivojlanish bosqichida qo'llanilgan, uzatish tezligi 2–16 Mbit/s bo'lgan yarim dupleks rejimda ishlovchi va uzatish tezligi 4–32 Mbit/s bo'lgan dupleks rejimda ishlovchi ARCnet, Ethernet va Token Ring, tarmoq texnologiyalari ma'lumotlarni uzatish tezligi 100 Mbit/s bo'lgan va tolali optik kabellar qo'llaniladigan yangi FDDI, Fast Ethernet va 100VG-Any LAN texnologiyalariga o'z o'rnini bo'shatib berdi.

Keyingi rivojlanish bosqichida tezligi 1 Gbit/s li Ethernet texnologiyasini qo'llash mo'ljallangan. Juda ko'p kompyuter tarmoqlarini bog'lovchi, korxona, korporativ, regional va global tarmoqlarning ma'lumotlarini uzatish masshtabida kompyuter tarmoqlarini yaratish, o'z navbatida, ma'lumotlarni uzatuvchi X.25 kabi integrallashgan xizmatlarga ega raqamli tarmoqlarni (ISDN) va Frame Relay kabi kadrlarni retranslatatsiyalash, 64 kbit/s – 144 kbit/s – 1,5/2 Mbit/s tezlikka mos keluvchi masalalarni yechuvchi transport texnologiyalarini yaratishga olib keldi.

Keyinchalik bu texnologiyalarning rivojlanishi uzatish tezliklarini rivojlantirish bo'yicha amalga oshdi va uchta muhim natijaga olib keldi:

- mavjud bo'lgan X.25 texnologiyasi asta-sekinlik bilan yo'qoldi;
- qo'llaniladigan texnologiyalar (Frame Relay)da ma'lumotlarni uzatish tezligi, TZ (45 Mbit/s)gacha oshirildi;
- ma'lumotlarni inkapsulatsiyalash texnikasini qo'llash hisobiga, turli tezliklarda qo'llash mumkin bo'lgan (1,5 Mbit/s dan 40 Gbit/s gacha) keng polosali ISDN (B-ISDN), asinxron uzatish rejimi yoki ATM yangi texnologiyasi paydo bo'ldi.

SDH tizimlari shu qadar tez rivojlandiki, oxirgi yillarda ularning nafaqat nomlari, balki tarmoqni himoyalashni tashkillashtirishda bir qator yondashishlar va ularning WDM

texnologiyasi asosida optik tarmoqlar bilan o'zaro bog'lanishi ham o'zgardi.

To'liq uzunligi bo'yicha multipleksorlovchi tizimlar – WDM ham so'nggi vaqtda yetarli darajada rivojlandi va to'liq uzunligi bo'yicha kommutatsiyalash va marshrutlashtirish imkoniga ega optik tizimlarda evolutsiyanamoqda. Ular nafaqat SDH tizimlari bilan birgalikdagi bog'lamlarda qo'llanilmoqda (ma'lumotlarning sinxron oqimlari manbalari kabi), balki alohida o'zini yoki boshqa texnologiyalar ishlab chiqqan (masalan, ATM, Ethernet, FDDI, IP, Token Ring) ma'lumotlar oqimini shaffof uzatish imkoniyatlarini qo'llash mumkin.

Va nihoyat, so'nggi yillarda SDH/WDM tarmoqlarida optik funksional elementlar: optik kuchaytirgichlar, kirish-chiqishli optik multipleksorlar, optik modulatorlar, optik kommutatorlar va marshrutizatorlar keng qo'llanila boshladi. Bunday texnologiyalar va optik elementlarni qo'llash nafaqat ishlab chiqaruvchilardan, balki SDH apparaturalaridan foydalanuvchi muhandislardan ham optik texnologiyalar sohasida yetarli bilimni talab qiladi.

Yuqorida bayon etilganlardan ko'rinib turibdiki, raqamli uzatish tizimlarining jadallik bilan rivojlanishi, ularning analog uzatish tizimlariga nisbatan juda ko'p afzalliklari bilan bog'liq, misol uchun yuqori shovqinbardoshlik, signalni uzatish sifatining aloqa liniyasi uzunligiga kam bog'liqligi, aloqa kanallari elektrik parametrlarining mo'tadilligi, diskret xabarlarini uzatishda o'tkazuvchanlik xususiyatidan samarali foydalanish va hokazolar.

Yurtimizda telefon zichligining soni kundan kunga oshib bormoqda. Telegraf aloqasi o'rniga hujjatli elektr aloqa, ma'lumotlarni uzatish, elektron pochta, faksimil aloqa turlari kabilar yuzaga keldi. Internet tarmoqlarining segmenti kengayib, tarmoq xizmatlarining hajmi oshmoqda. Aloqa xizmatlarining soni oshishi bilan bir vaqtda, integral raqamli aloqa tarmoqlarini ta'minlovchi oddiy telefon servislaridan to multimedia xizmatlarigacha bo'lgan jarayonning ham sifati oshdi. Ayniqsa, butun dunyoda, shu jumladan, bizda ham mobil radio aloqa shiddat bilan rivojlanmoqda.

Kelajakda bizni bu sohada nimalar kutmoqda? Ko'pgina mutaxassislarning fikri bo'yicha telekommunikatsiya texno-

logiyalarining keyingi evolutsiyasi axborotlarni uzatish tezligini oshirish, tarmoqni intellektuallashtirish va foydalanuvchilarning mobilligini ta'minlash yo'nalishi bo'yicha ketadi.

Yuqori tezlik. Televizion tasvirni uzatish, multimedia ilovalarida turli ko'rinishdagi axborotlar integratsiyasi, lokal, shahar va hududiy tarmoq aloqasini tashkillashtirish zarur.

Intellektuallik. Tarmoqning moslashuvchanligi va ishonchliligini oshirish, global tarmoqlarni yengil boshqarish imkonini beradi. Tarmoq intellektualligi tufayli foydalanuvchilar xizmatning passiv iste'molchisidan, zarur bo'lgan xizmatlarga buyurtma bergan holda, o'zi tarmoqni faol boshqaruvchi mijoziga aylanadi.

Mobillik. Elektron vositalarni maydalashtirish, ularning narxini pasaytirish sohasidagi muvaffaqiyatlar so'nggi mobil vositalarning global tarqalish imkonini yaratadi. Bu, har bir mijozga istalgan vaqtda, har qanday joyda aloqa xizmatini yetkazish vazifasini amalga oshiradi.

Shuni aytish joizki, dunyoning axborot-telekommunikatsiya infratuzilmasi orqali uzatiladigan axborot hajmi har 2—3 yilda ikki barobarga oshib boradi.

1.1. Asosiy ta'rif va tushunchalar, ularning tasnifi

Umumiy tushunchalar. «Axborot» deganda berilgan obyekt (jarayon, hodisa, fakt va hokazo) haqidagi ayrim ma'lumotlarni tushunamiz.

Obyektda ikki tur axborot farqlanadi: obyekt holati (konkret, aniq) axboroti va uning xususiyatlari (abstrakt) axboroti.

Axborotning qiymatliligi, ya'ni uning iste'mol tannarxi vaqt o'tib o'zgaradi. Ayrim hollarda axborotni iste'molchiga yetkazish o'zining keskin vaqti bilan xarakterlanadi. Keskin yetkazish vaqtidan keyin axborot qiymatliligi nafaqat kamayadi, balki kerak bo'lmay qolishi, ayrim paytlarda ziyon yetkazishi ham mumkin.

Insonlarning o'zaro axborot almashishi tabiiy holatdir. Axborot almashinish uni uzatish va qabul qilishdan iborat. Axborotni istalgan masofada almashish uchun texnik yo'l — aloqa vositalari keng qo'llaniladi.

Axborotni yetkazish uchun u qandaydir tashuvchiga ma'lum bir tilda yozilib, xabar holiga keltirilishi lozim. Axborot tashuvchi axborotni qaydlovchi maxsus vositadir (magnit lenta, yumshoq disk va hokazo).

Xabarda asosiy axborotdan tashqari iste'molchi manzili va boshqa bir qator ma'lumotlar mavjud bo'lib, ular xabarni yetkazish qoidasini belgilaydi.

Demak, xabar — axborotni masofaga uzatishga qulay bo'lgan taqdim etish shaklidir.

Istalgan xabar o'zgaruvchan parametrga ega bo'lib, unga axborot «joylashtiriladi». Xabarlarni uzatish uchun uni manbadan iste'molchiga ma'lum tezlikda uzatish xususiyatiga ega fizik jarayon qo'llaniladi. Uzatilayotgan xabarlarni aks ettiruvchi fizik jarayon *signal* deyiladi. Signallarni elektromagnit yoki optik tizimlar bo'yicha uzatish yoki qabul qilish *elektr aloqa* deyiladi.

Asosiy ta'rif va tushunchalar

Turli signallarni uzatish uchun parametrlarning o'zgarishi yordamida uzatiladigan xabarlarni aks ettiruvchi (elektromagnit tebranishlar) elektr signallar qo'llaniladi.

Elektrik signallar fizik signallardan bir qancha afzalliklari bilan farq qiladi, masalan, ularni juda uzoq masofalarga uzatish uchun oddiy texnik qurilmalardan foydalaniladi. Signalning tarqalish tezligi yorug'lik tezligiga yaqin. Elektrik signallar yordamida xabarlarini uzatishga *elektr aloqa* deyiladi. *Aloqa tarmoqlari* — aloqa tizimining qismi bo'lib, ma'lum belgi bo'yicha ajratilgan va abonentlar (foydalanuvchilar) orasida axborot almashinishga mo'ljallangan aloqa uzellari va liniyalarining jamlanmasidir.

Aloqa uzeli — aloqani ta'minlash uchun boshqarish punktlarida, obyektida (inshootlarda) yoki berilgan tumanda joylashtirilgan, aloqa kuchlari va vositalarining tashkiliy-texnik birlashmasidir.

Aloqa liniyasi — birlamchi (transport) tarmoqning kanallari va guruhiiy traktlarini tashkil etishni ta'minlaydigan, yagona tarqalish muhitiga, shuningdek, ularga xizmat ko'rsatuvchi kuch va vositalarga ega aloqa tizimi elementidir.

Uzatiladigan xabarlarga bog'liq holda turli bir qancha elektr aloqa turlari mavjud, masalan: telefon, telegraf, ma'lumotlarni uzatish va hokazolar. Elektr aloqa signallarini uzatishni ta'minlovchi texnik qurilmalar majmuasiga *elektr aloqa tizimlari* deyiladi. Uzatuvchi punktlardagi bunday tizimlarda axborot manbalaridan hosil bo'lgan signallar, elektrik signallarga, qabul qiluvchi punktda esa talabgorlar qabul qila oladigan elektrik signallarga o'zgartiriladi. Uzatuvchi qismdagi elektrik signallarni shakllantiruvchi qurilma uzatuvchi qismdagi *birlamchi o'zgartirgich*, uning chiqishidagi signalga esa *birlamchi signal* deyiladi. Shunga mos holda qabul qiluvchi qurilmaga *qabul qiluvchi qismdagi birlamchi o'zgartirgich* deyiladi. Masalan, ovozni uzatishda birlamchi o'zgartirgich mikrofon, qabul qiluvchi qismda esa birlamchi o'zgartirgich — telefon hisoblanadi. Uzatuvchi va qabul qiluvchi qismdagi birlamchi o'zgartirgichlar oxirgi apparaturalar yoki oxirgi qurilmalar deb ham ataladi.

Uzatish kanali deb belgilangan chastota maydonida quvvat bo'yicha yoki belgilangan tezlik bilan chegaralangan, elektromagnit signallarni uzatishni ta'minlovchi tarqaluvchi muhit va texnik qurilmalar yig'indisiga aytiladi. *Uzatish tizimi* deb uzatuvchi kanalning shakllanishini ta'minlovchi texnik qurilmalar yig'indisiga aytiladi.

Uzatish tizimining tarkibiga signallarni o'zgartirish va kuchaytirishni amalga oshiruvchi apparaturalardan tashqari, elektr ta'minoti qurilmasi, teleboshqaruv va telesignalizatsiya, shuningdek, uzatuvchi liniya (uzatish muhiti) ham kiradi. Uzatish liniyasi simli yoki radioliniyalari bo'lishi mumkin. *Simli uzatish liniyasi* deb, elektromagnit signallarni uzluksiz yo'naltiruvchi muhit bo'ylab tarqalishini ta'minlovchi liniyaga aytiladi. Simli liniyaga havo aloqa liniyalari, kabelli liniyalar (elektrik yoki yorug'lik o'tkazuvchi), to'lqin o'tkazgichlar va shunga o'xshashlar kiradi. Radioliniyalarda xabarlar ochiq muhitda, radioto'lqinlar orqali uzatiladi. Yerdagi radiorele liniyalarida detsimetrli va qisqa to'lqinlar qo'llaniladi, signallarni retranslatsiya qilish esa yerdagi qabul qilib uzatuvchi stansiyalar orqali amalga oshiriladi. Fazoviy aloqa tizimlarida retranslatsiyalash stansiyalari sun'iy yer yo'ldoshlarida joylashtiriladi. Elektr aloqa tizimlarining eng katta va eng qimmat qismini uzatish liniyalari (mis simlaridan iborat bo'lgan) tashkil qiladi. Simli liniyalarni, bitta elektrik signalni uzatish uchun mo'ljallangan, simlar yig'indisidan iborat bo'lgan aloqa zanjiri deb faraz qilish mumkin. Agar aloqa liniyasi sifatida radio liniyalar qo'llanilsa, unda stvol tushunchasidan foydalaniladi.

N kanalli aloqa tizimi deb bitta aloqa zanjiri orqali bir vaqtda va bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda, xabarlarini N manbadan N talabgorga uzatishni ta'minlovchi texnik qurilmalar yig'indisiga aytiladi. N kanalli aloqa tizimining uzatgichiga N xabar manbasidan birlamchi signallar tushadi. Bu signallar maxsus qayta ishlanadi va aloqa zanjirining kirishiga tushuvchi umumiy guruhli signalga birlashtiriladi. Tizimning qabul qiluvchi qismida guruhli signallardan, berilgan axborotga mos va N talabgorga beriluvchi alohida kanallarning shaxsiy signallari ajratib olinadi. Bunday uzatish tizimlari ko'p kanalli deb ataladi.

Signallar aloqa liniyasi orqali o'tganda o'zining energiyasini yo'qotadi (so'nadi), texnik qurilmalar takomillashmaganligi (xarakteristikalar noidealligi) tufayli buziladi, bundan tashqari, unga yana shovqin (xalaqitlar) ta'sir qiladi. Buning uchun uzatish tizimi qabul qiluvchi qismida signalni shunday ajratishi kerakki, buzilish va shovqinlar bo'lishidan qat'i nazar xabar belgilangan aniqlikda qayta tiklansin. Uzatish tizimi (UT) uzatiladigan axborotlarni yuqori darajada uzatishdan tashqari uzoq masofalarga aloqani tashkil qilganda ularning ishonchligini ham ta'minlashi lozim. Ko'p kanalli aloqa texnikasining asosiy vazifalaridan biri

yuqori iqtisodiy samaradorlikka (masalan, 1 km aloqa kanalidan foydalanish va tashkil qilish narxini baholash orqali) erishishdan iborat. Shunday qilib, ko'p kanalli aloqa texnikasining rivojlanishi, talab qilingan kanallar soni, sifati, ishonchliligi, samaradorligi va aloqa masofasini ta'minlovchi uzatish tizimlarining yaratilishiga olib keladi.

Telekommunikatsiya tarmoqlari, ularning tasnifi

Qishloq xo'jaligi va aholining turli sohalaridagi talablarini qondirish uchun ma'lum bir hududning istalgan nuqtalari orasida turli xabarlarini uzatish maqsadida yagona avtomatlashtirilgan, o'zaro bog'langan aloqa tarmoqlari tashkil qilinadi. Bu tarmoq, simli, radioreleli, fazoviy va boshqa aloqa liniyalari bo'yicha, barcha elektrik aloqa vositalarining texnik qurilmalari yig'indisidan tashkil topadi. Aloqa tarmoqlaridagi barcha ulanishlar, tarmoq qurilmalarining holatini aniqlovchi nazoratni amalga oshirish, axborotni uzatish uchun yo'lni tanlash imkonini berishi, ya'ni tarmoqni boshqarish bo'yicha barcha operatsiyalar avtomatlashtirilgan bo'lishi lozim. Kanal va traktlarning parametrlariga bo'lgan yagona, qat'iy me'yorlar aloqaning yuqori sifati va chidamliligini ta'minlaydi, bundan tashqari, shaharlararo aloqa tarmoqlariga chiqish imkonini beradi. Shunday qilib, o'zaro bog'langan aloqa tarmoqlari asosiy uzatish kanallari va asosiy guruhli traktlarning birlamchi tarmoqlarini tashkil qiluvchi texnik qurilmalarning murakkab majmuasidan iborat.

Birlamchi tarmoq tarmoq tugunlari, tarmoq stansiyalari va ko'p kanalli uzatish tizimlarining apparaturalari, kanal va traktlarning tarmoqlarini tashkil qiluvchi uzatish liniyalarining yig'indisidan tashkil topgan. Birlamchi tarmoq butun mamlakat hududini o'z ichiga oladi va magistral, mintaq va mahalliy tarmoqlarni birlashtirgan holda uch sathli tuzilishga ega. Magistral birlamchi tarmoqlar mamlakatning butun hududida joylashadi va turli mintaqaviy birlamchi tarmoqlarning asosiy kanal va guruhli traktlarini yagona avtomatik kommutatsiyalovchi tarmoqlarida o'zaro ulaydi.

Har bir ichki mintaqaviy birlamchi tarmoq biror mintaq hududida joylashadi. Mintaqa hududi ma'muriy viloyat yoki respublika chegaralari bilan mos tushadi. Har bir ichki mintaqaviy birlamchi tarmoq, shu mintaqaning turli mahalliy tarmoqlari asosiy kanal va guruhli traktlarining bir-biri bilan o'zaro ulanishini ta'minlaydi. Har bir mahalliy birlamchi tarmoq shahar yoki

qishloq hududida tashkil qilinadi va shunga mos holda *shahar* yoki *qishloq telefon tarmog'i* deyiladi. Mintaqaviy raqamlarga mos keluvchi hududidagi ichki mintaqaviy va mahalliy birlamchi tarmoqlarning yig'indisi mintaqaviy birlamchi tarmoqlarni hosil qiladi. Tugun tarmoqlari, odatda, bir necha uzatish liniyalari kesishgan joyda o'rnatiladi, shuning uchun ular orqali birlamchi tarmoqlarni boshqarish jarayonida turli xil uzatish liniyalariga tegishli bo'lgan uzatish kanallari va traktlarining ulanishi va tranzitlarini amalga oshirish mumkin.

Magistral tarmoqning barcha tugunlari birlamchi tarmoqlarning tuzilishiga mos holda birinchi sinfli, mintaqaviy tarmoqning barcha tugunlari ikkinchi sinfli, mahalliy tarmoqning barcha tugunlari uchinchi sinfli tugunlar kabi belgilanadi. Tarmoq stansiyalarining tarmoq tugunlaridan farqi mos keluvchi birlamchi tarmoqlarning oxirgi nuqtalari ekanligidir. Birlamchi tarmoqning kanal va guruhli traktlari asosida ikkilamchi tarmoqlar tashkil qilinadi. Ularning har birini kommutatsiyalash stansiyalari, kommutatsiyalash tugunlari, abonentning oxirgi qurilmalari va ikkilamchi tarmoq kanallarining yig'indisi deb faraz qilish mumkin.

Ikkilamchi tarmoqlar elektr aloqaning turiga bog'liq holda telefon, telegraf, ma'lumotlarni uzatish tarmog'i, ovozli eshittirish va televizion tarmoqlari deb nom olgan. Ikkilamchi tarmoqlar asosida umumdavlat aloqa tizimlari tashkil qilinadi (masalan, umumdavlat telefon aloqa tizimlari). Ikkilamchi tarmoqlarning elektr aloqa kanallari, xabar turiga bog'liq holda (masalan, liniyaga) telefon aloqa kanali, telegraf aloqa kanali, ma'lumotlarni uzatish kanali deb nomlanadi, shuningdek, ikkilamchi tarmoqning turiga bog'liq holda (kanal qaysi biriga tegishli bo'lsa) *shaharlararo*, *mintaqaviy* yoki *mahalliy* deb ataladi. Ikkilamchi tugunlar va stansiyalar birgalikda birlamchi tarmoqlarning mos keluvchi tugunlari va stansiyalarida joylashadi.

Ayni paytda har bir inson elektr aloqaning u yoki bu xizmatlaridan foydalanadi: radio eshitadi, televizor ko'radi, telefonda gaplashadi, faks uzatadi, qabul qiladi va hokazo. Istalgan holda elektr aloqa xizmati xabarni masofaga uzatadi. Xabarlarini jo'natuvchilar (manbalar) va oluvchilar (iste'molchilar) odamlar yoki odamlar xizmat ko'rsatadigan qurilmalar, masalan, EHM bo'lishi mumkin. Har bir xabarni uzatish uchun elektr aloqa vositalari yoki elektr aloqa tizimini tashkil etuvchi, ma'lum texnik qurilmalar to'plami bo'lishi zarur.

Uzatiladigan xabarlar har xil bo'lganligi (tovush xabari, matn, ma'lumotlar, tasvir va boshqalar) sababli, ularni uzatish uchun turli xil elektr aloqa tizimlari bo'lishi kerak. Shunisi ravshanki, bunday tizimlar ko'p bo'lishi, ular bir-birlaridan qo'llaniladigan qurilmalar va texnologiyalar, uzatiladigan signallar turi, uzatish tezligi, taqdim etiladigan xizmatlar soni va hokazolarga ko'ra turlicha bo'lishi mumkin, lekin ularning hammasi elektr aloqa kanallarining mavjudligi bilan o'ziga xosdir.

Istalgan turdagi elektr aloqa uchun tizim yaratish xabarni uzatish va qabul qilish punktlari orasida elektr aloqa kanalini tashkil etishni taqozo etadi. Bu elektr aloqa kanallarining to'plami elektr aloqa tarmog'ini tashkil etadi, unda elektr signallarni uzatish uchun trakt hosil qilish imkonini beradigan, maxsus kommutatsiya apparaturasi belgilangan abonentlar qurilmalarini bog'lash funksiyalarini bajaradi. Demak, elektr aloqa tarmog'i oxirgi qurilmalar, kommutatsion markazlar, ularni bog'lovchi aloqa liniyalari va kanallari to'plami bo'lib, murakkab texnik inshootdir.

Elektr aloqa tarmog'i tarkibiga quyidagilar kiradi:

- foydalanuvchilar;
- aloqa punktlari;
- aloqa kanallari;
- tarmoq stansiyalari;
- aloqa uzellari;
- boshqarish tizimi.

Foydalanuvchilar (abonentlar, mijozlar) xabarlar oqimini yaratishadi va qabul qilishadi hamda, odatda, axborotni yetkazish va qayta ishlash, aloqa turini (telefon, ma'lumotlar uzatish, teleradio eshittirish va h. k.) tanlash va belgilangan sifatga rioya qilgan holda turli xizmatlarni (xizmat turlarini) olish borasidagi talablarni belgilaydi.

Aloqa punktlarini ikki qismga ajratish mumkin:

a) abonent punktlari (AP), ular elektr aloqa tarmog'iga axborotlarni kiritish va chiqarish (ayrim hollarda saqlash va qayta ishlash) apparaturasidan iborat. AP abonentlarning doimo foydalanishida bo'ladi;

b) axborot xizmat ko'rsatish punkti (AXKP) — bu so'rovnoma xizmatlari, turli hisoblash markazlari, ma'lumotlar banki, kutubxonalar va boshqa jamoa bo'lib foydalanuvchi markazlardir. Ular axborot ta'minoti bilan bog'liq axborotlarni yig'ish, qayta ishlash, saqlash, chiqarish va boshqa xizmatlardan foydalanuvchilarga taqdim etishni ta'minlaydi.

Aloqa kanallari — aloqa liniyalariga birlashgan bo‘lib, ular tarmoq alohida punktlari orasida xabarlarni uzatishni ta‘minlaydi.

Tarmoq stansiyalari — ikkilamchi tarmoqlar uchun namunaviy fizik zanjirlar, namunaviy uzatish kanallari va tarmoq traktlarini hosil qilish va taqdim etishni, shuningdek, ularning tranzitini ta‘minlaydi.

Uzellarni bajaradigan vazifalariga qarab ikki turga ajratish mumkin:

- **tarmoq uzellari** (TU) — tarmoq traktlari, namunaviy uzatish kanallari va namunaviy fizik zanjirlarni tashkil qilish va qayta taqsimlanishini, shuningdek, ularni ikkilamchi tarmoqlarga va foydalanuvchilarga taqdim etishni ta‘minlaydi;

- **kommutatziya uzellari** (KU) — kanallar, paketlar yoki xabarlarni taqsimlash va qayta ulashga xizmat qiladi.

Boshqarish tizimi — elektr aloqa tarmog‘ining normal ishlashi va rivojlanishini hamda foydalanuvchilar bilan o‘zaro munosabatlarini ta‘minlaydi.

Elektr aloqa tarmog‘ini tizimiy tahlil qilish nuqtayi nazaridan, elektr aloqa tarmog‘ini uchta sathli deb faraz qilish mumkin (1.1-rasm).

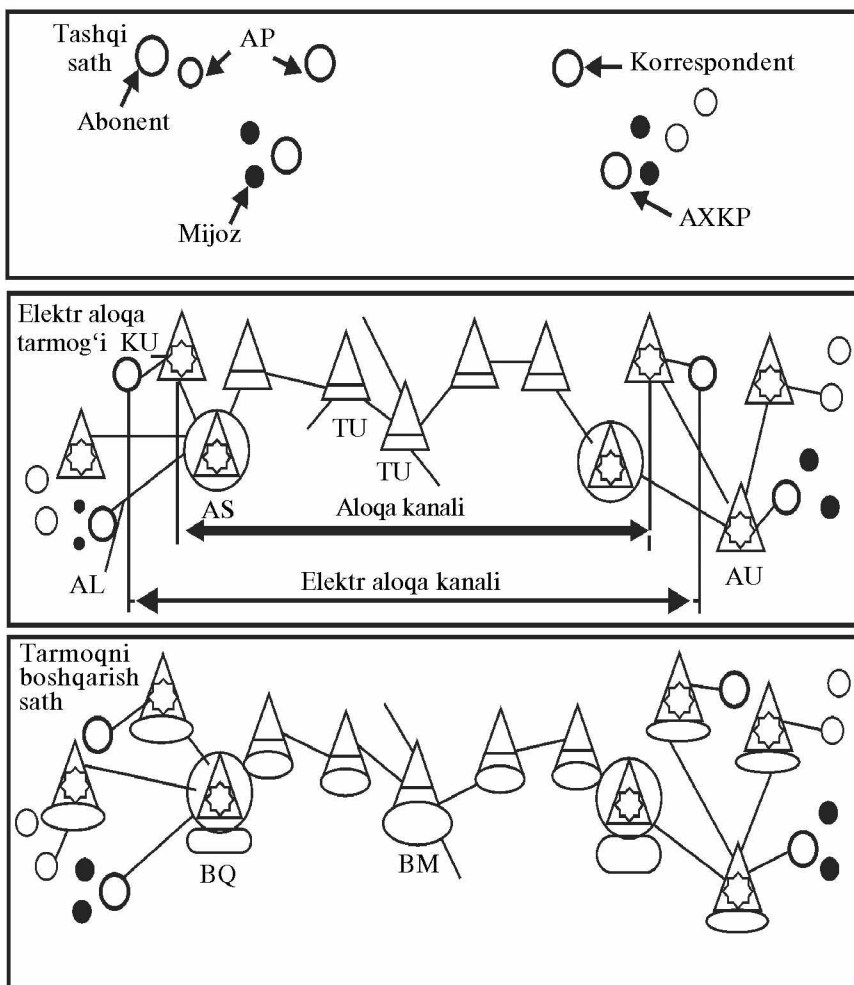
Aloqa tarmog‘ining sathlarini quyidagicha izohlash mumkin:

- **birinchi, tashqi sath** — abonentlar (mijozlar), abonent punktlari va axborot xizmat ko‘rsatish punktlaridan iborat bo‘lib, ularning doirasida elektr aloqa tarmog‘ida uzatish uchun xabarlarni shakllantirish amalga oshiriladi;

- **ikkinchi, asosiy sath** — bu, xususan, elektr aloqa tarmog‘i bo‘lib, aloqa liniyalari, aloqa kanallari, aloqa stansiyalari va aloqa uzellaridan iboratdir, ular abonent punktlari va korrespondentlar orasida xabarlarni uzatish, taqsimlash va kommutatsiyalashni ta‘minlaydi;

- **uchinchi, quyi sath** — tarmoqni boshqarish elementlari, ular uzellarni boshqarish, boshqarish markazlari qurilmalari va hamda ma‘muriyatdan iborat bo‘ladi.

Foydalanuvchilarning joylashish o‘rinlari va ular hosil qiladigan yuklamalar, oxirgi punktlarning joylashish o‘rinlarini belgilaydi.



1. 1-rasm. Aloqa tarmog'ining uch sathli tuzilishi.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining klassifikatsiyasi. Hozirgi kunda foydalanishda har xil belgilar bilan ajratiladigan turli-tuman aloqa tarmoqlari ishlatilmoqda. Tarmoqlarning bir xil belgilari aloqa tizimida tarmoqning o'rnini, boshqasi – tuzilish prinsipi va ishlash xarakterini, ayrimlari – tarmoqning qo'llanishidan iqtisodiy yoki boshqa samara olinishini aniqlaydi. Klassifikatsion belgilar qancha ko'p bo'lsa, tarmoq shunchalik keng, atroflicha tavsiflangan bo'ladi.

Aloqa tarmoqlari vazifasi, kanallarni tashkil qilish va ajratish xarakteri, kommutatsiya turlari, uskunalari va joylashtirish shart-

lari, avtomatizatsiya darajasi va boshqa belgilar bo'yicha tasniflashtiriladi. Aloqa tarmoqlarining klassifikatsion belgilari bilan batafsilroq tanishamiz (1.2-rasm).

Vazifasi bo'yicha aloqa tarmoqlari ikki katta guruhga bo'linadi: umumiy foydalanish aloqa tarmoqlari va foydalanishi cheklangan aloqa tarmoqlari.

Umumiy foydalanish aloqa tarmoqlari aholi, turli korxonalar, idora va tashkilotlarni aloqa xizmatlari bilan ta'minlaydi. Tarmoq konkret idora manfaatlarini uchun qo'llaniladi. Bunday aloqa tarmog'ini qurishda u yoki bu idoraning faoliyat xarakteri belgilaydigan o'ziga xos talablar amalga oshiriladi, shuningdek, bu tarmoqning abonentlari umumiy foydalanish aloqa tarmoqlariga chiqish imkoniyatiga ega bo'lishlari mumkin.

Aloqa kanallarini tashkil etish va ajratish xarakteri bo'yicha aloqa tarmoqlari birlamchi (transport) va ikkilamchi (kommutatsiyalanadigan) tarmoqlarga ajratiladi.

Aloqa tarmoqlarini qurish usullari qabul qilingan kommutatsiya tizimlari bo'yicha aniqlanadi: uzoq muddatli, operativ yoki ularning birikmasi.

Kommutatsiya turlari bo'yicha aloqa tarmoqlari kommutatsiyalanadigan, qisman kommutatsiyalanadigan va kommutatsiyalanmaydigan tarmoqlarga ajratiladi.

Kommutatsiyalanadigan va qisman kommutatsiyalanadigan aloqa tarmoqlari uchun kommutatsiyaning turli variantlaridan foydalanish xarakterlidir.

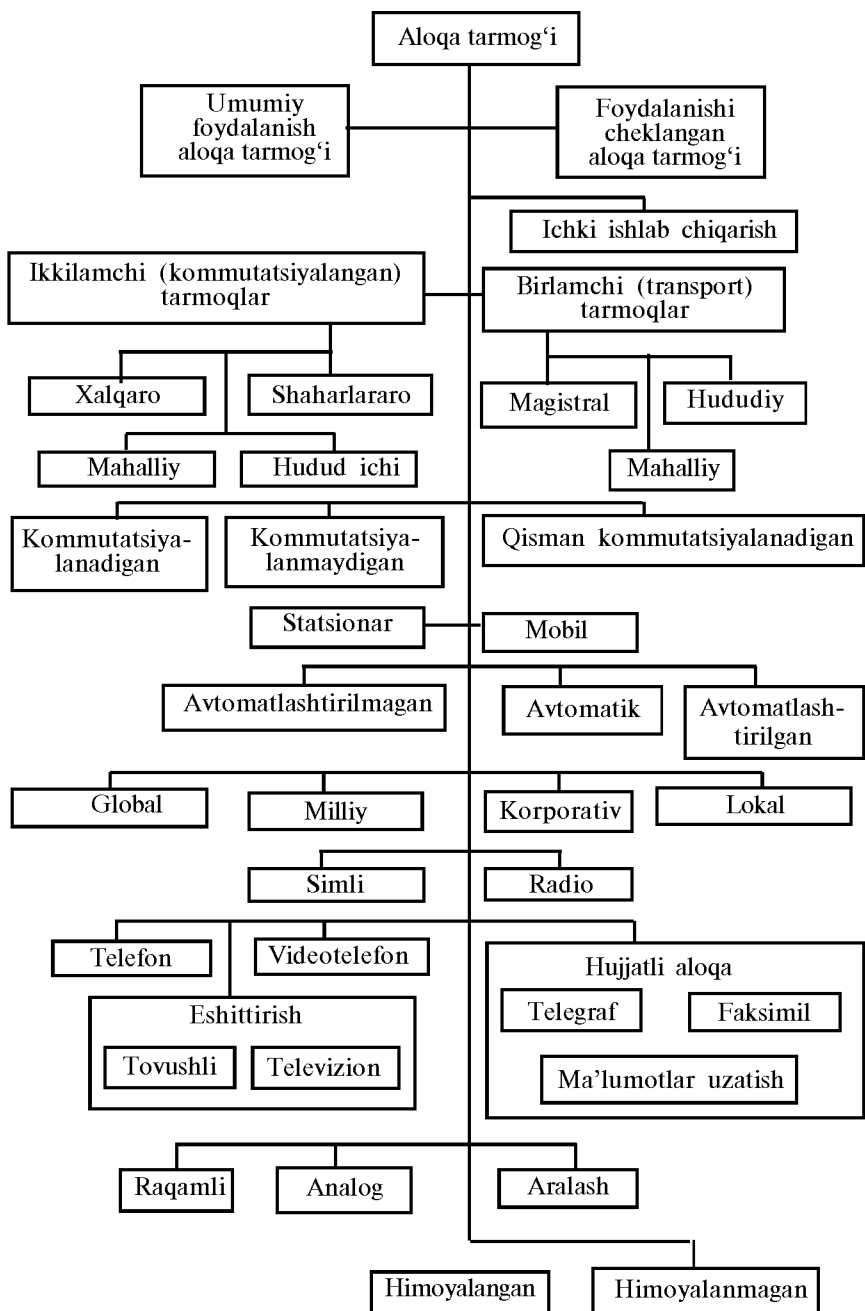
Uzoq muddatli kommutatsiya (krossli) deb, tarmoqning ikkita nuqtasi orasida doimiy ulanish o'rnatilishiga aytiladi.

Operativ kommutatsiya deb, tarmoqning ikkita nuqtasi orasida vaqtli ulanish o'rnatilishiga aytiladi.

Operativ va uzoq muddatli kommutatsiyalarning birikmasi, aloqa tarmoqlarining axborot yo'nalishlari ayrim uchastkalarida uzoq muddatli kommutatsiya, boshqa uchastkalarida esa operativ kommutatsiya qo'llanishi mumkinligini faraz qiladi.

Kommutatsiyalanadigan aloqa tarmoqlari — bu ikkilamchi aloqa tarmoqlaridir, ular xabarlarini uzatish vaqtiga kommutatsion stansiyalar va kommutatsiya uzellari yordamida ikkilamchi tarmoq oxirgi qurilmalarini elektr aloqa kanali orqali abonent talabi yoki berilgan dasturga mos ravishda ulanishi o'rnatilishini ta'minlaydi. Kommutatsiyalanadigan aloqa tarmoqlarida uzatish kanallari umumiy foydalanish kanallaridir.

Foydalanishi cheklangan aloqa idoraviy (korporativ) tarmoqlar



1.2-rasm. Aloqa tarmoqlarining tasnifi.

Qisman kommutatsiyalanadigan aloqa tarmoqlarida uzoq muddatli va operativ kommutatsiyalarning barcha tizimlaridan foydalanish nazarda tutiladi.

Kommutatsiyalanmaydigan aloqa tarmoqlariga, qayta ulash stansiyalari va uzellari yordamida elektr aloqa kanallari orqali oxirgi qurilmalarni (terminallarni) uzoq muddatli (doimiy va vaqtinchalik) ulanishi o'rnatilishini ta'minlaydigan tarmoqlar kiradi. Kommutatsiyalanmaydigan aloqa tarmoqlariga tayanch aloqa tarmoqlarini kiritish mumkin.

Uskunalar va joylashtirish shartlari bo'yicha aloqa tarmoqlari mobil va statsionar tarmoqqa bo'linadi. *Mobil aloqa tarmog'i* deyilganda, elementlari (kommutatsiya markazi, liniya aloqa vositalari) transport bazasida joylashgan va harakatda bo'ladigan tarmoq tushuniladi. *Statsionar aloqa tarmoqlari*, statsionar inshootlarda joylashgan aloqa uzellari bazasida yaratiladi. Zarurat bo'lganda statsionar aloqa tarmoqlari tarkibiga harakatdagi elementlar kiritilishi mumkin, masalan, statsionar elementlardan birontasi ishdan chiqqan paytida ularni vaqtincha almashtirish, abonentlarni vaqtincha harakatdagi obyektlarga joylashtirish va h. k.

Avtomatlashtirish darajasi bo'yicha aloqa tarmoqlari *avtomatlashtirilmagan*, *avtomatlashtirilgan* va *avtomatik* tarmoqlarga ajratiladi. Avtomatlashtirilmagan aloqa tarmoqlarida barcha yoki asosiy ko'pchilik operatsiyalar inson tomonidan bajariladi. Avtomatlashtirilgan aloqa tarmoqlarida belgilangan operatsiyalar hajmining asosiy ko'pchilik funksiyalarini texnik qurilmalar amalga oshiradi. Bunday tarmoqlar avtomatizatsiyalash darajasi va, ma'lum vaqtda bajariladigan umumiy operatsiyalarning qancha qismini avtomatlar bajarishi bilan baholanadi. Avtomatik tarmoqlarda xabarlarini uzatish va kommutatsiyalash bo'yicha funksiyalarning barchasi avtomatlar tomonidan bajarilishi ko'zda tutiladi.

Xizmat ko'rsatish maydoni bo'yicha aloqa tarmoqlari xalqaro, shaharlararo, mahalliy (qishloq, shahar) ishlab chiqarish tarmoqlariga ajratiladi.

Xalqaro aloqa tarmoqlari — turli milliy tarmoqlar abonentlarini xalqaro aloqa bilan ta'minlaydigan, xalqaro stansiyalar va ularni bog'lovchi kanallar to'plamidir.

Shaharlararo aloqa tarmoqlari — turli subyektlar maydonlarida yoki bitta subyektning turli ma'muriy hududlarida joylashgan abonentlarni aloqa bilan ta'minlaydigan aloqa tarmog'idir.

Mahalliy aloqa tarmoqlari — ma'muriy yoki ma'lum bir boshqa prinsipda aniqlangan maydon doirasida tashkil qilingan aloqa tarmog'idir. Mahalliy aloqa tarmoqlari qishloq va shahar aloqa tarmoqlariga ajratiladi.

Qishloq aloqa tarmoqlari — qishloq ma'muriy hudud maydonida telefon aloqasini ta'minlovchi aloqa tarmog'idir.

Shahar aloqa tarmoqlari — shahar miqyosidagi aloqani tashkil qiladi va xizmat ko'rsatadi. Shahar tarmoqlarining funksiyalari — shahardagi hamma lokal tarmoqlarning bog'lanishi uchun bazaviy magistral sifatida ishlashni ta'minlashdir.

Ishlab chiqarish ichi aloqasi — umumiy foydalanish tarmog'iga chiqish imkoniyati bo'lmagan, ishlab chiqarish ichki faoliyatni boshqarish uchun yaratiladigan idora, korxona va tashkilotlar aloqa tarmoqlaridir.

Maydonni qamrashi bo'yicha aloqa tarmoqlarini ajratish. Xizmat maydoniga bog'liq holda tarmoqlar lokal, korporativ, qishloq, shahar, mahalliy, zona ichi, shaharlararo, milliy, xalqaro, global va aralash bo'lishi mumkin.

Lokal aloqa tarmog'i — ma'lum bir maydon doirasida joylashgan aloqa tarmog'i.

Korporativ — abonentlar orasida aloqa va xalqaro tarmoqqa chiqishni ta'minlovchi ushbu mamlakat aloqa tarmog'i.

Global (hududiy) aloqa tarmog'i — yer yuzidagi turli geografik mintaqalarda joylashgan tarmoqlarni birlashtiruvchi aloqa tarmog'i. Misollardan biri sifatida *Internet* tarmog'ini ko'rsatish mumkin.

Ishlatiladigan aloqa kanallari (qo'llaniladigan apparatura) turi bo'yicha — simli tarmoqlar (havo, kabelli, optik-tolali), radio-tarmoqlar (radiorele, yo'ldoshli, troposfera, meteor, ionosfera va boshqalar) aloqa tarmoqlari.

Uzatiladigan xabarlar turiga qarab — telefon, telegraf, video-telefon, ma'lumotlar uzatish, faksimil, tovush eshittirish va televizion eshittirishlar tarmog'i.

Uzatiladigan axborot turiga qarab ajratish — raqamli, analog va aralash aloqa tarmoqlari.

Xabarlarini uzatish tezligi bo'yicha ajratish — past tezlikli, o'rta tezlikli va yuqori tezlikli aloqa tarmoqlari.

Tarmoqni boshqarish usuli bo'yicha ajratish — markazlashgan, markazlashmagan, aralash, statistik, kvazistatistik, dinamik boshqariladigan aloqa tarmoqlari.

Himoyalanganligi bo'yicha ajratish. Bu belgi bo'yicha aloqa tarmoqlari himoyalangan (shifrlangan telefon, shifrlangan ma'lumotlar uzatish tarmoqlari va boshqalar) va himoyalangan aloqa tarmoqlariga bo'linadi. O'z navbatida, himoyalangan aloqa tarmoqlarida kafolatli va vaqt bo'yicha bardoshli, barqaror apparaturalar qo'llanishi mumkin.

Eng ko'p tarqalgan kommutatsiya turiga operativ kommutatsiya kiradi, u tarmoqning ikki nuqtasi orasida vaqtli ulanish o'rnatadi. Operativ kommutatsiyaning ikkita asosiy prinsiplari ma'lum: bevosita ulanish; axborotni jamlab ulanish. *Bevosita ulanishda* kommutatsiya tizimiga kiruvchi kanallarni manzilga mos chiquvchi kanallar bilan fizik birlashtirish amalga oshiriladi.

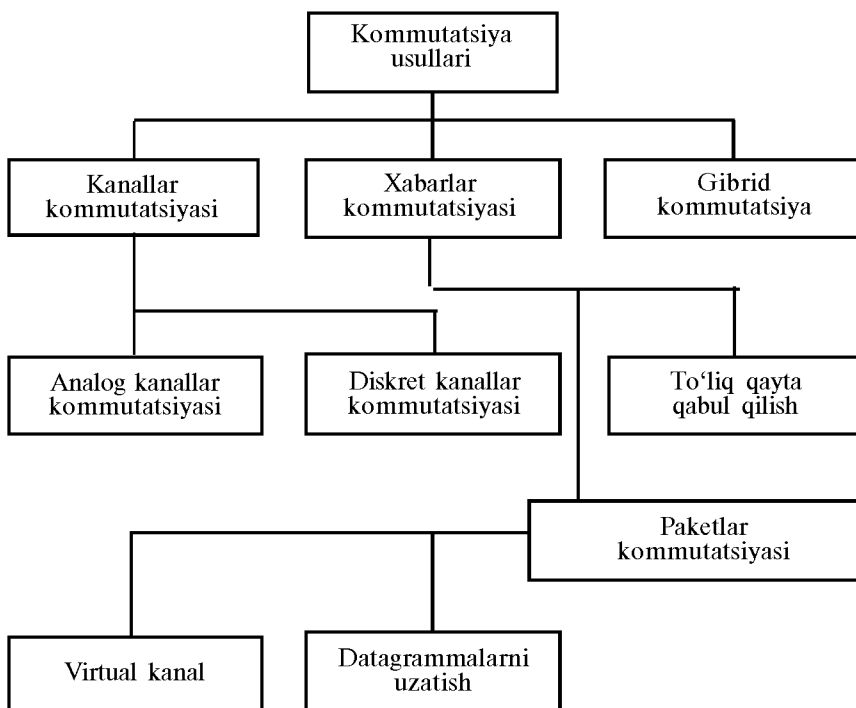
Jamlab ulanishda kommutatsiya tizimiga kiruvchi kanallardan kelgan signallar avval xotira qurilmasiga yoziladi, so'ngra chiquvchi kanal bo'shashiga qarab unga ulanadi.

Bevosita ulanishni amalga oshiruvchi tizimlar *rad etishli tizimlar*, axborotni jamlab ulash tizimlari esa *kutishli tizimlar* deyiladi. Axborotni saqlash joyi va usuli farqlari tarmoq abonentlariga ko'rsatiladigan xizmatlarga katta ta'sir ko'rsatadi. Axborotlarni uzatishda kommutatsiyaning quyidagi asosiy usullari ishlatiladi: kanallar kommutatsiyasi, xabarlar kommutatsiyasi, paketlar kommutatsiyasi, gibrid kommutatsiya (1.3-rasm).

Kanallar kommutatsiyasi — bunda tarmoqdagi istalgan abonent punktlari juftliklari orasida to'g'ridan to'g'ri kanal tashkil etish uchun tarmoqning turli uchastkalarida kanallarni vaqtincha bog'lanish usulidir.

Kanallar kommutatsiyasi (KK), odatda, analogli yoki bitta tezlikli raqamli aloqa tarmoqlarida qo'llaniladi. Bunday tarmoqlarda tarmoq resursining statik taqsimoti amalga oshiriladi yoki axborotni uzatish uchun ajratilgan qaydlangan o'tkazish pollosasi qo'llaniladi. Bu holda axborotning kechikishi minimal bo'ladi va faqat bog'lanishning o'rnatilish vaqti bilan belgilanadi.

Ushbu usul yetarlicha moslashuvchan emas deb hisoblanadi va amalda uning asosida ko'p to'plamli tezliklarga ega multiservis raqamli tarmoqni qurib bo'lmaydi. Raqamli aloqa tarmoqlarida klassik kanallar kommutatsiyasi turli ko'rinishi sifatida ko'p tezlikli kanallar kommutatsiyasi (KTKK) va kanallarning tezkor kommutatsiyasi (KTK) usullari ishlatiladi. Ko'p tezlikli kanallar



1.3-rasm. Kommutatsiya usullarining tasnifi.

kommutatsiyasi usuli odatiy KKga nisbatan dinamik hisoblanadi. Bu usulda minimal tezlikli uzatish kanali bazaviy sifatida tanlab olinadi, bazaviy kanallarni birlashtirish yo'li bilan bazaviyga karrali bo'lgan, turli tezlikdagi kanallar to'plami shakllantiriladi. Bazaviy kanal sifatida, masalan, 8 yoki 64 kbit/s tezliklar tanlab olinishi mumkin. So'ngra foydalanuvchilarning talablariga mos holda u yoki bu tarkibiy kanal taqdim etiladi. Tezkor yoki ko'p tezlikli kommutatsiya amalga oshirilganda kommutatsion qurilmaning yarim o'tkazgichli elementlarining imkoniyatlaridan optimal ravishda foydalaniladi, bunda istalgan vaqt momentida almashinish kanali bazaviy tezlikli bir necha kanallarning kombinatsiyasi bilan tavsiflanadi. Ko'p tezlikli kommutatsiyaning xususiyati shundan iboratki, u tovushli signal pauzalarida talab bo'yicha kanal taqdim etishi mumkin. O'tkazish polosasining dinamik taqsimlanishi aloqa tarmog'ining samaradorligini orttiradi, biroq o'ta yuklanishlarda tovushli bo'laklarning bir qismi yo'qotiladi. Undan tashqari,

KTKK va KTK amalga oshirilganda natijaviy kanal polosasiga bazaviy kanal polosasiga karrali bo'lishi kerak. *Xabarlar kommutatsiyasi* — bunda har bir kommutatsiya tizimida xabarni qabul qilish, uni jamlash va manzilga mos ravishda uzatish amalga oshiriladi. Xabarlar kommutatsiyasi usuli qo'llanilganda kommutatsiya markazlarining xotiralarida xabarlarni (yoki uning bir qismini) jamlashdan foydalaniladi, shuning uchun xabar aloqa tarmog'ining oxirgi punktlaridan xabarlar kommutatsiyasi markaziga (XKM) uzatiladi, so'ngra boshqa markazga va h.k., xabarni bu tarzda uzatish iste'molchi bevosita ulangan aloqa tarmog'ining oxirgi punktigacha (OP) davom etadi. Xabarni bunday bosqichma-bosqich uzatish aloqa tarmog'i uchun bir qator ijobiy xususiyatlarni keltirib chiqaradi, bu esa zamonaviy aloqa tarmoqlarida xabarlar kommutatsiyasi usulini ishlatish ustuvorligiga olib keldi. Hozirgi vaqtda bunday kommutatsiya usulining bir necha variantlari mavjud. Ulardan asosiylari bo'lib xabarlarni to'liq uzatish-qabul qilish va paketlar kommutatsiyasi hisoblanadi. Birinchi holda kommutatsiya markazlarida xabarlarni to'liq uzatish-qabul qilish amalga oshiriladi, ikkinchi holda esa faqat uning bir qismi (paketi) uzatilib-qabul qilinadi, bu esa bir qator ustunliklarni ta'minlaydi.

Paketlar kommutatsiyasi — bunda xabar ma'lum formatdagi qismlarga — paketlarga bo'linadi, ular xabarlar kommutatsiyasi uchun olingan prinsip bo'yicha mustaqil xabarlardek qabul qilinadi, yig'iladi va uzatiladi. Har bir paketga xabarning manzili, bir qator hollarda esa ma'lum xabarga tegishli belgisi va uning tartib raqami beriladi. Agar bitta xabarning barcha paketlari yagona yo'l bo'yicha (bitta virtual kanal bo'yicha) uzatilsa, u holdagi kommutatsiya rejimi *virtual* rejim, agar har bir paket mustaqil yo'l bo'yicha uzatilsa — *deytagramma* rejimi deyiladi.

Virtual kanal — bu telekommunikatsiya tarmog'i bo'yicha o'tadigan mantiqiy kanaldir. Paketlar kommutatsiyasi usuli tarmoq resursining dinamik taqsimlanish mexanizmiga yoki abonentlar talablariga bog'liq holda o'zgaruvchi o'tkazish polosasiga mos keladi. Lekin bu holda axborotning tasodifan kechikishi yuz berishi mumkin. Paketlar kommutatsiyasi usuli ma'lumotlarni uzatish uchun eng qulay usuldir, ayniqsa, trafikning qutilik strukturasi uchun qulaydir.

Trafik — elektr aloqa tarmog'i bo'yicha uzatiladigan xabarlar

to'plamidir. Shuni aytish lozimki, paketlar kommutatsiyasi usulini qo'llashda xabarlarining tasodifiy kechikish muammosidan tashqari, bu usulda protokollarning murakkabligi muammosi ham mavjuddir.

Paketlar kommutatsiyasining turlaridan biri, nisbatan soddaroq protokollardan foydalanuvchi, paketlarni tezkor kommutatsiyalash usuli hisoblanadi. Odatdagi paketlar kommutatsiyasi singari, paketlarni tezkor kommutatsiyalash tarmog'ida ham virtual kanallar tashkil etiladi va paket sarlavhasidagi axborot paketni uzatish uchun kanallardan qaysi biri ishlatilishi zarurligini belgilaydi. Paketlarni tezkor kommutatsiyalashni amalga oshirish uchun abonent tarmog'ini ham hisobga olgan holda optik-tolali aloqa liniyalardagi aloqa tarmog'ini qurish talab qilinadi, bu xabarlarini katta tezliklarda uzatish va xatoliklar ehtimolligining kamaytirilishini ta'minlaydi. Bundan tashqari, paketlarni tezkor kommutatsiyalovchi tarmoqlarda paketlar kommutatsiyalanadigan tarmoqlarga nisbatan kommutatsiya uzellarini texnik jihatdan amalga oshirish osonroqdir.

1.2. Ma'lumotlarni uzatuvchi transport tarmog'ining rivojlanishi

Telekommunikatsiya tarmog'i yaqin o'tmishda ko'proq ovozli trafikni transportlashtirishda qo'llangan bo'lsa, hozirda uzatiladigan trafikning sezilarli qismini ma'lumotlar tashkil etmoqda. Xalqaro mutaxassislarning bashorati bo'yicha, telekommunikatsiya tarmog'i ko'proq ma'lumotlarni uzatish tarmog'i sifatida faoliyat yurgizadi. Bunda ma'lumotlar traficing hajmi ovozga nisbatan sezilarli darajada o'zib ketadi.

Turli mutaxassis va tahlilchilarning ma'lumotlariga ko'ra, zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlaridagi so'zlashuv traficing yillik o'sishi 3 – 8 % ni, ma'lumotlar traficing o'sishi esa 20 – 40 % ni tashkil etmoqda. Asosan, Internet traficing hajmi oyiga jadal sur'atda, ya'ni 10 – 20 % ga o'smoqda.

Ma'lumotlarni uzatuvchi transport tarmog'ining rivojlanish bosqichi SDH / SONET va WDM texnologiyalari asosidagi markaziy transportli yadro, X.25 va TSR/IP paketli kommutatsiya asosidagi ma'lumotlarni uzatish tarmog'i, Frame Relay, ATM,

MPLS va Gigabit Ethernet texnologiyalari asosidagi yuqori tezlikli tarmoqlardan iborat. Yangi axborot texnologiyalari – multimedia texnologiyalarining yaratilishi telekommunikatsiya tizimlariga integratsiyalashuvning 3 bosqichini boshlab berdi.

1-bosqich raqamli texnika asosida kommutatsiya va uzatish tizimlarining integratsiyalashuvi bilan bog‘liq. Bu esa integral raqamli tarmoqlar (ISDN)ni yaratish bilan yakunlanadi.

2-bosqich integratsiya xizmatlarini amalga oshiruvchi raqamli tarmoqlarni yaratishdan iborat: bunda abonent bitta tarmoqdan har xil turdagi axborotlar bilan ishlash vazifasini bajaruvchi bir qancha terminallardan foydalanish imkoniga ega bo‘ladi.

3-bosqich esa har xil turdagi terminallarning bitta qurilmaga integratsiyalashdan iborat. Bu esa ma’lumot uzatish tarmoqlarining barcha turdagi xizmatlaridan foydalanish imkonini beruvchi shaxsiy kompyuter asosida bajariladi. Demak, bu multimediani qo‘llash uchun asos bo‘ladi.

Multimediadan foydalanuvchilarning ishehi va xonadon sektoriga ko‘rsatadigan imkoniyatlarini tahlil qilish shuni ko‘rsatmoqda.

Aloqa tarmoqlarining tasnifi umumdavlat avtomatik kommutatsiya telefon tizimi (UDAKTT–OAKTS) – texnik baza sifatida mamlakatimizda xalq xo‘jaligi va aholisining aloqa xizmatlariga bo‘lgan ehtiyojini to‘liq qondirish maqsadida telekommunikatsiya tarmoqlari barpo etilmoqda. Telekommunikatsiya tarmoqlari mamlakatning barcha aloqa tizimlarini tashkiliy, texnik, metodologik va boshqa belgilar bo‘yicha yagona tizimga birlashtiradigan katta murakkab tizimdir.

Mazkur tizimni yaqqol ko‘z oldimizga keltirish uchun ma’lum bir tavsifnomalar sinfini tuzish kerak, ulardan har biri yaxlit tizimning faqat ma’lum bir muammolarinigina qamrab olish xususiyatiga ega.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining aloqa turlarini batafsil ko‘rib chiqamiz.

Telekommunikatsiya tarmoqlarida elektr aloqa turlari bo‘yicha quyidagi tizim ostilarni ko‘rsatish mumkin:

- ATfAT – avtomatlashtirilgan telefon aloqasi;
- MUT – ma’lumotlarni uzatish;
- FAT – faksimil aloqa;

- G va JUT — gazeta va jurnallarni uzatish;
- R va TUT — radio va televizion dasturlar signallarini taqsimlash.

ATfAT mamlakat chegarasida aholi, tashkilotlar, muassasalar va korxonalarning telefon axborotlarini uzatish va qabul qilish ehtiyojlarini qondirish uchun mo'ljallangan.

Tizim muassasa telefon tarmog'iga, xalqaro telefon tarmog'iga hamda harakatdagi abonentlarga chiqish imkonini beradi.

MUT — mamlakatning katta doiradagi korxona va tashkilotlarning ma'lumotlarini uzatishni ta'minlaydi hamda avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining ABT (ASU) ehtiyojlarini qondirish uchun mo'ljallangan. Umumdavlat faksimil aloqa tizimi — namunaviy o'lchamdagi blanklarga ixtiyoriy til va alifboda yozilgan qo'llanmalar yozuv mashinkasida terilgan yozuvlar, chizmalar, xaritalar, grafiklar, rasmlar, fotorasmlar ko'rinishida shtrixli va yarim tonli, oq-qora o'zgarmas tasvirlarni uzatishni ta'minlaydi.

RUT — markaziy gazetalarning asl nusxalarini uzatish uchun mo'ljallangan.

TTni ta'minlash vositalari — telekommunikatsiya tarmoqlarining normal ishlashini ta'minlaydigan barcha vositalarni texnik, dasturli, metodologik, axborot va tashkiliy ta'minot turlariga bo'lish mumkin:

a) texnik ta'minot — qurilmalar va aloqa tizimlari, elektron hisoblash mashinalari va tizimlari, chiziqli va fuqarolar uskunalari yagona texnik vositalarga birlashtiruvchi majmuadir;

b) dasturli ta'minot — bu operatsion tizimlar, translatorlar, kompilyatorlar, amaliy matematika paketlari majmuasidir;

d) metodik ta'minot — texnik vositalarning o'zaro hamkorligini belgilovchi uslublar, modellar, algoritmlar, qoidalar, yo'riqnoma-lar majmuasi;

e) axborot ta'minoti o'z ichiga: apparaturaning tavsifnomalari va zarur ma'lumotlarni oladi;

f) tashkiliy ta'minot o'z ichiga yo'riqnoma-lar, boshqaruv materiallari, buyruqlar va shtat jadvalarini oladi.

ATfATning strukturaviy tuzilishi: ATfAT hududiy belgi bo'yicha shaharlararo, ichki zona va mahalliy telefon aloqasiga bo'linadi. Tizimlar bir-biridan abonentlar soni va telefon yuklanishining tortiluv bilan farq qiladi.

AKTT quyidagi asosiy funksiyalarning bajarilishini ta'minlaydi: tovush to'liqlarini elektr to'liqlariga va teskari o'zgartirish funksiyasi; elektr signallarini uzatish uchun yo'l tanlash va o'rnatish funksiyasi. Bu funksiyalarni amalga oshirish uchun telefon tarmog'i o'z ichiga telefon apparatlari, telefon stansiyalari va avtomatik kommutatsiya tuguni (AKT), liniyalar, uzluksiz va raqamli kanallarni oladi.

Funksional belgi bo'yicha ATfAT tizimida uning quyidagi qismlarini ajratish mumkin:

Abonentlarga xizmat ko'rsatish tizimi — abonentlarning toifalariga qarab ularning huquqlarini belgilaydi va har bir abonentga uning imkoniyatlariga mos ravishda telefon aloqasini amalga oshirishni ta'minlaydi.

Raqamlash tizimi — telefon tarmog'idagi zarur abonentni tanlash imkonini beradi.

Funksional signallarni uzatish tizimi — avtomatik kommutatsiya qurilmalarining normal ishlashini ta'minlovchi signallar uzatish imkoni va tartibi, parametrlari tarkibini belgilaydi.

Tarmoqni boshqarish tizimi — tarmoqning normal sharoitlarda ishlashida abonentlarga belgilangan sifatda xizmat ko'rsatishni ta'minlaydi.

So'zlashuvlar qiymatini hisoblash va abonentlar bilan hisob-kitob qilish tizimi — telefon aloqasidan foydalanish uchun hisob-kitob qoidalarini belgilaydi.

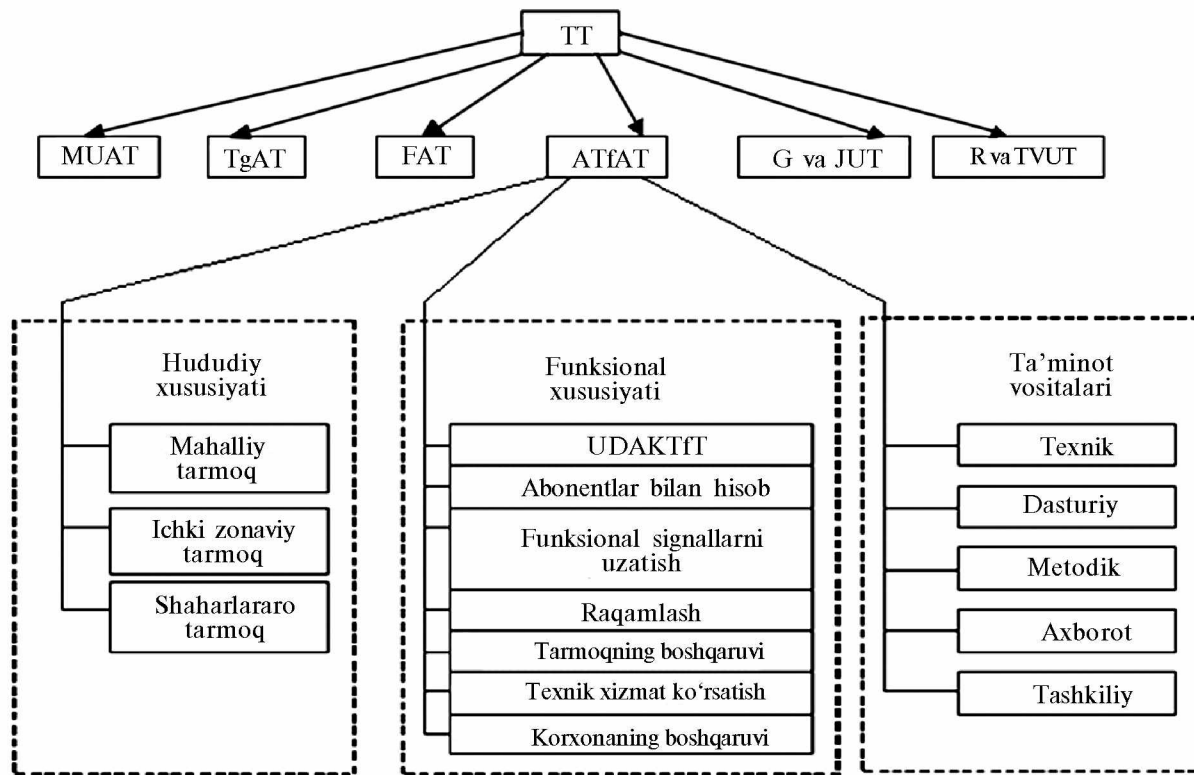
Texnik ekspluatatsiya tizimi — texnik xizmat ko'rsatish qoidalarini belgilaydi va telefon tarmog'ining barcha qurilmalariga eng kam mehnat, pul mablag'lari, materiallar va uskunalarning sarflanishini ta'minlaydi.

Rejalashtirish va tashkiliy boshqaruv tizimi aloqa korxonalarida ko'p sonli mehnat jarayonlariga odamlar tomonidan mos vositalarni jalb qilishning o'zaro hamkorligini ta'minlaydi.

ATfATga qo'yiladigan asosiy talablar: ATfAT qo'yiladigan talablarni ikki guruhga bo'lish mumkin:

- 1) tizimga qo'yiladigan umumiy talablar;
- 2) ATfATning tizimchalariga qo'yiladigan xususiy talablar.

1. ATfTning samaradorligi — xalq xo'jaligidagi samaradorlik va ijtimoiy samaradorlik bilan belgilanadi. Telefon aloqasining xalq xo'jaligidagi samaradorligi ish vaqtining tejallashida, ijtimoiy



1.4-rasm. Avtomatlashtirilgan telefon aloqasining tuzilishi.

samaradorlik esa bo'sh vaqt fondining ortishida va uni ishlatish samaradorligida ko'rinadi.

2. Rivojlanishga moyillik. ATfT rivojlanuvchi tizimdek takomillashishi va ishlashi kerak, ya'ni asosiy funksiyalarni bajarish jarayonini buzmasdan rivojlanish, orttirish xususiyatiga ega bo'lishi lozim. Orttirish deganda, TAlar, stansiyalar, tugunlar sonini orttirish tushuniladi. Tizim tarkibidan fizik va ma'naviy eskirgan vositalarni olib tashlash, ATfTning rivojlanishga moyilligi tizimni loyihalash bosqichida ko'zda tutilgan bo'lishi lozim.

3. Moslashuvlik. Moslashuvlik tashqi va ichki bo'lishi mumkin. Tashqi moslashuvlikda ATfT TTning qism tizimidek uning boshqa tizimchalari bilan ishlashi kerak. Bundan tashqari, ATfT telefon aloqasi butunjahon tizimining qism tizimidir va shuning uchun telefon aloqasining boshqa milliy tizimlari bilan funksional moslashgan bo'lishi kerak. Ichki moslashuvga talab deganda, ATfTning yangi vositalari mavjud vositalar bilan funksional moslashgan bo'lishi lozim.

4. Sifat. Telefon aloqasi korxonalarining ish sifatini belgilovchi ko'rsatkichdir. Telefon aloqasi mahsulot sifatining asosiy ko'rsatkichi bu axborotni aniq tiklash, yuqori tezlik bilan axborotni yetkazishda yashirinlikni ta'minlaydigan telefon aloqasi vositalarining yuqori ishonchliligi hisoblanadi.

Axborot tiklashning aniqligi — telefon axborotlarini (so'zlashuvning balandligi, aniqligi, tabiiyligi) zarur aniqlikda tiklashni ta'minlash uchun telefon aloqasi vositalari bir qator talablarga javob berishi kerak (so'nish, kommutatsiyalanadigan uchastkalar, xalaqit beruvchi signallar quvvati bo'yicha).

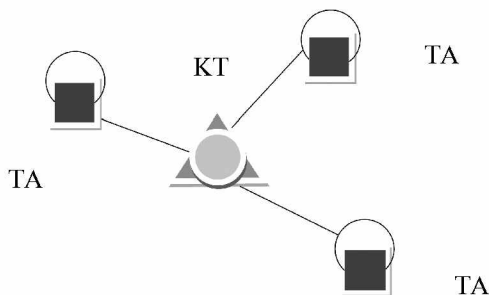
Axborotlarni yetkazish yuqori tezligiga talab bu telefon aloqasida ehtiyoj tug'ilgan vaqtdan boshlab so'zlashuv boshlangunga qadar bo'lgan minimal vaqtdir. Axborotlarni yetkazish yashirinligini ta'minlash uchun aloqa vositalari ma'lumotni ham tasodifiy, ham atayin belgilanmagan joyga uzatilishidan himoyalaniş talablarini qondirishi zarur. Mazkur sinf talablaridan xususiy misol sifatida o'tuvchi so'nish bo'yicha talabni ko'rsatish mumkin.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining hududiy xususiyatlari

Shahar telefon tarmog'i (SHTT). SHTT shahar aholisini telefon aloqasi bilan ta'minlaydi. SHTTning har bir abonent o'ziga mos uskunalar bilan ta'minlanishi va boshqa barcha abonentlar bilan telefon aloqasi orqali bog'lanish imkoniyatiga ega bo'lishi kerak. Abonentlar orasidagi aloqa tez, xatosiz, aniq eshutilishi

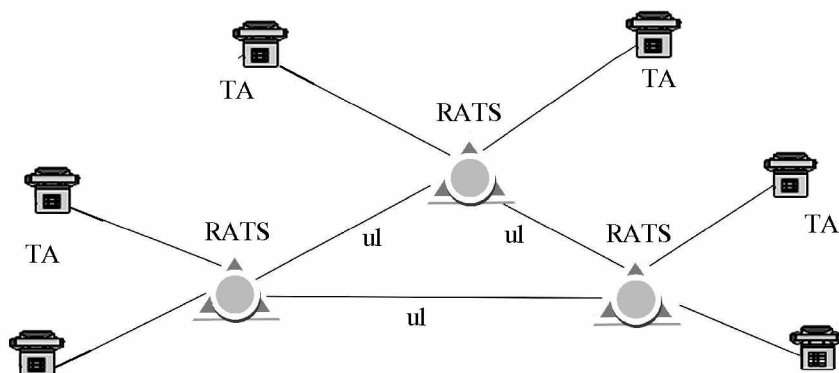
ta'minlangan holda amalga oshirilishi lozim. Bunday umumiy SHTT inshootlarining qurilishi uchun ketadigan xarajatlar umumiy hisobda, ularning ekspluatatsiyalari uchun minimal bo'lishi kerak. Bu talablar SHTT qurishda optimal variant olinganda va avtomatik telefon stansiya (ATS) uchun takomillashgan tizimlar qo'llanilganda bajarilishi mumkin va ma'lumotlarning so'nish trakti kattaligiga taalluqli texnologik normalarga rioya qilinishi kerak.

Tumanlashmagan SHTT eng oddiy SHTT hisoblanadi. Bunday tarmoqda yagona ATS joylashtiriladi va barcha abonentlar SHTTga abonent liniyalari vositalari yordamida ulanadi.



1.5- rasm. Tumanlashtirilmagan SHTT.

Abonentlar orasidagi aloqa mazkur stansiya qurilmalari yordamida hosil qilinadi. SHTTda asosiy xarajatlar (60 % dan ortiq) liniya qurilishi uchun ketadi. Shuning uchun SHTT yagona telefon stansiyasini kichik hududli shaharlarda qurish maqsadga muvofiq. SHTTdagi abonentlar soni va shahar hajmi kengayganda xarajatlarni kamaytirish maqsadida SHTTda liniya uskunalarini tumanlararo qurishadi. Bunda shahar hududi bir necha tumanlarga



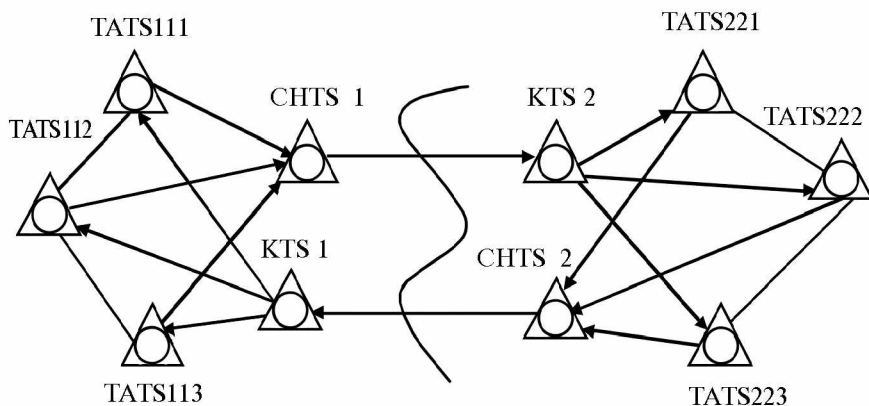
1.6-rasm. «Har biri-har biri bilan» prinsipida ulanish.

bo'linadi. Ular «Har biri-har biri bilan» o'zaro bog'lovchi liniyalar yordamida ulanadi. Tuman SHTT liniya qurilishi uchun umumiy xarajatlar abonent liniyalarining tortilishi kamayishi natijasida hosil bo'ladi, chunki, bu hol abonent liniyalarining kam ishlatilishi va bog'lovchi liniyalarining yuqori ishlatilishi natijasida sodir bo'ladi. Hozirgi vaqtda stansiya va liniya qurilishi o'ta foydali, sig'imi 6000–10000 raqamga ega bo'lgan TATSlardan tashkil etiladi.

Shuning uchun har bir tuman TATS sig'imi 10000 raqamga teng bo'ladi va besh raqamli raqamlashda birinchi son o'n minglik guruhga mos kelib, bu ATS kodi bo'ladi. Besh raqamli SHTTd TATSlar soni 6–7 dan oshmaydi. Tuman TATSi bu holda o'zaro «har biri-har biri bilan» usulida quriladi.

TATS katta sonli bo'lganda «har biri-har biri bilan» bog'lanish uslubi iqtisodiy jihatdan qulay emas, chunki bunday hollarda bog'lovchi liniyalar (BL)da mayda bog'lamlar hosil bo'ladi. Har bir TATS o'z tarmog'idagi TATSlar bilan bog'lanishi kerak bo'ladi, shuning uchun BL umumiy tugunlar soni $Nn(n-1)$ bo'ladi (n – tarmoqdagi TATSlar soni).

Bog'lovchi liniyalar bog'lama tushayotgan yuklanish pasayadi, shu bilan uning sig'imi kamayadi, chunki BL ishlatilishi sezilarli darajada ozayadi. Shunday qilib, tarmoqda TATSlar soni ortishi bilan BL bog'lami soni oshib boradi, bog'lamdagi liniyalar ishlatilishi kamayadi va natijada tarmog'dagi BL soni tez oshib boradi. Shuning uchun yirik SHTT TATSlari orasidagi aloqa bevosita «har biri-har biri bilan» emas, balki kirish aloqa tuguni (KAT) orqali bog'lanadi, qachonki SHTTning sig'imi 400–500 ming



1.7-rasm. Chiqish va kirish tugun stansiyali tarmoq.

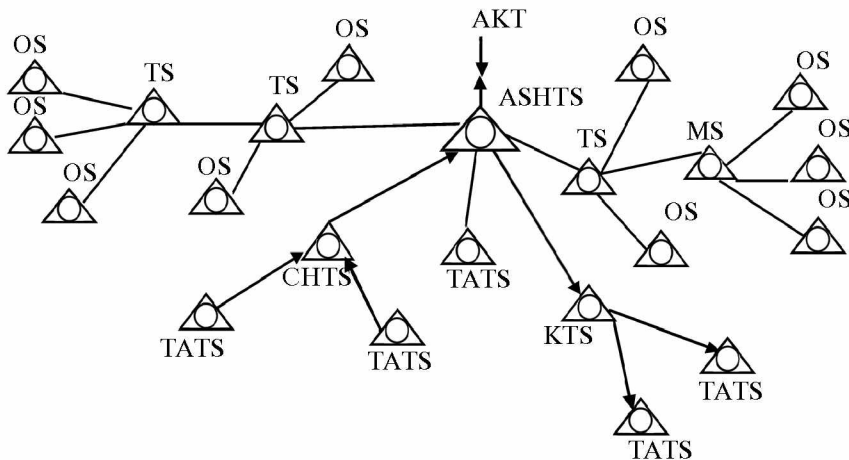
raqam bo'lsa, katta sig'implarda esa chiqish aloqa tuguni (CHAT) va KAT orqali amalga oshiriladi.

SHTTni KAT va CHAT orqali qurish uchun shahar maydoni zonalarga bo'linadi, «Har biri-har biri bilan» esa 100000 raqamli 8 tagacha tugun tumanini o'z ichiga oladi. Tugunlarda TATSlaridan tushayotgan yuklanish birlashtiriladi, buning natijasida BLLarning ishlatilish unumi oshadi va SHTTli qurish xarajatlari kamayadi.

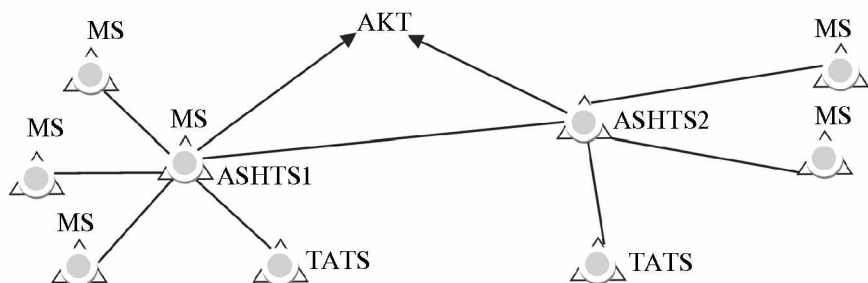
Ichki zona tarmoqlarining qurilishi. Telefon tarmog'i qurilishining yangi tamoyiliga mos holda, mamlakatning hamma hudud abonentlarini raqamlashning yagona tizimi bo'lgan zonalarga bo'linadi. Zona chegarasida zona hududi tuman hududiga, ayrim hollarda mamlakat yoki respublika hududiga to'g'ri keladi. Telefon zichligiga qarab bir necha tumanlar bitta zonaga birlashishi va aksincha, bo'linishi mumkin. Zona shakllanishining asosiy mezon bitta zona chegarasida yagona yetti raqamli nomerlash bilan aniqlanadigan abonentlar soni hisoblanadi.

Har bir zona tarmog'i o'ziga SHTT va KTTni birlashtiradi. Zonaning kommutatsiya markazi ASHTSdir.

Zonaning mahalliy tarmoqlari orasida aloqani amalga oshirish mumkin. Zona tarmog'ining kommutatsiya markaziga KTTdan MS, SHTS, KTS, CHTS, TATS kiradi. Zonada bir nechta ASHTS bo'lishi mumkin, misol uchun tuman markazida. Agar zonada bir nechta ASHTSlar bo'lsa, u holda ular o'zaro «har biri-har biri bilan» ulanish usuli asosida bog'lanadilar. Zonalar soni 100 dan ortiq va 10000 dan kam bo'ladi.

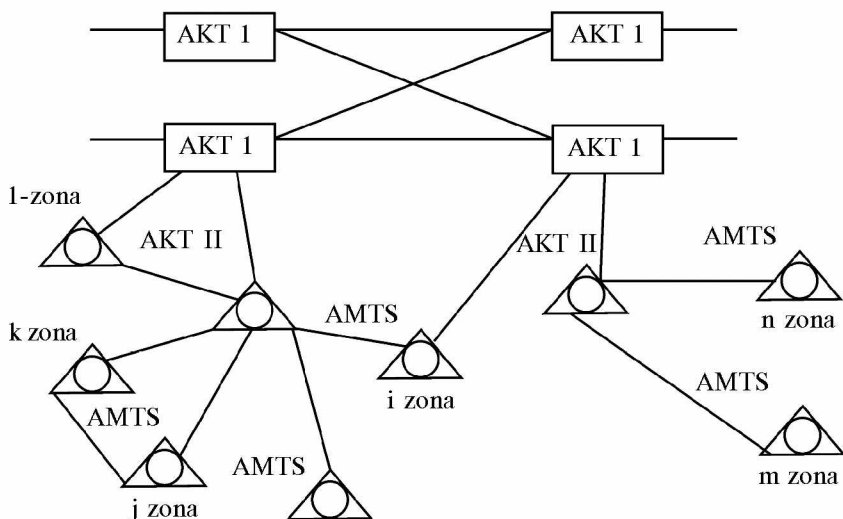


1.8-rasm. Ichki zona tarmog'ining tuzilishi.



1.9-rasm. Ichki zona tarmog'i tuzilishi.

Bir AKT telefon tarmog'ida aloqa 2-sinf avtomatik kommutatsiya tuguni orqali amalga oshiriladi (AKT1 va AKTS, ASHTS zona markaz hisoblanadi). Shaharlararo telefon tarmog'ini qurish tamoyillari:



1.10-rasm. Shaharlararo telefon tarmog'ining tuzilish sxemasi.

Har bir AKT1 qurish usuli «radial-tugun»ga asosan aniq tuman hududiga xizmat ko'rsatadigan AKT2 va ASHTS guruhlariga birlashtiruvchi tarmoq markazi hisoblanadi. Har bir AKT1 o'zaro «bir-biri» tamoyili bilan bog'langan, ASHTS esa AKT2 orqali umumdavlat tarmog'iga bog'lanadi. Aylanma yo'llar sonini oshirish va yetarlicha yuklanishlarning mavjudligida qo'shni tuman ASHTS-AKT E bog'lanishi, hatto bevosita AKT1 bilan bog'lanish ko'zda tutiladi. Bir-biriga yetarlicha katta bo'lgan tortilish mavjudligi sababli

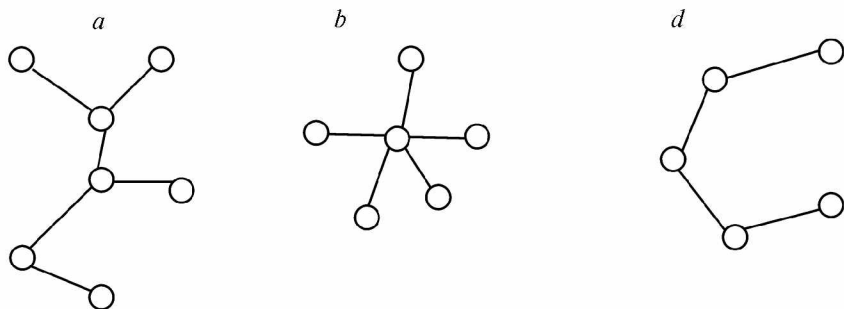
turli zonalarda ASHTSlar orasida bevosita bog‘lanishlar mavjud bo‘lishi mumkin. Agar ASHTSlar orasida bevosita bog‘lanish ishlatilsa, bu yo‘l eng qisqa yo‘l hisoblanadi va birinchi tanlov yo‘li deyiladi. U eng ko‘p ishlatiladigan yo‘l hisoblanadi. Qolgan hamma yo‘llar aylanma yo‘llar yoki keyingi tanlov yo‘li deyiladi.

Endi ba‘zi aloqa turlarining tuzilishi va ularning asosiy tavsiflarini ko‘rib chiqamiz:

To‘liq bog‘langan tarmoq — «har biri-har biri bilan» bog‘langan.

Daraxtsimon tarmoq — daraxt. Bunday tarmoqda va ixtiyoriy 2 tugun orasida faqat 1 ta yo‘l, ya‘ni tarmoq bir bog‘lanishli ($h+N1$) bo‘lishi mumkin.

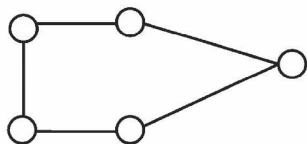
Qirralar soni $N-1$ bo‘lgan xususiy holda tarmoq quyidagi daraxtsimon ko‘rinishlarga ega bo‘ladi: tugun, yulduzsimon, chiziqli.



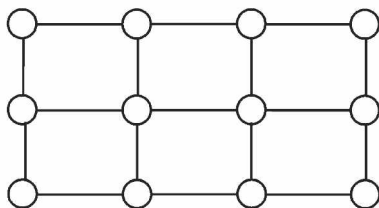
1.11-rasm: a — tugun; b — yulduzsimon; d — chiziqli tarmoq.

Shleyfli yoki halqasimon tarmoq. Unda qirralar soni N va har bir ikki tugun orasida 2 yo‘l mavjud, ya‘ni $h+2$ bo‘ladi.

Panjarasimon — bunda har bir tugun faqat ko‘p bo‘lmagan boshqa tugunlar soni bilan bog‘langan bo‘lib, odatda, masofa bo‘yicha yaqin yoki katta tortishishga ega bo‘lgan tugunlar bo‘ladi.



1.12-rasm. Shleyfli yoki halqasimon tarmoq.



1.13-rasm. Panjarasimon tarmoq.

Real tarmoq turli tuzilishga ega bo'lgan qismlardan iborat. Shuningdek, mavjud bo'lgan TT ko'pincha tugun tamoyillariga asosan quriladi, lekin tugun tarmog'i to'liq bog'lanishli bo'lishi mumkin.

Tarmoqda tugunlarning (KTS yoki CHTS) mavjudligi sababli tarmoq qirralari alohida yo'nalishga ega. Abonent liniyalari tarmog'i ko'pincha yulduzsimon bo'ladi.

Integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar

Integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar (IXKRT) ning paydo bo'lishi va jadallik bilan rivojlanishi quyidagi omillarga bog'liq.

1. Telekommunikatsiya tarmoqlari bo'yicha uzatilayotgan axborotlar hajmining o'sishi (axborotlar hajmi ishlab chiqarish potensialining kvadratiga proporsionaldir). Shu bilan birga axborotlar turlarining ko'rinishi ortib bormoqda (nutq, ma'lumotlar, grafiklar, fayllar, video va boshqalar). Shuningdek, dialog rejimida ishlash talab qilinadi. Yaqin vaqtlargacha bu muammo axborotlar turlari bo'yicha ayrim tarmoqlarni yaratish sifatida hal qilinib kelinmoqda edi:

- *nutq* — telefon tarmog'i;
- *telegraf xabarlar* — telegraf tarmog'i;
- *ma'lumotlar* — ma'lumotlar uzatish tarmog'i;
- *videoaxborot* — televideoeshittirishlar tarmog'i.

Tabiiyki, muammoni bunday sonli sifatda hal qilish iqtisodiy jihatdan samarali emas.

2. Raqamli (diskret) uzatish va kommutatsiyalash usullarining sezilarli afzalliklariga quyidagilar kiradi: optimalga yaqin bo'lgan, qabul qilish usullarini amalga oshirishning soddaligi; aniqlikni oshirish, amalda berilgan istalgan qiymatgacha, algoritmlarni amalga oshirish soddaligi; yuqori ishonchli element bazalar — integral mikrosxemalar (IMS)ni keng qo'llash imkoniyati; uzatish va kommutatsiyalash jarayonlariga EHMLarni tabiiy joriy etish imkoniyati; ko'p kanalli uzatish tizimlari texnikasi, ma'lumotlar uzatish texnikasida va hisoblash texnikasi sohalaridagi yutuqlar.

Umumiy holda *integratsiya* tushunchasi har xil darajalarda (sathlarda) talqin etiladi.

Integratsiyaning birinchi darajasi — kanal hosil qiluvchi va kommutatsion apparaturalarning asta-sekin uyg'unlashib birikishi, ya'ni bu apparaturalarni tuzishda ishlash yagona prinsiplarini

qo'llash (signallarni vaqt bo'yicha ajratish); yagona element baza — O'KIS (o'ta katta integral sxemalar)gacha bo'lgan o'rta va katta darajada integratsiyalangan IMSlar, masalan, bitta kristalli EHM; yagona boshqarish qurilmalari — maxsuslashtirilgan yoki universal EHM; ichki qurilgan o'zini o'zi nazorat qilish va diagnostikalash tizimlari keng qo'llangan ekspluatatsiyalash va xizmat ko'rsatishning yagona prinsiplari.

Hozirgi kunda integratsiyaning mazkur darajasiga ko'p jihatdan erishilgan. IKM turidagi uzatish tizimlari, shuningdek, vaqtli kommutatsiya prinsipidagi kommutatsion apparaturalar shular jumlasidandir.

Integratsiyaning ikkinchi darajasi — turli xildagi xabarlarni (nutq, ma'lumotlar) yagona diskret (raqamli) shaklda uzatishni ta'minlaydigan raqamli aloqa tarmoqlarini yaratish. Darhaqiqat, ma'lumotlar uzatish (MU) uchun keng qo'llaniladigan tonal chastota (TCH) kanallari signallarni diskret ko'rinishda uzatish imkonini bermaydi (spektrlar moslashgan emas). Shuning uchun diskret signallar avval analog signallarga aylantiriladi, ularning spektri talab qilingan chastotalar sohasiga ko'chirtiriladi, analog signallar TCH kanallari bo'yicha uzatiladi, so'ngra yana analog shakl diskret shaklga aylantiriladi. Bu funksiyalarni modem bajaradi. Raqamli (diskret) kanallarga o'tish ma'lumotlar uzatish apparaturasini (MUA—APD) sezilarli darajada soddalashtiradi.

Integratsiyaning uchinchi darajasi — xizmatlari integratsiyalangan yagona raqamli tarmoqni yaratish, u faqatgina turli ko'rinishdagi xabarlarni uzatibgina qolmasdan, balki keng doirada xizmatlarni taqdim etadi, jumladan, dialog, hujjatlilik, grafik axborotlarni uzatish va qabul qilish, hisoblash resurslari va boshqalar taqdim etiladi.

Hisoblash texnikasi va aloqa texnikasi vositalarining rivojlanish tendensiyalaridan, shuningdek, element bazalarining evolyutsiyasidan kelib chiqib, IXKRT bir qator ketma-ket rivojlanish bosqichlaridan o'tdi:

1-bosqich. Turli ko'rinishdagi xabarlar (nutq, ma'lumotlar, grafik axborotlar), shuningdek, har xil xizmatlar (dialog, hujjatlilik va boshqalar) uchun ayrim tarmoqlar mavjud bo'lgan.

2-bosqich. Uzatish va kommutatsiyalashning raqamli usullariga o'tish bilan xarakterlanadi, buning uchun an'anaviy analog telefon tarmog'i asta-sekin turli-tuman keng spektrdagi xizmatlar, nutq

va ma'lumotlarni yagona raqamli shaklda uzatish imkonini beradigan integral raqamli tarmoqqa IDN (Integrated Digital Network) o'zgartiradi. Shu bilan birga ma'lumotlar uzatish va axborot-hisoblash tarmoqlarining rivojlanishi davom etadi.

3-bosqich. Integral raqamli tarmoqni (IDN) ma'lumotlar uzatish va axborot-hisoblash tarmoqlari bilan asta-sekin birlashtirish yo'li bilan integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoq ISDN (Integrated Services Digital Network) yaratiladi.

IXKRTning arxitekturasini yetti sathli ochiq tizimlar bog'lanishi etalon modeli (OSI) bazasiga asoslanadi.

Xorijda IXKRTning 2 va 3-bosqichlarini amalga oshirish bo'yicha ishlar olib borilmoqda. Ayrim davlatlarda (Shvetsiya, Avstriya, Shveysariya, Yaponiya, AQSH, Angliya) 2-bosqich yakunlanib, 3-bosqich yaratilishiga kirishilgan.

ITU-T ning ta'rifiga binoan, *IXKRT tarmog'i* deganda raqamli kommutatsiya va raqamli uzatish traktlarida birdan ortiq aloqa turini o'rnatish uchun aynan bir turdagi jihozlar va uskunalar ishlatilishi tushuniladi, masalan, telefoniya, ma'lumotlarni uzatish va h.k.

Integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar ikki turga bo'linadi:

- tor polosali integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar (T-IXKRT);
- keng polosali integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar (K-IXKRT).

T-IXKRTga uzatish tezligi 2048 kbit/s (taxminan 2 Mbit/s) dan oshmaydigan, K-IXKRTga esa uzatish tezligi 2048 kbit/s dan yuqori bo'lgan tarmoqlar kiradi.

Tor polosali integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar (dastlabki ishlanmalari 1976-yilda boshlangan) yuqori sifat bilan yagona tarmoqda nutqli va nutqli bo'lmagan axborotlarni (nutq, ma'lumotlarni past tezlikda va oq-qora tasvirlarni) uzatish uchun mo'ljallangan.

T-IXKRT tezligi 64 kbit/s bo'lgan raqamli telefon kanallari bazasida ishlaydigan telefon tarmoqlariga asoslanadi.

Keng polosali integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar ma'lumotlarni yuqori tezlikda uzatish uchun mo'ljallangan. Masalan, rangli TV (4–6 Mbit/s), yuqori aniqlik TV (16–25 Mbit/s), yarim tonli faksimil (9–16 Mbit/s), rangli faksimil (30–60 Mbit/s), yuqori ajratish qobiliyatli mashinaviy grafika (20–100 Mbit/s),

fayllarni almashinish (100 Mbit/s gacha). Bunday tarmoq optik-tolali magistral aloqa liniyalariga asoslanadi.

Integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar quyidagi prinsiplar asosida quriladi:

1. Foydalanuvchi oxirgi abonent qurilmasidan (foydalanuvchi terminalidan) boshlab, barcha turdagi axborotlar raqamli shaklda uzatiladi.

2. Abonentlarning ulanishi uzluksiz (to'g'ridan to'g'ri) raqamli kanal bo'yicha amalga oshiriladi, ya'ni kanallar kommutatsiyasi (KK) uskunalari ishlatiladi, biroq ma'lumotlarni uzatishda paketlar kommutatsiyasini (KP) ishlatish mumkin.

3. Foydalanuvchilarga ko'p funksiyasi standart interfeyslar yoki steklarning cheklangan to'plami orqali («foydalanuvchi-tarmoq») tarmoq xizmatlarga kirishiga ruxsat etiladi.

4. Foydalanuvchilar abonent qurilmalarining integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar kommutatsiya bog'lamalariga ulanishi asosiy (bazaviy) abonent kirishi (interfeysi) orqali amalga oshiriladi. U 64 kbit/s li ikkita axborot kanallari (B-kanallar) va abonent signalizatsiyasi uchun 16 kbit/s li (D-kanal) bitta kanal tashkil etilishini ta'minlaydi.

Asosiy abonent kirishining kanal strukturasini foydalani-layotgan kanallar soni bilan «2B+D» deb belgilash qabul qilingan.

5. Korxonalar stansiyalarini integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlarga ulash uchun birlamchi bosqichdan foydalanish maqsadga muvofiq keladi. Birlamchi bosqichda ma'lumotlar almashish uchun 30B ta axborot kanallardan va D-kanaldan signalizatsiya uchun foydalanish mumkin. D-kanal tezligi 64 kbit/s ni tashkil etadi. Asosiy birlamchi bosqich strukturasini belgilash «30B+D» deb qabul qilingan.

6. Foydalanuvchilarga (so'z, matn, ma'lumot, tasvir) ma'lumotlar foydalanuvchi terminallarning soni, turi va qabul qilgan ma'lumotlaridan qat'i nazar har bir foydalanuvchining abonent qurilmasi yagona raqam (foydalanuvchi raqami)ga ega.

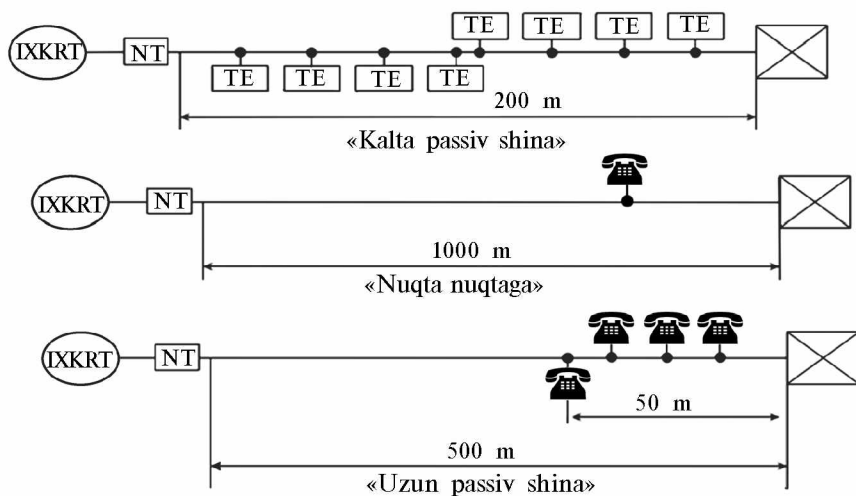
7. Mavjud tarmoqlar (analog telefon tarmog'i) foydalanuvchilari integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar (ISDN) foydalanuvchilari bilan tarmoqlarni moslashtiruvchi jihoz (shluz)lar orqali ulanish imkoniyatiga ega.

8. Bir abonent qurilmasi foydalanuvlari uskunasi terminallari «shina», «yulduz» va «nuqta nuqtaga» turdagi konfiguratsiyalarida ulanishi mumkin.

9. Ulanish faqat foydalanuvchi uskunolari orasida emas, balki foydalanuvchining oxirgi jihozlari bilan ham ulanish imkoniyatiga ega.

10. Foydalanuvchilar uchun keng ko'lamdagi xizmatlarga kirish ta'minlanadi, bunda so'zlashuv xizmatlariga qanday bo'lsa, noso'zlashuv xizmatlariga ham xuddi shunday.

Ko'rsatib o'tilgan integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar (IXKRT) prinsiplarini hisobga olgan holda, tarmoq rivojlanishi natijasi va xizmatlarning keng spektrini taqdim etish imkoniyati mavjudligi, oxirgi jihozlar orasida raqamli ulanishlarni ta'minlovchi tarmoq deb atash mumkin.



1.14-rasm. «Foydalanuvchi — tarmoq» stek konfiguratsiyalarining variantlari.

Asosiy foydalanuvchi oxiriga «Kalta passiv shina», «nuqta nuqtaga» va «uzun passiv shina» konfiguratsiyalaridagi NT-2 tarmoq oxiri funksiyalarini ishlatish talab qilinmaydi. NT-2 tarmoq'ining oxirgi bloki asosiy vazifasi bitta oxirgi tarmoqdagi bir nechta oxirgi uskunalarning birgalikda ishlatilishini ta'minlashdir. Ko'rsatib o'tilgan konfiguratsiyalar ishlatilganda har bir foydalanuvchi uskunasi (TE) bog'lanish liniyalari ulanadi. Odatda, bu liniyalar uchun ikkita ikki simli zanjir ishlatiladi, ular ma'lumotlarni uzatishni ta'minlab berishdan tashqari (bitta ikki simli zanjir uzatishning erkin yo'nalishiga), NT tarmoq orqali oxirgi uskunalarni elektr ta'minoti bilan ta'minlashda ham ishlatiladi.

Ulanish liniyalariga boshqa hech qanday talablar qo'yilmaydi. U ikkita ekranlashtirilmagan simmetrik ikki simli zanjir holatida namoyon bo'ladi. Ekranlashtirilmagan simmetrik ikki simli zanjir oddiy telefon tarmog'ida uzoq vaqt ishlatilib kelingan. Shunday qilib, analog tarmoq foydalanuvchisi integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmog'iga o'tayotganda, odatda, mavjud bo'lgan abonent va ulanish liniyalarini ishlatish mumkin. Ikkala ikki simli zanjir boshqa ikki simli zanjirlar bilan birgalikda bitta kabelga joylashtiriladi. Shu bilan birga shuni ta'kidlab o'tish lozimki, keng kesimli integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar (SH-IXKRT)ga foydalanuvchi uskunalarini o'rnatish uchun optik kabel yoki mis paraning yotqizilishini amalga oshirish kerak. Bu uzatish tezligining oshishi foydalanuvchi liniyalariga talabning o'sishiga bog'liq.

Barcha konfiguratsiyalar uchun liniyalarning uzunligi signalning tarqalish vaqti va so'nishi bilan chegaralangan. Ular ulanish liniyasi turiga bevosita bog'liq.

Integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqning afzalliklari quyidagilardir:

- raqamli foydalanuvchi liniyalarining (SAL) universal ishlatilishi, ya'ni bitta liniyalardan telefon so'zlashuvlari qanday olib borilsa, ma'lumotlarni ham xuddi shunday amalga oshirish mumkin;

- xizmatlarni muvofiqlashtirish, telematn, teleks yoki telefakslarni muvofiq uskunalar bilan ulanishini tashkillashtirish imkoniyati (signalizatsiya kanalidan nafaqat port manzilini, balki ko'rsatilgan portga ulangan bitta uskunaga ulanish uchun oxirgi nuqta identifikatorining qo'shimcha manzil ma'lumotlarini uzatish imkoniyati);

- umumiy signalizatsiya kanali, u orqali hamkorlik va boshqaruv signallarining (liniyani band qilish, raqamni terish, javob, uzilish va shunga o'xshash) paket ko'rinishida ishlatilishi hisobiga ulanish vaqtining qisqarishi;

- chaqiruvchi foydalanuvchining raqami yoki ismi bo'yicha identifikatsiya qilish, chaqiruvlarni boshqa raqamga manzillash va uzatish, so'zlashuv vaqtida yangi chaqiruv kelganligi to'g'risida bildirgi, kiruvchi chaqiruvlarni blokirovka qilish, so'zlashuvga ulanish va boshqa qo'shimcha xizmatlarni taqdim etish.

Tarmoqda aloqa xizmatlari foydalanuvchilarga faqat aniqlangan elektr aloqa xizmatlari yordamida taqdim etiladi. Elektr aloqa

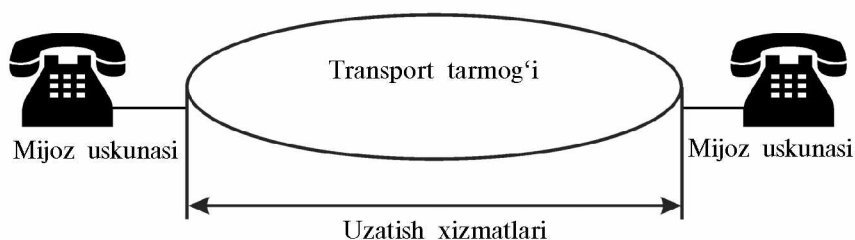
xizmati — bu foydalanuvchilarning talablarini qondiruvchi elektr aloqa xizmatlari to‘plamidir.

MSE-T tavsiyasiga binoan integral xizmat ko‘rsatuvchi raqamli tarmoq xizmatlari ikki turga bo‘linadi:

- uzatish xizmati (yoki ko‘chirish xizmati);
- telexizmat (yoki aloqalar taqdim etuvchi xizmat).

Uzatish xizmati — foydalanuvchi oxirgi uskunalari bilan tarmoqdagi stejklar orasida faqat signallarni uzatishni ta‘minlaydigan elektr aloqa xizmati, masalan, ma‘lumotlarni uzatish xizmati (1.15-rasm).

Telexizmat — foydalanuvchilar orasida belgilangan aloqa turlarining barcha imkoniyatlari amalga oshirilishini ta‘minlovchi elektr aloqa xizmatidir (1.16-rasm). Telexizmat ko‘chirish va terminallar xizmati bazasida tashkil etiladi. Telematn, telefaks, byurofaks va boshqa xizmatlar telexizmatga misol bo‘la oladi.



1.15-rasm. Uzatish xizmatlari.



1.16-rasm. Telexizmatlar.

Telexizmat protokollariga muvofiq xizmatlar ko‘rsatishda so‘nggi uskunalar foydali ma‘lumotlarni kodlash (belgilar to‘plami), formatlash, moslashtirib berish va uzatilish vazifasini bajaradi.

EMVOS asosida bajarilgan xizmatlar klassifikatsiyasiga qo'shimcha qilib MSE-T 64 kbit/s gacha tezlikda uzatish bilan integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoq xizmatlarini va kelajakda yuqori tezlikdagi xizmatlarni o'z ichiga oluvchi keyingi tasnifni ishlab chiqdi.

Interaktiv xizmatlar quyidagi sinf xizmatlarini o'z ichiga oladi: so'zlashuv xizmatlari, jamg'arishli xizmatlar, so'rov bo'yicha xizmatlar. Interaktiv xizmatlar va shoxlangan ish tartibli xizmatlar telexizmatlar ham, uzatish xizmatlari ham bo'lishi mumkin.

1.1-jadvalda integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqda bo'lishi mumkin bo'lgan bir nechta xizmatlar keltirilgan, shu bilan birga, xizmatlar sxema bo'yicha tasniflashtirilgan: V-kanal bo'yicha, D-kanal bo'yicha tashkil qilinuvchi xizmatlar va telefon tarmog'ining mavjud bo'lgan xizmatlari.

1.1-jadval

Xizmat sinflari	ISDNdagi xizmatlar		Telefon tarmog'ining mavjud bo'lgan xizmatlari
	B-kanallar (64 kbit/s)	D-kanal	
1	2	3	4
So'zlashuv xizmatlari	Uzatish xizmatlari: ma'lumotlarni uzatish (kanal, paketlarning kommunikatsiyasi bilan). Telexizmat: telefon, so'zlashuv konferens aloqasi, teleks, telefaks, uzoqlikdan turib chizish, harakatsiz tasvirlarni uzatish, harakatli tasvirlarni uzatish, xavfsizlik xizmatlari, masofadan turib boshqarish xizmatlari	Ma'lumotlarni uzatish (paketlarning kommunikatsiyasi bilan), xavfsizlik xizmatlari, masofadan turib boshqarish xizmatlari	Telefonli Telefaks Ma'lumotlarni uzatish, xavfsizlik xizmatlari, masofadan turib boshqarish xizmatlari

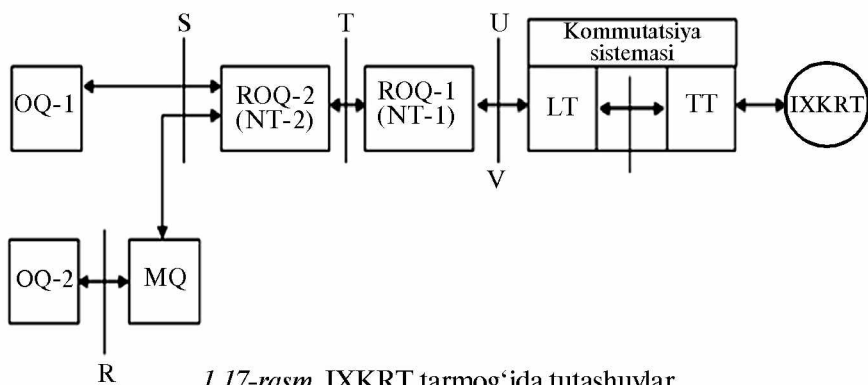
1	2	3	4
Jamg'arishli xizmatlar	Jamg'arish: nutq signallarini, matn signallarini, faksimil signallarni		
So'rov bo'yicha xizmatlar	Videomatn		Videomatn
Shoxlangan ish tartibili xizmatlar	Taqsimlash: ma'lumotlarni, nutqni, harakatsiz tasvirlarni		

D-kanal bo'yicha tashkil qilinuvchi integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoq (ISDN) xizmatlari. IXKRTda D-kanal ko'pincha xizmat signallarini uzatish uchun ishlatiladi (1.1-jadval). Shu bilan birga u ma'lumotlar va telemetriya signallari, xavfsizlik va masofadan turib boshqarish, ma'lumotlar, paketlarni uzatish uchun ishlatilishi mumkin. Bunda signalizatsiyaga imtiyoz beriladi. Bunday qo'shimcha xizmatlar uchun uzatish tezligi xizmat signallari bilan D-kanalning yuklanganligiga bog'liq. O'tkazuvchanlik quvvati 16 kbit/s li D-kanal bo'yicha o'rtacha 10 kbit/s bo'lgan tezlik bilan signalni uzatish mumkin.

Telexizmatlar – xavfsizlik xizmatlari favqulodda holat va tezkor chaqiruv, telemetriya, masofadan turib boshqarishda (hisoblagichlardan ma'lumotlarni olish) D-kanaldan foydalaniladi.

IXKRTda barcha uzatish va kommutatsiyalash tizimlari raqamlidir, shuning uchun axborotlarni raqamli shaklda zudlik bilan uzatish imkoniyati mavjud.

Foydalanuvchi uskunalarigacha analog signallar olib boriluvchi raqamli telefon tarmog'idan farqli o'laroq, IXKRTda foydalanuvchilarning uskunalarigacha raqamli signallar hech narsaga bog'liq bo'lmagan holda yetkaziladi, ya'ni raqamli foydalanuvchi uskunalar ishlatiladi (DSL). Buning natijasida IXKRT bo'yicha MSE-Tning ko'pchilik tavsiyalari tarmoqning foydalanuvchi qismi – foydalanuvchi oxiriga taalluqlidir. Bunda foydalanuvchi uskunalarining qurilishi, foydalanuvchi uskunalar chegarasida «foydalanuvchi – tarmoq» steki (1.17-rasm) hamda foydalanuvchi signalizatsiyasi masalalari asosiy bo'lib qoladi.



1.17-rasm. IXKRT tarmog'ida tutashuvlar.

Bu yerda: OQ-1 – IXKRTga stek orqali ulanuvchi oxirgi qurilma; OQ-2 – IXKRTga oddiy stek orqali ulanuvchi oxirgi qurilma; MQ – moslashtiruvchi qurilma; ROQ-1, 2 – raqamli oxirgi qurilmalar; LT – liniyaviy tugash; TT – tarmoq tugatish; R, S, T, U, V – nazorat nuqtalari (interfeyslar).

IXKRTni standartlashtirishda har xil belgilangan tezlikli foydalanuvchi kirishining ko'pgina turlari belgilangan.

IXKRTda uzatiluvchi signallarning turlariga qarab ikkita kanal belgilanadi:

- foydali yuklangan ma'lumotlar uzatiluvchi informatsion kanallar (asosiy kanallar);
- oxirgi uskunalar va kommutatsiya tizimlari yoki hech narsaga bog'liq bo'lmagan kommutatsiya tizimlari orasida ulanishni ta'minlash uchun hamkorlik va boshqaruv (SVU) signallari uzatiluvchi signalizatsiya kanallari (xizmat kanallari). Ba'zi hollarda bu kanallar orqali informatsion signallar, masalan, kichik tezlikdagi ma'lumotlar uzatilishi mumkin.

1.2-jadvalda IXKRTda ishlatish uchun hozirgi vaqtda MSE-T bilan belgilangan har xil uzatish tezligiga ega raqamli informatsion kanallarning turlari keltirilgan.

V-kanali – asosiy (bazaviy) kanal, ma'lumki, u asosiy raqamli kanal deb hisoblanadi. U 64 kbit/s tezlik bilan informatsion yuklanganlikni uzatish uchun mo'ljallangan. V-kanal bo'yicha quyidagi turdagi ma'lumotlarni uzatish mumkin:

- kommutatsiya rejimidagi 64 kbit/s tezlik bilan raqamli so'zlashuv;
- 64 kbit/s tezlik bilan kanallar kommutatsiyali yoki paketlar kommutatsiyali tartibdagi ma'lumotlar;

- 64 kbit/s guruh tezligidagi ma'lumotlar bilan birgalikdagi nutq.

Bundan tashqari, V-kanal 8, 16 va 32 kbit/s tezlikli bir nechta kanal ostilariga bo'linishi, ularning har biri alohida foydalanuvchi tomonidan ishlatilishi mumkin. Bitta V-kanalning kanal osti orqali uzatish statistik zichlash bazasida tashkil qilinadi.

1.2-jadval

Kanalning belgilanishi	B	H0	H11	H12	1	H2	H3	H4
Raqamli oqimning tezligi, kbit/s	64	384	1536	1920	2048	34000	70000	140000

Axborot kanallarga N-kanallar guruhlarini (keng kesimli) kiradi. Bu kanallar keng kesimli ovoz ma'lumotlarini, rangli raqamli faksimillarni, videoma'lumotlarni uzatish tizimlari hamda yuqori tezlikdagi ma'lumotlarni uzatish tizimlari uchun ishlatishda qo'llaniladi.

Xizmat kanallarining turlari. Integratsiyali xizmat ko'rsatishli raqamli tarmoqlarda ikkita D va E xizmat (signal) kanallarini ko'rsatish mumkin (1.3-jadval).

1.3-jadval

Kanalning belgilanishi	Signalizatsiya protokoli	Raqamli oqimning tezligi, kbit/s
D	D-kanal protokoli	16 yoki 64
E	№ 7 signalizatsiya tizimidan olingan	64

D-kanal — hamkorlik va boshqaruv signallarini (H va BS) uzatish uchun xizmat kanali. U foydalanuvchi uskunasi va kommutatsiya tizimi orasida H va BS uzatilishini ta'minlab beradi. D-kanal foydalanuvchi interfeysidan qat'i nazar 16 yoki 64 kbit/s tezlikka ega bo'lishi mumkin. D-kanalda bir vaqtning o'zida har xil turdagi ma'lumotlarni uzatishda statistik zichlash ishlatiladi.

E-kanal ham kommutatsiya tarmog'i tizimi orasida 64 kbit/s tezlik bilan SVUni uzatish uchun xizmat kanali bo'ladi.

D va E-kanallar orasidagi prinsipial farq ishlatiluvchi signalizatsiya protokollaridadir:

- D-kanalda «D-kanal protokoli» deb nomlangan IXKRT standart protokolidan foydalaniladi;

- E-kanalda № 7 signalizatsiya tizimining ma'lumotlarni uzatish tizim osti maxsus protokoli ishlatiladi.

Keng ko'lamdagi IXKRTning muhim xususiyati foydalanuvchilarga taqdim etilayotgan xizmatlarning keng ro'yxati va ma'lumotlarni ko'chirish asinxron tartibining qo'llanilishi — ATM usuli (Asynchronous Transfer Mode).

ATM uzatilishining asinxron tartibi kommutatsiya va multiplekslash, yacheyka deb nomlanuvchi doimiy uzunlikdagi qisqa paketlardan foydalanuvchi paketlarni kommutatsiya qilishning turli usullarini o'zida namoyon qiladi. ATM usuli keng ko'lamdagi IXKRTda ma'lumotlarni ko'chirish tartibining ratsional variantlaridan biri hisoblanadi. Uning qo'llanilishi yangi raqamli uzatish tizimi, kommutatsiya va keng ko'lamli interfeyslar stansiyalarining standartlashtirilishiga katta ta'sir ko'rsatdi. Tavsiyalarda ATM asinxron vaqtli multiplekslash texnikasini ishlatuvchi ma'lumotlarni ko'chirishning o'ziga xos usuli deb tavsiflanadi. Birlashgan ma'lumot oqimi yacheyka yoki element deb nomlanuvchi belgilangan uzunlikdagi bloklarga bo'linadi.

ATM usuli, asosan, foydalanuvchilar orasida ulanishni oldindan tashkillashtirish xizmatiga yo'naltirilgan. Foydalanuvchilarning signal axborotlari va ma'lumotlari har xil virtual kanallar bo'yicha uzatiladi. Biroq ATM usulidan foydalanuvchilar orasida ulanishni talab qilmaydigan xizmat uchun ham foydali hisoblanadi. ATM yangi usulining ishlatilishi uzatish va kommutatsiya raqamli tizimlarini, raqamli uzatish tizimlarida multiplekslash strukturalari, keng ko'lamli tarmoqlarda interfeyslarning yangi avlodini ishlab chiqishga va standartlashtirishga katta ta'sir ko'rsatdi.

Muhit sifatida raqamli telefon kanallari ishlatiladi. Video-axborotlarni uzatish tarmoqlari ayrimligicha qoladi.

Keng polosali integral xizmat ko'rsatuvchi tarmoq — BSN (Broadband Services Network) yaratiladi. Ushbu tarmoq foydalanuvchilarni, nutq, ma'lumotlar, faksimil axborotlari bilan zichlashtirish, shuningdek, televizion dasturlar, fayllarni yuqori tezlikda uzatish, videokonferensiyalar tashkil etish va boshqalarni tashkil etish maqsadida, keng polosali raqamli kanallar bilan ta'minlaydi.

MSET tavsiyasiga binoan, foydalanuvchi qurilmalarining ulanishi (Terminal Equipment — TE) bir nechta variantlarda bajarilgan bo'lishi mumkin.

1.3. Telekommunikatsiya tarmoqlari tarkibi va tuzilishi

Chetki abonent qurilmalari o'rtasida bog'lovchi trakti tashkil etish bo'yicha aloqa tarmog'i kommutatsiyalanadigan va kommutatsiyalanmaydigan tarmoqlarga bo'linadi. Kommutatsiyalanadigan telefon tarmog'i deb, axborotni uzatish vaqtida telefon apparatlarini bir-biri bilan bog'lanishini ta'minlovchi telefon apparatlari, kommutatsiya stansiyalari va tugunlari, liniyalar va kanallar majmuasiga aytiladi. Telefon tarmog'ini loyihalashda va qurishda, birinchi navbatda, tarmoqni yaratishga ajratilgan kapital mablag'larning yuqori darajadagi samaradorligini ta'minlashga qaratish zarurdir. Teletrafik nazariyasi – TN (TT)dan telefon chaqiruvlarining oqimi tasodifligi ma'lumdur. Chaqiruvlar oqimi ortganda vaqt birligida chaqiruvlar sonining nisbiy soni kamayadi. Ushbu xususiyatdan shunday xulosa qilish mumkinki, bunda kichik davomiylik chaqiruvlar oqimini birlashtirish tarmoq rivojlanishiga sarflanadigan kapital mablag'lar samaradorligini qondirish uchun zarur. Chaqiruvlarni birlashtirish kommutatsion stansiya va tugunlarida amalga oshiriladi.

Telefon stansiyasi – shahar, qishloq hududida joylashgan abonentga telefon aloqasi xizmatini ko'rsatish uchun mo'ljallangan.

Kommutatsion tugun – tranzit bog'lanishlar o'rnatish uchun mo'ljallangan.

Aylanma yo'nalishsiz va aylanma yo'nalishli tarmoqlar mavjud bo'lsa, bu holda ortiqcha yuklanma hosil bo'ladi. Aylanma yo'nalishsiz kommutatsiyalanadigan telefon tarmoqlarining quyidagi to'rtta asosiy tuzilish usullar bor: to'la bog'liqli («har biri-har biri bilan»); radial; radial-tugunli; qurama.

To'la bog'liqli usulda stansiyalar o'rtasidagi yuklanmalar jadalligining qiymatlari shunday bo'lishi kerakki, bunda yetarli darajada kanallardan foydalanishni ta'minlash zarur. Bunday usulda qurilgan tarmoq yuqori ishonchlilikka ega, chunki ikki stansiya o'rtasidagi aloqaning buzilishi butun tarmoq ishiga ta'sir ko'rsatmaydi. Shahar telefon tarmog'ining buyurtmali tizimida kanallardan foydalanish yuqoridir va bog'lam sig'imiga bog'liq bo'lmaydi, shuning uchun bu usul iqtisodiy jihatdan o'zini oqlaydi. Xizmat ko'rsatishning tez tizimida xizmat ko'rsatishning berilgan sifatida kanallardan o'rtacha foydalanish bog'lamning sig'imiga bog'liq bo'ladi. Kanallardan foydalanishni orttirish uchun KTLar qurilib, ular orqali tranzit bog'lanishlar o'rnatiladi. Agar tarmoqda

bitta tugun va ikkita ixtiyoriy stansiyalar shu tugun orqali bog'langan olsalar, bunday usulga radial usul deyiladi. Radial usulda kanallar bog'lanish soni $2n$ ga teng, ya'ni $(nQ1)/2$ taga bazalar soni kam, yuklanish esa $(n-1)/2$ taga ko'p. Bu usulning nuqsoni kanallar kattaligi uzunligi va tarmoq tuzilmaviy ishonchliligining pastligidir. Tarmoqdagi biron-bir tugun ishdan chiqsa, tarmoqning bog'liqligi buziladi.

Bu usul qishloq va ichki zona tarmoqlarida ishlatiladi. Bu kamchiliklarni bartaraf etish uchun tarmoq radial-tugunli usulda ko'riladi. Bunday usulda bir necha sinfli kommutatsion tugunlar ko'zdan kechiriladi va tugunlar o'rtasida ma'lum ustuvorlik belgilanadi, ya'ni bog'lanishda o'zaro tobelik o'rnatiladi. Katta hududga ega bo'lgan mamlakatda shaharlararo telefon tarmog'ida bazaviy struktura sifatida kombinatsiyalangan usul qo'llaniladi, birinchi sinf tugunlari bir-biri bilan «har biri-har biri bilan» usulida ulanadi. Tarmoqni qurish usuli tanlanganda, iqtisodiy ko'rsatkichlardan tashqari elektrik tavsifnomalarni ham hisobga olish zarur. Masalan, qoldiq so'nishning mumkin bo'lgan chetlanishlari, chastotalarni samarali uzatish yo'lagining torayishi abonentga xizmat ko'rsatish sifatining pasayishiga olib keladi, chunki har bir tugunda ulash o'rnatilishi sekinlashadi. Bundan tarmoqdagi tugunlar soni minimal bo'lishi kelib chiqadi.

Uzatish vositalari — fazoda elektr signallarini ko'chirish vazifasini bajaradi. Axborotlarni uzatish tipik uzatish kanallari va guruhli traktlar bo'yicha tashkil etiladi.

Uzatish kanali elektr aloqa signallarini uzatishni ta'minlovchi tarqatish muhiti va texnik vositalar majmuasidan iborat.

Tipik uzatish kanali deb parametrlari me'yorlashtirilgan uzatish kanaliga aytiladi. 300—3400 Hz oralig'ida samaradorlik uzatish chastotalariga ega bo'lgan yo'lakli tipik kanal tonal chastotali kanal deyiladi.

Tipik guruhli traktlar va tipik uzatish kanallarini tashkil etishni ta'minlaydigan texnik vositalar majmuasi tarmoqli stansiya deyiladi. Tipik uzatish kanallari va tipik guruhli traktlarni tashkil etish va tranzit aloqani ta'minlovchi texnik vositalar majmuasi *tarmoqli tugun* deyiladi. Tarmoqni tashkil etuvchi tarmoqli tugunlar, tarmoqli stansiyalar va uzatish liniyalar majmuasi *tipik uzatish kanallari* va *tipik guruhli traktlardan iborat birlamchi tarmoq* deb ataladi.

Chetki abonent qurilmalari — ma'lumot manbalaridan keluvchi axborotlarni elektr signallariga aylantiradi. Bularga telefon, telegraf,

faksimil apparatlari, ma'lumotlarni uzatish apparaturasi, radio va televizion qabul qilgichlar kiradi. Chetki qurilmalar rivojlanishining umumiy tendensiyasi ularda hisoblash texnikasi vositalarini qo'llashdan iborat, bu ularning vazifalarini kengaytirishga, xususan, ma'lumotni qayta ishlash va saqlash vazifalarini vujudga keltirishga xizmat qiladi. Chetki qurilmalar tovush signallarini elektr signallariga va elektr signallarini tovush signallariga aylantiradi.

Kommutatsiya vositalari — elektr aloqa signallarini uzatish davrida zarur yo'lni tanlash va o'rnatish vazifalarini bajaradi. Kommutatsiya vositalari quyidagicha sinflashtiriladi:

a) kommutatsiyalanadigan axborot turlari bo'yicha — telefon stansiyalar, tugunlar, telegraf tugunlari, qayta ulash tugunlari;

b) hududiy belgi bo'yicha — AKT 1,2, ASHTS, MS, OS, AT. Telegraf tarmog'ida — hududiy kommutatsiya tugunlari (T-1), zonaviy tugunlar (T-2), mahalliy kommutatsiya tugunlari (T-3);

d) bog'lovchi trakti tashkil etish usuli bo'yicha — axborotlar kommutatsiyasi tugunlari, paketlar kommutatsiyasi tugunlari.

Tarmoqni boshqarish vositalari uni ishlatish jarayonida hosil bo'ladigan ixtiyoriy sharoitlarda optimal ishlashini ta'minlash uchun mo'ljallangan. EHMni qo'llash birlamchi va ikkilamchi tarmoqlarni boshqarishda mukammallashtirishning katta imkoniyatlarini tug'diradi.

Birlamchi aloqa tarmog'i tuzilmasi

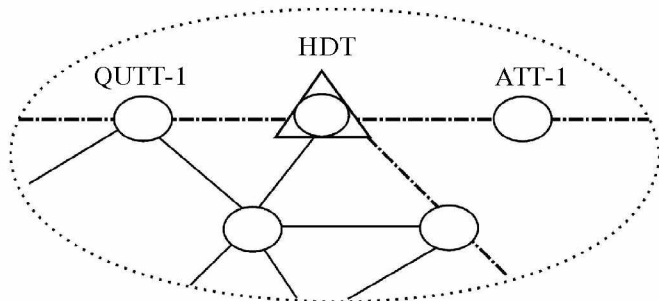
Hududiy belgi bo'yicha birlamchi tarmoq magistral, ichki zona va mahalliy tarmoqlarga bo'linadi.

Mahalliy birlamchi tarmoq — shahar yoki tuman hududida quriladi, mos ravishda SHTT yoki QTT deb yuritiladi.

Ichki zona birlamchi tarmoq — yetti raqamga ega raqamli bitta zona hududiga quriladi. Birlamchi ichki zona tarmog'i mahalliy birlamchi zona tarmoqlarining o'zaro bog'lanishini ta'minlaydi.

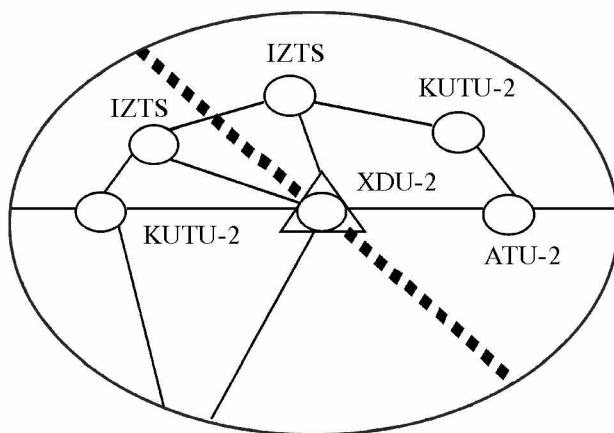
Magistral birlamchi tarmoq — mamlakatning barcha hududida quriladi va barcha birlamchi ichki zona tarmoqlarini o'zaro birlashtiradi. Magistral birlamchi tarmoqni texnik ekspluatatsiya qilishni tashkil etish uchun va barcha ikkilamchi tarmoqlarning o'zaro hamkorlikda ishlashi uchun birlamchi magistral tarmoq hududlarga bo'lingan, ularning markazlari sifatida birinchi sinf hududiy tarmoq tugunlari (HDT-1) xizmat qiladi. HDT-1 katta hajmdagi kabel va radiorele uzatish liniyalarining kesishishlarida joylashtiriladi. HDT-1 dan tashqari magistral birlamchi tarmoqlarda birinchi sinf qayta ulash tarmoq tugunlari (QUTT-1), birinchi

sinf ajratish tarmoq tugunlari (ATT-1) va magistral tarmoq stansiyalari (MTS-1) quriladi.



1.18-rasm. Birlamchi magistral tarmoq.

QUTT-1 uncha katta bo'lmagan kabel va radiorele uzatish liniyalarida tashkil etiladi, ular uzatish tizimining chetki apparaturasi bilan tugashi mumkin, boshqa uzatish liniyalari uchun esa xizmat qiluvchi kuchaytirgich punktlari (XKP) tashkil qilinishi mumkin. Magistral stansiya tarmog'i respublika markazlarida o'rnatiladi. Har bir ichki zona birlamchi tarmoqda ikkinchi sinf tugunlari QUTT-2, ATT-2, HDT-2 lar quriladi.

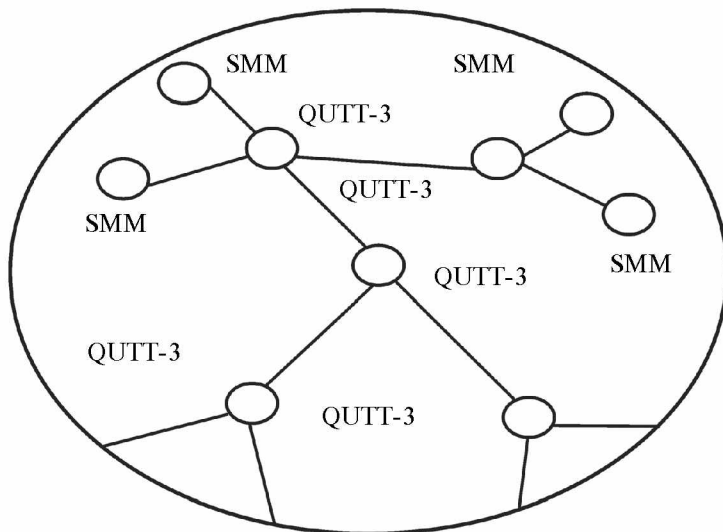


1.19-rasm. Birlamchi ichki zonaviy tarmoq.

Ichki zona tarmoq stansiyasi (IZTS) mahalliy tarmoqda quriladi.

YATTning tarmoq tugunlari, uzatish tizimining chetki stansiya apparaturasi bilan jihozlanadi, bularga: tranzit va guruhli traktlar

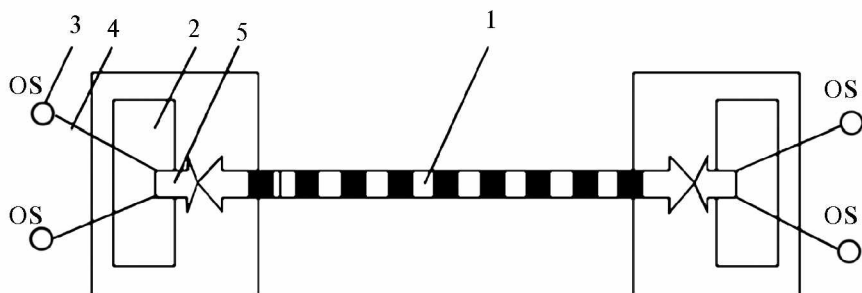
hamda kanallarni qayta ulash apparaturasi; uzatish tizimi va zaxirasining qurilmalari; elektr ta'minoti uskunalari kiradi.



1.20-rasm. Birlamchi mahalliy tarmoq.

Ikkilamchi tarmoqlar. Ikkilamchi tarmoq tuzilishi

Birlamchi tarmoq kanallari bazasida tuzilgan aloqa tarmog'ini *ikkilamchi tarmoq* deyiladi. Bunday ikkilamchi tarmoqlar ehtiyojga qarab turli ko'rinishlarda bo'lishi mumkin.



1.21-rasm. Ikkilamchi tarmoq tuzilishi.

- 1 — birlamchi tarmoqning uzatish tizimi;
- 2 — ikkilamchi tarmoqlarning kommutatsiya tugunlari;
- 3 — ikkilamchi tarmoqlarning chetki punktlari;
- 4 — abonent kanallari yoki liniyalar;
- 5 — birlamchi tarmoq chegaralarini belgilovchi nuqtalar.

Ikkilamchi tarmoq quyidagi majmua bilan belgilanadi:

a) chetki qurilmalar, shaxsiy (individual) abonent liniyalari-dan uzatiladigan ma'lumotni elektr signallariga aylantiradi, chetki qurilmani tarmoqning tugunli punkti bilan bog'laydi; b) ikkilam-chi tarmoq kommutatsiya qurilmasi; d) mazkur ikkilamchi tarmoqqa umumiy birlamchi tarmoqdan ajratilgan kanallar. Umumiy foydalanish telegraf aloqasi tarmog'ining AT tarmoqdan farqlanib turuvchi xususiyati shundaki, AT tarmoq real vaqt masshtabi tartibida ishlaganda, umumiy foydalanish tarmog'i axborotlarni uzatishda ushlanib qolishiga yo'l qo'yadi.

Ikkilamchi tarmoqlar, uzatilayotgan ma'lumot turining belgisi bo'yicha bo'linadi (telefon, telegraf, ma'lumotlarni uzatish). YAATga quyidagi ikkilamchi tarmoqlar kiradi:

- avtomatik telefon aloqasi, u bir vaqtning o'zida ma'lumotlarni uzatish, faksimil uzatish va videotelefon uchun ishlatilishi mumkin;

- korxona va tashkilotlar o'rtasidagi telegraf aloqasi;
- umumdavlat ma'lumotlarni uzatish tarmog'i;
- televideniye dasturlarini uzatish;
- radioeshittirish dasturlarini uzatish;
- gazetalarni uzatish fototelegrafi;
- faksimil aloqasi.

Ixtiyoriy aloqa tarmog'i, aloqa liniyalari bilan bog'langan chetki punktlar va tugunlar majmuasidir. Bunda mazkur tarmoqqa axborotlarni kiritish va chiqarish amalga oshiradigan tarmoqning ixtiyoriy punkti *chetki punkt* deb ataladi. Ikkilamchi tarmoqlar hududiy belgilar bo'yicha ham bo'linishi mumkin. Zona — bu 8 million abonent raqamlarigacha ishga tushirilgan hududdir. To'g'ri kanallar bog'lami (yuqori foydalanish yo'llari) ASHTS o'rtasida kiruvchi va chiquvchi axborotlarning jamlangan yuklamasi 8–10 Erlni tashkil etsa, UDATfT abonentlari sifatida telefon aloqasining maxsus ichki muassasa tarmog'iga ulangan abonentlar ham bo'lishi mumkin. Mavqeyi bo'yicha ikkilamchi tarmoqlar ichida ikkinchi o'rinda turuvchi, mamlakatlarning telegraf aloqasi hisoblanadi, u umumiy foydalanish va abonentlarni telegraflash tarmoqlarini birlashtiradi. Abonentlarni telegraflash korxonalar, muassasalar va xalq xo'jaligining boshqa bo'g'inlari o'rtasida hujjatli «so'z-lashuvlarni» amalga oshirish uchun mo'ljallangan.

Birlamchi tarmoqning sezilarli qismini tashkil qiluvchi eng muhim tarmoqlardan biri televideniye dasturlarini uzatuvchi

tarmoq hisoblanadi. Bu tarmoq keng yo‘lakli (polosali) televizion kanal asosida tuzilgan.

Bu tarmoqning axborotlar manbayi sifatida telestudiylarning uskunolari xizmat qiladi, ularga esa ma‘lumotlar, o‘z navbatida, telestudiylar yoki ko‘chma televizion qurilmalardan kiradi.

Televideniye dasturlarini uzatishda shaharlararo tarmoq orqali ma‘lumot mos telemarkazlarga uzatiladi, so‘ngra u efirga televizion qabul qilgichlar uchun uzatiladi.

Televizion dasturlarni uzatuvchi shaharlararo tarmoq ko‘p yo‘lakli kanaldan foydalanishning yorqin misolidir. Studiyaning bog‘lovchi liniya orqali dastur eng yaqin tarmoqli tugunda (TT) uzatiladi, u yerdan tarmoqli tugunda tarmoqlanib birlamchi tarmoq kanallari bo‘yicha, radiouzatuvchi stansiya ulangan TTga keladi, so‘ng dastur radiouzatuvchi stansiya antennasi orqali efirga uzatiladi.

1.4. Tarmoqlarning istiqbolli rivojlanishi

Hozirgi vaqtda birinchi masala ixtiyoriy turdagi ma‘lumotni raqamli shaklda tasvirlash yo‘li bilan hal etilgan. Ikkinchi masalani hal qilish uchun tarmoqni barpo etish ikki bosqichda amalga oshirilishi ko‘zda tutiladi.

1-bosqich qurama kommutatsiyali tugunlarning tor yo‘lakli raqamli tarmoqlarini tuzish bilan tasvirlanadi. Tor yo‘lakli tarmoqda uzatish tezligi 64 kbit/s ni tashkil etadi. Qurama tugun – kanallar kommutatsiyasi va paketlar kommutatsiyasidan iborat kommutatsiya tugunidir. Bu tovushli axborotlar kommutatsiyasi uchun hanuzgacha paketlar kommutatsiyasining samarali usullari ishlab chiqilgani yo‘q.

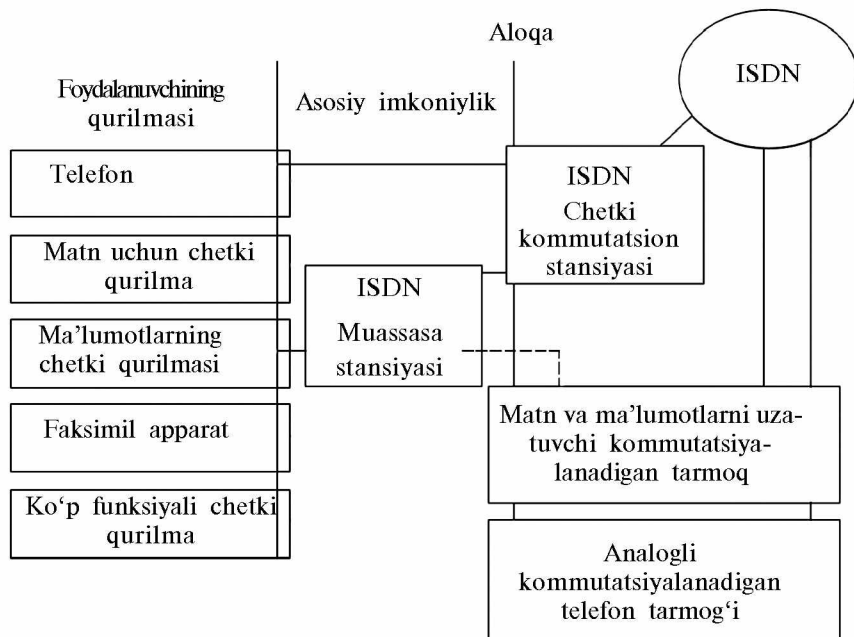
2-bosqichda 140 Mbit/s uzatish tezligiga ega keng yo‘lakli tarmoq barpo etish zarur. Kommutatsiya tuguni faqat paketlar kommutatsiyasi tartibida ishlaydi. IXKRT MKKTT tavsiyasiga binoan quyidagi turdagi ma‘lumotni uzatishi lozim.

«a» turidagi ma‘lumot – tovushli ma‘lumot, chastota yo‘lagi 0,3–3,4 kHz; R — paketli tartibda ishlovchi 16 kbit/s uzatish tezligida past tezlikdagi raqamli ma‘lumotlarni uzatish. Hisoblash texnikasi vujudga kelishi bilan mikroprotsessorlar telefoniya jadal sur‘atlarda qo‘llanila boshlandi. Telefon tarmoqlarining rivojlanishiga endi o‘ziga xos to‘siq hosil bo‘ldi, buning asosida kanalli jihozlarning uzluksizligi, bir tomondan va hisoblash texnikasi vositalarining

raqamli bo'lishi, jihozni raqamli hisoblash texnikasi vositalarini boshqarish kabi bir qator muammolar tug'ildi. Bu borada raqamli telefoniyaga o'tish tabiiydir, mikroelementlar bazasiga tayangan holda diskret elementlardan, kanalli apparaturani ham qo'shganda to'la foydalanish mumkin. Masalani raqamli telefon stansiyalarini (RTS) amaliyotda qo'llab yangilik bilan hal qilsa bo'lar edi. Bunda bosqichma-bosqich o'tish jarayonini amalga oshirish lozim.

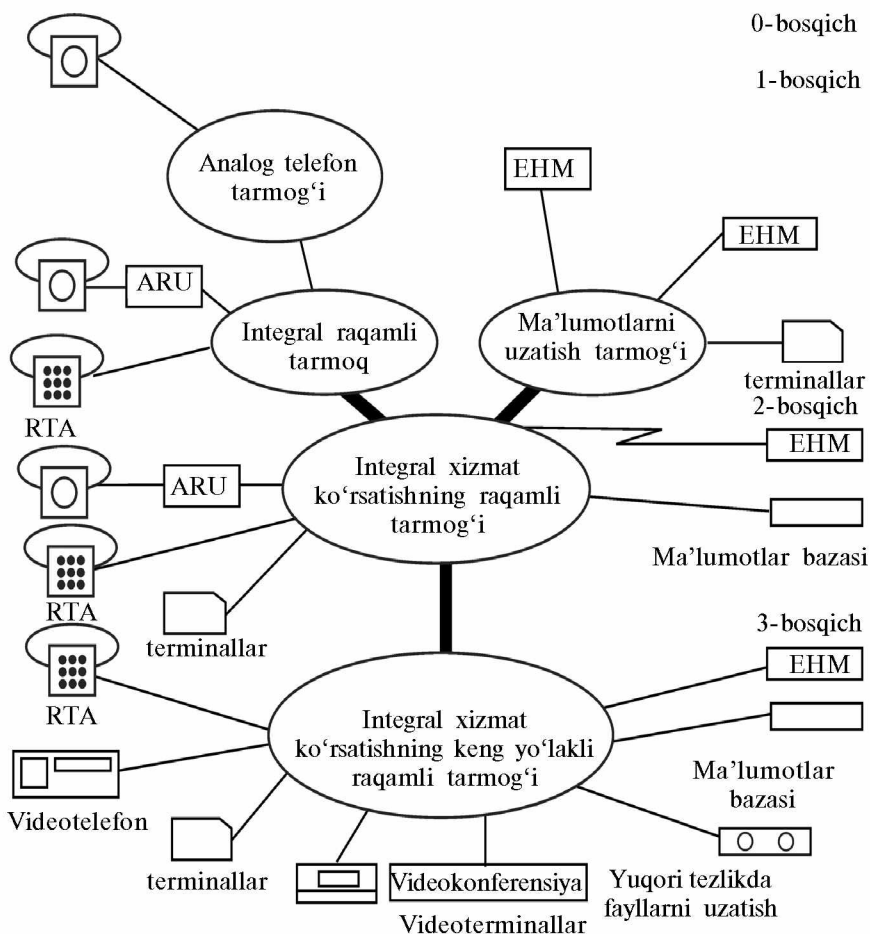
Birinchi bosqich. Bu bosqichda uzatish kommutatsiyaning raqamli usullariga o'tish bilan xarakterlanadi, ya'ni ISDN turidagi integral raqamli tarmoq suriladi, bu tarmoq uzluksiz abonent liniyalari va uzluksiz telefon stansiyalaridan iborat bo'ladi. Bu bosqichda kanallar kommutatsiyasi va paketlar kommutatsiyalanuvchi ma'lumotlarni uzatish tarmog'i (MUT) saqlanib qoladi.

Ikkinchi bosqich. Raqamli tarmoq (IXKT) tuziladi (integral xizmat ko'rsatish tarmog'i), u telefon tarmog'i va raqamli telefon kanallaridan foydalanuvchi MUTni birlashtiradi. Bu bosqichda abonent bog'lovchi liniyalar bo'yicha raqamli shaklda so'zlashuvning uzatilishini ta'minlaydi.



1.22-rasm. ISDN tarmog'i arxitekturası.

Uchinchi bosqich. IXKTning ikkinchi avlodiga o'tishini bildiradi, bular keng yo'lakli integral xizmat ko'rsatish tarmog'i bo'lib, u integral xizmat ko'rsatish tarmog'ining birinchi avlodidan televizion dasturlarni, fayllarni yuqori tezlikda uzatish, videokonferensiyalarni tashkil etish imkoniyati bilan farq qiladi. S-ajratilgan signallash kanallari bo'yicha uzatish uchun signallash ma'lumoti yuqorida keltirilganlardan tashqari keng yo'lakli tarmoqlarda qo'shimcha tariqasida quyidagi ma'lumot turlari uzatiladi. w-n 64 kbit/s tezlikdagi raqamli ma'lumot; n-w dan katta tezlikdagi raqamli ma'lumot.



1.23-rasm. RIXTga o'tish bosqichlari.

Ma'lumotning barcha turlarini uzatish uchun IXKTda quyidagi kanallar tashkil etiladi:

- A turdagi kanallar — analogli kanal;
- B kanal — 64 kHz li asosiy raqamli;
- D kanal — S turdagi ma'lumotni 16 kbit/s yoki 64 kbit/s tezlikda uzatish uchun mo'ljallangan;

- E kanal — kommutatsiya tugunlari o'rtasidagi umumiy signallash kanali;

- N0 — 384 kbit/s tezlikda uzatuvchi raqamli kanal;
- N1 — 1536 kbit/s tezlikda uzatuvchi raqamli kanal;
- N2 — 30 Mbit/s tezlikda uzatuvchi raqamli kanal;
- N3 — 70 Mbit/s tezlikda uzatuvchi raqamli kanal;
- N4 — 140 Mbit/s tezlikda uzatuvchi raqamli kanal.

Aloqa texnikasidagi zamonaviy holat ko'rib chiqilsa shu narsa ma'lum bo'ladiki, jahonda yakka aloqa uchun ko'p sonli turli aloqa tizimlaridan foydalanuvchi muvofiqlashgan tarmoqlar va xizmatlar mavjud. Biroq so'zlashuv, matn va h.k. uchun alohida aloqa tizimlarining hamkorlikda ishlashi faqat istisno tariqasida bo'lishi mumkin.

Tarmoqqa kirish jarayonlari va aloqani boshqarish turlari o'ziga xosdir. Lekin yagona raqamli tarmoqning yaratilishi bilan ma'lumotning barcha turlarini uzatish imkoni tug'ildi. Bunday tarmoq yordamida ikkita maqsadga erishish mumkin.

Birinchisi texnikaning integratsiyasi. Bunda, birinchidan, turli xizmatlar uchun texnika shunday birlashtirilgan bo'lishi kerakki, bunda, masalan, abonent liniyasi bo'yicha bir xil vositalar bilan tovushli signallar hamda matn signallari uzatiladi.

Ikkinchisi, tarmoqda kommutatsiya va uzatish funksiyalarini bajaruvchi texnikaning integratsiyalashganligidir. Masalan, raqamli tarmoqda guruhli signalning kommutatsiya stansiyasiga kirishda ham fazoviy, ham vaqt bo'yicha kanallar taqsimoti amalga oshiriladi. Ikkinchi maqsad xizmatlarni integratsiyalash, ularga yangi qulayliklar ta'minlashdan iboratdir. Bu chetki qurilmalar va tarmoq o'rtasidagi yagona tutashuv kiritilishi hamda bog'lanishlarni o'rnatish va buzish yagona jarayondir.

Raqamli tarmoqlarda yangi xizmat ko'rsatishning turlari. SSIO-IXKRT yaratishda quyidagi xizmatlarni kiritish ko'zda tutiladi.

Telefon aloqasi xizmati. Kelajakda USK bo'yicha abonent terminalidan boshlab signallash tizimini tashkil etish mo'l-

jallanmoqda (belgilangan signallash kanali). Bu xizmat ko'rsatishning algoritmini sezilarli darajada soddalashtirish imkonini beradi, chunki bu holda so'zlashuv kanali butunlay xizmat ko'rsatishga oid ma'lumotlarni uzatishdan xoli bo'ladi. Bundan tashqari, IXKRTni yaratishda telefon aloqasi xizmati abonentlarga juda ko'p sonli qo'shimcha xizmat turlarini ko'rsatishi mumkin.

Teleks xizmati (abonent telegrafi). Bu xizmat 50 bit/s uzatish tezligida besh elementli kod bilan harf va raqamlarni uzatishni ta'minlaydi.

Teletekst xizmati (telematn). Bu xizmat abonent terminallari o'rtasida matnli ma'lumotni uzatish uchun ishlatiladi. Telematnli terminal xotiraga ega bo'lgan elektron yozuv bosma mashinkasidir. Uzatuvchi terminalning xotirasida teleks varaqlarining dastlabki shakllantirilishi amalga oshiriladi. Shundan so'ng bu ma'lumotni aloqa tarmog'i bo'yicha 2400 bit/s tezlikda qabul qiluvchi terminalga uzatiladi. Uzatish uchun yetti elementli kod ishlatiladi.

Faksimil va telefaks xizmati. Bu xizmat asosiy ma'lumotning asl nusxasini uzatishni, maxsus terminalli qurilma esa uzatish tomonida skanerlash usuli bilan ma'lumotni elektr signallariga o'zgartirishni ta'minlaydi. Qabul qiluvchi terminalda bu varaqni bosishning nuqta-matritsa usuli bilan qayta tiklash amalga oshiriladi. A4 formatdagi bitta varaqni analog rejimda uzatish uchun 1 daqiqaga yaqin, vaqt raqamli rejimda esa 5 soniya vaqt kerak bo'ladi. Raqamli rejimda uzatish tezligi 64 kbit/s ni tashkil etadi.

Videomatnli xizmat. Bu xizmat abonentlarga turli xizmatlar tavsiya eta oladi (aviachiptalar buyurtmasi, ob-havo ma'lumoti, taksi chaqirish va h.k.). Mazkur xizmat standart telefon kanalidan foydalanadi.

Eshittiruvchi videoteleks xizmati. Videomatnli xizmatdan farqli o'laroq bu xizmat bir taraflamadir, ya'ni abonent bilan teskari aloqa ko'zda tutilmaydi.

Ma'lumotlarni uzatish (MU) xizmati (D-kanali bo'yicha uzatish). MU tushunchasiga abonentga aloqa tarmog'i ko'rsatadigan barcha xizmat turlari kiradi, jumladan: telemetriya uchun boshqaruv (hisoblagich ko'rsatgichlarini olish), xavfsizlik xizmati va distansion (masofadan) boshqaruv xizmati. Bunday qo'shimcha xizmatlarning o'tkazish imkoniyati signallash kanali D ning yukla-

nishiga bog'liq holda o'zgaradi. O'tkazish imkoniyati 16 kbit/s bo'lgan D-kanali bo'yicha signalni 10 kbit/s gacha o'rtacha tezlikda o'tkazish mumkin.

Videotelefon aloqasi xizmati. Bu xizmat harakatdagi tasvirlarni tovushli signallari bilan uzatish uchun xizmat qiladi.

1. *Qo'shimcha xizmatlar* — bog'lanishga bog'liqli xizmat ko'rsatish mumkin bo'lgan xizmatlar. Mazkur qo'shimcha xizmatlarga tez va qulay bo'lgan ISDN turidagi bog'lanishlarni o'rnatuvchi, maxsus turdagi bog'lanishlarni bajaruvchi, oraliq saqlash yordamida axborotlarni uzatish va ma'lum bog'lanishlarni cheklash, shuningdek, maxsus bog'lanishlar va o'zgartirishlar xizmati kiradi. Tez va qulay bog'lanishlarni o'rnatish va qulay aloqa deganda: qisqartirilgan raqam terish (ko'p chaqiriluvchi abonentlar uchun), foydalanuvchi bog'lanish o'rnatish uchun ikki raqamli qisqartirilgan nomerni ishlatish, MATS abonentiga to'g'ridan to'g'ri terish mumkin.

Takror chaqiruvlarda, terilgan raqamlarning oxirgisi xotirlanadi. Terishni takrorlash ma'lum tugmachani bosishdan yoki avtomatik tarzda ma'lum muddatdan so'ng bajariladi.

2. *Maxsus turdagi bog'lanishlarni bajarish* — bandlik holatida kutishga qo'yish, indikatorli chaqiruv kelganligi tug'risida axborot-bog'lanish o'rnatilib bo'lingandan so'ng chaqiriluvchi abonent akustik signal yoki vizual tarzda chaqiriluvchi foydalanuvchining nomerini indikatsiyalash bilan bog'lanish o'rnatishga qo'shimcha istagi mavjudligi to'g'risida ma'lum qiladi. Abonent quyidagi bog'lanishlarni o'rnatishi mumkin:

- *chaqiruvchilarni qayta adresatsiya qilish* — foydalanuvchi barcha kiruvchi chaqiruvlarni boshqa ixtiyoriy liniyaga uning nomerini kiritish yo'li bilan qayta yo'naltirishi mumkin;

- *chaqiruvlarni qayta ulash* — chaqiriluvchi abonent e'tibor bermagan holat, bunda foydalanuvchi abonent javob bermaganda istagan raqamini berishi mumkin;

- *joyida bo'lmagan holda topshiriq berish* — avtojavob bergich.

3. *Ma'lum bog'lanishlarni cheklash* — aloqani butunlay man etish — abonentning arizasiga binoan kiruvchi va chiquvchi bog'lanishlar o'rnatish mumkin emas.

Abonentning arizasiga binoan chiquvchi aloqalar, masalan, shaharlararo, xalqaro va qit'alararo aloqa cheklangan vaqtga mo'ljallangan kiruvchi aloqa taqiqlanadi.

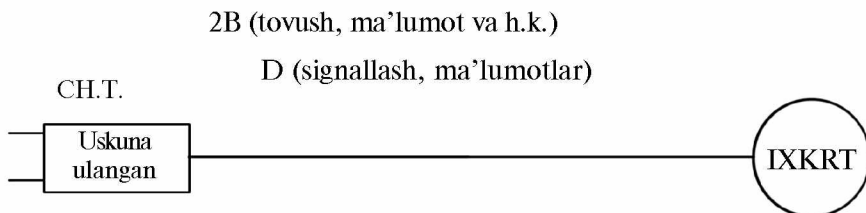
Maxsus bog‘lanishlar — to‘lovni muntazam tutib olish: bunda chaqiriluvchi abonent kiruvchi chaqiruvlarda bog‘lanish uchun to‘lovni to‘laligicha o‘z zimmasiga oladi. Alohida hollarda to‘lovni tutib olish — chaqiriluvchi abonent bir holatdan ikkinchi holatgacha o‘z zimmasiga bog‘lanishning barcha vaqtini yoki uning bir qismini olishi mumkin.

Ko‘rsatish mumkin bo‘lgan xizmatlar — to‘lov to‘g‘risida ma‘lumot, tarmoq to‘g‘risida ma‘lumotnomalar va h.k.

IXKRT — ochiq turdagi tarmoq hisoblanadi, shu bois bu yerda xizmatlar soni cheklanmagan.

Bazaviy va birlamchi imkoniylik. IXKRT tizimida xizmat ko‘rsatishning ikki turi mavjud, ular orqali IXKRT kommutatsiya tugunlariga chetki terminallar ulanadi. Bazaviy imkoniylik aksariyat chetki terminallarga xizmat ko‘rsatishda ishlatiladi. Bazaviy imkoniylikda ikkita 64 kbit/s bo‘lgan va bitta abonent punkti uchun uzatish tezligi 16 kbit/s signallash kanallaridan foydalaniladi (ya‘ni 2B+D). Bazali imkoniylikni tashkil etish uchun 144 kbit/s nominal tezlikka ega bo‘lgan standart ikki simlik abonent liniyasi ishlatiladi. Lekin interfeysning tarmoq bilan tutashgan nuqtasida uzatishning summar tezligi 192 kbit/s bo‘lishi kerak, chunki bunda raqamli oqimni boshqarish va sinxronlashni ta‘minlaydigan axborotni uzatish zarur bo‘ladi.

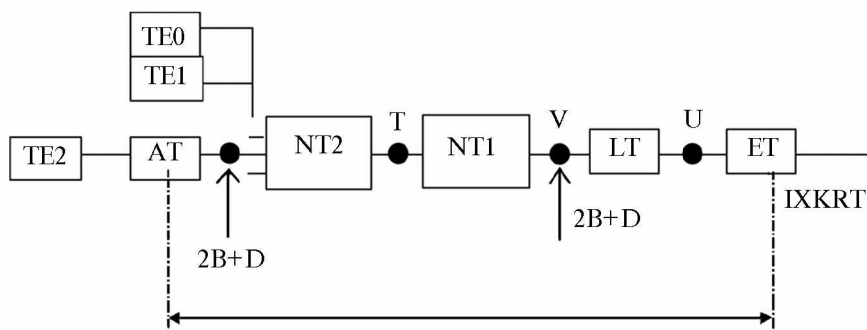
Birlamchi imkoniylikni tashkil etish uchun uzatish tezligi 64 kbit/s ga ega 32 kanaldan iborat mavjud IKM 30–32 uzatish tizimi ishlatiladi. Odatdagidek, 0-kanal sinxronlash va boshqarish uchun ishlatiladi.



1.24-rasm. Bazaviy imkoniylik strukturasi.

16-kanal uzatish tezligi 64 kbit/s bo‘lgan D-kanal sifatida, qolgan 30 ta kanal B-kanal sifatida ishlatiladi. Shunday qilib, PDq ZOVQO nominal uzatish tezligi 1984 kbit/s, 0-kanalni hisobga olgan holda haqiqiy uzatish tezligi 2048 kbit/s bo‘ladi.

Asosiy imkoniylikning funksional sxemasi.



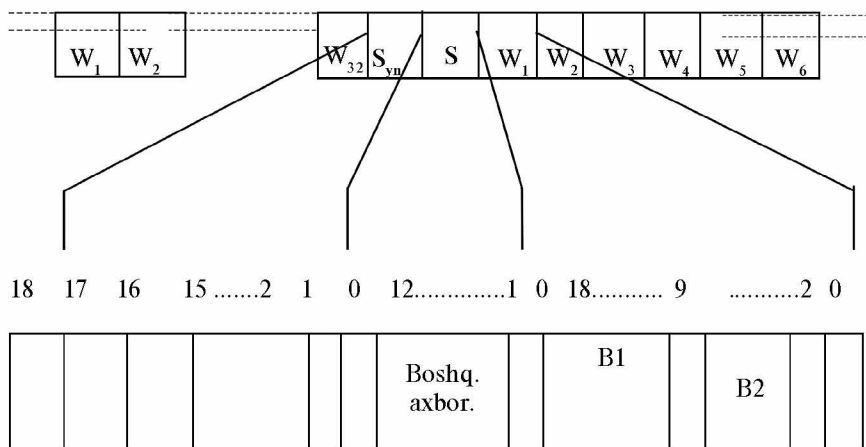
D-kanalining protokoli

1.25-rasm. Bazaviy imkoniylikning strukturaviy chizmasi.

BD IXKRT kommutatsiya tuguniga chetki uskunalarining ikki turini ulashni ta'minlaydi. Birinchi turdagi TE1 chetki uskuna bir funksional yoki ko'p funksional intellektual uskunalaridan iborat, ular foydalanuvchi-tarmoq interfeysi bo'yicha XTTHK tavsiyanomasiga muvofiq ravishda ishlab chiqilgan va asosiy imkoniylik orqali IXKRTga ulanish uchun mo'ljallangan. TE2 — bu hozirgi kundagi barcha mavjud uskunalaridir. Ushbu uskunalar turli maqsadlarda aloqa tarmoqlarida ishlatish uchun qo'llaniladi. Ular uskunali adapter (TA) deb ataluvchi maxsus uskuna yordamida IXKRTga ulanishi mumkin.

NT2 tarmoqning chetki qurilmasi bo'lib, yuklanmaning chetki uskunalar guruhi uchun kommutatsiya va konsentratsiya funktsiyasini bajaradi. NT2 buzilishlarni to'g'rilash bilan turli TE1 va TA dan keluvchi signallarni tekislashni amalga oshiradi. Har bir NT2 chetki uskunalarini ulash uchun bir necha S interfeysli portlarga ega bo'lishi mumkin, bunda 1 ta port 8 tagacha uskunani ulash imkonini beradi. Agar faqat 1 ta interfeysli port zarur bo'lsa, u holda S va T qo'shilib ketadi, demak, NT12 va NT1 fizik jihatdan yagona yaxlit interfeysni tashkil qiladi.

NT1 144 kbit/s nominal uzatish tezligiga ega bo'lgan ikki simli abonent liniyasiga ulanadigan fizik va elektrik chetki uskunasi. LT kommutatsiya tugunidagi abonent liniyaning chetki uskunasi hisoblanadi. LT va NT1, odatda, bir turdagi uskuna bo'lib, ular abonent liniyaning chetlariga oynali qilib ulanadi. Bu uskuna sinxronlash va boshqaruvni ta'minlaydi (fizik



1.26-rasm. V interfeysining siklli tuzilishi.

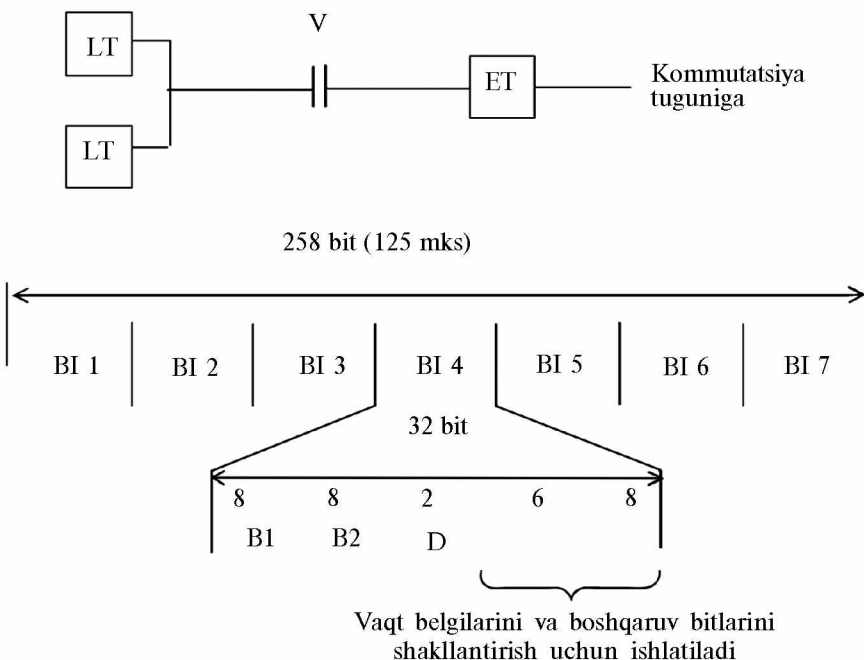
sathda) hamda V interfeysni amalga oshirish uchun axborot uzatish tezligini bir xilda saqlab turadi. ET — signallash bo'yicha chetki stansiya komplekti funksiyasini bajaruvchi uskuna, bundan tashqari, ET paketli XK siga ega va paketli axborotga ishlov berishni ta'minlaydi. V interfeys — asosiy imkoniylikni tashkil etish uchun oddiy ikki simli telefon abonent liniyasi ishlatiladi. Bu liniyadan raqamli axborot uzatiladi, ya'ni uzatish tezligi, sinxronlash usuli, dupleks aloqani tashkil etish va liniyali kodni bog'lovchi fizik sathdagi protokollardir. Abonent liniyasi bo'yicha nominal uzatish tezligi 144 kbit/s ni tashkil etadi. Uzatilayotgan raqamli oqim vaqt bo'yicha har biri 4 ms bo'lgan sikllarga bo'linadi. Bitta sikl 640 bitdan iborat bo'lib, ular 34 ta segmentga bo'lingan, shu jumladan, 32 ta segment W_1 - W_{32} sinxroso'z segmenti S_{yn} va boshqaruv segmenti. Har bir XVI segment 19 bitdan iborat, bundan 8 bit V1 kanal, 8 bit V2 kanal va 2 bit D kanal uchun, bittasi esa doimiy «0» qiymatga ega. S_{yn} segmenti 19 bitdan iborat bo'lib, barcha bitning qiymati «1» ga teng. S segmenti 13 bitdan iborat bo'lib, shulardan 12 tasi fizik sathning boshqaruv axborotini uzatish uchun xizmat qiladi, bir bit esa doimiy «0» qiymatga ega. Shunday qilib, 4 ms ichida 640 bit ma'lumot uzatilishi amalga oshiriladi, bu esa uzatish tezligining 160 kbit/s ga to'g'ri keladi.

Dupleks aloqani ikki usul bilan tashkil qilish mumkin:

1. «Ping-pong» deb ataluvchi ikki simli abonent liniyasi bo'yicha dupleks aloqani tashkil etish;

2. Differensial tizim asosida tashkil etish. «Ping-pong» usuli bo'yicha NT1 va LT o'rtasida o'zaro ma'lumot almashinuvi navbatma-navbat amalga oshiriladi, ya'ni NT1 dan LT ga va LT dan NT1 ga ma'lumot turli vaqtda uzatiladi. Bu usul apparatli jihozlarga ko'p xarajat talab qilmaydi, lekin bunda uzatish tezligini ikki marta oshirish zarur bo'ladi. Differensial tizim ishlatilganda ma'lumot uzatish ikkala yo'nalishda biryo'la amalga oshiriladi. Biroq differensial tizimning nomukammalligi va liniya ulanganda aniq moslashtirishga erishish mumkin bo'lmaganligi tufayli aks sado (exo) deb ataladigan signal paydo bo'ladi.

Bu signalni qoplash uchun maxsus adaptiv filtr ishlatiladi, u qabul qilgichning chiqishida aks sado signalini qoplashni ta'minlaydi. Bu usul apparatli uskunalar ishlatilishi tufayli murakkab bo'lishiga qaramay, amaliyotda «Ping-pong» usuliga qaraganda aloqaning sifatini yaxshiroq ta'minlaydi. S va T



1.27-rasm. V interfeysining siklik tuzilishi.

interfeyslar (foydalanuvchi tarmog'i) S interfeys tarmoq va foydalanuvchi apparati o'rtasida chegara bo'lib xizmat qiladi. Foydalanuvchi har bir S interfeysning standart portiga IXKRT talablariga javob beradigan S tagacha chetki uskunalar ulash imkoniga ega. S interfeysining asosiy vazifalari quyidagilardan iborat:

- bitta portga 8 tagacha chetki uskunalar ulash imkoniga ega;
- bir necha chetki uskunalar uchun biryo'la ma'lumot almashinuvini ta'minlash imkonini beradi;
- kelayotgan chaqiruvlarni ularning vazifasiga qarab chetki uskunalar o'rtasida taqsimlaydi;
- 6 dB dan ortiq bo'lmagan so'nish bilan S interfeysning hududida ma'lumot uzatishni ta'minlaydi.

S interfeysdan chetki uskunagacha bo'lgan liniya uskunali liniya deb ataladi va u har doim 4 simli bo'ladi. Yuqorida keltirilgan vazifalarni amalga oshirish N12 ga yuklatilgan. NT2 S-daraja vazifalarini, qisman 2-daraja hamda agar chetki uskunalar ulashga bir necha port bo'lsa, u holda 3-daraja vazifasini ham bajaradi.

LT guruhidan keluvchi raqamli oqimlarni multipleksorlashni ET ta'minlaydi. ET ni unifikatsiyalash nuqtayi nazaridan, 312 k-naldan iborat standart uzatish tezligi 2048 kbit/s bo'lgan birlamchi raqamli uzatish tizimini ishlatish maqsadga muvofiq.

Intellectual tarmoqlar

Intellectual tarmoqlar (IT) texnologiyalari XX asrning 90-yillarida ishlana boshlandi. Elektr aloqa xalqaro ittifoqining 1992-yil tavsiyasida intellektual tarmoqning asosiy maqsadi ommaviy foydalanuvchiga axborot xizmatlarini tez, samarali va tejamkor ko'rsatishdir deyilgan. IT ko'rsatadigan xizmatlar to'plami ikki guruhga bo'linadi:

1. Xizmatlarning asosiy turlari.
2. Xizmatlarning qo'shimcha turlari (XQT).

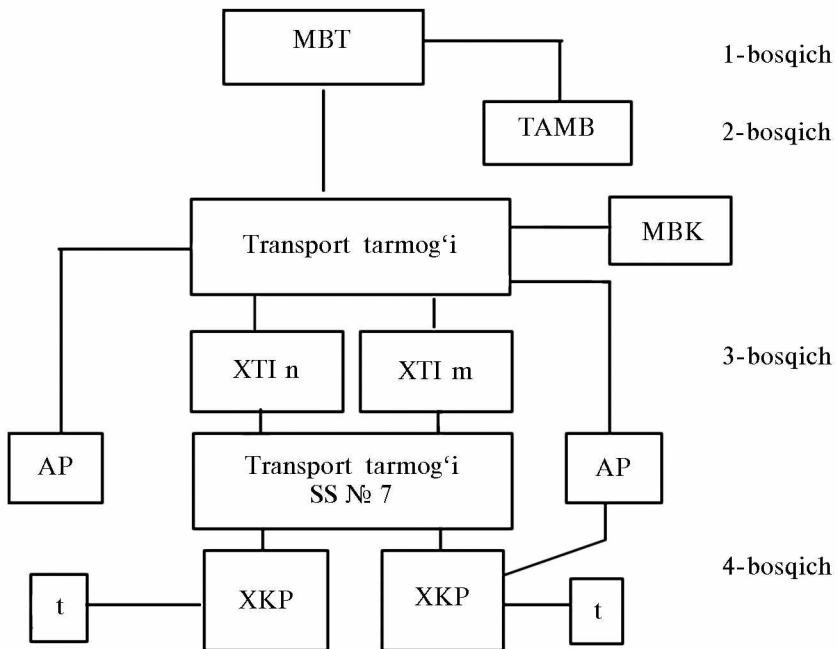
Asosiy xizmatlar — ulanishlar o'rnatilish jarayonlari (KK da), tarifikatsiyalar, virtual ulanishlarni tashkil etish (PK da), tarmoq elementlari orasida paketlarni uzatish jarayonlari bilan bog'liq. Asosiy xizmatlar, odatda, kam o'zgaradi va har bir chaqiriqqa xizmat ko'rsatishda tarmoq tomonidan amalga oshiriladi. Qo'shimcha xizmat turlari juda ham xilma-xildir,

masalan: kirishning universal nomeri; shaxsiy nomer; «yashil telefon».

Intellectual tarmoq qo'shimcha xizmatlar turini ko'rsatish asosiy xizmatlardan ajratilgan yangi konsepsiya asosida quriladi.

Qo'shimcha xizmat ko'rsatish turlarining mohiyatini ko'rib chiqamiz.

Kirishning universal nomeri xizmati – korxonaning yagona nomeri bo'yicha shu tashkilotning kerakli abonent bilan aloqa o'rnatish imkoniyatini beradi.



1.28-rasm. Intellectual tarmoqning strukturasi.

Shaxsiy nomer xizmati – bu xizmat harakatdagi aloqa abonentlari foydalanadigan xizmatga o'xshash. Uni olish uchun abonent IT da qayd etiladi va mantiqiy nomer oladi, shu nomer bo'yicha qayerda bo'lishidan qat'i nazar uni topish mumkin.

Yashil telefon xizmati – ushbu xizmat chaqirilayotgan abonentning gaplashgani uchun haqni to'lashni ta'minlashi mumkin.

IT iyerarxik usulda quriladi va u to'rtta pog'onaga ega.

Birinchi (yuqori) pog'onada — tarmoq resurslarini boshqaruvchi ma'muriy tizim joylashgan.

Ikkinchi pog'onada — tarmoq ma'lumotlarining axborot bazasi mavjud.

Uchinchi pog'onada — xizmat turlarining interpretatorlari ishlaydi.

To'rtinchi (quyi) pog'onada — xizmatlarni kommutatsiyalovchi punktlar joylashgan.

Pog'onalarning qisqacha funksiyalari quyidagicha.

Birinchi pog'ona uchinchi pog'onaga xizmat ko'rsatish bo'yicha foydalanishning texnik vositalarini taqdim etadi.

Ikkinchi pog'ona tashqi ma'lumotlar bazalari bilan X.25 protokoli yoki 7 — signalizatsiya tizimi bo'yicha paketlar kommutatsiyasi tarmog'i orqali ayirboshlashni o'tkazishi mumkin.

Uchinchi pog'ona xizmatlar protokollari amalga oshirilishini nazorat qiladi.

To'rtinchi pog'ona foydalanuvchi terayotgan kod bo'yicha ko'rsatiladigan xizmatga talabni aniqlaydi va xizmat turlarining interpretatoriga talabnomani shakllantiradi.

Foydalanuvchilarga qo'shimcha xizmat ko'rsatish uchun ular umumiy foydalanish tarmog'i yoki idoraviy tarmoqqa ulanishidan qat'i nazar, xizmatlarni kommutatsiyalovchi modullarni qo'shish zarur.

1.5. Ma'lumotlarni uzatishda foydalaniladigan signallarning logarifmik birliklari

Ma'lumotlarni uzatishda foydalaniladigan signallar vaqt davomida o'zgarib turuvchi elektr quvvat, kuchlanish yoki tokni ifodalaydi. Signallarning oniy kuchlanish yoki tok qiymatlarining o'zgarishi uzatilayotgan ma'lumotlar bilan bir xil bo'ladi.

Signallar va xalaqitlarning uzatish kanallari va traktlarining turli nuqtalaridagi kuchlanish (tok) qiymatlari pikovolt (piko-amper)dan o'n volt (amper)gacha kattalikka ega. O'lchanayotgan va hisoblanayotganda duch keladigan tok quvvatlari pikovattning ulushlaridan bir butun vattgacha kattalikka ega bo'ladi. Qiymatlari keng diapazonda (u millimetrdan million kilometrgacha uzunlikdagi diapazondan keng) joylashgan kattaliklarni o'lchash va hisoblashni

osonlashtirish uchun hamda o'lash va hisoblash natijalarini solishtirish uchun ko'paytirish va bo'lish amallari, mos ravishda, qo'shish va ayirish amallari bilan almashtiriladi, vattlar, voltlar va amperlar (yoki ularning ulushlari)da ifodalangan quvvat, kuchlanish va tok kattaliklari o'rniga bu kattaliklarning hisoblash uchun qabul qilingan shartli kattaliklarga nisbatining logarifmlaridan foydalaniladi. Bir xil ishorali kattaliklar nisbatining o'nli logarifmlarini ifodalovchi uzatish sathlari detsibellar (dB), bir xil ishorali kattaliklar nisbatining natural logarifmlarini ifodalovchi uzatish sathlari esa neperlar (Np) deyiladi. Hozirgi paytda detsibellardan foydalanish qabul qilingan.

Uzatish sathlarining quyidagi turlari mavjud:
quvvat bo'yicha:

$$p_{\text{nq}} = 10 \log \frac{W_x}{W_o}, \text{ dB yoki } p_{\text{nq}} = \frac{1}{2} \ln \frac{W_x}{W_o}, \text{ Np}; \quad (1.1)$$

kuchlanish bo'yicha:

$$p_{\text{nk}} = 20 \log \frac{U_x}{U_o}, \text{ dB yoki } p_{\text{nk}} = \ln \frac{U_x}{U_o}, \text{ Np}; \quad (1.2)$$

tok bo'yicha:

$$p_{\text{nt}} = 20 \log \frac{I_x}{I_o}, \text{ dB yoki } p_{\text{nt}} = \ln \frac{I_x}{I_o}, \text{ Np}. \quad (1.3)$$

dB va Np da ifodalangan uzatish sathlari o'rtasida quyidagi munosabatlar mavjud: $1 \text{ Np} \approx 8,686 \text{ dB}$ va $1 \text{ dB} \approx 0,115 \text{ Np}$.

Bu formulalarda W_x , U_x va I_x — quvvat yoki aktiv quvvat, kuchlanish va tokning tekshirilayotgan nuqtadagi tegishli kattaliklari, W_o , U_o va I_o esa — uzatish sathlarini aniqlashda ularning qabul qilingan boshlang'ich kattaliklari.

Quvvat (p_{nq}), kuchlanish (p_{nk}) va tok (p_{nt})ning (1...3) formulalar orqali aniqlangan uzatish sathlarini nisbiy uzatish sathlari deyiladi va, mos ravishda, dB_{nq} , dB_{nk} , dB_{nt} bilan belgilanadi.

Agar W_x quvvat, U_x kuchlanish yoki I_x tok kattaliklari W_o quvvat, U_o kuchlanish, I_o tokning boshlang'ich kattaliklaridan katta bo'lsa, uzatish sathlari musbat, aks holda, uzatish sathlari manfiy qiymatga ega bo'ladi. $W_x = W_o$, $U_x = U_o$ va $I_x = I_o$ bo'lgan holda yuqorida aytilgan uzatish sathlari nol qiymatli bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Aloqa, axborot, signal, signal parametrlari tushunchalarini tushuntirib bering.
2. Uzatish kanali va uzatish tizimi deb nimaga aytiladi?
3. Uzatish muhiti sifatida qanday liniyalardan foydalaniladi?
4. Aloqa tarmoqlari qanday tuziladi?
5. Birlamchi tarmoq deganda nima tushuniladi?
6. Ikkilamchi tarmoq deganda nima tushuniladi?
7. Telekommunikatsiya tarmoqlari, ularning klassifikatsiyasi.
8. Telekommunikatsiya tarmoqlarining vazifalari va tarkibini soʻzlab bering.
9. Telekommunikatsiya tarmoqlari qaysi prinsip asosida tuzilgan?
10. Telekommunikatsiya tarmoqlarida qanday kommutatsiya usullari mavjud?

2.1. Uzatish tizimlarining tuzilish prinsipi

Elektr aloqaning birlamchi signali deb ma'lumot o'zgartirgichining chiqishidan olinadigan elektr signaliga aytiladi.

Birlamchi signal « $x(t)$ » parametri kattaligining o'zgarishi uzatilayotgan ma'lumotni bir xil tarzda aks ettiradi. Ushbu birlamchi signal parametri *taqdim etiluvchi parametr* yoki *axborot parametri* deyiladi. Garmonik elektr signalning amplitudasi, chastotasi yoki fazasi; impulslar davriy ketma-ketligining amplitudasi, davomiyligi yoki fazasi; kod kombinatsiyalarining tuzilishi, razryadi va boshqa bunday parametrlarga misol bo'la oladi.

Telekommunikatsiya tizimlari va tarmoqlari (TKTT) tuzilishidagi birlamchi signal eltish obyekti hisoblanadi, shuning uchun u uzatkichdan qabul qilgichga kanal orqali uzatilishi kerak. Telekommunikatsiya tizimlari signalni bir joydan boshqa joyga eltib qo'yish texnikasini, telekommunikatsiya tarmoqlari esa o'ziga xos *eltish tarmog'ini (transport tarmog'ini)* ifodalaydi.

Signalning T_s davomiyligi birlamchi parametr hisoblanadi, u signalning mavjud bo'lish vaqti oralig'ini belgilaydi.

Birlamchi signalning *o'rtacha quvvati* quyidagi ifoda orqali aniqlanadi

$$W_{o.r} = \frac{1}{TR} \int_0^T U^2(t) dt, \quad (2.1)$$

bu yerda: T — o'rtachalash davri; agar $T = 1$ daqiqa bo'lsa, bunday o'rtacha quvvat bir daqiqa davom etadigan o'rtacha quvvat, agar $T=1$ soat bo'lsa, bir soat davom etadigan o'rtacha quvvat va $T \gg 1$ soat bo'lganda, uzoq vaqt davom etadigan o'rtacha quvvat deyiladi; R — yuklama qarshiligi, unda signalning o'rtacha quvvati 1 quvvat bilan tavsiflanadi. Maksimal quvvat tushunchasi orqali Uq amplitudali ekvivalent sinusoidal signal quvvati tushuniladi. Uning qiymati $U(t)$ signal o'zgaruvchi tashkil etuvchisining oniy qiymatlari orqali ma'lum kichik ehtimollik bilan oshadi. Turli xildagi signallar uchun qiymati 10^{-2} , 10^{-3} va hattoki 10^{-5} ga teng bo'ladi.

$W_{\min}$ minimal quvvat tushunchasi orqali U_q amplitudali ekvivalent sinusoidal signal quvvati tushuniladi; uning qiymati $U(t)$ signal o'zgaruvchi tashkil etuvchisining oniy qiymati orqali, odatda, $1 - \varepsilon = 0,98$ ga teng ma'lum ehtimollik bilan oshadi.

Kanalning konkret nuqtasida birlamchi signal quvvatlarining mumkin bo'lgan sochilishi D_s dinamik diapazon bilan tavsiflanadi. Dinamik diapazon tushunchasi orqali quyidagi ko'rinishdagi nisbat tushuniladi:

$$D_s = 10 \log \frac{W_{\max}}{W_{\min}}, \quad \text{dB}, \quad (2.2)$$

bu yerda: $W_{\max}$ — signalning kanalning biron-bir nuqtasidagi maksimal (cho'qqi) quvvati va $W_{\min}$ — minimal quvvati.

Signal maksimal quvvatining uning o'rtacha quvvatidan oshib ketishini Q_s pik-faktor deyiladi va u quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Q_s = 10 \log \frac{W_{\max}}{W_{\text{o'r}}}, \quad \text{dB}. \quad (2.3)$$

Birlamchi signal $W_{\text{o'r}}$ o'rtacha quvvat xalaqitining W_x o'rtacha quvvatidan oshib ketishini himoyalanganlik deyiladi, u quyidagiga teng:

$$A_h = 10 \log \frac{W_{\max}}{W}, \quad \text{dB}. \quad (2.4)$$

Birlamchi elektr aloqa signallari (uzluksiz va diskret) vaqtning nodavriy funksiyalari hisoblanadi. Bunday signallarga tarkibida chastotaviy tashkil etuvchilarining soni cheksiz bo'lgan tutash spektr to'g'ri keladi. Biroq chastotalar diapazonini har doim ko'rsatish kerak. Bu diapazon chegarasida signalning asosiy (90 foizdan kam bo'lmagan) energiyasi to'plangan bo'lib, uning kengligi quyidagiga teng:

$$\Delta T_s = T_{\max} - T_{\min}, \quad (2.5)$$

bu yerda: $T_{\min}$ — birlamchi signalning minimal chastotasi; $T_{\max}$ — uning maksimal chastotasi. Bu diapazonni signalning effektiv uzatilayotgan chastotalar polosasi ham deyiladi. Bu chastotalar polosasi birlamchi signallarning konkret turini uzatish sifatiga qo'yilgan talablardan kelib chiqqan holda tajribada belgilanadi.

Birlamchi signalning uchta fizik parametrlari: T_s davomiyligi, D_s dinamik diapazoni va ΔT_s effektiv uzatilayotgan chastotalar polosasining ko'paytmasi, ya'ni

$$V_s = T_s \cdot D_s \cdot \Delta T_s \quad \text{ni} \quad (2.6)$$

birlamchi signalning hajmi deyiladi.

Analog (uzluksiz) signal. Taqdim etiluvchi (axborot) parametrlar kattaligi uzluksiz juda ko'p holatlarni qabul qilishi mumkin bo'lgan elektr aloqa signalini analog (uzluksiz) signal deyiladi. Agar impulsli signalning parametrlaridan (amplitudasi, davomiyligi, takrorlanish chastotasi, fazasi) biri cheksiz juda ko'p holatlarni qabul qilsa, u analog signalga aylanadi.

Diskret (uzlukli) signal. Taqdim etiluvchi parametrlardan birining kattaligi kvantlansa, ya'ni sanaladigan juda ko'p holatlarga ega bo'lsa, elektr aloqa signalini diskret (uzlukli) signal deyiladi.

Raqamli signal. Taqdim etiluvchi parametrlardan birining sanaladigan juda ko'p kattaliklari kod kombinatsiyalarining cheklangan to'plamlari orqali izohlanadi. Ma'lumotlarni uzatish va telegraf signallari, teleboshqaruv va telenazorat, telemexanika va boshqalarning signallari raqamli signalga misol bo'la oladi.

Agar birlamchi signalning effektiv uzatilayotgan chastotalar polosasining chegaraviy chastotalar nisbati $T_{\text{maks}} / T_{\text{min}} \leq 2$ bo'lsa, bunday signallarni *tor polosali*, agar $T_{\text{maks}} / T_{\text{min}} \gg 2$ bo'lsa, bunday signallarni *keng polosali* signallar deyiladi.

Birlamchi signallarning uzatilayotgan ma'lumotlarning turiga oid tasnifi *telefon (so'zlashuv)* signallari va *tovushli eshittirish* signallari, *ma'lumotlarni uzatish* va *telegraf* signallari, *televizion signallar* va *faksimil signallar*, ma'lumotlarni uzatish signallarining xususiy holi bo'lgan telemexanika, teleboshqaruv va telenazorat signallarini o'z ichiga oladi.

Endi birlamchi signal turlarini qarab chiqamiz. Birlamchi signalning quyidagi turlari mavjud:

1. Telefon (so'zlashuv) signallari.
2. Tovushli eshittirish signallari.
3. Faksimil signallar.
4. Televizion signallar.
5. Ma'lumotlarni uzatish va telegraf signallari.

Axborot uzatish tizimi. Xabar turlari. Aloqa liniyalari

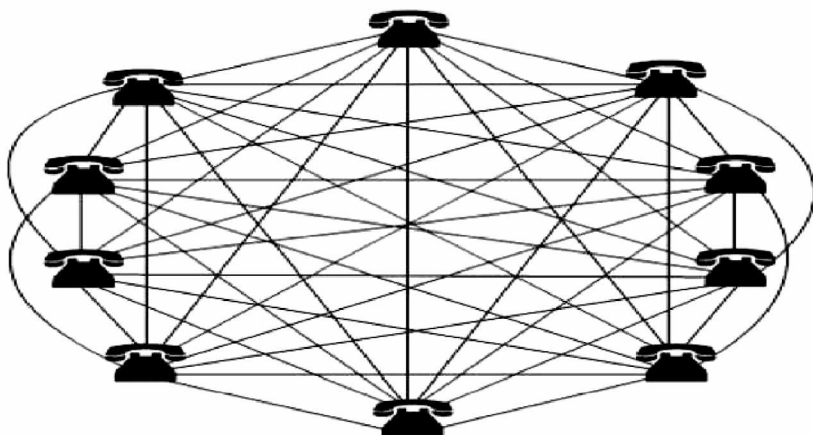
1832-yili rossiyalik Yakobi va amerikalik Morze elektr tokida ishlaydigan elektromagnit telegraf apparatini ixtiro qilganlar.

Shundan soʻng 1849–1854-yillarda Fransiyaning Parij shahri telegrafi vitse-inspektori vazifasida ishlagan muhandis-mexanik Sharl Bursel birinchi boʻlib telefon soʻzini fanga olib kirgan.

Elektromagnit telefon qurilmasini 1876-yilda amerikalik olim Aleksandr Bell ixtiro qilgan. Bell telefoni yordamida 500 metrgacha aloqani tashkil etish imkoniyati boʻlgan.

Rus olimi M.I. Maxalskiy tomonidan 1878-yilda koʻmirli mikrofon ixtiro qilingan.

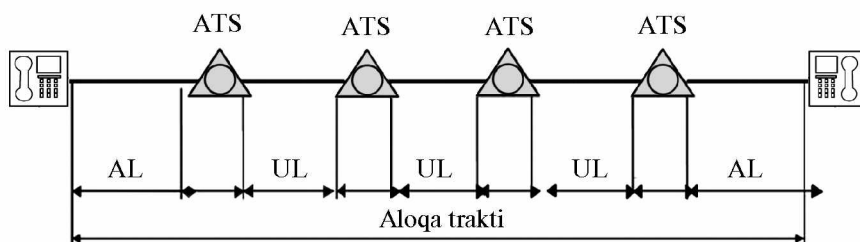
Telefon apparati 1879-yilda yaratilgan. Shundan soʻng simlarni toʻgʻridan toʻgʻri telefon qurilmalariga ulash orqali aloqa qilish yoʻlga qoʻyilgan.



2.1-rasm. «Har biri-har biri bilan» oʻzaro ulangan telefon apparatlarining strukturaviy koʻrinishi.

1878-yilda Nyu-Xeyven (AQSH) shahrida qoʻlda boshqariladigan eng birinchi telefon stansiyasi ishga tushirilgan.

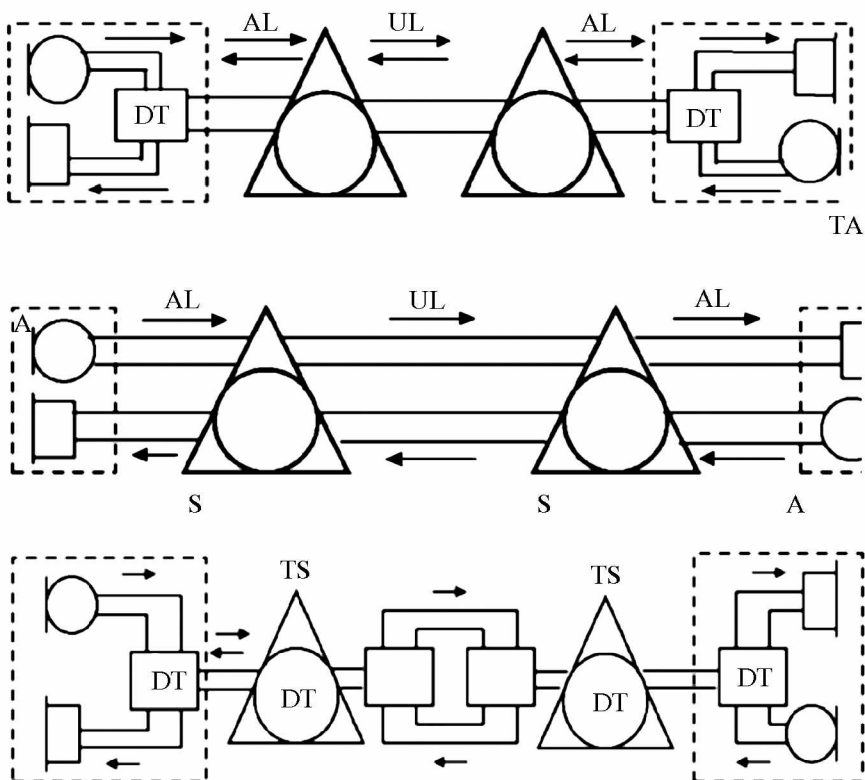
1887-yili rus muhandisi A.Mossitskiy kichik hajmdagi avtomatik telefon stansiyasini ishlab chiqdi.



2.2-rasm. Axborot uzatish tizimining umumiy koʻrinishi.

Axborot uzatish tarmog'i (telekommunikatsiya tarmog'i) bu uzatishlarning bir yoki bir necha turini: telefon, telegraf, faksimil turlarini, ma'lumotlar uzatish va hujjatli xabarlarining boshqa turlarini, televizion va radioeshittirish dasturlarini translatsiya qilishni ta'minlovchi telekommunikatsiya vositalarining majmuyi hisoblanib, axborot uzatish tarmog'i belgilangan maqsadiga ko'ra umumiy foydalanishdagi, idoraviy va ajratilgan telekommunikatsiyalar tarmoqlariga bo'linadi. 2.2-rasmda axborot uzatish tizimining umumiy ko'rinishi keltirilgan.

Telefon aloqasida tovush ma'lumotlari M-mikrofon qurilmasida elektr tokiga aylantiriladi va ikki, to'rt yoki aralash simli ulash traktlari orqali B-abonentga yetkazib beriladi va B-abonentning T-telefon qurilmasi orqali elektr tokidan tovush signaliga aylantiriladi. 2.3-rasmda ikki, to'rt va aralash simli ulash traktlarining umumiy ko'rinishi keltirilgan.



2.3-rasm. Ikki, to'rt va aralash simli uzatish traktlari.

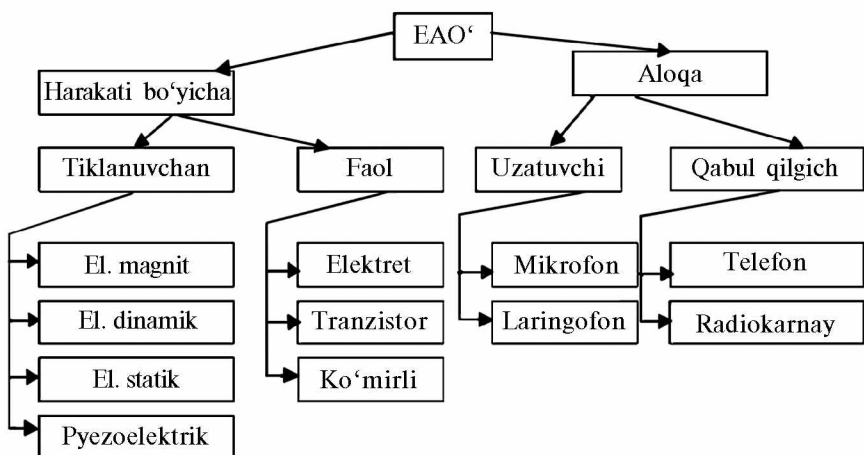
Ulash trakti ikki, to'rt yoki aralash ikki va to'rt simli uchastkalardan iborat bo'lishi mumkin va u ma'lumotni uzatish vaqtidagina hosil qilinadi. Bu trakti hosil qilish uchun telefon apparatlari tarkibida EAU va AEU qurilmalaridan tashqari chaqirilayotgan abonent raqamini uzatish, raqam tergich, chaqiriq signallarini qabul qilish va so'zlashuvni amalga oshirish qurilmalari mavjud. Ulash trakti ikkita ikki simli bir tomonlama uzatuvchi traktidan iborat bo'lib, bu traktlar birgalikda ikki tomonlama aloqani ta'minlaydi. To'rt simli ulash traktini fizik kabel yoki havo liniyasi hamda kanallarni chastota yoki vaqt bo'yicha bo'luvchi ko'p kanalli uzatish tizimlari yordamida hosil qilish mumkin. To'rt simli ulash trakti sifat ko'rsatkichlari ikki simli traktga nisbatan yuqori, bunda mikrofon va telefonning o'zaro ta'siri yo'q. Lekin bunday ulash traktini hosil qilish iqtisodiy jihatdan samarali emas. Shuning uchun abonentlarning telefon apparatlarida to'rt simli liniyani ikki simli liniyaga o'zgartirish imkoniyatini beruvchi qurilma o'rnatiladi. Bu qurilma yordamida telefon apparati ikki simli abonent liniyasiga ulanadi. Ulash liniyalarining samaradorligini oshirish uchun ko'p kanalli uzatish tizimlari qo'llaniladi. Bunday hollarda ikki simli traktidan to'rt simli traktga va aksincha, to'rt simli traktidan ikki simli traktga o'tish zaruriyati tug'iladi. Bunday hollarda shunday imkoniyatni yaratuvchi differensial tizim (DT) deb nomlangan qurilma qo'llaniladi.

Ko'p kanalli uzatish tizimi analog nutq signali uzatilayotganda chastotali kanalning hamma spektrini oladi va ortig'ini hisobga olib hosil qilinadi. Agar nutq signalini keraksiz ortiqchalikdan tozalanib, kerakli aniqlik va kerakli ovoz balandligini ta'minlash uchun kerak bo'lgan qismi olib qolinsa, bir vaqtda bir necha nutq xabarlarini bitta tonal chastotali kanaldan uzatish imkoni yaratiladi.

Foydalanuvchi terminallari

Elektr energiyasini tovushga (akustik) yoki tovushli energiyani elektr energiyasiga o'zgartirib beruvchi qurilmaga *elektr-akustik o'zgartiruvchi* deyiladi (EAO'). Telefon apparatida so'zlashuvni uzatish uchun turli xil elektr akustik o'zgartiruvchilar ishlatiladi. Ular ishlash jarayoni va vazifasi bo'yicha 2.4-rasmda ko'rsatilgandek sinflarga ajratiladi.

Ishlash jarayoni harakati bo'yicha elektromagnit-elektro-dinamik, elektrostatik (kondensatorli), pyezoelektrik, ko'mirli tranzistorlarga bo'linadi. Ko'mirli va tranzistorlidan tashqari yuqorida ko'rsatilgan o'zgartirgichlar tizimi ham mikrofon sifatida, ham



2.4-rasm. EAO' sinflari.

telefon sifatida ishlay oladi. Shuning uchun ular aylana oladigan, ya'ni tiklanuvchan o'zgartirgichlar deyiladi. Ko'mirli, kondensatorli va tranzistorli o'zgartirgichlar o'z ishi uchun elektr energiya oziqa manbai talab qiladi, shuning uchun ular faol deb ataladi.

Vazifasi bo'yicha o'zgartirgichlar uzatuvchi: mikrofon, laringofonlarga va qabul qiluvchilar: telefonlar va radiokarnaylarga bo'linadi.

Eng keng tarqalgan xabar turi harf-raqamli hisoblanadi. Bu xabar uzunligi 100—200 gacha, bundan ham ortiq simvollaridan iborat istalgan matn bo'lishi mumkin. Raqamli yoki harf-raqamli xabarlar peyjer displeyda aks ettiriladi. Displeyda 1—8 qator, har bir qatorda 12—20 simvol bo'lishi mumkin. Uzun xabarlar bo'lak-bo'lak qilib uzatiladi.

Faksimil apparati. Faks (fototelegramma) — bu harakatsiz tasvir (rasm, chizma, fotografiya, gazeta matni)ni uzatishdir. Bunda tasvirdan qaytgan yorug'lik, nur oqimi elektr signalga aylantiriladi va liniya orqali uzatiladi.

2.2. Birlamchi signallar va ularning fizik tavsiflari

Telefon (so'zlashuv) signallari

Ovoz boylamlari tovush yorig'ini goh siqib, goh ochib havoni impuls-impuls tarzida o'tkazadi, ularning takrorlanish chastotasi *asosiy ton* deyiladi. Asosiy tonning chastotasi 50 ... 80 Hz (eng past ovoz — bas)dan 200... 250 Hz (ayol va bolalar ovozi)gacha chegarada yotadi.

Asosiy ton impuls-lari soni ko'p bo'lgan (40 tagacha) qo'shimcha yuqori ton – garmonikalarni o'z ichiga oladi. Garmonikalar amplitudasi asosiy ton balandligining har bir oktavaga ko'tarilishi (ya'ni asosiy ton chastotasini ikki baravarga oshirish) bilan taxminan 12 dB tezlikda kamayadi. Masalan, asosiy ton impuls-larini 100 Hz chastotali tashkil etuvchisining amplitudasi uning 200 Hz li ikkinchi garmonikasining amplitudasidan 12 dB ga, bu, o'z navbatida, unga tegishli 400 Hz li ikkinchi garmonikasini- kidan 12 dB ga, 400 Hz chastotali ikkinchi garmonikasining amplitudasi esa 800 Hz li tashkil etuvchisining amplitudasidan 12 dB ga va h.k. katta bo'ladi.

Og'izdan taralayotgan tovush (unli) spektrining manzarasi 2.5-rasmda tasvirlangan ko'rinishni oladi, bu yerda quyidagi belgilashlar qabul qilingan:

p — asosiy ton chastotasi spektr tashkil etuvchilarining darajalari;

f_0 — asosiy ton chastotasi; 1, 2, 3..., n — asosiy ton chastotasining garmonikalari.

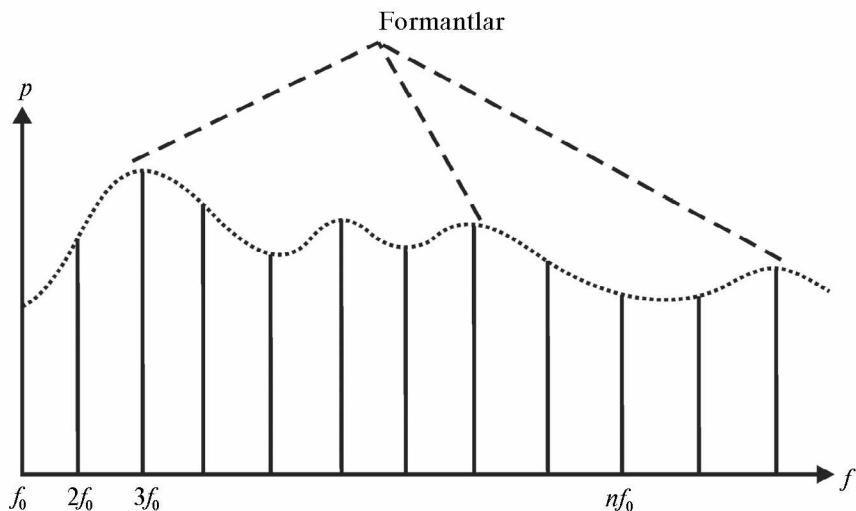
Unli tovushlardan undosh tovushlarga o'tishda (va aksincha) ma'lum chegarada asosiy ton chastotasining o'zgarishini sezish mumkin.

2.5-rasmda aniq tovush spektri uchun xos bo'lgan chastotalarning kuchaygan sohalarini yaqqol ko'rinib turibdi. Chastotalarning bu kuchaygan sohalarini formant sohalar yoki qisqacha *formantlar* deyiladi. So'zlashuv tovushlari bir-biridan formant soni va ularning chastotaviy sohada joylashishi bilan farqlanadi. Formantlar boshqa tashkil etuvchilardan kuchliroq bo'lganligi uchun ular u yoki bu tovushni hosil qilib, asosan, eshituvchining qulog'iga ta'sir qiladi.

Uzatilayotgan so'zlarning tushunarli bo'lishi eshituvchining qulog'iga formantning qaysi qismi buzilmay va qaysi qismi buzilib yetib kelayotganiga yoxud u yoki bu sabablar tufayli eshitilmay qolishiga bog'liq. Spektrning 2.5-rasmda ifodalangan ko'rinishi ma'lum davriylikka ega unli tovushlarning talaffuz etilishiga to'g'ri keladi. Ko'pgina undosh tovushlar nodavriydir va ularning chastotaviy spektrlari yoki to'liq tutash bo'ladi, yoki tarkibida tutash spektr sohasi mavjud bo'ladi.

Ayrim eng yuqori tovushlarda oltita kuchaytirilgan chastotaviy soha borligini sezish mumkin. Ulardan ba'zilar ma'lum energiyaga ega bo'lsa ham, tovushlarni aniqlashda hech qanday ahamiyatga

ega emas. Dastlabki birinchi, ikkinchi formantlar (chastotalar o'qidagi) muhim hisoblanadi va ulardan birtasi uzatishdan chiqarilsa, bu uzatilayotgan tovushning buzilishiga olib keladi, ya'ni uzatilayotgan tovushni boshqa tovushga aylantiradi yoki unda inson nutqiga oid belgilar butunlay yo'qoladi. So'zlashuv tovushlarining dastlabki uchta formanti 300 dan 3400 Hz gacha chastotalar oralig'ida yotadi va bu uzatilayotgan so'zning yaxshi tushunarli bo'lishini ta'minlash, ovozning tabiiy jarangdorligi, tembrini saqlash va so'zlovchini tanib olish uchun chastotalarning bu oralig'ini yetarli, deb hisoblashga imkon beradi.



2.5-rasm. Tovushni shakllantirish spektri.

Demak, telefon signalining effektiv uzatilayotgan chastotalar oralig'ini $\Delta F_t = 0,3 \dots 3,4$ kHz ga teng, deb qabul qilish mumkin.

Telefon apparatlari mikrofonlarining tavsiflarini, telefon tarmoqlari abonent va ulash liniyalarining turlari va tavsiflarini, so'zlovchining o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda, telefon signalining minimal, maksimal va o'rtacha quvvatlarini aniqlash bo'yicha tadqiqotlar quyidagi xulosalarni chiqarishga imkon beradi:

- telefon signali manbayining o'rtacha faolligi:

$$\eta_t = 0,25 \dots 0,35 \quad (2.7)$$

ga ega bo'lganda, telefon signalining nol nisbiy darajali nuqtadagi minimal quvvati $W_{t \min} = 0,1$ m kW 0 ga teng;

· telefon signali manbaning faollik intervallarida joylashgan nol nisbiy darajali nuqtada o'rtacha quvvati $W_{t.o'r.} = 88 \text{ mW}$ ga teng;

· telefon signalining nol nisbiy darajali nuqtadagi $\varepsilon = 10-5$ oshirish ehtimolligi bilan maksimal quvvati $W_{t.maks} = 2220 \text{ mW}$ ga teng.

(2.2 va 2.3) formulalarga binoan, dinamik diapazon va cho'qqi-faktor tegishli ravishda $D_t = 43 \text{ dB}$ ga (amaldagi hisoblashlarda $D_t = 40 \text{ dB}$ ga teng, deb olinadi) va $Q_t = 14 \text{ dB}$ ga teng bo'ladi (buning ham hisoblashlardagisi olinadi).

(2.7) formuladan foydalanib va unga $\eta_t = 0,33$, $\Delta GT = 3400 - 300 = 3100 \text{ Hz}$, $W_{t.o'r.} = 88 \text{ mW}$ 0 va xalaqit quvvati $W_x = 0,1 \text{ mW}$ 0 qiymatlarni qo'yib (bu yetarlicha bo'lishi mumkin), telefon signalidagi axborot miqdori $I_t = 10000 \text{ bit/s}$ ga tengligini topamiz.

Tovushli eshittirish signallari

Yuqori sifatli mikrofonlar tovushli eshittirish birlamchi signallarining manbalari hisoblanadi. Bu signallar turli xildagi signallarning almashinishi: nutq (diktir nutqini alohida ajratish kerak), badiiy o'qish (so'zlar va musiqa birikmalari), yakka ijro dan simfonik orkestrlarda ijro etiladigan musiqiy vokal va cholg'u asboblari asarlarining almashinishini ifodalaydi.

Eshittirish signallarining chastotaviy spektri 15 dan (baraban tovushi) 20000 Hz gacha bo'lgan chastotalar oralig'ini egallaydi. Lekin eshittirish signallarini uzatishga yo'naltirilgan ΔT_{te} effektiv uzatilayotgan chastotalar oralig'i (EUCHP)ni tiklash sifatiga qo'yiladigan talablarga qarab, chastotalar oralig'i ma'lum darajada chegaralangan bo'lishi mumkin. Tovushli eshittirish signallarini yuqori sifatda tiklash uchun uning ECHUO 50 . . . 10 000 Hz ni tashkil qilishi kerak. Eshittirish dasturlarining benuqson eshittirishiga erishish uchun eshittirish signalining chastotalar oralig'i 30 ... 15 000 Hz ni tashkil etishi kerak lozim.

Eshittirish signali $W_{o'te}$ o'rtacha quvvatining qiymati o'rtachalashtirish intervaliga ma'lum darajada bog'liq. Signalning nol nisbiy darajali nuqtadagi quvvati o'rtachalashtirilganda 1 soatda 923 mW 0 ni, 1 daqiqada 2230 mW 0 ni va 1 soniyada 4500 mW 0 ni tashkil qiladi. Tovushli eshittirish signalining $W_{maks\ te}$ maksimal quvvati shu nuqtada 8000 mW 0 ni tashkil etadi.

Eshittirish signalining D_{te} dinamik diapazoni ancha keng bo'lganligi uchun minimal quvvatli (masalan, sokin yoz kechasidagi

barglarning shitirlashi) hamda maksimal quvvatli signallar (masalan, parvoz qilayotgan layner motorlarining guvillashi)ni uzatish mumkin va u 100 ...110 dB kattalikka yetadi. Diktor nutqining dinamik diapazoni 25 ... 35 dB ga, badiiy o'qishniki — 40 ... 50 dB ga, uncha katta bo'lmagan vokal va cholg'u ansamblariniki — 45 ... 55 dB ga, simfonik orkestrniki — 60 ... 65 dB ga teng.

Eshittirish signalining dinamik diapazoni belgilanayotganda signalning quvvatini ε oshirish ehtimolligi 2 foizni tashkil etsa, uning quvvat darajasi maksimal, signalning quvvatini oshirish ε ehtimolligi 98 foizni tashkil etsa, uning quvvat darajasi minimal bo'ladi.

Dinamik diapazon $D_{te} = 65$ dB bo'lganda, tovush eshittirish signallari sifatli uzatiladi va qabul qilinadi.

Tovushli eshittirish signalining potensial (imkoniyat darajasidagi) axborot hajmi xalaqitning real qiymatlarida EUCHPning kengligiga qarab, 140 ... 200 kbit/s oralig'ida yotadi.

Faksimil signallar

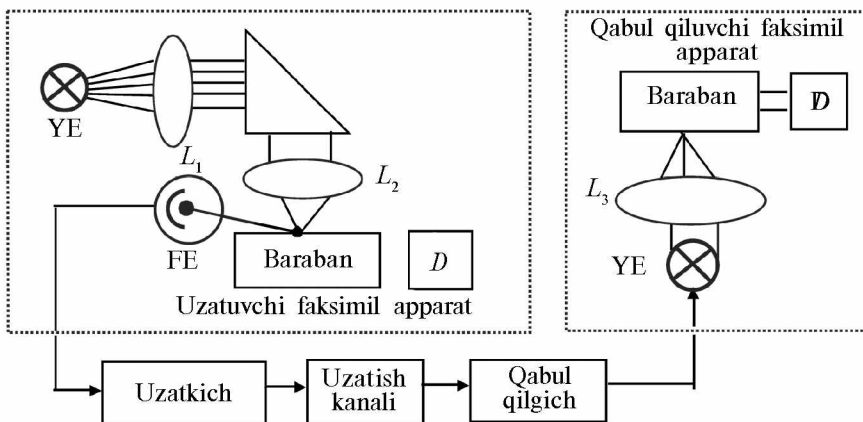
Faksimil aloqa elektr aloqa turlaridan biri bo'lib, u qo'zg'almas tasvirlar: fotografiyalar, chizmalar, matnlar (shu jumladan, qo'lyozmalarni ham), gazeta sahifalari va b.ni uzatishni ta'minlaydi. Birlamchi faksimil signallar qo'zg'almas tasvirning elektr optik yoyilish jarayoni yordamida olinadi. Tasvir elementlaridan qaytgan yorug'lik oqimining elektr oqimiga o'zgarishiga *elektr optik yoyilish* deyiladi. Birlamchi faksimil signalni hosil qiluvchi modellardan birining soddasi chizmasi 2.6-rasmda keltirilgan.

Uzatilayotgan tasvir tegishli formatdagi varaqda D elektr dvigatelining valida joylashgan uzatuvchi faksimil apparati barabanining ustiga qo'yiladi; yoritish elementi — YE (yorug'lik diodi, lazer diodi), L_1 , L_2 optik linzalar tizimlaridan tarkib topgan uzatuvchi faksimil apparatning optik tizimi tasvirning sirtida kichik diametrli ravshan yorug' dog'ni hosil qiladi. Bu dog' baraban o'qi bo'ylab siljiydi.

Baraban aylanayotganda yorug' dog' spiral orqali barabanni gir aylanib chiqadi va shu yo'l bilan tasvirning barcha elementlarini skanerlaydi. Tasvir elementlaridan qaytgan yorug'lik oqimi fotoelement (FE)ga ta'sir qiladi, bunda tasvir elementi qancha yorug' (oq) bo'lsa, yorug'lik oqimi fotoelement zanjirida shuncha katta tok hosil qiladi. Natijada FE zanjirida pulslanuvchi $i_F(t)$ tok hosil bo'ladi, uning oniy qiymati tasvir elementlarining qaytarish qobiliyati bilan aniqlanadi.

Soʻngra faksimil signal toki signalning parametrlarini uzatish kanalining parametrlariga moslashtiruvchi, demak, birlamchi faksimil signalni shakllantiruvchi «Uzatkich»ga kelib tushadi.

Faksimil signal uzatish kanalining chiqishidan «Qabul qilgich»ga, keyin qabul qiluvchi faksimil apparatning yoritish elementi — YE (yorugʻlik diodi yoki lazer diod)ga kelib tushadi.



2.6-rasm. Faksimil signalni shakllantirish va uzatishning tuzilish chizmasi.

YE yorugʻlik oqimining jadalligi «Qabul qilgich»ning chiqishidagi signalning oniy qiymatiga mutanosibdir. Yorugʻlik dastasi L_3 linza tizimi bilan fokuslanadi va yorugʻlik — sezgir qogʻoz mahkamlangan qabul qiluvchi apparatning barabaniga uzatiladi. Qabul qiluvchi apparatning barabani uzatuvchi apparatning barabani bilan sinxron va sinfaz tarzda aylanadi. Yorugʻ dogʻ xuddi «Uzatkich»dagiga oʻxshab, barabanning oʻqi boʻylab yorugʻlikni sezuvchi qogʻoz boʻyicha siljiydi va uzatilayotgan tasvirning nusxasini shakllantiradi.

Faksimil signalning chastotaviy spektri uzatilayotgan tasvirning xususiyati, yoyilish (barabanning aylanish) tezligi va tahlil qilinayotgan yorugʻ dogʻning oʻlchami orqali aniqlanadi. Tasvirning kengligi yorugʻ dogʻning diametriga teng oq va qora maydonlari navbatma-navbat almashinayotganda, faksimil signalning chastotasi maksimal qiymatga erishadi.

Xalqaro elektr aloqa ittifoqi (XEAI) tomonidan faksimil apparatlarning quyidagi parametrlari tavsiya qilingan: $N=120, 90$

va 60 ayl/daq; baraban diametri $D=70$ mm va yorug' dog' diametri $d=0,15$ mm. Formuladan tegishli ravishda quyidagilarni olish mumkin: $N=120$ ayl/daq uchun $f_f=1465$ Hz; $N=90$ ayl/daq uchun $f_f=1100$ Hz; $N=60$ ayl/daq uchun $f_f=732$ Hz. Gazeta sahifalarini uzatishda signal chastotasi 180 ... 250 Hz ga yetadi.

Real tasvirlarni uzatishda murakkab shaklli birlamchi signal hosil bo'ladi, uning energetik spektri 0 dan f_f gacha chastotalarni o'z ichiga oladi. Tasvirlarning xususiyatiga ko'ra, ular shtrixlangan va yarim tonli tasvirlarga bo'linadi. Tarkibida ikkita yoritilganlik gradatsiyasi bo'lgan shtrixlangan va gradatsiyalar soni faksimil ma'lumotni uzatish sifatlariga qo'yilgan talablarga qarab aniqlanadigan tasvir yarim tonli tasvir bo'ladi.

Gazetalarni ularni bosish punktlariga uzatish faksimil aloqaning muhim turlaridan biri hisoblanadi. Buning uchun yuqori tezlikka ega maxsus faksimil apparatlardan foydalaniladi. Bu apparatlar tahlil qilinayotgan dog'ning diametrini 0,04 ... 0,06 mm gacha kichraytirish, ya'ni dog'ning aniqligini ma'lum darajaga oshirish hisobiga nusxalarning yuqori sifatga ega bo'lishini ta'minlaydi. Gazeta sahifalarini namunaviy uzatish apparaturalarida signalning eng yuqori chastotasi 180 kHz ga, gazeta sahifalarini uzatish vaqti esa 2,3 ... 2,5 daqiqaga yetadi. Gazeta sahifalarining tasviri shtrixlangan, ya'ni $k=2$ ga teng bo'ladi. Bunday signalning axborot hajmi 360 kbit/s ga teng.

Television signallar

Birlamchi television signal elektron yoyilish usuli bilan optik tasvirni videosignal yoki yorug'lik signaliga o'zgartirib beradigan uzatuvchi television trubkaning yoyuvchi nuri yordamida hosil qilinadi.

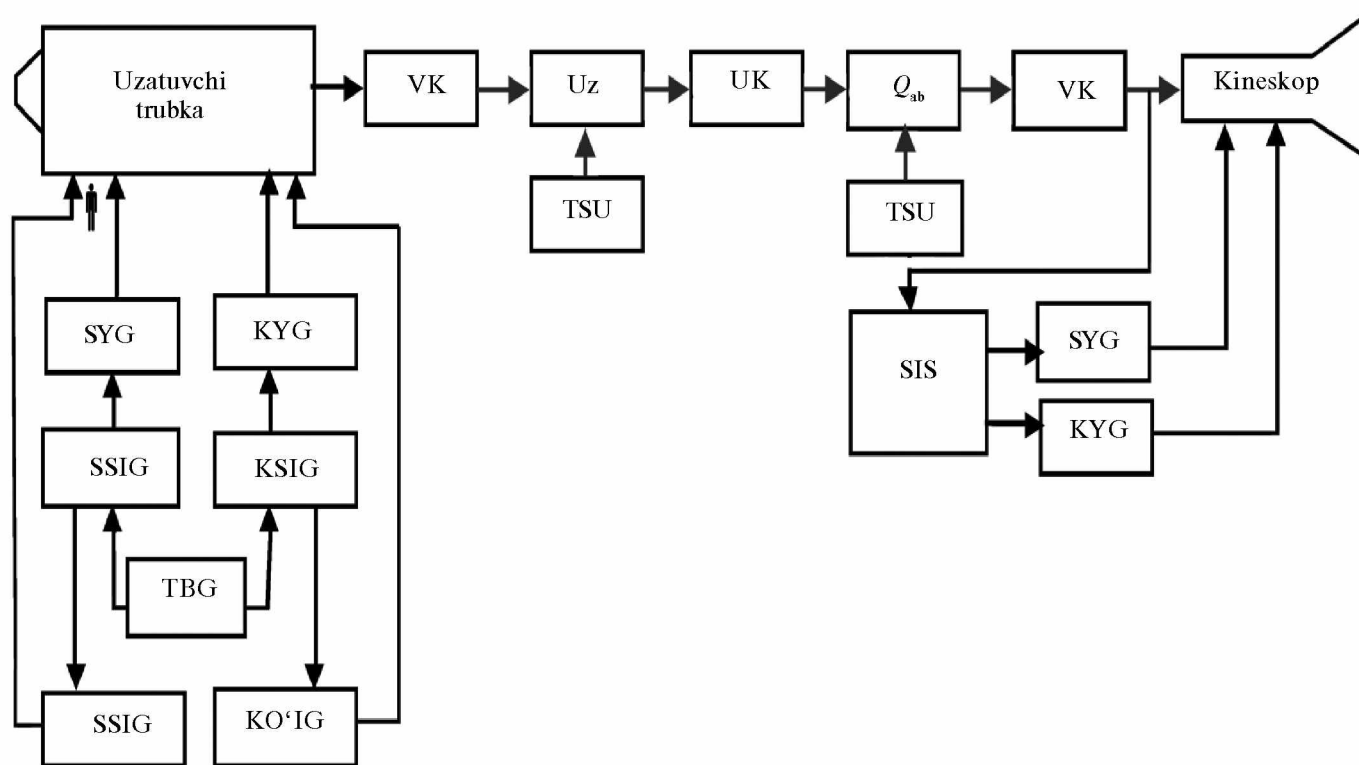
Harakatchan tasvir bir-biri bilan almashinuvchi kadrlar — oniy fotografiya ko'rinishida uzatiladi. Shuni ham aytish kerakki, tekis harakat effektini hosil qilish uchun 1 soniyada $Z_k=25$ ta kadr uzatilishi kerak. Har bir kadr satrlarga ajraladi, ularning soni belgilangan standartlar bilan aniqlanadi. Keng ko'lamda tarqalgan standartda har bir kadr $Z_s=625$ ta satrga ajraladi. Qabul qiluvchi television trubka ekrani (kineskop)da kadrlar almashinuvi sezilmaydigan (miltillamaydigan) bo'lishi uchun tasvirlar soni 1 soniyada 50 ta kaddan kam bo'lmasligi kerak. Bu esa yoyilish tezligini oshirishni talab qiladi, bu, o'z navbatida, television signallarni shakllantirish va uzatish uskunasi murakkablashtiradi. Shu sababli mumkin bo'lgan miltillashlarni yo'qotish uchun har bir

kadr ikki bosqichda uzatiladi: dastlab toq, so'ngra juft satrlar uzatiladi. Natijada kineskop ekranida maydonlar yoki yarim kadrlar deb ataluvchi ikki tasvirdan iborat kadr hosil bo'ladi. Yarim kadrlar soni 1 soniyada 50 tani tashkil qilganligi uchun tasvirlar almashinuvi sezilmaydigan bo'lib qoladi, shu sababli miltillamaydigan tasvir hosil bo'ladi. Ko'rish holatining bir muddatga saqlanib qolishi (inersionligi) tufayli 1 soniyada 50 ta yarim kadrlarni uzatish yaxlit harakatlanuvchi tasvir ko'rinishida idrok qilinadi.

Kadrlar va satrlarning almashinuvi vaqtida qabul qiluvchi trubkaning yoyuvchi nuri o'chirib qo'yilishi kerak. Shu sababli trubkaning boshqaruv elektrodiga videosignalning *qora maydon* uzatilayotgan paytdagi kuchlanishiga teng kuchlanish beriladi. Buning uchun uzatuvchi televizion kamera signalning nurning teskari yurish vaqtidagi kuchlanishini videosignalning qora maydon uzatilayotgan paytdagi kuchlanishiga teng bo'lgan qiymatigacha yetkazadigan qurilmalar bilan takomillashtiriladi. Bunda hosil bo'ladigan kuchlanish impulsleri o'chiruvchi impulslar deyiladi.

Uzatuvchi va qabul qiluvchi televizion trubkalarining yoyuvchi nurlari sinxron va sinfaz harakat qilishi kerak. Buning uchun televizion signalning uzatkichidan uning qabul qilgichiga sinxronlovchi impulslar uzatiladi: nurni bir satrning oxiridan keyingi satrning boshlanish joyiga o'tish paytida satrni sinxronlovchi impulslar, har bir kadr (yarim kadr)ning oxiridan boshqasining boshlanish joyiga o'tish paytida esa kadrni sinxronlovchi impulslar uzatiladi. Sinxroimpulsler tasvirga xalaqit bermasliklari uchun ular kineskop nuri o'chirilgan, ya'ni o'chiruvchi impulsler uzatilayotgan paytda uzatiladi.

Televizion signalni shakllantirishning umumiy tuzilish chizmasi 2.7-rasmda keltirilgan, bu yerda quyidagi belgilashlar qabul qilingan; SYG – uzatuvchi va qabul qiluvchi televizion trubkalarining satrni yoyish generatori va KYG – kadrni yoyish generatori; SSIG – satr sinxroimpulsleri generatori; KSIG – kadr sinxroimpulsleri generatori; TBG – topshiriq beruvchi generator; SO'IG – satrni o'chiruvchi impulsli generator; KO'IG – kadrni o'chiruvchi impulsli generator; VK – uzatish trakti va qabul qilish traktining videokuchaytirgichi; Uz – televizion signallar va tovushni uzatib boruvchi signallarning uzatkichi; TSU – uzatish va qabul qilish traktining tovushni uzatib boruvchi signallarni shakllantirish uskunasi; UK – uzatish kanali; Q_{ab} –



2.7-rasm. Televizion signalni shakllantirishning umumiy tuzilish chizmasi.

televizion signallar va tovushni uzatib boruvchi signallarni qabul qilgich; SIS — sinxroimpulsar selektori. Shunday qilib, televizion kanal uzatkichining kirishiga kelib tushadigan birlamchi televizion signal uzluksiz o'zgaruvchi amplituda (kuchlanish)li impulslar ketma-ketligini ifodalaydi. Bu impulslar satrning $F_s = Z_k \cdot Z_s = 25 \cdot 625 = 15625$ Hz takrorlanish chastotasi bilan takrorlanadi, bitta satrning uzatilish vaqti esa $1/F_s = T_s = 64$ mks ga teng. Ular o'rtasidagi oraliqlarda o'zgarmas amplitudali satrni va kadrni sinxronlovchi impulsar uzatiladi.

Bitta elementning uzatilish vaqti $\tau = 1/25M = 3/4 (4625^2 \cdot 25) = 0,083$ mks ga teng bo'ladi. Televizion signal spektrining maksimal chastotasi $F_{\text{maks}} = 1/2r = 1/2 \cdot 0,083 \cdot 10^{-8} = 6$ MHz ga teng. Televizion spektrning pastki chegaraviy chastotasi 50 Hz ga teng (yarim kadrlarning almashinish chastotasi), deb faraz qilib, tovushni uzatib boruvchi signallarni uzatishni hisobga olgan holda, televizion signal spektrining umumiy kengligini 50 Hz ... 6 MHz deb qabul qilinadi.

Televizion signalning energetik spektri diskret xususiyatga ega bo'lib, uning energiyasining maksimumlari nF_s satr chastotalarining garmonikalari ($n=1,2,3,\dots$) yaqinida to'plangan. Biroq amalda yorug'lik signallarining barcha energiyasi 0 ... 1,5 MHz gacha diapazondan yig'iladi. Videosignalning bunday o'ziga xosligidan 50 Hz dan 1,2...1,5 MHz gacha chastotalar oralig'ida quriladigan videotelefon aloqa tashkil qilinayotganda foydalaniladi.

Yuqorida ko'rib chiqilganlarning barchasi oq-qora rangli televideniye uchun o'rinli. Rangli televideniye signallari ayrim o'ziga xos xususiyatlarga egadir.

Rangli televideniye asosida quyidagi fizik jarayonlar yotadi:

- ko'p rangli tasvirning maxsus rangli yorug'lik filtrlari yordamida asosiy — qizil (R—red), yashil (G—green) va ko'k (B—blue) rangdagi uchta bir rangli tasvirlarga optik yoyilish jarayoni;
- uzatuvchi televizion trubkada uchta bir rangli tasvirlarni ularga mos E_R , E_G , E_B elektr signallarga o'zgartirish jarayoni;
- ushbu uchta elektr signallarni aloqa kanallari orqali uzatish jarayoni;

• maxsus kineskop (televizion trubkaning qabul qilgichi)da tasvirning elektr signallarini uchta bir rangli — qizil, yashil va ko'k rangli optik tasvirlarga qayta o'zgartirish jarayoni; har bir rang ikki: *yorug'lik* va *ranglilik* (to'yinganlik) parametrlari bilan tavsiflanadi; oq-qora rangli televideniye tasvir yoyilayotganda faqat

uning ayrim elementlarining yoritilganligigina o'zgaradi va uzatilayotgan signal yorug'lik signali hisoblanadi;

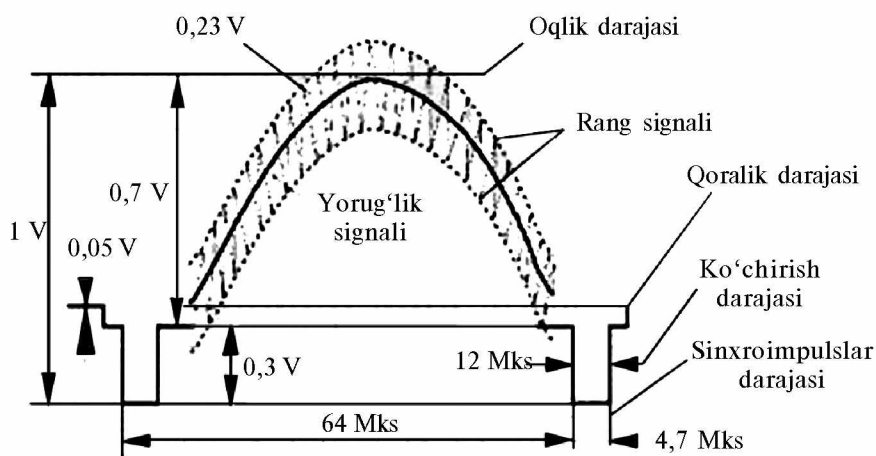
- uchta bir rangli tasvirlarning ma'lum mutanosiblikda bitta ko'p rangli tasvirga optik qo'shilish jarayoni; bunda E_G yorug'lik signali shakllanadi.

E_Y signali mavjud bo'lganda uchta rangli signal: E_R , E_G , E_B ni uzatish shart emas. Ulardan istalgan ikkitasini uzatish yetarli. Odatda, yorug'lik signalining 59 foizi yashil signal bo'lganligi sababli, rangli televideniye tizimlarida eng keng polosali E_G yashil signal chiqarib tashlanadi, E_G dan E_B ni ham olib tashlash natijasida hosil bo'lgan yorug'lik signalini *har xil rangli signallar* deyiladi. Yorug'lik signali energiyasining maksimumi quyi chastotalar diapazonida to'planadi. Signal tashkil etuvchilarining amplitudalari yuqori chastotalar diapazonida juda kichik bo'ladi. Yorug'lik signalining ayni shu diapazoniga tashuvchi chastotalar yordamida har xil rangli signallar joylashtiriladi, natijada *rang beruvchi signallar* hosil bo'ladi. Shunday usul bilan umumiy chastotaviy spektrda zichlashayotgan yorug'lik signali va har xil rangli signallar o'zaro xalaqitlarni hosil qilishi mumkin. Tashuvchi chastotalarni yuqori chastota diapazoni, ya'ni yorug'lik signalining tashkil etuvchilari juda kichik va tashuvchi chastotaning amplitudasi bu tashkil etuvchilarning amplitudasidan katta qilib olinadigan diapazonda tanlab, yorug'lik signalining yuqori chastotali tashkil etuvchilarining har xil rangli signallarga ta'siri kamaytiriladi. Ayni vaqtda tashuvchi chastotaning amplitudasi yorug'lik signalining maksimal amplitudasining 23 foizidan katta bo'lmasligi kerak.

Shunday qilib, yorug'lik signali va ikkita har xil rangli signal o'zaro sezilarli ta'sir etmay, televizion signalning standart chastotalar oralig'ini band qiladi.

To'la televizion signal (TV)ning asosiy parametrlari ko'rsatilgan uning bir satri ossillogrammasining bo'lagi 2.8-rasmda ifodalangan.

Rangli televideniyeining bir necha tizimi mavjud. Ular birbiridan, asosan, tashuvchi chastotalarni har xil rangli signallar orqali modulatsiyalash usullari bilan farqlanadi. Bugungi kunda mamlakatimizda SECAM (SEKAM) tizimi qo'llanila boshlandi (frans. *sequentiel couleur a memoire* — ranglarni yodda saqlagan holda ularni ketma-ket uzatish).



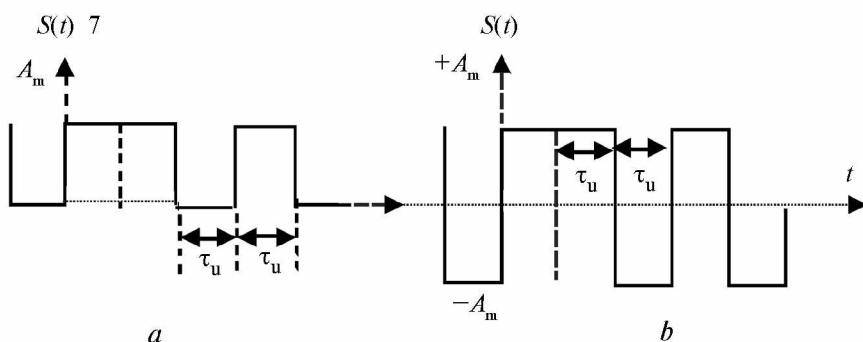
2.8-rasm. To'la televizion signal.

2.3. Uzatish tizimlari arxitekturası va axborot taqsimoti

Ma'lumotlarni uzatish va telegraf signallari

Telegraf va ma'lumotlarni uzatishning birlamchi signallari telegraf apparatlari yoki ma'lumotlarni uzatish apparaturalarining chiqishidan olinadi hamda ular o'zgarmas amplituda va davomiylikka ega bir qutbli (2.9-rasm, *a*) yoki ikki qutbli (2.9-rasm, *b*) to'g'ri burchakli impulslar ketma-ketligini ifodalaydi. Bunda musbat impuls, odatda, uzatilayotgan «1» simvolga, oraliq yoki manfiy impuls «0» simvolga mos bo'ladi. Bunday signallarni *ikkilik signallari* deyish qabul qilingan.

2.9-rasmda quyidagi belgilashlar qabul qilingan: $C(t)$ — ma'lumotlarni uzatish va telegrafning birlamchi signali; A_m —



2.9-rasm. Ma'lumotlarni uzatish va telegraf signallari.

impulslar amplitudasi va τ_u — impulslar davomiyligi. Impulslar ketma-ketligining bu parametrlaridan tashqari, takt chastotasi tushunchasi ham kiritilgan. Bu tushuncha orqali $F_t = 1/\tau_u$ ko'rishdagi nisbat tushuniladi va takt chastotasi son jihatdan bod (B)larda ifodalangan uzatish tezligiga teng. F_t takt chastotasi va B uzatish tezligining qiymati faqat ikkilik ketma-ketligini uzatish holidagina bir xil bo'ladi. Ko'p pozitsiyali kodlarga o'tilayotganda bunday bir xillik bo'lmaydi.

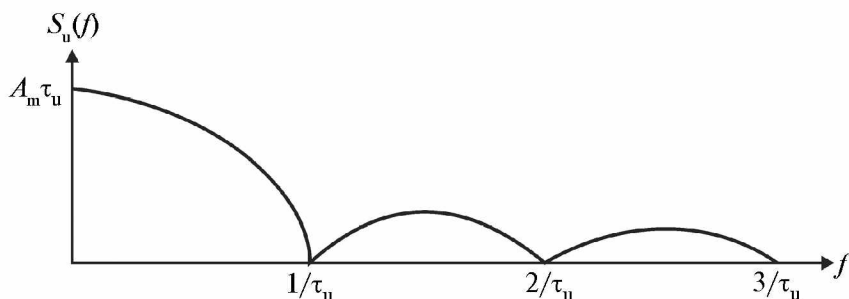
Bir qutbli impulslar ketma-ketligi (ba'zida umumiy telegraf signali deb ataladigan) va musbat yoki manfiy qutbli impulslar uchun «1» va «0» ning hosil bo'lish ehtimolligi, shuningdek, impulslar o'rtasidagi statistik bog'lanishlar ma'lumot manbayining xossalari bilan aniqlanadi. Bu ehtimolliklar ko'pincha 0,5 ga teng va ketma-ketlik impulslarini statistik jihatdan mustaqil deb qaraladi.

Ma'lumotlarni uzatish va telegraf signallarining axborot hajmi uzatish tezligiga, ya'ni $l_{tlg} = F_t$ ga teng.

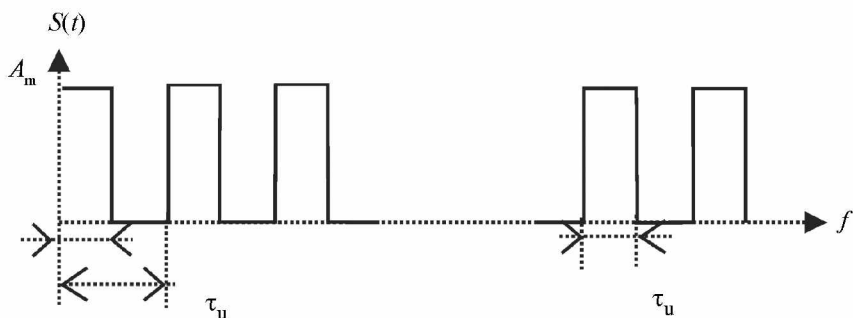
Telegraf va ma'lumotlarni uzatish signallarini sifatli uzatish uchun zaruriy chastotalar oralig'ini aniqlashda A_m amplitudali va τ_u davomiylikli to'g'ri burchakli impuls — elementar signal $S_u(f)$ amplitudasining spektr zichligi degan tushunchadan foydalanamiz.

Videoimpuls (to'g'ri burchakli yakka impuls — elementar tashuvchi) amplitudasi spektr zichligining grafigi 2.10-rasmda ko'rsatilgan.

Impulsning asosiy energiyasi (90 foizdan ko'prog'i) 0 dan $F_t = 1/\tau_u$ gacha bo'lgan chastotalar oralig'ida, ya'ni impuls amplitudasining spektr zichligi bosh «yaprog'chasi»ning chastotalar oralig'ida, 0 dan $F_t/2$ gacha bo'lgan chastotalar oralig'ida esa 60 foizdan ko'prog'i joylashgan.



2.10-rasm. Videoimpuls amplitudasining spektr zichligi.



2.11-rasm. «Nuqta»ni uzatishga mos telegraf signali.

«Nuqta»ni uzatishga, ya'ni «1» tokli va «0» toksiz tashuvchilarning davriy ketma-ketligiga mos signal ma'lumotlarni uzatish va telegraf signalining boshqa turi hisoblanadi.

2.4. Uzatish kanallari va ularning tavsifi

Ko'p kanalli uzatish tizim (KKUT)larining kanallari bo'yicha uzatiluvchi signallar liniyadan o'tganda ayrim sabablarga ko'ra buziladi va unga yana shovqin ta'sir qiladi. Kanalning sifati nuqtayi nazaridan buzilishlar belgilangan miqdordan oshib ketmasligi uchun kanalning elektrik xarakteristikalarini me'yorlashtirish zarur. TCH kanalning xarakteristikalarini me'yorlashtirishda kanalning uzunligi, tranzit ulanishlar, bundan tashqari, tovush chastotali kanallardan boshqa turdagi axborotlarni uzatishda foydalanish mumkinligini ham hisobga olish zarur. TCH kanalning eng asosiy xarakteristikalaridan biri qoldiq so'nish hisoblanadi. U vaqt bo'yicha doimiy qolmaydi. Shuning uchun qoldiq so'nishning nominal qiymatidan tashqari, 800 Hz li chastotada mumkin bo'lgan nomo'tadilligi ham me'yorlashtiriladi. Qoldiq so'nish deb, kanalda berilgan chastotadagi hamma so'nishlar (Σ_a) yig'indisidan, hamma kuchayishlar (Σ_s) yig'indisidan ayirmasi orqali aniqlanuvchi ishchi so'nishga aytiladi.

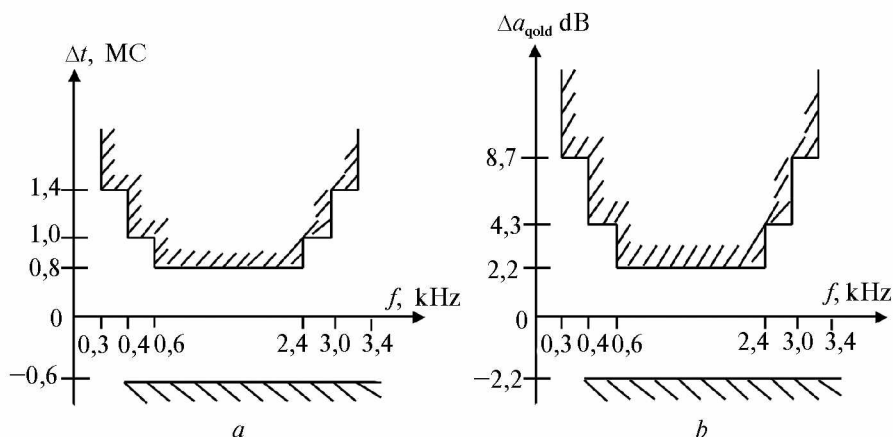
$$a_{\text{qold}} = \Sigma_a - \Sigma_s.$$

Qoldiq so'nish 800 Hz li chastotada me'yorlashtiriladi. Kanalning ikki simli qismi uchun qoldiq so'nish: $a_{\text{qold}} = 7$ dB, kanalning 4 simli qismi uchun qoldiq so'nish $a_{\text{qold}} = -17$ dB ga teng. Qoldiq so'nishning me'yordan og'ishi (800 Hz li chastotada) oddiy TCH kanal uchun (ya'ni tranzit ulanishlarsiz) 1 dB dan

oshmasligi lozim. Qoldiq soʻnishning meʼyordan oshishi signal sathining pasayishiga olib keladi va signalga taʼsir qiluvchi shovqinlarning sathi oshadi. Qoldiq soʻnishning meʼyordan pasayishi esa, noxiziqli buzilishlarni yuzaga kelishiga sabab boʻladi, qoʻshimcha garmonikalar tufayli kanallararo bir-biriga oʻtishlar hosil boʻladi.

Qoldiq soʻnishning chastotaga bogʻlanishi kanalning amplituda-chastotaviy xarakteristikasi (ACHX) deyiladi. Agar bu bogʻlanish TCH kanalning 0,3...3,4 kHz chastota oraligʻida doimiy boʻlsa, unda kanalda amplituda-chastotaviy buzilishlar (ACHB) boʻlmaydi. TCH kanalning chastota oraligʻida qoldiq soʻnishning chastotaga bogʻliq boʻlmagan xarakteristikasini amalga oshirishning iloji yoʻq. Bunga juda koʻp omillar taʼsir qiladi, birinchi navbatda, kuchaytirgichlarning, transformatorlarning, filtrlarning (ayniqsa, kanalning oraliq filtrlari) real ACHXsi. Shuning uchun qoldiq soʻnishning qiymati har xil chastotalarda turlicha. Shunga qaramasdan, ACHBlar mumkin boʻlgan qiymatdan oshib ketmasligi uchun TCH kanalning taklif qilingan ACHXni qoʻllash maqsadga muvofiqdir. Ketma-ket ulangan oddiy TCH kanallarning soniga bogʻliq holda qoldiq soʻnish (a_{qold}) qiymatining oshishi va kamayishi oʻzgaradi, chunki alohida oddiy tovush chastotali kanallar uchun ACHB yigʻiladi.

Bitta va oʻn ikkita ketma-ket ulangan oddiy TCH kanallar uchun 800 Hz li chastotada qoldiq soʻnishning nominal qiymatdan ogʻishini meʼyorlashtirish qiymatlari 2.11-*a, b* rasmlarda koʻrsatilgan. Pastki chegara, ikki tomonlama kanallarni tashkil qilganda



2.12-rasm. Kanalning ACHXsi meʼyori.

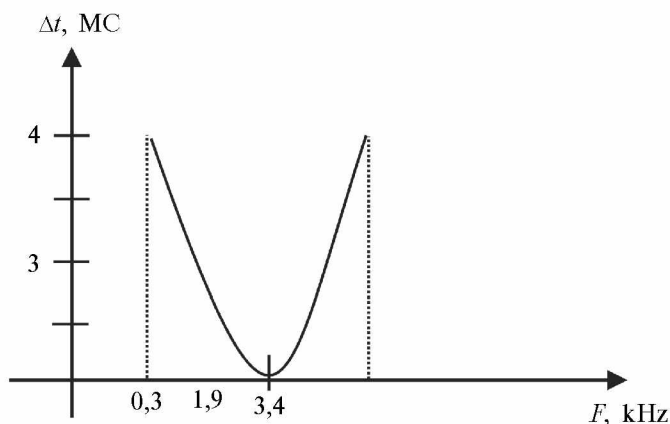
uzatilayotgan birorta chastotada generatsiya yuzaga kelmaslik shartiga binoan tanlangan. Yuqoridagi pog'onasimon chegara, tekshirishlar natijasida kanal bo'ylab telefon signallari uzatilganda mumkin bo'lgan ACHB uchun olingan. Real TCH kanallardan qoldiq so'nish og'ishining chastotaviy bog'lanishi, me'yorlanadigan chegaradan chiqmagan holda ketma-ket o'zgarishi lozim. Kanal olib keladigan fazalar surilishining chastotaga bog'lanishi kanalning *faza chastotaviy xarakteristikasi* (FCHX) deyiladi.

Real TCH kanallarda FCHX idealdan farq qiladi, ya'ni ularda FCHB (faza chastotaviy buzilishlar) mavjud, odatda, bu buzilishlar, TCH kanalning chastota oralig'idagi guruhli o'tish vaqtining notekislik qiymati bilan baholanadi.

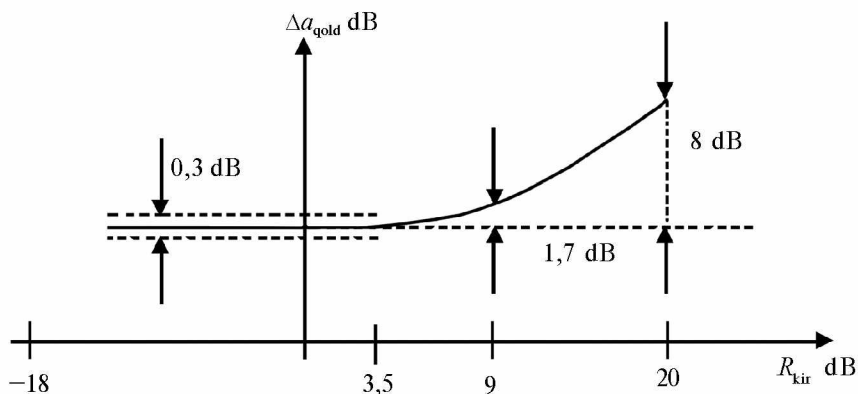
Kanalning nochiziqlilik darajasi ma'lum bir chastotalardagi kanal qoldiq so'nishining kirishdagi signal sathiga bog'lanishi deb faraz qiluvchi amplitudaviy xarakteristika bilan baholanadi (2.13-rasmda ko'rsatilgan).

Kirishdagi signal sathi -18 dan $+3,5$ dB oraliqda o'zgarganda, $0,3...3,4$ kHz chastota diapazonida oddiy TCH kanalning qoldiq so'nishi $0,3$ dB aniqlikda doimiy qolsa, nochiziqli buzilishlar mumkin bo'lgan qiymatdan oshmaydi. Kirish sathlari 9 va 20 dB da qoldiq so'nish $1,7$ va 8 dB dan kam bo'lmagan holda oshishi mumkin (2.14-rasm).

$3,5$ dB dan yuqori sathlarda talab qilingan xarakteristikani ta'minlash uchun kanal kirishiga maxsus qurilmalar, katta amplituda chegaralagichlar ulanadi.



2.13-rasm. Kanalning faza chastota xarakteristikasi.

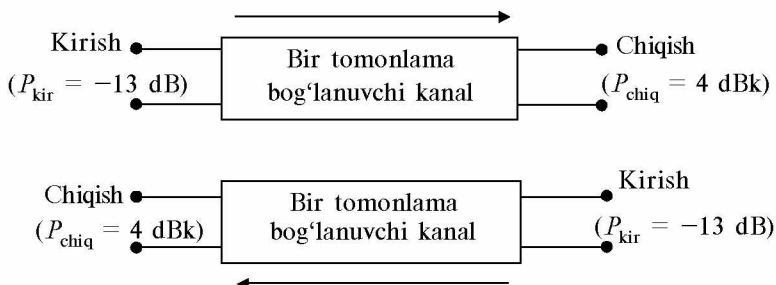


2.14-rasm. TCH kanalning amplitudaviy xarakteristikasi (AX).

Aloqa masofasi oshishi bilan shovqinlar ham osha boradi. 2500 km uzunlikdagi kanal uchun psfometrik shovqin quvvati 10000 pikovatt (pW) dan oshmasligi lozim ($-50 \text{ dB}_{\text{qold}}$). Shundan 25 % ni spektrlarini o'zgartiruvchi qurilmalar, 75 % ni liniya trakti hosil qiladi. Shunday qilib, TCH kanalning liniya traktida yuzaga keluvchi shovqin quvvati 1 km uzunlik uchun 3 pW psfodan oshmasligi lozim. Xalqaro TCH kanallar uchun esa 1,5 pW psfodan oshmaydi.

Ikki tomonlama kanallar

Ikki punkt orasida aloqa o'rnatish uchun ikkita yo'nalishda ham signalni uzatishga to'g'ri keladi. Ayniqsa, bunday kanallar telefon aloqasida qo'llaniladi. Chunki bunday ikki tomonlama kanallar abonentlar orasida o'zaro uzluksiz munosabatni ta'minlash imkonini beradi. Bunday kanallar ikkita qarama-qarshi yo'nalishdagi bir tomonlama kanallardan tashkil topadi.



2.15-rasm. Qarama-qarshi yo'nalishdagi ikkita bir tomonlama bog'lanuvchi kanallar.

Turli xil yoʻnalishdagi kanal signallarini uzatish ikkita har xil yoʻnalishga ega boʻlgan kanallarda amalga oshirilishi sababli, bunday usulda tashkil qilingan TCH kanallar 4 simli hisoblanadi va unga *TCH kanalning 4 simli tugallanishi* deyiladi. TCH kanallar mahalliy tarmoqlarning ikki simli qismiga ulanganda ajratuvchi qurilmalardan foydalaniladi. TCH kanalning bunday oxiri ikki simli tugallanishi deyiladi.

2.16-rasmdan koʻrinib turibdiki, signallarni har xil yoʻnalishda bir-biriga bogʻliq boʻlmagan holda uzatish uchun AQ (ajratuvchi qurilmalar)ning 2—3 yoʻnalishda signal soʻnishi cheksiz katta boʻlishi lozim. TCH kanallar meʼyorda ishlashi uchun ularning quvvat va kuchlanish qiymatlarini yoki shu kanalning har xil nuqtalariga mos keluvchi sathlarini meʼyorlashtirish lozim. Shunday qilib, TCH kanalning 2 simli kirishdagi nisbiy uzatish sathi (nolinchi nuqtaga nisbatan) 0 dB ni, 4 simli kirishdagi nisbiy uzatish sathi -13 dB ni, ularning chiqishdagi sathlar esa ikki, simlida -7 dB, 4 simlida esa $4,3$ dB ni tashkil etadi. Signalning oʻlchov chastotasi 800 Hz ga teng.

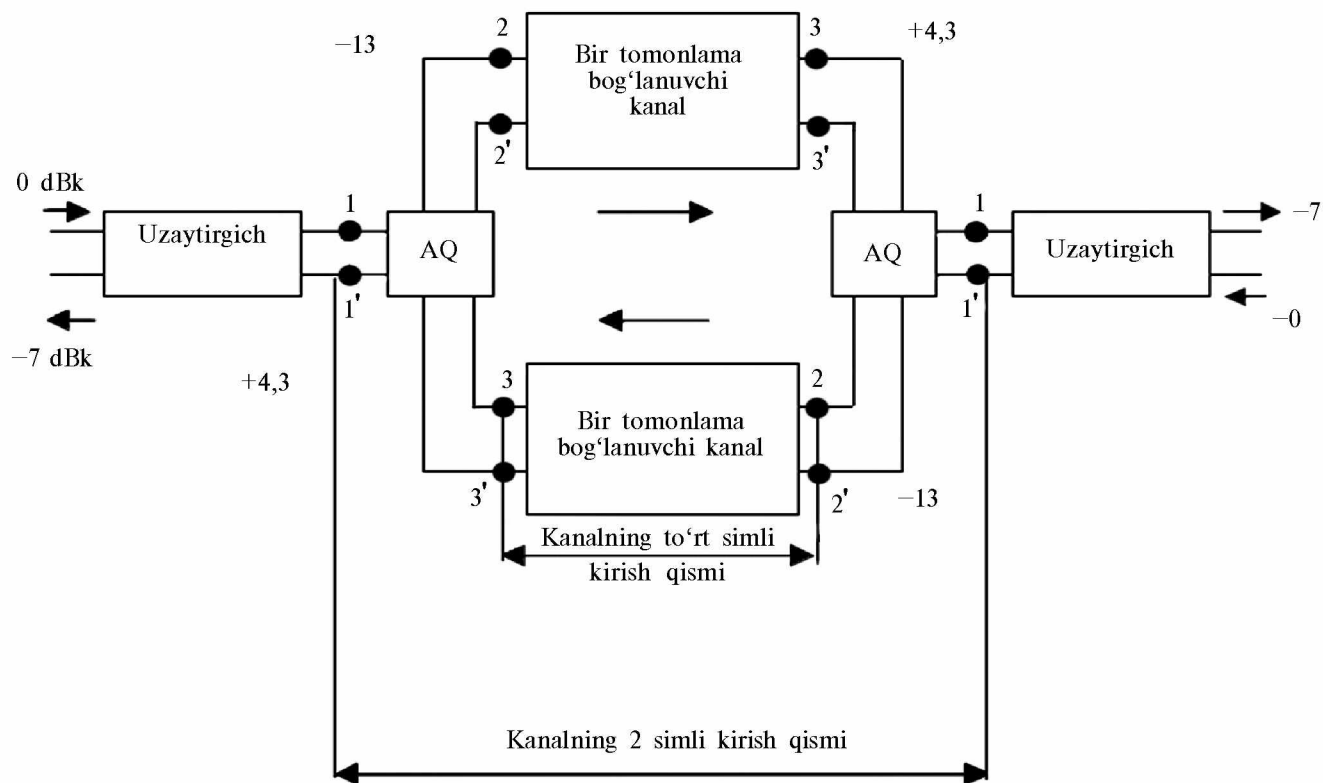
TCH kanalning ikki simli chiqishdagi uzatish sathi uning qoldiq soʻnishi bilan aniqlanadi (oldingi maʼruzada qarab chiqilgan). TCH kanalning ikki simli tugallanishida qoldiq soʻnish noldan katta boʻlishi lozim, bu teskari aloqa tufayli yuzaga kelgan mumkin boʻlgan buzilishlar va elektrik aks sado toklarining muvozanatlik sharti orqali aniqlanadi. Yuqoridagilarni nazarda tutgan holda, TCH kanalning ikki simli tugallanishida 800 Hz li chastotadagi nominal qoldiq soʻnish 7 dB boʻlishi lozim. Qoldiq soʻnishning bu qiymatini ikki tomonlama taʼsir qiluvchi TCH kanalning kirishiga va chiqishiga ulangan uzaytirgichlar taʼminlaydi.

Bundan tashqari, bu uzaytirgichlar (tranzit deb ataluvchi) differensial qurilmaning muvozanatlik shartini yengillashtiradi va bir nechta TCH kanallarni tranzit ulashda qoldiq soʻnishning nominal qiymatga tengligini taʼminlaydi, chunki tranzit ulanishlar amalga oshiriladigan punktlarda bu uzaytirgichlar ulanmaydi.

TCH kanalning toʻrt simli tugallanishida qoldiq soʻnishning nominal qiymati $a_{\text{qold}} = (-13 \text{ dB}) - (4,3 \text{ dB}) = -17,3 \text{ dB}$, yaʼni 17 dB ga kuchaytirilgan. Bunda TCH kanalning tugallanishida berk tizim hosil boʻlmaydi.

Differensial qurilma (DQ)lar

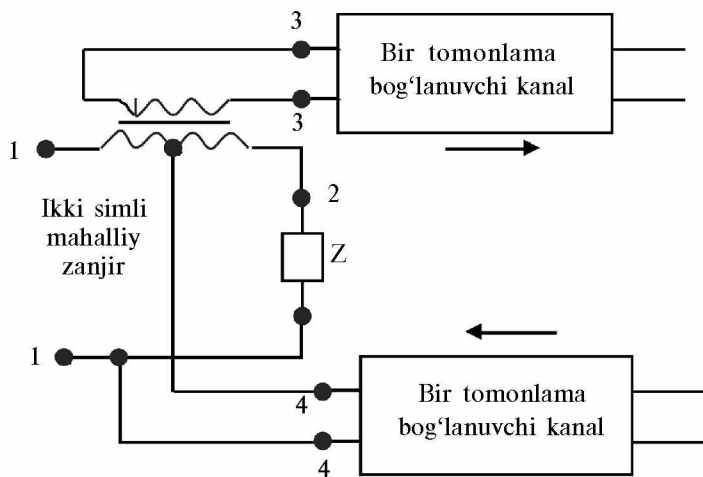
Ikki simli tugallanishga ega boʻlgan TCH kanallarda ajratuvchi qurilma sifatida differensial qurilmalar qoʻllaniladi. Differensial



2.16-rasm. Signallarni ikki tomonlama uzatish.

qurilmalar kanalga moslashtirilgan holda ulanishi va alohida kuchaytiruvchi yoʻnalishlar orasida katta soʻnish bilan taʼminlanishi lozim. Shuning uchun differensial qurilmalarning xususiyatlariga qarab chiqilganda har xil uzatish yoʻnalishidagi soʻnishni hisobga olish lozim. Differensial qurilmalar differensial transformatorlar yoki koʻpriksimon sxemalar yordamidagi qurilishi mumkin. Koʻp kanalli uzatish tizimlarida transformatorli differensial tizimlar koʻp qoʻllaniladi.

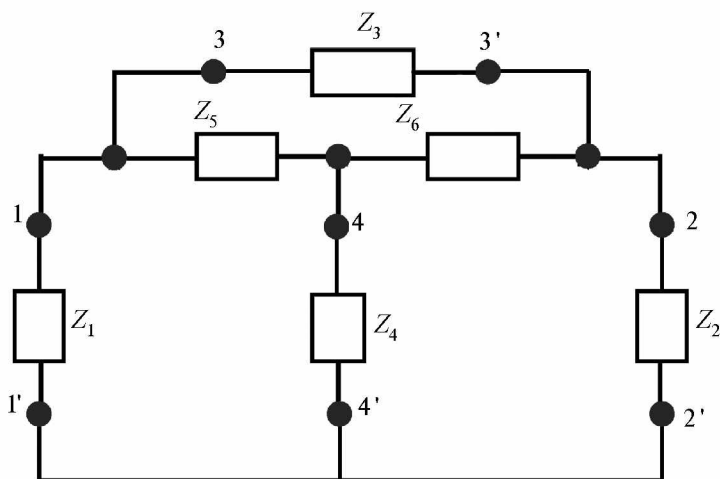
Ikkita qarama-qarshi bir tomonlama kanallar ulangan differensial tizimning 3–3' va 4–4' qisqichlari koʻprik diagonallari hisoblanadi. Koʻprikning birorta yelkasiga (1–1') ikki simli mahalliy zanjir ulanadi. Boshqa yelkaga esa (2–2' qisqichlar) muvozanat konturi (Z_2 qarshilik shunday tanlanadiki, natijada koʻprik qarshiliklari bir xillashadi) ulanadi.



2.17-rasm. Transformatorli differensial tizim.

Bunday holda signal birorta bir tomonlama kanal chiqishidan boshqa kirishiga tushmaydi, yaʼni qarama-qarshi uzatish yoʻnalishi bir-biriga bogʻliq boʻlmaydi. Differensial qurilmalar transformatsiyalash koeffitsiyentiga (m) bogʻliq holda teng yelkali va teng yelkali boʻlmagan DQLarga boʻlinadi. Agar $m=1$ boʻlsa, differensial qurilma teng yelkali, $m \neq 1$ boʻlganda esa teng yelkali boʻlmagan differensial qurilma deyiladi. Shuni ham aytish joizki, DQLar uzatish tizimlarida nafaqat ikki simli TCH kanallarning tugallanishida, balki filtrlarni parallel ulashda, traktga nazorat va

o'lov chastotalarini ulashda ham qo'llaniladi. Ikki simli TCH kanallarini tashkil qilishda teng yelkali DQlar qo'llaniladi ($m=1$). Bunday DQlarda signalni uzatish yo'nalishidagi so'nish 3 dB, signal uzatilmaydigan yo'nalishda esa ∞ km tashkil topadi. Shuning uchun bunday DQlardan uzoq masofalarga aloqa o'rnatishda foydalanish mumkin. Mahalliy tarmoqlarda qo'llaniladigan uzatish tizimlarida ayrim hollarda rezistorli DQ qo'llaniladi (2.18-rasm).



2.18-rasm. Rezistorli DQ.

Bunday tizimlarda signalni uzatish yo'nalishidagi so'nish 6 dB ni tashkil etadi. Signalni uzatish yo'nalishidagi so'nish 2 barobar ko'p bo'lganligi tufayli bunday DQlarni qo'llash cheklangan.

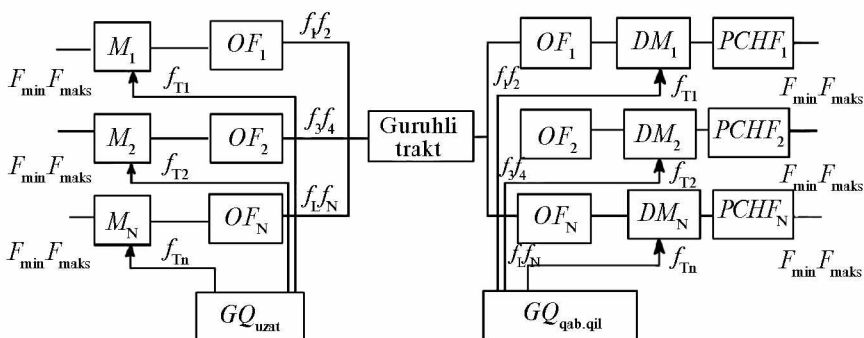
Nazorat savollari

1. Uzatish tizimlarining tuzilish prinsipini tushuntiring.
2. Signallarning qanday turlarini bilasiz?
3. Axborot uzatish tizimining tuzilishini so'zlab bering.
4. Qanday xabar turlarini bilasiz?
5. Aloqa liniyalari nimalardan iborat?
6. Foydalanuvchi terminallarning turlarini sanang.
7. Birlamchi signallar va ularning fizik tavsiflarini keltiring.
8. Uzatish kanallari va ularning tavsifini keltiring.
9. Ikki tomonlama kanallar qanday tuziladi?
10. Differensial qurilmalarning ishlashini tushuntiring.

3.1. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlarining tuzilish prinsipi. Ko'p kanalli uzatish tizimlarining tuzilish prinsipi

Ko'p kanalli uzatish tizimlarini tuzishda chastotaviy va vaqt bo'yicha ajratish usullaridan foydalaniladi. Chastota bo'yicha ajratish usulida uzatish liniyasidagi har bir kanal uchun ma'lum bir chastota spektri ajratiladi. Shuning uchun uzatuvchi oxirgi stansiyada boshlang'ich signalning chastota oraliqlarini shu yoki boshqa kanalni uzatish uchun ajratilgan oraliq chastotalarga joylashtirish amplitudaviy, chastotaviy yoki fazaviy modulatsiya yordamida amalga oshiriladi.

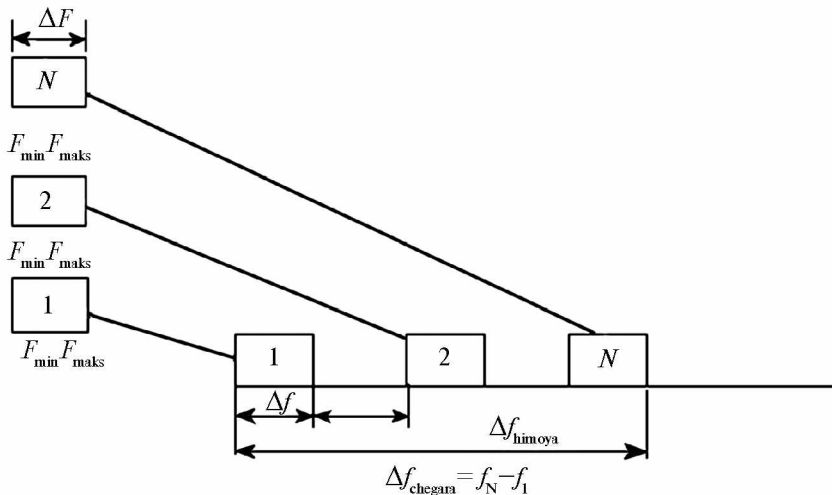
Kanal signallarining spektr chastotalari bir-biriga ustma-ust tushmasligi uchun tashuvchi chastotalar tanlanadi. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizimlarining soddalashtirilgan tuzilish chizmasi 3.1-rasmda ko'rsatilgan.



3.1-rasm. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizimlarining tuzilish chizmasi.

Ko'p kanalli uzatish tizimlarining kanallari, asosan, bir xil turdagi (masalan, telefon) signallarni (chastota oraliqlari bir xil bo'lgan) uzatish uchun mo'ljallangan. Shuning uchun ham 3.2-rasmda boshlang'ich signallarning oraliq chastotalari ($F_{\min} \dots F_{\max}$)

bir xil deb qabul qilingan. Kanalga tushuvchi boshlang'ich signallar $M_1, \dots, M_n$ modulatorlar orqali, $f_{T1} \dots f_{Tn}$ tashuvchi chastotalar yordamida modulatsiyalanadi. Kanal signallarini shakllantirish $OF_1 \dots OF_n$ oraliq filtrlari orqali amalga oshiriladi. Bundan tashqari, modulatsiyalash natijasida hosil bo'lgan, uzatishda qo'llanilmaydigan keraksiz mahsulotlarni pasaytirishda filtrdan foydalaniladi. Filtr orqali ajratilgan kanal signallari $f_1 \dots f_2, f_3 \dots f_4, f_L \dots f_n$ chastota oralig'ini egallaydi. Bu oraliq chastotalar bir-biriga ustma-ust tushmasligi lozim (3.2-rasm).



3.2-rasm. Kanal signallarining shakllanishi.

Kanal signallari birlashgandan keyin oraliq chastotasi $f_1 \dots f_N$ ga teng bo'lgan guruhli signal shakllanadi. Kanal signallari oraliq chastotalarining kengligi (Δf) boshlang'ich signal oraliq chastotasini kengligidan farq qilishi mumkin ($\Delta f \geq \Delta F$). Umuman, $\Delta f = \Delta F$ bo'lishi uchun (bunday holatda berilgan N kanallar soni uchun guruhli signalning spektr kengligi kichkina), uzatish tizimlarining samaradorligini oshirish lozim. Qabul qiluvchi oxirgi stansiyada, guruhli signallar tarkibidan kanalning oraliq filtr ($OF_1 \dots, OF_N$)lari yordamida kanal signallari ajratib olinadi. Boshlang'ich kanal signallarini olish uchun signallar demodulator ($DM_1 \dots, DM_N$)larga beriladi. Agar tashuvchi chastotalar uzatuvchi oxirgi stansiyadagi modulatorlar chiqishida yo'qotilgan bo'lsa, unda demodulatorga kanal signallaridan tashqari tashuvchi chastota ($f_{T1} \dots f_{Tn}$)lar ham berilishi lozim. Past chastotali filtr

(PCHF)lar, demodulatsiyalash jarayonida hosil bo'lgan signalni, yuqori chastotali tashkil topuvchilaridan boshlang'ich signalni ajratib oladi. Kanal signallarini to'liq ajratib olish uchun oraliq filtr ($OF_1, \dots, OF_N$)larning xarakteristikalarini ideal bo'lishi lozim. Haqiqiy filtrlarda so'nishning oshishi chegaralanganligi tufayli kanallararo o'zaro o'tishlar yuzaga kelishi mumkin. Ularni mumkin bo'lgan qiymatgacha kamaytirish uchun kanal spektrlarining orasiga himoya chastota oralig'i (f_{him}) (3.2-rasm) kiritiladi. Masalan, gaplashadigan signallarni uzatish uchun himoya chastota oralig'i 0,9 kHz ni tashkil qiladi.

3.2. Kanal signallarini shakllantirish tamoyillari

Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizim (KCHBAUT)larida liniyaga uzatiladigan har bir kanal signali alohida oraliq chastotalarda uzatiladi, ya'ni ular bir-biridan chastota diapazoni bilan farq qiladi.

Kanal signallarining egallagan chastotalar oralig'i qancha tor (kichik) bo'lsa, liniyaga uzatiladigan kanallar soni shuncha ko'p bo'ladi. Shuningdek, bunday usulda kanal signallarining shovqindan himoyalanganligi ham ta'minlanishi lozim.

KCHBAUTda kanal signallarini shakllantirish, amplitudaviy modulatsiya (AM), fazaviy modulatsiya (FM) va chastotaviy modulatsiya (CHM) yordamida amalga oshiriladi. Agar tashuvchi chastota sifatida: $U\omega\cos(\omega t + \varphi\omega)$ garmonik tebranish, boshlang'ich (modulatsiyalanuvchi) signal sifatida esa $U\Omega\cos(\Omega t + \varphi\Omega)$ garmonik tebranish qo'llanilsa, unda modulatsiyalangan tebranish uchun tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$U_{\text{am}}(t) = U\omega[1 + m \cos(\Omega t + \varphi)]\cos(\omega t + \varphi\omega) \text{ — AMda; } \quad (3.1)$$

bu yerda: m — modulatsiyaning chuqurlik koeffitsiyenti.

$$U_{\text{chm}}(t) = U\omega\cos[(\omega t + m \cos((\Omega t + \varphi\Omega + \pi/2)))] \text{ — CHMda; } \quad (3.2)$$

bu yerda: m — chastotaviy modulatsiya indeksi;

$$U_{\text{fm}}(t) = U\cos[(\omega t + \varphi\omega + m\varphi\cos(\Omega t + \varphi\Omega))] \text{ — FMda; } \quad (3.3)$$

bu yerda: m — fazaviy modulatsiya indeksi.

(3.2) va (3.3) formulalardan ko'rinib turibdiki, FM va CHMda modulatsiyalangan signal faqatgina boshlang'ich fazasi va

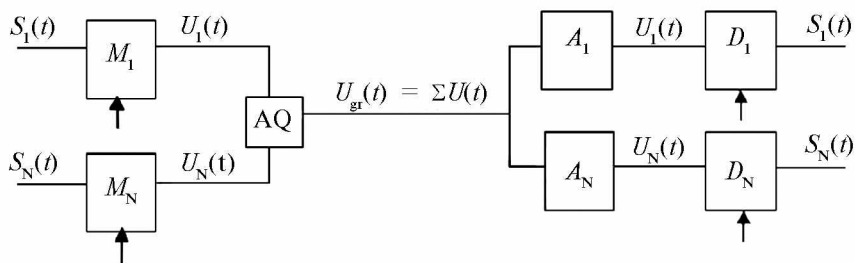
modulatsiyalash indeksi bilan farq qiladi. (3.1) formulada esa amplitudaviy modulatsiyada, modulatsiyalangan tebranish tashuvchi chastota tebranishidan (ω) va ikkita yon chastota tebranishidan, tashuvchi chastotaga nisbatan simmetrik joylashgan past va yuqori oraliq chastota spektrlaridan iborat bo'lgan cheksiz diskret tashkil topuvchilarga ega. Bu tashkil topuvchilarning amplitudasi modulatsiyalash indeksiga bog'liq. Modulatsiyalash indeksi qancha kichik bo'lsa, modulatsiyalangan tebranishni uzatish uchun lozim bo'lgan chastota oralig'i shuncha kichkina bo'ladi. FM va CHMning kam modulatsiyalash indeksleri xuddi amplitudaviy modulatsiyaga o'xshab kichkina, lekin ularning shovqindan himoyalanganligi, kichik modulatsiyalash indeksidan juda kichkina bo'ladi. Shuning uchun ham simli aloqa liniyalariga ega bo'lgan KCHBAUTda kanal signallarini shakllantirish uchun amplitudaviy modulatsiyadan foydalaniladi. Chunki u yuqori shovqinbardoshlik va tor uzatish oralig'iga ega. Radiorele va fazaviy uzatish tizimlarida, liniyadagi shovqin sathi ancha kichik bo'lganligi tufayli CHM va FM qo'llaniladi. Bundan tashqari, FM va CHMlarni diskret va telefon signallarini uzatish tizimlarida yoki CHMni TCH kanallar bo'yicha faksimil signallarni uzatish tizimlarida qo'llash mumkin.

Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlarida quyidagi shartlar bajariladi:

- birlamchi signal (0,3—3,4)kHz ga kanal signali deb aytiluvchi shakl berish va farq qilishini ta'minlash (ya'ni kanal signallari birlamchi signalda barcha axborotga ega bo'lishi va bir vaqtning o'zida boshqa kanal signallari ham bir-biridan farq qilishi);
- kanal signallarini guruhli signalga birlashtirish va uni bitta fizik zanjir orqali iloji boricha kam buzilishli holda uzatish;
- qabul qiluvchi qismda kanal signalini guruhli signal tarkibidan ajratib olish;
- kanal signallaridan boshlang'ich signalni qayta tiklash lozim.

KCHBAUTlarning tuzilish chizmasi 3.3-rasmda ko'rsatilgan.

Bu yerda: $S_1(t)....S_n(t)$ — birlamchi signallar; $U_1(t)...U_N(t)_1$ — kanal signallari; $U_{gr}(e)$ — liniyadagi guruhli signal; $S^*_1(t)....S^*_N(t)$ — birmuncha buzilishga ega bo'lgan signal; $\Psi_1(t)....\Psi_N(t)$ — tashuvchi chastotalar; $M_1.....M_N$ — modulatsiyalovchi qurilma; Σ — kanal signallarini yig'uvchi qurilma; $A_1... ..A_N$ — kanal signallarini ajratuvchi qurilma; $D_1.....D_N$ — demodulator.



3.3-rasm. KCHBAUTlarining tuzilish chizmasi.

Birlamchi signal ($S_1(t) \dots S_N(t)$)lar modulatsiyalovchi qurilma ($M_1 \dots M_N$)da, tashuvchi chastota ($\Psi_1(t) \dots \Psi_N(t)$)lar yordamida kanal signallariga o'zgartiriladi, yig'uvchi qurilma (Σ)da barcha kanal signallari yig'ilib, bir-biridan chastota diapazoni bilan farq qiluvchi guruhli signal hosil bo'ladi. Guruhli signalning xarakteristika va parametrlari shunday bo'lishi kerakki, signal liniya traktidan o'tganda buzilmasin. Qabul qiluvchi qismda ajratuvchi qurilma ($A_1 \dots A_N$)lar yordamida liniyadan tushgan guruhli signallar tarkibidan har bir kanalning signali ajratib olinadi. Kanal signallarini birlamchi signalga o'zgartirish demodulator ($D_1 \dots D_N$)larda amalga oshadi. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlarida, kanal signallari bir-biridan yuqorida aytib o'tilganidek, chastota diapazonida ma'lum bir chastota oralig'i bilan farq qiladi. Tashuvchi chastota sifatida turli chastotalarga ega bo'lgan garmonikali tebranishlardan foydalaniladi.

3.3. Chastotalarni ko'p marta o'zgartirish prinsipi

Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizimlarining apparaturalarini tuzishda chastotalarni ko'p marta o'zgartirish usuli qo'llaniladi. Buning ma'nosi shundan iboratki, boshlang'ich signallar liniyaga uzatilishidan oldin chastotalar shkalasi bo'yicha bir necha marta o'zgartiriladi, qabul qiluvchi qismda esa teskari jarayon amalga oshadi. Ko'p marta o'zgartirish oddiy va arzon filtrlarni, har xil kanallar soniga ega bo'lgan uzatish tizimlarining standart qurilmalarini va liniyaning oraliq chastotasidan unumli foydalanish imkonini beradi.

KCHBAUTlari shaxsiy va guruhli usulda tuzilishi mumkin. Shaxsiy usulda qurilganda o'zgartirgichlar, filtrlar, kuchaytirgichlar

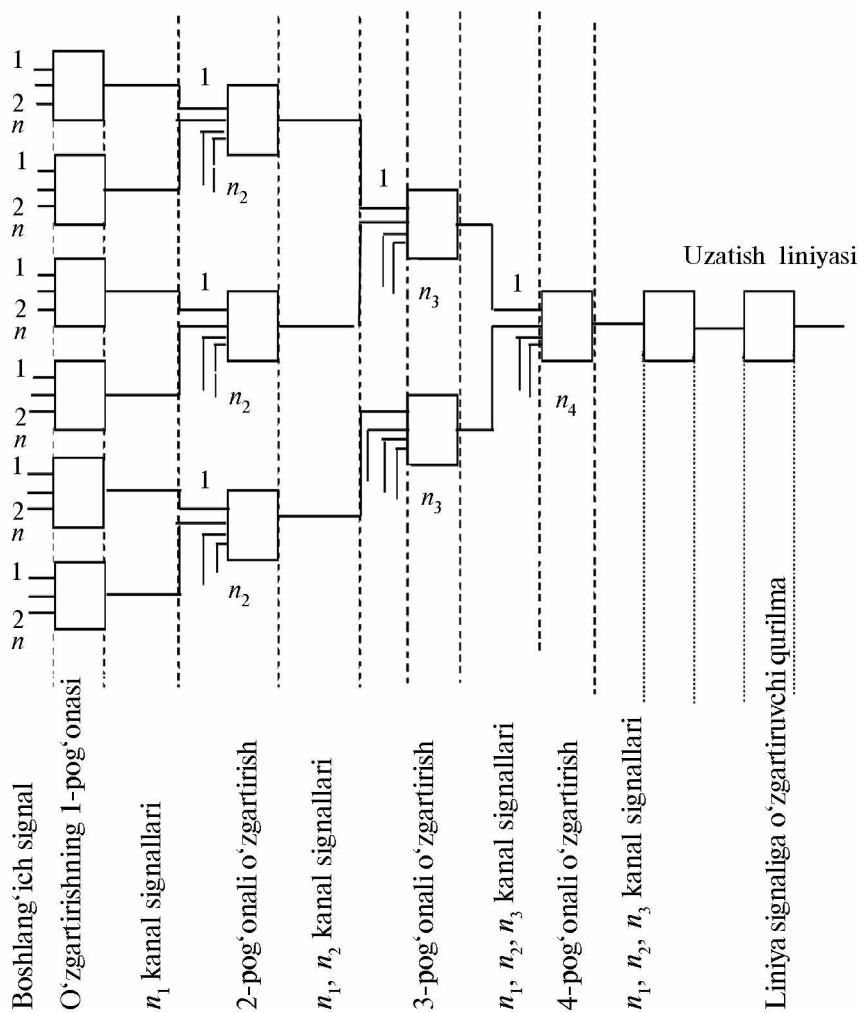
va boshqa qurilmalar har bir kanal uchun alohida va har bir oxirgi va oraliq stansiyalarda kanallar soniga bog'liq holda shuncha marta takrorlanadi.

Agar har bir kanal uchun oxirgi apparaturalarning qurilmalari alohida va oraliq apparaturalarning qurilmalari esa barcha kanallar uchun umumiy bo'lsa, bunday usulga guruhli deyiladi.

Hozirgi paytda uzatish tizimlarini shaxsiy usulda tuzish uzatish masofasining chegaralanganligi va kanallar soni kamligi tufayli qo'llanilmaydi. Chunki kanalning oraliq filtrlari nafaqat oxirgi, balki har bir oraliq stansiyalarda ham qo'llaniladi. Shuning uchun oraliq stansiyalarning soni oshishi bilan kanalning oraliq chastotasini samarali uzatish oraliq'i kichrayadi, bu esa oraliq stansiyalar va uzatish masofasining chegaralanishiga olib keladi. Bundan tashqari, har bir oraliq stansiya uchun bir xil xarakteristikalariga ega bo'lgan filtrlarni qo'llash qiyinchilik tug'diradi va apparaturalar hajmining kattalashishiga va narxining oshishiga olib keladi. Yuqoridagi kamchiliklarni nazarda tutgan holda, kanallari chastota bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizimlari guruhli usulda tuziladi. Ko'p kanalli uzatish tizimlarining guruhli usulda tuzilish chizmasi 3.4-rasmda ko'rsatilgan.

Birlamchi pog'ona (shaxsiy o'zgartiruvchi pog'ona)da n kanal guruhli signallarga aylangan holda bir-birini berkitmaydigan oraliq chastotalarda joylashgan n_1 kanal signallariga o'zgaradi. Ikkinchi va qolgan pog'ona o'zgartirishlar guruhli hisoblanadi. n_1 kanal signallarining bir xil oraliq chastotalari, n_2 ikkinchi pog'onada n_1 , n_2 umumiy guruhli kanal signallariga o'zgartiriladi. Keyingi o'zgartirish pog'onasida n_1 , n_2 , n_3 guruhli kanal signallarining bir xil oraliq chastotalarini n_3 ga ko'chirgan holda bir-birini berkitmaydigan holda n_1 , n_2 , n_3 kanal signallariga o'zgaradi. n_1 kanal signallaridan hosil bo'lgan guruhga birlamchi, n_2 birlamchi guruhlar birlashtirilgan guruhga ikkilamchi (n_1 , n_2), n_3 ni birlashtirish yo'li bilan olingan n_1 , n_2 , n_3 kanal signallariga uchlamchi guruhlar deyiladi.

Juda ko'p kanallar soniga ega bo'lgan uzatish tizimlarining apparaturalarini tuzishda to'rtlamchi va beshlamchi guruh kanallaridan foydalaniladi hamda guruhli qurilmalarning yig'indisi *asosiy o'zgartiruvchi apparatura* deyiladi.



3.4-rasm. Ko'p kanalli uzatish tizimlarining guruhli usulda tuzilishi.

Asosiy o'zgartiruvchi apparatura chiqishidagi uzatish tizimi-ning spektrini liniya spektriga o'zgartirish o'zgartiruvchi apparatura orqali amalga oshiriladi. Bu apparatura har xil apparaturalar uchun turlicha va bir yoki ikki o'zgartirishdan iborat bo'lishi mumkin.

Liniya traktining oxirgi apparaturasi (LTOA) yordamida o'zgartiruvchi apparatura chiqishida spektr shakllanadi. Bunday qurilma tarkibiga, asosan, kuchaytirgichlar, sathni avtomatik boshqaruvchi qurilma, yo'naltiruvchi filtrlar kiradi.

3.4. Kanal va traktlardagi shovqinlar

Shovqin — bu uzatilgan signalni qabul qilishga xalaqit beruvchi begona elektrik tebranishlardir. U signalga ta'sir qilish xarakteriga bog'liq holda additiv va multiplikativ shovqinlarga bo'linadi. Additiv shovqinlar deb kanal va traktlarda yuzaga keluvchi tasodifiy elektr yurituvchi kuchga aytiladi. Ular foydali signal bilan qo'shiladi va qabul qilish nuqtasi (uzatish kanalining, traktining chiqishi)ga quyidagi kuchlanish bilan tushadi:

$$I_{qq}(t) = I_s(t) + I_{sh}(t). \quad (3.4)$$

Multiplikativ shovqinlar deb kanal (trakt) uzatish koeffitsiyentining tasodifiy o'zgarishiga aytiladi. Bunday holda signalni qabul qilish nuqtasidagi kuchlanishi:

$$I_{qq}(t) = I_s(t) \cdot R_n(t); \quad (3.5)$$

bu yerda: R_n — traktning uzatish koeffitsiyenti. Bundan tashqari, shovqinlar tebranishining shakli, chastota spektri yuzaga kelish joyi va xalaqit beruvchi ta'siri bo'yicha ham sinflanadi. Shakli bo'yicha tebranishlar uzluksiz va impulsli shovqinlarga bo'linadi. Ularning juda kichkina qiymati, o'rtacha qiymatning yuzlab, hatto minglab oshishiga olib keladi. Uzluksiz shovqinlarning kichik qiymati ularning o'rtacha qiymatining bir necha o'n marta oshishiga olib keladi.

Chastota spektri bo'yicha shovqinlar uzluksiz to'g'ri (oq shovqinlar ko'rinishida) va diskret spektrlarga bo'linadi. Ko'pgina hollarda fluktuatsiya xarakteriga ega bo'lgan shovqinlar (shaxsiy shovqinlar) uzluksiz to'g'ri va taxminan tekis spektrga, elektrlangan transport, yuqori voltli liniya, elektr ta'minoti qurilmalari shovqinlari esa diskret spektrga ega.

Yuzaga kelish joyi bo'yicha shovqinlar ichki va tashqi shovqinlarga bo'linadi. Ichki shovqinlar uzatish tizimi apparaturasining o'zida hosil bo'ladi. Unga, masalan: shaxsiy shovqinlar nochiziqilik tufayli yuzaga keluvchi shovqinlar, mahalliy ulanish kontaktlarining yomonligi tufayli yuzaga keluvchi shovqinlar va h.k. kiradi. Tashqi shovqinlar kanal va traktlardan tashqarida hosil bo'ladi. Bunday shovqinlarning kelib chiqishiga parallel zanjirlar orasidagi aloqaning ta'siri, radiostansiya signallarining ta'siri, sanoat

uskunalarining shovqinlari, momaqalldiroq razryadlari shovqinlari kiradi. Shovqinlar xalaqit beruvchi ta'siri bo'yicha va o'zaro o'tuvchi gaplashishlar ko'rinishidagi shovqinlarga bo'linadi. Ovozli signallarni uzatishda shovqinlar gaplashayotgan gapning aniqligini kamaytirgan holda (chiqillash, titrash ko'rinishida) nimjon signalning tashkil topuvchilarini qoplaydi. Ovozli signallarni uzatishda eng xavflisi o'zaro o'tuvchi gaplashishlardir. Ular aniq va noaniq o'zaro o'tuvchi gaplashishlarga bo'linadi. Aniq o'zaro o'tuvchi gaplashishlar aloqa maxfiyligini buzgan va abonentlarning diqqatini o'ziga jalb qilgan holda ovoqli pauzalarda boshqa kanallardan eshitaladi. Noaniq o'zaro gaplashishlar unchalik xavfli emas, chunki ularda boshqa kanallardan eshitaladigan gaplarni aniq eshitib bo'lmaydi. Diskret signallarni uzatishda shovqinlarning paydo bo'lishi uzatiladigan axborotning ishonchliligini kamaytiradi, tasvirni uzatganda esa detallarni ajratish qiyinlashadi.

Nazorat savollari

1. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlarining tuzilish prinsipini tushuntiring.
2. Ko'p kanalli uzatish tizimlarining tuzilish prinsipi nimadan iborat?
3. Kanal signallarini shakllantirish tamoyillariga tavsif bering.
4. Chastotalarni ko'p marta o'zgartirish prinsipini tushuntiring.
5. Kanal va traktlardagi shovqinlar tabiatini izohlang.

4.1. Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlarining tuzilish prinsipi

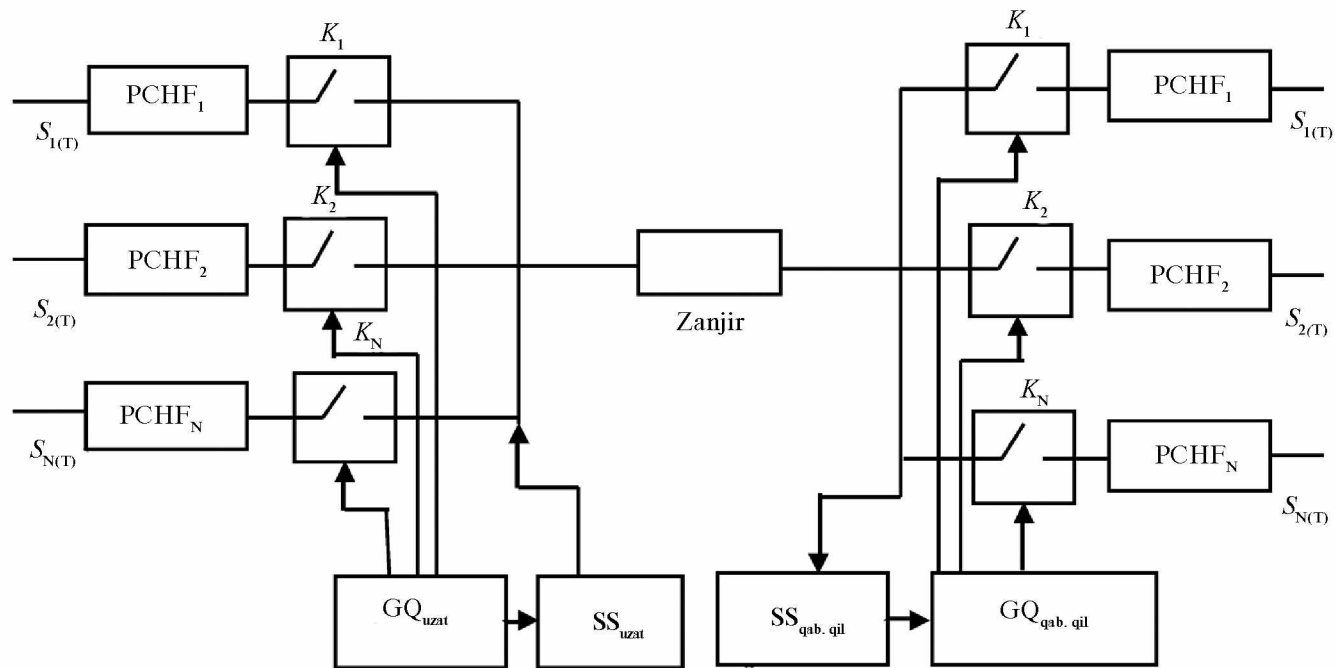
Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan usulda zanjirda juda qisqa impulslarning davriy ketma-ketligi uzatiladi. Impulslarning amplitudasi kanal signallarining oniy qiymatlariga teng. Birinchi kanalning impulsidan keyin, ikkinchi, uchinchi va oxirgi kanalning impulsi beriladi, undan keyin sikl yana takrorlanadi.

Kanal bo'yicha impulslar ketma-ketligi uzatilsa, birorta kanalning ikkita qo'shni impulslari orasida boshqa kanal impulslarini uzatish mumkin bo'ladi. Kanal bo'ylab uzluksiz analog signallarni uzatish uchun (masalan, nutq) uni vaqt bo'yicha diskretlash lozim. Diskretlash natijasida uzluksiz signallar vaqt bo'yicha ajratilgan har xil amplitudali impulslar (AIM) ketma-ketligiga o'zgaradi.

Uzatish liniyasiga avval birinchi kanalning impulsi (uzluksiz signalning otscheti), undan keyin ikkinchi kanalning va N-kanalning impulslari yuboriladi. Undan keyin yana birinchi kanalning vaqt bo'yicha ajratilgan ikkinchi qismi (impulsi) jo'natiladi va jarayon davriy holda takrorlanadi. Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizim (KVBA KKUT)larining soddalashtirilgan tuzilish sxemasi 4.1-rasmda ko'rsatilgan.

Har bir kanalning boshlang'ich uzluksiz signallari past chastotali filtr bilan cheklangandan so'ng, shu signallarni diskretlashni amalga oshiruvchi kalit ($K_1, \dots, K_N$)larga tushadi.

Kalitning ishini esa impulslar ketma-ketligi (ularni uzatuvchi qismdagi generator qurilma (GQ_{uzat})si ishlab chiqaradi) davriy ravishda boshqaradi. Bu impulslarning ta'qib chastotasi diskretlash chastotasiga teng, ya'ni Kotelnikov teoremasiga binoan uzluksiz signalning eng yuqori chastota spektrining ikki marta oshirilgan qiymatlaridan kam bo'lmasligi lozim. U quyidagicha aniqlanadi: $f_g \geq 2 \cdot F_{maks}$, diskretlash davri esa $T_g = 1/f_g$ ga teng.



4.1-rasm. Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizimlarining soddalashtirilgan tuzilish sxemasi.

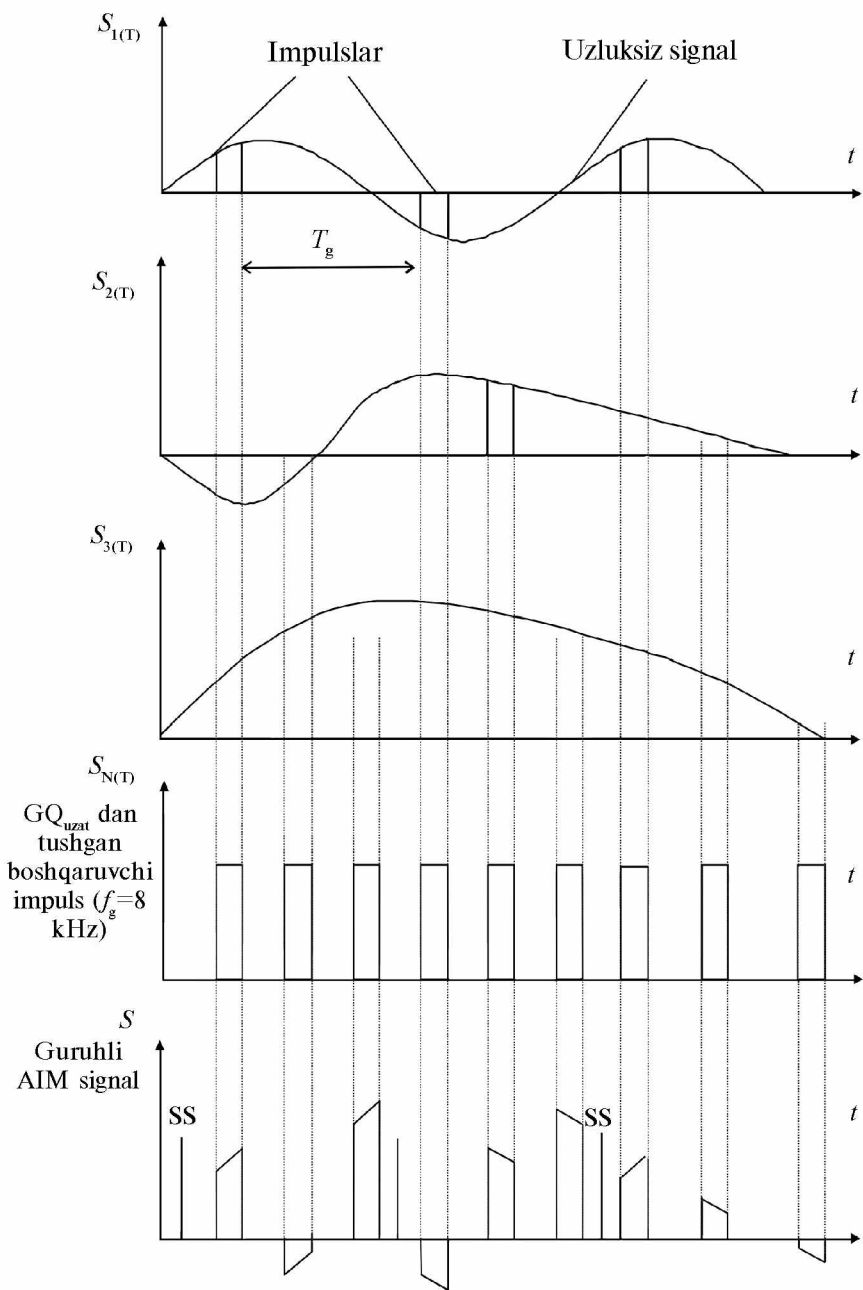
Turli kanallarning elektron kalitlarini boshqaruvchi impulslar ketma-ketligi (GQ_{uzat} dan tushuvchi) teng vaqtli oraliqlarda bir-biridan surilgan holatda joylashadi. Ularning qiymati kanal impulslarining diskretlash davri (T_g) va tizimdagi kanallar soni bilan aniqlanadi. Kalit berkilgan lahzada kanal signali (otscheta)ning oniy qiymatlari liniyaga uzatiladi.

Kanal signallarining impuls ketma-ketliklaridan guruhli AIM signal hosil bo'lad. Qabul qiluvchi oxirgi stansiyada kanal signallarini ajratish ($K_1' \dots K_N'$) kalitlarda amalga oshadi.

Qabul qiluvchi qismdagi generator qurilma ($GQ_{qab. qil}$)si ishlab chiqaradigan impulslar ketma-ketligi kalitlarning ishini boshqaradi. Uzatilgan signal qabul qiluvchi stansiyadagi sinxron va sinfaz ishlovchi mos keluvchi elektron kalitlarga tushadi. Kalitlar bir vaqtda ishlashi uchun uzatuvchi oxirgi stansiyadan qabul qiluvchi stansiyaga, ikkita stansiyaning vaqt bo'yicha mos holda ishlashini ta'minlovchi maxsus sinxronizatsiya signali (SS) beriladi.

Amplitudaviy modulatsiyalangan impulslar ketma-ketligidan (uzluksiz) boshlang'ich signallarni qayta tiklash past chastotali filtrlarda amalga oshadi. 4.2-rasmda kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan (KVBA) uzatish tizimining kanal signallari va guruhli AIM signallar shakllanishining vaqt bo'yicha diagrammasi ko'rsatilgan.

Shuni aytish joizki, KVBA uzatish tizimlarining kanallari orasida, uzatish liniyasining o'tkazuvchanlik oralig'ining chegaralanishi tufayli o'zaro o'tuvchi xalaqit (shovqin)lar yuzaga kelishi mumkin. Ularni kamaytirish uchun kanal impulsleri orasiga vaqt bo'yicha himoya oralig'i T_{him} kiritiladi. KVBA uzatish tizimlari va AIMning shovqinbardoshligi juda past, shuning uchun AIM, odatda, shu tizimlarning birinchi pog'ona o'zgartirishida qo'llaniladi, keyingi pog'onalarda esa shovqinga ancha bardoshli bo'lgan modulatsiya turlari IKM yoki FIM qo'llaniladi.



4.2-rasm. KVBA uzatish tizimining kanal signallari va guruhli AIM signallari shakllanishining vaqt bo'yicha diagrammasi.

4.2. Analog signaldan raqamli signalga o'tish. AIM signalining xususiyatlari va AIM signallarning turlari

Hozirgi paytda elektr aloqada raqamli usulda signallarni uzatish juda ko'p qo'llaniladi. Chunki u analog usulga nisbatan quyida keltirilgan bir qancha afzalliklarga ega:

- shovqindan himoyalanganlikning yuqoriligi, bu, asosan, ruxsat etilgan sathlarning soni kam bo'lgan kodlarni qo'llash bilan bog'liq. Raqamli uzatish tizim (RUT)larining yuqori shovqinbardoshlilik, shovqin sathi yuqoriligi tufayli analog uzatish tizim (AUT)lari ishlay olmaydigan aloqa liniyasidan foydalana olish imkonini beradi. Bu quyidagilar bilan bog'liq:

- aloqa sifatining liniya uzunligiga bog'liq emasligi. Bu raqamli signallarni regeneratsiyalash hisobiga amalga oshadi. Raqamli shaklda amalga oshuvchi tranzitlar ham amalda aloqa sifatini pasaytirmaydi;

- diskret axborotlarni uzatishda RUT kanallarini qo'llashning yuqori samaradorligi, hozirgi paytda RUTlar orqali o'zining fizik tabiatiga ega bo'lgan juda ko'p diskret oqimlarni uzatish mumkin. Bunda raqamli signallar kanalning past chastotali tugallanishini chetlab o'tgan holda to'g'ridan to'g'ri guruhli traktga kirgiziladi. RUTlarda bitta telefon kanalining o'rniga 50–60 kbit/s li raqamli oqimlarni, AUTlarda esa bitta TCH kanalda 10 kbit/s dan oshmagan tezlikdagi oqimni uzatish mumkin;

- integral raqamli tarmoqlarni tuzish imkoniyati integral aloqa tarmoqlarini qurishda, RUTlari va raqamli signallarni kommutatsiyalash tizimlari asosiy hisoblanadi. Bunday tarmoqlarda tranzit va kommutatsiyalash raqamli usulda amalga oshadi. Raqamli tarmoqlarda barcha apparatura majmualarida yuqori integratsiyalash darajasiga ega bo'lgan integral sxemalar bazasidan foydalaniladi. Yuqori chidamlilikka ega bo'lgan va bir xil prinsipda tuzilgan qurilmalarni qo'llash, tarmoqni boshqarish va uning holatini nazorat qilish, ajratilgan tarmoqning barcha operatsiyalarini yuqori darajada avtomatlashtirish bilan bog'liq bo'lgan masalalarni tarmoqning chidamliligi va mustahkamligini tashkil qilishni ta'minlaydi. RUTlarning eng asosiy kamchiliklaridan biri, uning keng chastotalar oralig'ini egallashidir. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan AUTlarda bitta TCH kanalni uzatish uchun 4 kHz ajratiladi. Shuning uchun N-kanalli tizimlarning guruhli signali chastota spektrining kengligi: $\Delta F_{\text{kchba}} = 4 \cdot N \text{ kHz}$. IKMli RUTlarda

guruhli signal spektrining kengligi taxminan taktili chastotaga teng. $\Delta F_{\text{IKM}} = f_d \cdot m \cdot N$. Mavjud RUTlarda telefon signallari uchun $f_d = 8 \text{ kHz}$ ga teng.

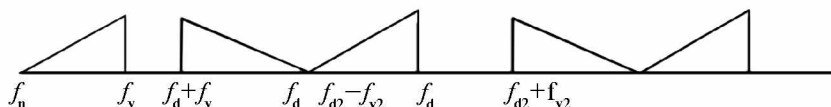
Demak, $\Delta F_{\text{gr}} = f_d \cdot m \cdot N / 4 \cdot N = 16$ marta, ya'ni guruhli IKM signali chastota spektrining kengligi AUTlarga nisbatan taxminan 16 marta keng. Shuning uchun RUTlarining liniya traktidagi oraliq punktlarini AUTlarinikiga nisbatan yaqinroq joylashtirish lozim. Bunda liniya traktining narxi oshadi (kuchaytirgich punktlarining soni ko'payishi hisobiga), lekin RUTlarning oxirgi qurilmalari murakkab va qimmatbaho filtrlardan iborat emas va uning qurilmalari AUTlarinikiga nisbatan arzon. Shuning uchun bunday uzatish tizimlari barcha aloqa tarmoqlarida keng tarqalgan.

Endi uzluksiz ko'rinishdagi signallarni raqamli signal ko'rinishiga o'tkazish usullarini qarab chiqamiz. Analog (uzluksiz) signal-dan raqamli signalga o'tish uchun 3 ta operatsiya amalga oshiriladi:

- diskretlash;
- diskret impulslarni kvantlash;
- kvantlangan qiymatlarni kodlash.

Signallarni vaqt bo'yicha diskretlash jarayoni Kotelnikov teoremasiga asosan amalga oshiriladi. $f_p - f_y$ (f_p — signalning past chastotasi, f_y — signalning yuqori chastotasi) chastota oraliq'ida diskretlashtirilgan amplitudaviy impulsli modulatsiya (AIM) signallarining spektri, $f_p - f_y$ oraliqda diskretlashtiriladigan signalning tashkil topuvchilaridan va diskretlash chastotasi garmonikalarining oraliq chastotalaridan (birinchi garmonikani hisobga olmaganda) iborat.

0..... f_y o'tkazuvchanlik oraliq'iga ega bo'lgan past chastotali filtr (PCHF) yordamida uni osongina demodulatsiyalash mumkin. Haqiqatan ham, bu filtr AIM signalning past chastotali tashkil etuvchilarini o'tkazadi. Odatda, demodulatsiyalash jarayonida shovqinlar hosil bo'lmashligining iloji yo'q. 4.4-a rasmdan ko'rinib turibdiki, $f_d > 2F_y$ da past yon chastotaning past chegarada va birlamchi signal spektrining yuqori chegarasi orasida $f = (f_d - f_y) - f_y = f_d - 2f_y$ oraliq chastota qoladi. Bunday holatda AIM signal spektridan birlamchi signal spektrini ajratib olish imkoni bor.



4.3-rasm. Diskretlangan signalning tashkil etuvchilari.



4.4-rasm: *a* — $f_d=2F_y$ holatga mos keluvchi spektral diagrammasi;
b — $f_d<2F_y$ birlamchi signal spektri va past yon chastotalar spektri
 bir-birini berkitadi.

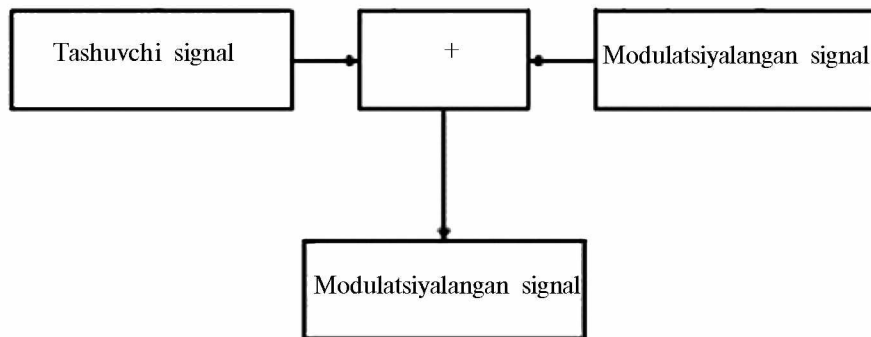
Yuqoridagi 4.4-*a* rasmda $f_d=2F_y$ holatga mos keluvchi spektral diagramma ko'rsatilgan. Bu diagrammada boshlang'ich signalni AIM signal spektridan ajratib olish qiyin. Uni faqatgina ideal PCHF orqaligina ajratib olish mumkin. Lekin bunday filtrlarning boshqa o'tkazuvchanlik oralig'idagi so'nish cheksiz darajada katta bo'lganligi tufayli qo'llanilmaydi. $f_d < 2F_y$ da esa (4.4-*b* rasm) birlamchi signal spektri va past yon chastotalar spektri bir-birini berkitadi, shuning uchun ham bunday holatda AIM signalni buzilishsiz demodulatsiyalashning iloji yo'q. Amalda diskretlash chastotasi $F_d=(2,15.... \dots 2,4)f_y$ shartiga binoan tanlanadi. Bu esa amalda uncha murakkab bo'lmagan va qimmat past chastotali filtr yordamida buzilishsiz demodulatsiyalashni ta'minlaydi. Elektron kalitlar chiqishidagi diskretizatsiyalangan signallar AIM-1 (birinchi tartibli AIM signallar) deb nomlanadi. AIM-1 da impulsning yuqori qismi boshlang'ich signalning sinusoidal qonuni bo'yicha o'zgaradi. Aloqa texnikasida yuqori qismi tekis holdagi ikkinchi tartibli AIM (AIM-II) signallari ko'p qo'llaniladi. Bunday signallarda birlamchi signallarning yuqori chastotali tashkil etuvchilari pasaytiriladi.

Analogli modulatsiya. Raqamli modulatsiya. Raqamli kodlash

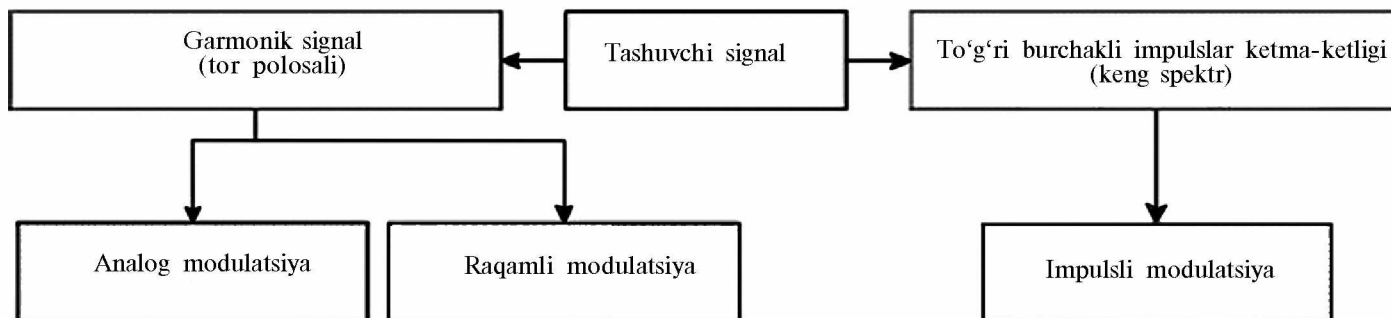
Modulatsiya (lotinchadan olingan bo'lib, *modulatio* — o'lchash, o'lchov degan ma'noni anglatadi) — bu yuqori tebranishli modulatsiyalanadigan to'lqinning bir yoki bir nechta parametrlarining past chastotali axborot qonuni bo'yicha o'zgarish qonuni hisoblanadi. Modulatsiyalash natijasida boshqaruvchi signal spektri yuqori chastotaga yetkaziladi.

Tashuvchi sifatida har xil shakldagi to'lqinning (to'g'ri burchakli yoki uchburchakli) tebranishlaridan foydalanish mumkin, ammo ko'p hollarda garmonik to'lqinlardan foydalaniladi.

Tashuvchi to'lqinning biron-bir parametrining o'zgarishiga qarab, modulatsiyalashni *amplitudali*, *chastotali*, *fazali*, *raqamli* turlarga ajratishadi (4.5-rasm).

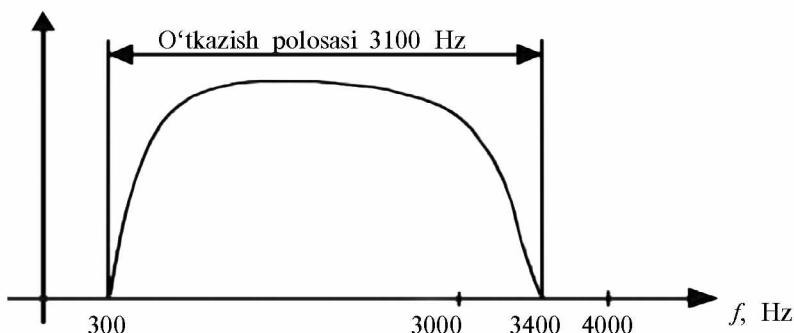


114



4.5-rasm. Modulatsiya turlari.

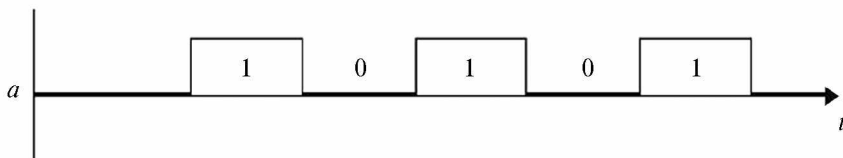
Analog modulatsiya (amplitude modulation – AM). Analog modulatsiyadan tonal chastota kanali orqali tor polosali diskret ma'lumotlarni uzatish uchun foydalaniladi. Umumiy telefon tarmoqlari, odatda, telefon aloqasidan foydalanuvchilarga taqdim etiladi. Tipik tonal chastota kanalidagi analog modulatsiya xarakteristikasi 4.6-rasmda keltirilgan.



4.6-rasm. Tonal chastota kanalidagi analog modulatsiya xarakteristikasi.

Analog modulatsiya usulining asosiy afzalligi – signallar shaklining oddiyligi va detektorlashning osonligidir. Ammo ushbu afzalliklarga qaramay, amplitudali modulatsiyaning ikkita kamchiligi mavjud: birinchidan, o'zgarish amplitudalari tezligi past va liniya polosasi kengligi bo'yicha cheklangan. Ikkinchidan, kam miqdordagi amplitudalar ishonchsiz detektorlanadi.

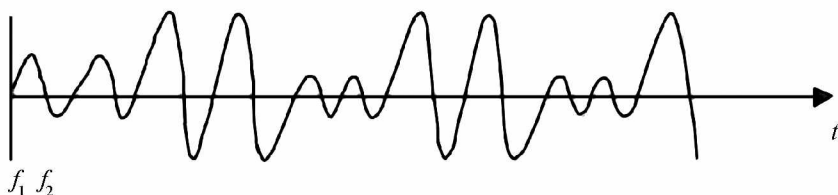
Telefon liniyasida kam miqdordagi 3000 tagacha o'zgarishlarni bir soniyada amalga oshirish bilan cheklanadi. Shu sababli signallarni fizik kodlashda analog modulatsiyalashdan foydalanib amalga oshirishda, axborot tashuvchi signal chastotasini sinusoidal amplituda yoki faza o'zgarishi orqali kodlash amalga oshiriladi.



4.7-a rasm. Potensial kodlash.

Analog modulatsiya turlari. Analog modulatsiyalashning asosiy usullari 4.7-rasm (a, b, d, e)larda keltirilgan.

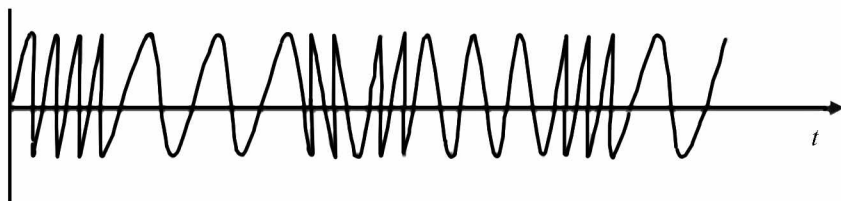
Tizimga ketma-ket usulda kelayotgan potensial bitlardan iborat ma'lumot keltirilgan, unda potensial yuqori bosqichga mantiqiy 1 lar va quyi bosqich uchun potensial mantiqiy 0 lar kelib tushadi.



4.7-b rasm.

4.7-b rasmda amplitudaviy modulatsiyalashda tizimga ketma-ket kelayotgan mantiqiy 1 lar va 0 lar uchun boshqa amplitudadagi sinusoidal tashuvchi signal chastotasi tanlanadi.

Bu usuldan amaliyotda shovqinbardoshligi kamligi uchun juda kam foydalaniladi (faqat fazaviy modulatsiyada foydalaniladi).

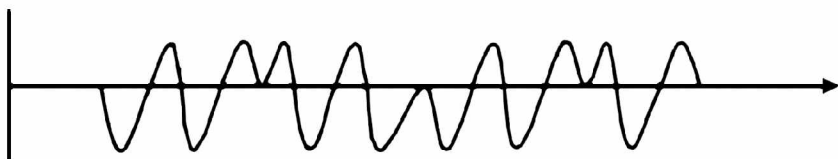


4.7-d rasm.

4.7-d rasmda chastotali modulatsiyalash keltirilgan. Kelayotgan chastotali modulatsiyalashda tizimga ketma-ket kelayotgan mantiqiy 0 va 1 larni uzatishda turli xildagi sinusoidal chastotalardan foydalaniladi — f_0 va f_1 .

Bu modulatsiyalash usuli murakkab sxemalarni talab qilmaydi, shuning uchun past tezlikli (300 yoki 1200 bit/s) modemlarni ulashda ishlatiladi.

4.7-e rasmda fazaviy modulatsiyalash keltirilgan. Fazaviy modulatsiyalashda esa 0 va 1 ko'rinishidagi ma'noga ega bir xil chastotali signallardan foydalaniladi.



4.7-e rasm.

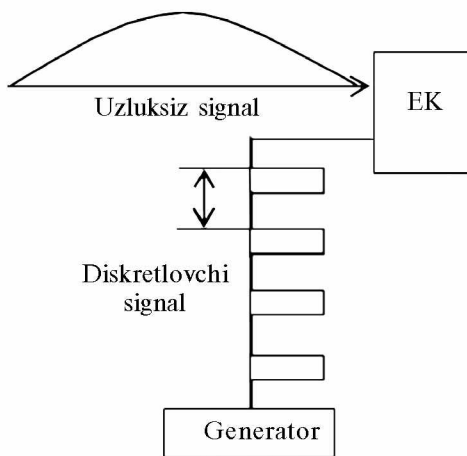
Analog signalni modulasiyalashda Kotelnikov yoki Naykvist-Shennon teoremasidan foydalaniladi.

Raqamli modulasiya yoki kodlash

Tovush to'liqlarini *akustik-elektr* o'zgartirgichlar uzluksiz ko'rinishdagi past chastotani 0,3–3,4 kHz spektr diapazonida yotuvchi signalga aylantiradi. Bu signallarni raqamli kommutatsiya tizimi (RKT) orqali kommutatsiya qilish amaliyotda juda katta qiyinchilik tug'diradi. Uzluksiz signallarni E-ATS orqali uzatish uchun qulay bo'lgan raqamli signallarga aylantirish talab qilinadi va yuqorida ko'rib chiqilgandek, bu jarayon uch bosqichdan iborat bo'ladi: vaqt bo'yicha diskretlash; sathi bo'yicha kvantlash; kodlash.

Vaqt bo'yicha diskretlashda uzatiladigan signalning diskret qiymatlari chastotasi f_d uzluksiz signal chastotasining eng katta qiymati f_{maks} dan kamida ikki marotaba katta bo'lishi kerak: $f_d > 2f_{maks}$.

Aks holda, qabul qilish joyida signalni to'liq tiklab bo'lmaydi. Telefoniya $f_d = 8$ kHz olinadi. Bunda bitta sikl davri $T = 125$ mks. Diskretlash elektron kaliti orqali bajariladi.



4.8-rasm. Diskretlash jarayoni.

Sathi bo'yicha kvantlash. Kvantlash shkalasi uch bosqichda ishlatiladigan kod turiga bog'liq. Agar kvantlash jarayonida ikkilik kod ishlatilsa, kvantlash darajasi qiymatlari $2n$ bilan aniqlanadi.

n qancha katta bo'lsa, kvantlash shkalasi shuncha mayda bo'laklarga bo'linadi va signal shuncha xatosiz uzatiladi.

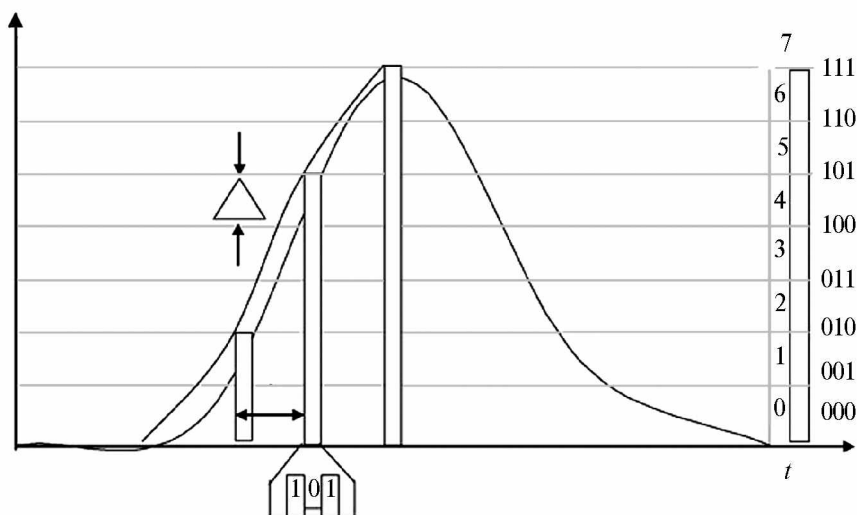
Telefoniya $n = 8$ teng qilib olingan, ya'ni kvantlash shkalasi $28 = 256$ bo'lakka bo'linadi.

Kodlashda har bir diskret qiymat kodlashtiriladi. Kodlash ikkilik kod asosida amalga oshiriladi, ya'ni diskret qiymatga to'g'ri kelgan shkalani topib, uni mos kelgan nol va birlardan tashkil topgan kod majmuasi bilan yozish mumkin.

Bitta diskret qiymat uchun ajratilgan uzatish davri $T = 125$ mks vaqt oralig'iga teng.

Yevropa xalqaro aloqa ittifoqi (IFU) standarti bo'yicha bitta davr vaqti oralig'ida 32 ta vaqt kanali tashkil qilinadi (IKM-32).

AQSH standart bo'yicha IKM 20–24 ni tashkil qilinadi.



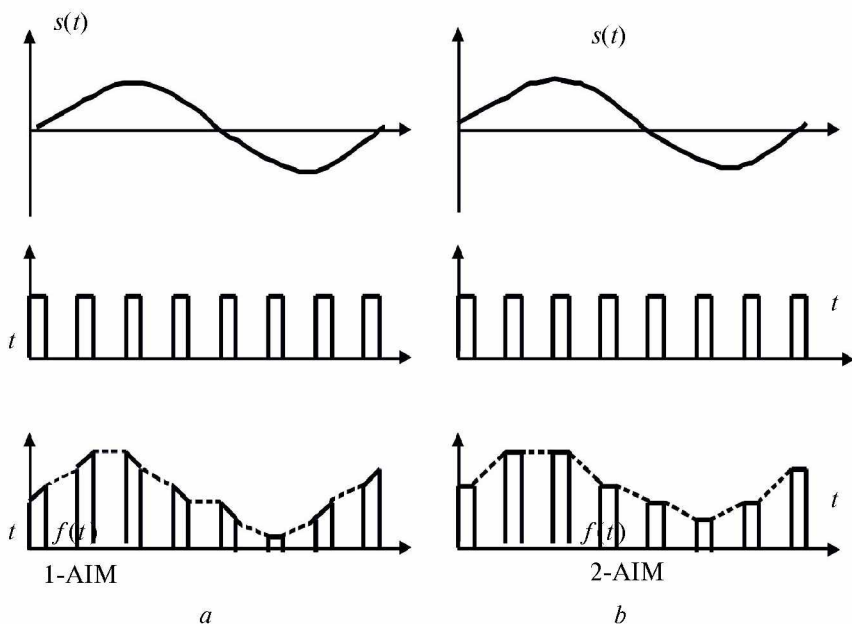
4.9-rasm. AIM signallarning turlari.

Kanal signallarini amplituda-impulsli modulatsiya yordamida shakllantirish. Amplituda-impulsli modulatsiyada TIDKning amplitudasi $s(t)$ birlamchi yoki modullovchi signal qonuniga asosan o'zgaradi, impulsning davomiyligi, ularning takrorlanish chastotasi va takt nuqtasiga nisbatan holati esa AIMda o'zgarmay qoladi. AIM kanal signalini shakllantirishning vaqt bo'yicha diagrammasi 4.10-rasmda ko'rsatilgan.

$s(t)$ birlamchi signal TIDKning amplitudasini modullashi natijada $s(t)$ amplitudaviy modullangan kanal signalining hosil bo'lishi 4.10-rasmda ko'rsatilgan. Bunda amplituda-impulsli modulatsiya (AIM)ning ikki turidan foydalaniladi:

- birinchi tur amplituda-impulslı modulatsiya (1-AIM), unda impulslar amplitudasining oniy qiymati modullovchi signalning oniy qiymatiga bog‘liq bo‘lib, impulsning cho‘qqisi boshlang‘ich signalni impulslar davomiyligi (kengligi)da takrorlaydi (4.10-a rasm);

- ikkinchi tur amplituda-impulslı modulatsiya (2-AIM), unda impulslar amplitudasi uning barcha davomiyligida o‘zgarmay qoladi (4.10-b rasm). TIDKning o‘tkazishga moyilligi bo‘lganda, 1-AIM va 2-AIM o‘rtasidagi farq yo‘qoladi, shuning uchun bundan keyin amplituda-impulslı modulatsiyaning bu turlari o‘rtasidagi farqqa e‘tibor berilmaydi.



4.10-rasm. Amplituda-impulslı modulatsiya prinsiplarini tekshirish.

Amplituda-impulslı modulatsiya asosida tashkil qilingan KVA uzatish tizimlari oxirgi stansiyalarni tashkil qilishning oddiyligi bilan boshqalaridan farq qiladi, lekin ularning xalaqitga bardoshliligi past bo‘lib, ular liniyaviy, guruhıy traktlar va aloqa liniyalarining chastotaviy tavsıflarını albatta tahlıl qila boshlaydi. Shuning uchun KVAUTda amalda qo‘llaniladigan AIM usullari impulslı modulatsiyaning boshqa turlaridan foydalaniladigan KVA uzatish tizimida kanal signallarını shakllantirishning birinchi bosqichidagina qo‘llaniladi.

4.3. IKM bilan uzatishni tashkil etish tamoyillari. Birlamchi raqamli kanaldagi signallar tuzilmasi (Y-1 oqimi)

Dastlab impuls kodli modulatsiyali uzatish tizimlarining rivojlanishi mahalliy va ichki mintaqaviy tarmoqlarda keng tarqalgan quyi chastotali kabellarning juftlarini zichlashtirish zarurligi tufayli kelib chiqqan edi. Bu tarmoqlarning an'anaviy usullar bilan keyingi rivojlanishi telefon kabellarining o'sib borayotgan ehtiyojlarini qondirishi g'oyatda qiyin bo'lgan. Yagona samarali usul ishlatilayotgan kabel tarmog'ining juftlarini zichlashtirishdir. Biroq mavjud kabel liniyalarini tonal chastotalar diapazonida ishlatish ko'zda tutilganligi uchun kabellardagi o'zaro ta'sir qiluvchi parametrlari kanallarni chastotali taqsimlash (KCHT) bilan ko'p kanalli tizimlarni tatbiq etish imkonini bermadi.

Yarim o'tkazgichlar texnikasi sohasidagi sezilarli taraqqiyot kanallarni vaqt bo'yicha ajratish va impuls kodli modulatsiyaga asoslangan uzatish tizimining apparaturasini yaratishga olib keldi. Raqamli signallarning xalaqit bardoshligi IKMli uzatish tizimlarining mavjud quyi chastota kabellarini zichlashtirish imkonini berdi. Mahalliy tarmoqlarni rivojlantirish apparaturaning bir necha turi paydo bo'lishiga olib keldi. Bularga quyidagilar kiradi:

- AQSH – IKM-24 uzatish tizimi (T1), uzatish tezligi 1544 kbit/s;
- Angliya – IKM-24 uzatish tizimi, uzatish tezligi 1536 kbit/s;
- Fransiya – IKM-36 uzatish tizimi, uzatish tezligi 1741 kbit/s;
- Rossiya – IKM-12 uzatish tizimi, uzatish tezligi 704 kbit/s;
- Yaponiya – IKM-24 uzatish tizimi, uzatish tezligi 1544 kbit/s;
- PXR – TSK-24 uzatish tizimi, uzatish tezligi 1544 kbit/s;

Bu uzatish tizimlari uzunligi uncha katta bo'lmagan aloqa liniyalarida, asosan, elektromexanik turdagi ATSlar o'rtasida bog'lovchi liniyalar tashkil etish uchun ishlatiladi. Telefoniya va telegraf bo'yicha xalqaro mamlakat qo'mitasida «IKM-24» tizimining parametrlarini qoidaga solish bo'yicha olib borilgan ishlar davomida G'arbiy Yevropa mamlakatlari IKM-24 tizimining ba'zi tomonlaridan ustun bo'lgan tezligi 2048 kbit/s li IKM-30/32

tizimini taklif etishdi. Natijada MKKTTda IKMli ikkita birlamchi tizim qoidaga solindi: IKM-24 1544 kbit/s tezlik bilan va IKM-30/32 2048 kbit/s tezlik bilan.

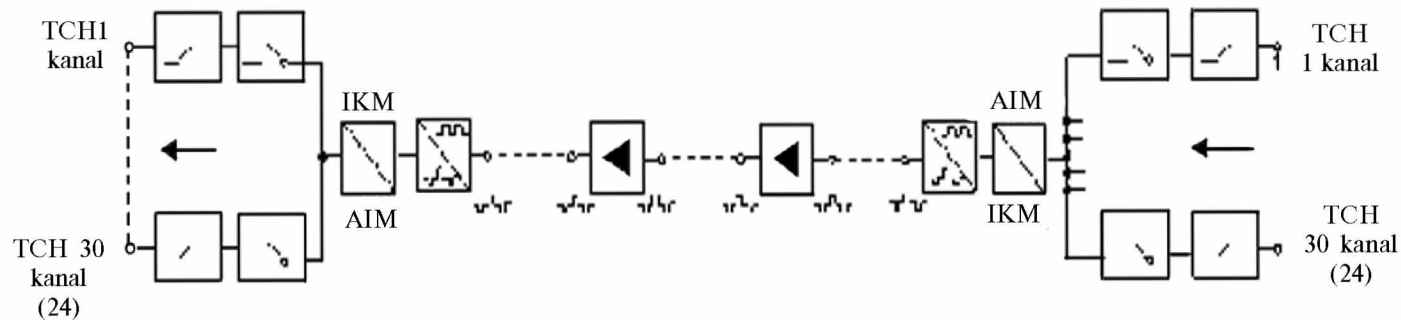
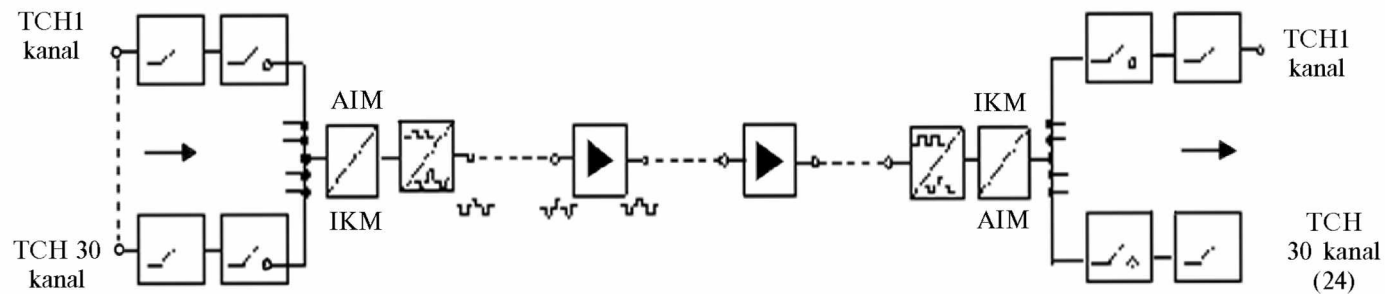
Iqtisodiy o'zaro yordam kengashi mamlakatlarida ham qabul qilingan IKM-30 tizimi integral aloqa tarmoqlarida ishlatish uchun mo'ljallangan. IKM-30 tizimining parametrlarini hisobga olgan holda, elektron ATSlar loyihalangan, ular o'rtasidagi raqamli signallar IKM-30 tizimining liniyaviy traktlari bo'yicha uzatiladi.

Bu birlamchi uzatish tizimi ikkilamchi raqamli tizimlarni yaratish uchun asos bo'ldi. IKM-24 va IKM-30 tizimlar davrining tuzilishi orasidagi farq ularning o'zaro ishlashlari uchun jiddiy to'siq bo'la olmaydi, diskretlash chastotasi 8 kHz ga teng bir xil va IKM-24 Polsha yaratgan varianti bilan $A=87,6/13$ segmentlarga teng bir xil kompressiya qonuni bo'lganligi tufayli, ular nutqli signallar uchun bir xil davr davomiyligiga ega.

4.11-rasmda IKMli birlamchi uzatish tizimi apparaturasining tuzilmaviy chizmasi keltirilgan. Unda ikkita asosiy qismni ajratish mumkin: chetki qurilma va liniyaviy trakt qurilmasi. Chetki uskuna uzatuvchi qismining vazifasi bir qancha kiruvchi signallarni diskretlash, olingan diskretlarni vaqt bo'yicha birlashtirish, so'ngra ularni kvantlash va kodlashdir. Kodlovchi chiqishida olinadigan ikkilik IKM signallari, umuman olganda, liniya bo'yicha bevosita uzatish uchun noqulay bo'lganligi sababli, ularning o'zgarmas tashkil etuvchisi bo'lmagan impuls qutblarining navbatma-navbat kelishi (IKM) kodli signalga o'zgartirib uzatiladi.

IKM-30 tizimida boshqa ko'proq ishlatiladigan HDB-3 kodi sezilarli darajada (IKK) kodiga nisbatan regeneratrlarning ishlash sharoitini yengillashtiradi. Raqamli signalni uzatish jarayonida yuzaga keladigan so'nishlar va buzilishlar liniyaviy regeneratrlar yordamida har bir regeneratsiya uchastkasida bartaraf etiladi. Qabul qiluvchi chetki qurilma teskari o'zgartirishlarni amalga oshiradi, ya'ni kodli kombinatsiyalar ketma-ketligidan diskretlar ketma-ketligini tiklaydi, ularni demodulatsiyalaydi va mos TCH kanallar chiqishiga uzatadi.

IKM uzatish tizimlarining asosiy ustunligi uzatilayotgan raqamli signallarning xalaqit bardoshligi va apparaturaning past qiymatiga egaligi hisoblanadi. Shu tufayli ularni shahar ATSlari va ASHTSlar o'rtasidagi liniyalarga, ya'ni kanallar sonini doimo kuchaytirib turishni talab qiladigan va TCH kanallar ishlatiladigan



4.11-rasm. IKMli birlamchi uzatish tizimining tuzilishi.

tarmoqlarda o'rnatish imkoniyati paydo bo'ldi. IKM uzatish tizimlariga bo'lgan qiziqishning yana bir sababi IKM signallarini bevosita kommutatsiyalash imkoniyatidir. Bu stansiyalararo bog'lovchi liniyalarni zichlashtirishga ketadigan xarajatlarni kamaytirish va amalda integral aloqa tarmog'ini yaratish imkonini beradi. Ko'rsatilgan ustunliklardan tashqari, IKMli uzatish tizimlari yana bir qator ijobiy sifatlarga ega:

- raqamli liniyaviy traktda ketma-ket regeneratsiya uchastkalarida hosil bo'luvchi shovqinlarni qo'shish yuz bermaydi, chunki uzatuvchi signal amplitudasi yarmidan kichik bo'lgan qiymatli xohlagan shovqin regenerator o'zida yo'q qilinadi;

- raqamli signalning xalaqitlariga past sezgirliги o'tish ta'siridan himoyalaniш kattaligini bir necha o'n detsibel tartibda yo'l qo'yadi, bu esa, o'z navbatida, simmetriyalashga zarurat bo'lmagan holda past sifatli kabel juftlarini ishlatishga imkon beradi;

- uzatilayotgan raqamli signal uzatish traktining so'nishlari o'zgarishini his qiladi, shu sababli TCH kanallarning qoldiq so'nishlarining katta barqarorligini olish mumkin. Natijada IKM uzatish tizimida qoldiq so'nishning kattaligini kanalning barqarorligi ta'minlangan holda ikki detsibelga pasaytirish mumkin;

- kanalning qoldiq so'nish chastotali tavsifi uzatish liniyasining tavsiflariga bog'liq emas;

- IKM uzatish tizimlarini amaliyotda amalga oshirish uchun katta aniqlik va elementlarning parametrlari barqarorligini talab qilmaydigan raqamli chizmalar ishlatiladi, integral mikrosxemalar ishlatilganda qurilmaning vazni va o'lchamlari kichrayadi va biryo'la uning ishonchliligi ortadi;

- IKMli uzatish tizimi bitta TCH kanalga bir necha signallash kanallari bilan jihozlanadi, shu tufayli ATS bilan ishlash uchun murakkab bo'lmagan va shuning uchun arzon elektron moslashtiruvchi qurilmalardan (MK) foydalanish mumkin;

- IKMli uzatish tizimida ishlatiladigan signal, ma'lumotlar uzatishda ishlatiladigan signal tuzilmasiga o'xshash bo'lganligi uchun ularga umumiy trakt ishlatish imkoni tug'iladi.

IKMli uzatish tizimlarida ishlatiladigan davrli sinxronlash usullari, davrli sinxronlashni ushlab turish va tiklash usuli bo'yicha hamda davr ichida davr sinxrosignal simvollarini joylashtirish bo'yicha farqlanadi. Davrli sinxronlashni ta'minlash usullaridan quyidagilari eng ko'p ishlatiladi:

- bir taktli siljitish usuli, bunda davrli sinxronlashdan har bir chiqish aniqlangandan so'ng qabul qiluvchi uskunaning taktli generatorining fazasini bitta taktli oraliqqa siljitish amalga oshiriladi;

- ko'p taktli siljitish usuli, bunda taktli generator fazasini siljitish kattaligi bir necha taktli oraliqlarni tashkil etadi, bu degani, agar davrli sinxrosignalning pozitsiyasida sinxronizmdan chiqish aniqlansa, davrli sinxrosignal topilgan qabul qiluvchi qurilma generatorini mos pozitsiyaga (fazaga) o'rnatishga asoslangan usul. Bu usul kelayotgan impulslarning har birini tekshirishdan iborat bo'ladi. Tizim davrli sinxronizmdan chiqqanda davrli sinxrosignal topiladi va generator faza surilishi bajariladi.

O'z navbatida, davrli sinxrosignalning simvollarini joylashtirish usullaridan kelib chiqqan holda sinxronlashning ikkita asosiy usuli farqlanadi:

- taqsimlangan simvollar usuli — bunda sinxrosignalning belgilari davr ichida teng oraliqlarga bittadan joylashtiriladi. Ilk adabiyotda u «tarqalgan sinxronlash» deb atalgan;

- «jamlangan belgilar» usuli — bunda davrli sinxrosignalning belgilari davrning bitta joyida joylashadi, masalan, birinchi kanalli oraliqda.

Davrli sinxronlash, usulini tanlash yo'l qo'yilgan tiklanishning o'rtacha vaqti va iqtisodiy muvofiqlik bilan aniqlanadi. Davrli sinxronlash tizimlari javob berishi kerak bo'lgan asosiy talablar quyidagilardan iborat:

- nutqli signallarni yoki boshqaruv signallarini uzatishda buzilishlar vujudga kelmasligi uchun davrli sinxronlashni tezda tiklash imkoniyati. Bu talab, ayniqsa, IKMli uzatish tizimining kanallari bo'yicha ma'lumotlarni uzatishda muhimdir;

- davrli sinxronlashning yuqori barqarorligi, ya'ni sinxrosignaldagi liniya trakti kiritayotgan yakka tartibdagi xatolarga sxema e'tibor bermasligi kerak va bir vaqtning o'zida davrli sinxronizmga chiqishga yetarli darajada sezgir bo'lishi lozim;

- soxta davrli sinxrosignal bilan olingan davrli sinxronizmga kirganligini aniqlash va qidirilayotgan sinxronizmni qidirib topish;

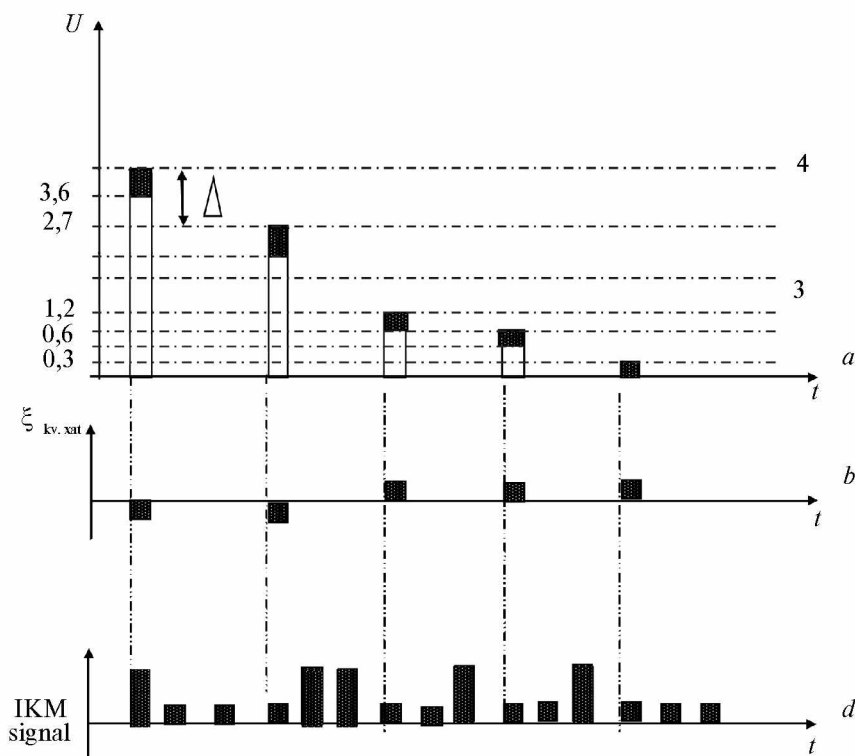
- ishning yuqori ishonchliligi;

- davr sinxronlash tizimlariga yuqorida keltirilgan talablar ichida qarama-qarshiliklar mavjud va davr sinxronlash usulini tanlash ba'zi kelishuvni oldindan belgilab beradi, masalan, davr sinxronlashni tiklash vaqti, sinxrosignal davomiyligi va uskuna bahosi o'rtasida.

Yuqorida keltirilganlardan ko‘rinib turibdiki, raqamli uzatish tarmoq uskunasining eng muhim parametrlaridan biri – bu davrli sinxronizmning tiklanish vaqtidir. Bu vaqt davrli sinxronlash t_1 – himoyaning boshlang‘ich vaqti; t_2 – davrli sinxronlashni tiklash vaqti; t_3 – himoyaning oxirini ko‘rsatuvchi vaqt. t_1 – vaqt himoya sxemasini ishlatish bilan asoslangan.

Shu tufayli davr sinxronlash tizimi davr sinxrosignalidagi ayrim xatoliklarga sezgir emas. Bu xatoliklar ko‘pincha kommutatsiya uskuna tomonidan o‘tishlar bilan ta’sir natijasida vujudga keladi, qisqa vaqt oralig‘ida harakat qiladi va jamlangan xarakterga ega, davr sinxronlashdan haqiqiy chiqish bo‘lganda kuzatilayotgan xatoliklar uzluksiz xarakterga ega bo‘ladi. Boshlang‘ich himoya vaqtini aniqlash uchun asos bo‘lib jamlangan xatoliklar to‘plamining davomiyligini statistik aniqlash hisoblanadi.

t_2 – bu davrli sinxronlashni tiklash jarayonining davomiyligidir. U davr sinxrosignalda ishlatiladigan simvollar soniga va davrli sinxronizmni tanlangan tiklash usuliga bog‘liq.



4.12-rasm. Kvantlash va kodlash operatsiyasi.

t_3 – vaqt davomida davr sinxronizmni tiklash jarayoni tugagandan so‘ng tiklangan davr sinxronizm haqiqatligi tekshiriladi. Bu vaqt shunday usul bilan tanlanadiki, unda yuzaga keladigan raqamli xatoliklar ehtimolligi juda ham kichik bo‘lishi kerak va bir vaqtning o‘zida davr sinxronizmni tiklashni tekshirish mumkin bo‘lish lozim.

4.4. Birlamchi raqamli kanalning signallar tuzilmasi

IKM-30 impuls-kodli modulatsiyali uzatishning zamonaviy birlamchi tizimlariga kiradi va TSK-24 vazifasidek mahalliy hamda hududiy aloqa tarmoqlarining kabellari juftlarini zichlashtirish va telefon signallarini uzatish uchun mo‘ljallangan. IKM-30 quyidagi parametrlar bilan xarakterlanadi:

4.1-jadval

1.	Uzatish tezligi, kbit / s	2048
2.	Davr davomiyligi, mks	125
3.	Davrdagi kanalli vaqt intervalidagi soni	32
4.	Kanalli vaqt intervallaridagi simvollar soni	8
5.	TCH kanallar soni	30
6.	TCH kanal chastota diapazoni, Hz	300–3400
7.	O‘tadavr davomiyligi, ms	2
8.	O‘tadavrdagi davrlar soni	2
9.	Bitta TCH kanalidagi signal kanallar soni	2–4
10.	Diskretlash chastotasi, Hz	8
11.	Kvantlash qadami soni	256
12.	Kompressiya qonuni	A – 87,6
13.	O‘tadavrli sinxrosignal va signallash kanallarni joylashtirish	
14.	Davrli sinxrosignal	

IKM-30 tizimining davr va o‘tadavr tuzilmasi 4.13-rasmda ko‘rsatilgan.

IKM-30 tizim davrining vaqt tuzilmasi yetarli darajada murakkab bo‘lgani uchun uni batafsilroq ko‘rib chiqamiz va uni IKM-24 tizimi davrining vaqt tuzilishi bilan solishtiramiz. IKM-

24 tizimiga o'xshash davr 125 mks kattalikka ega, biroq kanalli vaqt oraliqlari ko'p bo'lib, u 32 taga teng. Ulardan 30 tasi TCH kanallarni tashkil etishga ishlatiladi. Kanalli vaqt intervalida simvol soni ikkala tizimda bir xil, lekin agar IKM-24 tizimida belgilardan bittasi signal kanallarini tashkil etishga ishlatilsa, IKM-30 tizimda esa barcha simvollar nutq signalini kodlash uchun ishlatiladi. Faqat shu bilangina ikkala tizimning davrli vaqt qurilmasi o'rtasidagi o'xshashlik cheklanadi. IKM-30 davrli vaqt tuzilmasining boshqa detallarini ko'rib chiqamiz. Xalqaro nomenklaturaga muvofiq, «So» deb belgilangan birinchi kanal vaqt intervali, asosan, davrli sinxrosignalni uzatish uchun ishlatiladi. Ko'rinib turibdiki (4.13-rasm), davrli sinxrosignal faqatgina juft davrlar — $R_0, R_2, R_4, \dots, R_{14}$ bo'lishi mumkin.

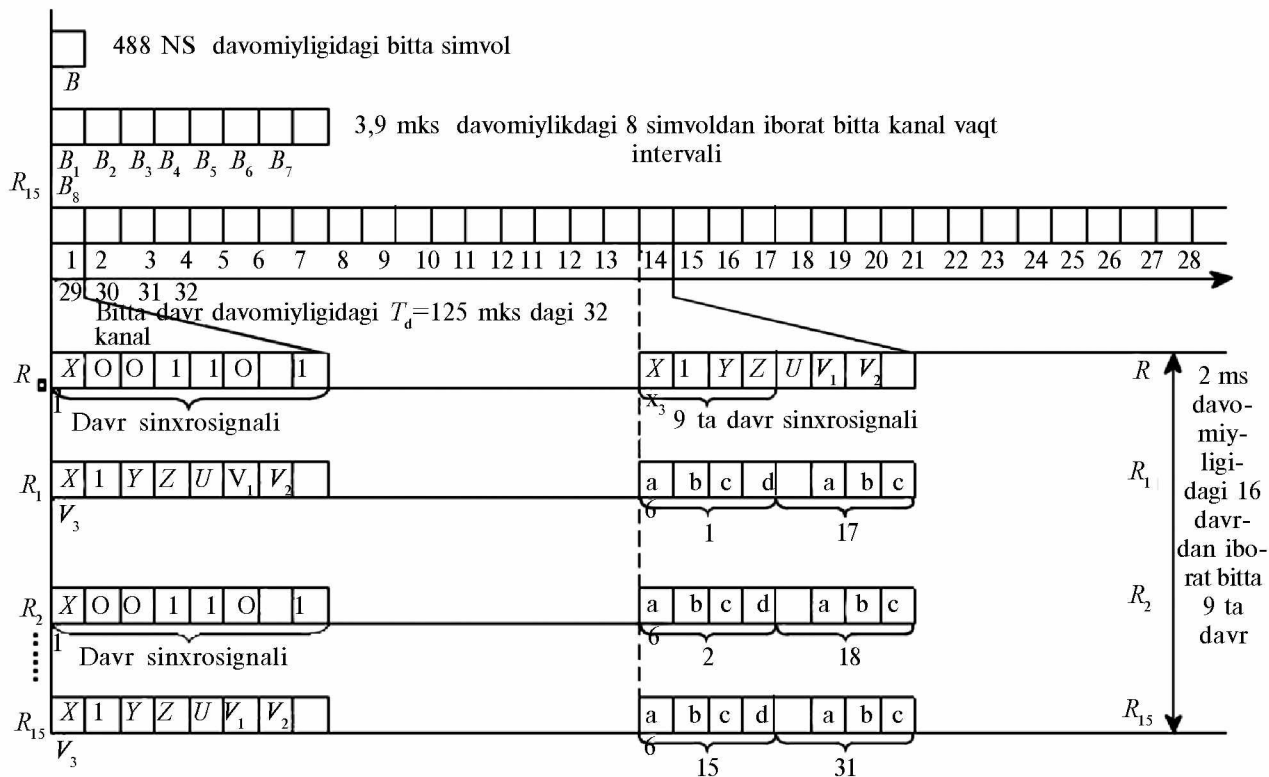
R_1, R_3 va h.k. bilan belgilangan tok davrlarda «So» vaqt intervalida maxsus qo'shimcha axborotni uzatish uchun mo'ljallangan simvollar (harflar bilan belgilangan) va faqat V_2 simvoldan bir qiymatiga ega bo'ladi.

Keyingi kanalli vaqt intervallari 31–315 hamda S 17–S 31 intervali TCH kanallarni tashkil etish uchun ishlatiladi. R_0 davrning S16 kanalli oralig'i o'tadavrli sinxrosignalni V_1, V_2, V_3, V_4 belgilar 0 qiymati bilan uzatish uchun ishlatiladi. O'tadavr sinxronlashdan chiqish to'g'risidagi axborot uchun V_6 simvol va bitta TCH kanal uchun qolgan 15 ta davrlarda 2 tadan 4 tagacha signal kanallarni tashkil etish uchun ishlatiladi. a, b, c, d harflar mos kanallarga birlashtirilgan signalli kanallarning simvollarini ko'rsatadi. R_0 davrli va R_1 dan R_{15} gacha qolgan 15 ta davrlar 2 ms davomiylikdagi davrni tashkil etadi.

Davr sinxronlash jarayonida vujudga kelayotgan sharoitlarga qarab quyidagi mezonlar ishlatiladi. IKM-30 tizimi «davr sinxronizmidan» chiqish mezon — bu sinxrosignalga ega bo'lgan uchta davrlar ketma-ketligidagi davr sinxrosignalidagi xatolarni topish hisoblanadi. Davrli sinxronlashni tiklash mezon bo'lib quyidagilardan so'ng keladigan holat hisoblanadi:

- davrli sinxrosignalni aniqlash (n -davrda);
- navbatdagi davrda ($n+1$ davrda) davrli sinxrosignalning mavjud emasligini tekshirish;
- navbatdagi davrda ($n+2$ davrda) davrli sinxrosignalni topish.

Ikki yoki uchta ketma-ket davrdagi davrli sinxrosignallar aniqlanganda sinxronlash sxemasi birinchi qabul qilingan sinxrosignal-



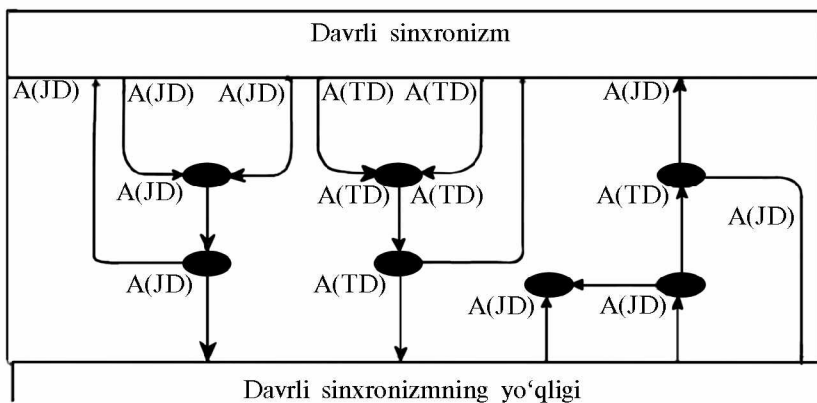
4.13-rasm. IKM-30 tizimi davr va o'tadavr vaqt tuzilmasi.

dan ikkita davr masofada davr sinxronlashni izlash jarayonini boshlaydi. Sinxronlash sxemasi sinxrosignalni aniqlagandan so'ng uni ikkita davrdan keyin topa olmagan holda shunga o'xshab ham ishlaydi.

Yuqorida keltirilgan mezonlar, davrli sinxronizmni tiklashga olib keluvchi davrli sinxronizatsiya sxemasi ishining har xil variantlarini ta'riflab beruvchi grafni tushunish uchun zarur. 4.14-rasmda shu graf keltirilgan. Sinxronlashni izlashning eng qiziqarli hollariga quyidagilar kiradi:

- 1) A,A (TD), A (JD);
- 2) A,A (TD), A (JD).

Bulardan birinchisi tok davrda (TD) davrli sinxrosignalning aniqlanganligini bildiradi.



4.14-rasm. Davrli sinxronizatsiya sxemasining ishlash grafi:
A — davrlı sinxrosignal va davrlı sinxrosignalning yo'qligi; JD — juft davr; TD — toq davr.

4.5. Kvantlash va kodlash jarayonlari

Hozirgi paytda RUTlarda impuls-kodli modulyatsiya (IKM) juda keng tarqalgan. IKMda AIM signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'laklari kodli guruhlariga o'zgartiriladi. Ular 1 va 0 lar ketma-ketligidan iborat ikkillik simvolları deyiladi. IKMni amalga oshirish uchun yuqorida aytganimizdek, 3 ta operatsiya amalga oshiriladi (vaqt bo'yicha signallarni diskretlash; olingan impulslarni amplituda bo'yicha kvantlash; amplituda bo'yicha kvantlangan impulslarni kodlash).

Diskretlash operatsiyasi oldin qarab chiqilgan, endi kvantlash va kodlash operatsiyasini qarab chiqamiz.

Olingan ko'p kanalli guruhli AIM signalni sath bo'yicha kvantlash lozim. Bu jarayon sonlarni o'zgartirish protsedurasi bilan bir xil. Ikkita qo'shni uzatish sathlari orasidagi farq kvantlash qadami (Δ) deyiladi. Agar signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'lagining amplitudasi ikkita ruxsat etilgan sathlar orasida yarim qadamdan oshsa ($\Delta/2$), uning qiymati katta tomonga, agar kvantlash qadaminin yarimidan kichik bo'lsa, kichkina tomonga yaxlitlanadi. Bunday yaxlitlashlar farqlar bilan kuzatiladi. Signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'lagining haqiqiy qiymati va uning kvantlash qiymati orasidagi farq kvantlash xatoligi yoki kvantlash shovqinlari deyiladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$\xi_{kv. xat}(t) = U_{AIM}(t) - U_{kv}(t). \quad (4.1)$$

Kvantlash sathlarini raqamlashni amalga oshirgan holda signal sathining o'zini emas, balki ikkilik kodlardagi shkala sathining qiymatini uzatish mumkin. Signalning qiymatlari 4.2-jadvalda berilgan.

4.2-jadval

Signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'laklari	$U_{AIM}(t)$	$U_{kv}(t)$	$\xi_{kv.xat}(t)$	N	Ikkilik kod
1	3,6	4	-0,4	4	100
2	2,7	3	-0,3	3	011
3	1,2	1	0,2	1	001
4	0,6	1	-0,4	1	001
5	0,3	0	0,3	0	000

Bu yerda: $U_{AIM}(t)$ — signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'laklarning amplitudasi $U_{kv}(t)$ — ularning kvantlangan qiymatlari; $\xi_{kv.xat}(t)$ kvantlash xatoliklari; N — kvantlash sathlarining raqami.

Ikkilik kod kvantlangan sath qiymatlarining o'nlik qiymatini ikkilik kodga o'zgartirishni amalga oshiradi. Bunday o'zgartirish natijasida olingan impulslar ketma-ketligi guruhli IKM signal hisoblanadi. O'nlik qiymatlarni ikkilikka o'zgartirishni quyidagi qonun bo'yicha oson amalga oshirish mumkin:

1. Shartli kvantlash qadamlarini ikkilik sonlarda, quyidagi yig'indi ko'rinishida faraz qilish mumkin: Masalan: $105=64+32+8+1$.

2. $\xi 2^m$ sonlarining qatoriga, sonlar qayerda bo'lsa 1, qayerda yo'q bo'lsa 0 qo'yiladi.

Guruhli signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'laklarining kvantlangan qiymatlari orasidagi nol va birlar yig'indisi kodli guruhlar deyiladi va kodli guruhdagi uning razryadi bir va nollar ketma-ketligi bilan aniqlanadi.

$$\begin{array}{ccccccc}
 64 & + & 32 & + & 8 & + & 1=105 \\
 \underbrace{} & & \underbrace{} & & \underbrace{} & & \underbrace{} \\
 1*2^6 & + & 1*2^5 & + & 0*2^4 & + & 1*2^3 & + & 0*2^2 & + & 0*2^1 & + & 1*2^0 \\
 \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 1 & & 1 & & 0 & & 1 & & 0 & & 0 & & 1
 \end{array}$$

Masalan: 011 – uch razryadli kodli guruh; 1101001 – yetti razryadli kodli guruh. Agar kodli guruh m razryaddan iborat bo'lsa, unda bunday m razryadli kodni $M=2^m$ sath uchun kodlash mumkin, $m=5$ da $M=32$, $m=7$ da $M=128$ va h.k. Kvantlash sathlarining soni ma'lum bo'lsa, kodli guruhlarining razryadini quyidagi tenglik orqali aniqlash mumkin:

$$M = \log_2 M_{re}; \quad (4.2)$$

bu yerda: M_{re} – ruxsat etilgan sathlar soni. U simmetrik kodlar uchun quyidagicha aniqlanadi:

$$M = \left\lfloor \frac{U_{maks}}{\Delta} \right\rfloor + 1. \quad (4.3)$$

Natural kodlar uchun esa:

$$M = 2 \left\lfloor \frac{U_{maks}}{\Delta} \right\rfloor + 1; \quad (4.4)$$

bu yerda: U_{maks} – impulsning maksimal amplitudasi; Δ – kvantlash qadami.

Signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'laklar amplitudasini kodli guruhlariga o'zgartiruvchi qurilma *koder*, teskari o'zgartiruvchi

qurilma esa *dekoder* deyiladi. Ikkala kodlovchi va dekoderlovchi qurilmalar kodeklar deb nomlanadi. IKMli RUTlarda signallarni kodlash jarayonida tekis va notekis kvantlash shkalalaridan foydalaniladi.

Kodlash. Yuqorida biz oddiy natural ikkilik kodlar yordamida kodlash jarayonini qarab chiqqan edik. Bunday kodlar bir qutbli AIM signallarni kodlashda qo'llaniladi (doimiy tashkil topuvchilarga ega bo'lgan, masalan, televizion va ma'lumotlarni uzatish signallari).

Telefon signallari, ovozli eshittirish signallari, diskretlashda turli qutbli impulslar ketma-ketligi olinganligi sababli ikki qutbli hisoblanadi. Turli qutbli impulsarni kodlaganda, asosan, ikkilik simmetrik kodlar qo'llaniladi. Simmetrik ikkilik kodlarda katta (bosh) razryaddagi 1 va 0, kodlanayotgan impulsning qutbini aniqlaydi (1 — musbat, 0 — manfiy, signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bir bo'lagining qutbi).

Katta razryaddan keyingi kodli guruh musbat yoki manfiy sohadagi signalni kvantlash qadamining sonini aniqlaydi.

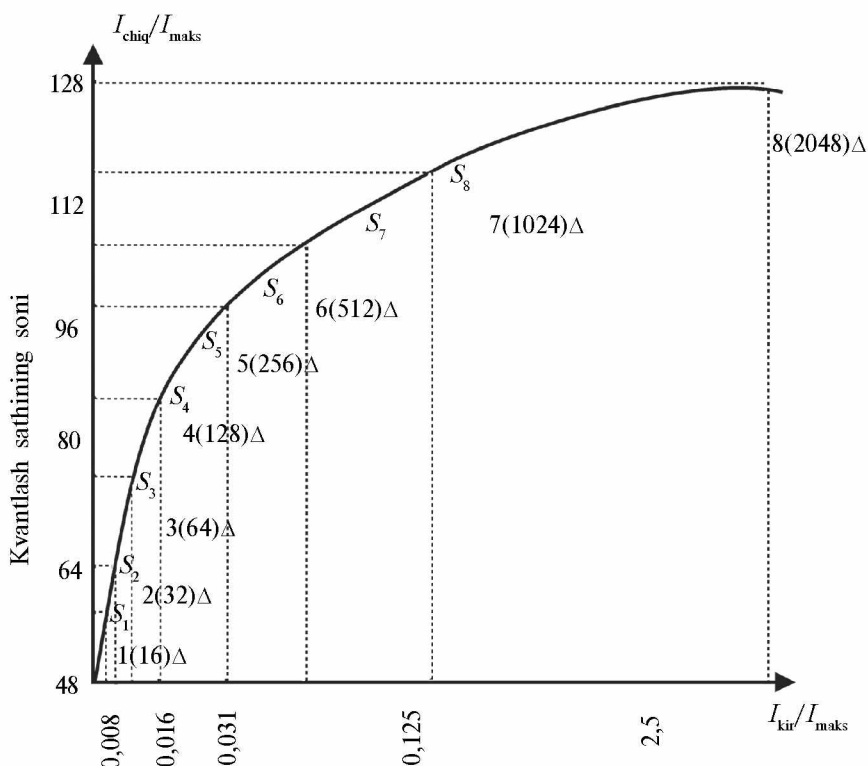
Masalan: 1101101 kodli guruh 5-kvantlash qadamidagi musbat impuls qiymatini, 0101101 kodli guruh esa xuddi shu qiymatning manfiy impulsini aniqlaydi.

Natural va simmetrik ikkilik kodlarning afzalligi, ulardan foydalanishda oddiy koderlarni qo'llash imkoni, yetishmovchiligi esa shovqindan himoyalanganligining kichikligidir. Chunki har xil salmoq (og'irlik)dagi razryadlarni qo'llaganda, katta salmoqdagi birorta impulsning yo'qolishi signallarning kattagina buzilishiga olib keladi. Masalan, qabul qilinayotgan 1101101 kodli aralashmaning oltinchi razryadida xatolik ro'y bersa va 1001101 ko'rinishdagi aralashma qabul qilinsa, xatolik $2^5=32$ shartli kvantlash qadamiga teng.

Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan IKMli tizimlarda A-87,6/13 turdagi kompanderlash qonuniga ega bo'lgan segmentli xarakteristikalar keng tarqalgan, ya'ni logarifmik xarakteristikalarni aproksimatsiyalash A qonuni bo'yicha amalga oshadi. Bu yerda: A 87,6 ga teng bo'lgan kompressiyalash koeffitsiyenti, xarakteristikaning o'zi esa 13 segmentdan iborat. Bunday xarakteristika 4.16-rasmda ko'rsatilgan.

U 0—1, 1—2, 3—4, ... 7—8 nuqtalar (tugunlar) orasidagi $S_1, S_2, S_3, \dots S_8$ musbat segment sohalaridan iborat. Kirish signalining manfiy sohasi uchun ham xuddi shunday xarakteristika

4.15-rasm. Simmetrik ikkilik kodda impuls kodli modulatsiya.



4.16-rasm. A-87,6/13 turdagi kompressiyalash xarakteristikasi.

tuziladi. Markazdagi to'rtta segment (ikkita musbat va ikkita manfiy) kvantlash qadamlari juda kichik bo'lganligi sababli bitta markaziy segmentga birlashtiriladi.

Shuning uchun ham ikki qutbli xarakteristikadagi segmentlar soni 13 ga teng. Xarakteristikaning 16 segmentining har biri 16 kvantlash qadami (sathi)ga ega. Umumiy sathlar soni 256 ga teng. Shundan 128 tasi musbat, 128 tasi esa manfiydir. Har bir segment asosiy deb ataluvchi etalon bo'yicha aniqlanadi. Bu etalonlar har bir segmentning boshida beriladi, segment ichidagi kvantlash qadami tekis (bir xil), bitta segmentdan ikkinchisiga o'tishda esa markaziy segmentdan boshlab 2 marta o'zgaradi (S_1 va S_2 lar kiradi), asosiy va qo'shimcha etalon qiymatlar 4.3-jadvalda ko'rsatilgan. Jadvaldagi barcha etalon qiymatlar minimal kvantlash qadamining qiymatiga nisbatan shartli birlikda berilgan segmentning har qanday 16 kvantlash sathini olish imkonini beradi. Endi kvantlashning notekis xarakteristikasi uchun signallarni kodlash

va dekoderlash bosqichlarining xususiyatlarini qarab chiqamiz. Signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bir bo'lagini kodlash uchun A-87,6/13 turdagi kompressiyaning segmentli xarakteristikasi holatida $2^0, 2^1, 2^2, 2^3 \dots 2^{10}$ (yoki 1, 2, 4 1024) shartli belgi, shartli salmoqqa ega bo'lgan 11 etalon lozim.

4.3-jadval

Segment raqami	Segment raqamning kodli aralashmasi	Etalon signallar					Kvant- lash qadami	Sozlov- chi etalon
		asosiy	qo‘shimcha					
1	000	—	8	4	2	1	1	0,5
2	001	16	8	4	2	1	1	0,5
3	010	32	16	8	4	2	2	1
4	011	64	32	16	8	4	4	2
5	100	128	64	32	16	8	8	4
6	101	256	128	64	32	16	16	8
7	110	512	256	128	64	32	32	16
8	111	1024	312	256	128	64	64	32

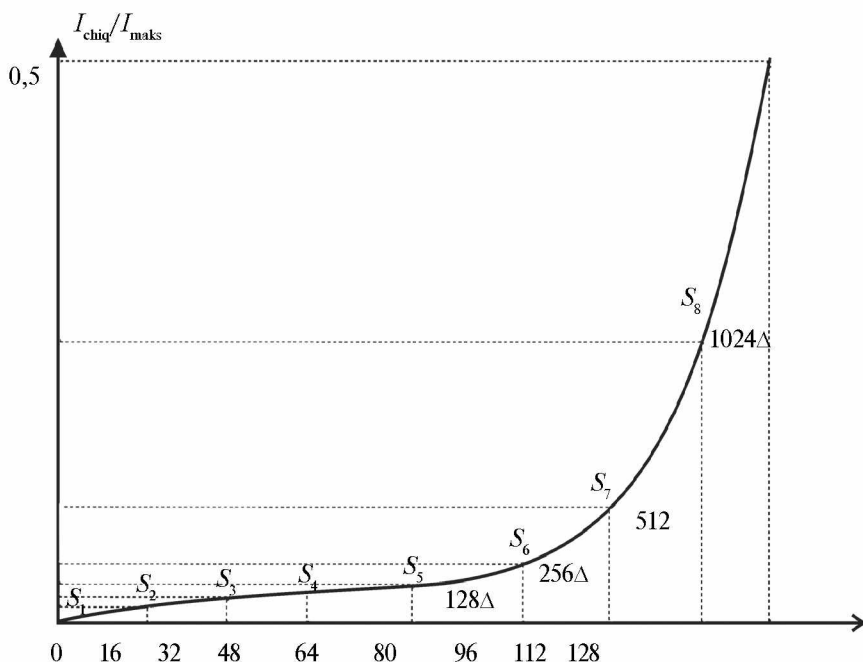
Notekis kodlashda $A_{kv} \geq 25$ dB himoyalanganlikni ta'minlash uchun 128 musbat va 128 manfiy sathni, kodli guruh esa 8 ta razryadni talab qiladi. Kodlash 8 taktida va 3 asosiy bosqichda amalga oshadi:

- 1) kirish signalini aniqlash va kodlash;
- 2) tugun segmentining raqamini aniqlash va kodlash;
- 3) kodlanadigan impuls amplitudasi yotgan sohadagi segmentning kvantlash sathining raqamini aniqlash va kodlash.

Birinchi bosqichdagi kodlash 1 taktida, ikkinchi bosqich $-2 \dots 4$ taktida, uchinchi bosqich $-5 \dots 8$ taktida amalga oshadi.

Signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bir bo'lagining qutbini aniqlash va kodlash uchun kodlashning birinchi bosqichida koderning ishi chiziqli koderning ishidan farq qilmaydi. Ikkinchi bosqichda kodlanadigan impuls amplitudasi yotgan segment tugunining raqami aniqlanadi va kodlanadi. Buning uchun kodlashning uchta taktidagi xarakteristika tugunlarini aniqlashni ta'minlovchi ish algoritmi tanlanadi. Kodlashning birinchi taktida signal impulsining amplitudasi I_s, I_{et4} etalon tok bilan solishtiriladi. Solishtirish natijasida $I_s > I_{et4}$ bo'lsa, unda I_s ni xarakteristikaning $5 \dots 8$ segmentidan topish mumkin va I_{et4} o'rniga I_{et6} ulanadi. Solishtirish natijasida $I_s < I_{et4}$ bo'lsa, unda I_s ni xarakteristikaning

1 ... 4 segmentidan topish mumkin va I_{et4} o'rniga I_{et2} ulanadi. Keyinchalik kodlashning ikkinchi bosqichidagi solishtirish natijalarida agar $I_s > I_{et6}$ dan bo'lsa, I_{et7} tok ulanadi yoki agar $I_s < I_{et6}$ bo'lsa, I_{et5} toki ulanadi. Kodlashning uchinchi taktidagi solishtirish natijalarida segmentning boshini aniqlash uchun xarakteristika tugunining oxirgi raqamini tanlash amalga oshiriladi. Natijalar kodli guruhdagi 2...4–razryadlarni egalllovchi ikkilik kodli aralashmalar ko'rinishida tasvirlanadi. Segment kodli aralashmalarining raqami 4.3-jadvalda berilgan. Uchinchi bosqichda kodlanadigan impuls (signalning vaqt bo'yicha bir bo'lagi, otchet) yotgan zonada tanlangan segmentning ichidagi kvantlash sathlarining raqami aniqlanadi va kodlanadi. Shuni ham eslatib o'tish joizki, segment ichidagi kvantlash qadamining soni 16 ga teng, kvantlash qadami tekis, D_s ga teng va har bir segmentning o'zini kvantlash qadami mavjud. Uchinchi bosqich chiziqli kodlash usulida to'rtta taktida amalga oshiriladi. Kodlashda segmentning boshini aniqlovchi asosiy etalonga qo'shimcha 8s, 4s, 2s, s salmoqqa ega bo'lgan etalonlar qo'shiladi. Solishtirish natijasida impuls amplitudasi joylashgan zonadagi kvantlash sathining raqami aniqlanadi.



4.17-rasm. A-87,6/13 turdagi ekspanderlash xarakteristikasi.

Demak, yuqoridagi operatsiyalarni bajarish natijasida, ikkilik simvollarning 8-razryadli kodli aralashmalari olinadi. Bunda 1-razryad kodlanadigan impuls qutbini, 2...4-razryadlar kompressiyalash xarakteristikasining segment tugunining raqamini, 5...8-razryadlar kodlanadigan signal yotgan segment ichidagi kvantlash qadamining raqamini ko'rsatadi. Masalan, 11011010 ikkilik simvollarning kodli aralashmasi kodlangan impulsning musbat ekanligini, amplitudasi 6 segmentdaligini va uning o'zi esa shu segmentning ichida 10-kvantlash qadamida ekanligini bildiradi. Kompressiyalash xarakteristikasida bu 90-kvantlash sathi zonasidagi amplitudaga ega bo'lgan signalga mos kelishini bildiradi. Dekoderlashda teskari, raqamlidan analogga o'tish amalga oshiriladi. Dekoderning nochiziqli ekspanderlash xarakteristikasi nochiziqli dekoderning kompressiyalash xarakteristikasiga teskari bo'lishi lozim. Dekoderning kirishidagi signal impuls (otchet) qutbini va qiymati (segment raqami va uning kvantlash sathi)ni aniqlovchi 8-razryadli kodli guruhlardan iborat. Qabul qilingan kodli aralashmalarga, mos holda, raqamli logik boshqarish, yig'indi toklar asosida dekoderlanadigan AIM signalning qiymatini aniqlash uchun segmentning boshini aniqlovchi asosiy etalonni tanlaydi. Masalan, 11011010 ikkilik simvollarning dekoderlanadigan aralashmalari, musbat qutbli etalon toklar manbayiga va salmog'i 6-tugunning asosiy etaloniga (ya'ni 256 shartli birlikka) teng bo'lgan etalon tokka, 6-segmentning ikkinchi va to'rtinchi qo'shimcha etalonlariga ulanadi va u quyidagiga teng: $256+128+32+16$ shartli birlik. Dekoderning nochiziqli kvantlash xarakteristikasining tuzilish xususiyatlarini hisobga olgan holda, dekoderlashda buzilishlarni kamaytirish uchun yana bitta 12-etalon qo'llaniladi. Bu etalon har bir segment uchun o'zining qiymatiga ega va shu segmentdagi kvantlash qadamining yarmiga teng.

IKMli RUTlarda, asosan, koderlarning 3 turi qo'llaniladi: matritsali, hisoblash va razryadlarni solishtirish turidagi koderlar. Shulardan eng ko'p tarqalgani 3-turdagisi. Etalonlarni raqamli kompressiyalashga ega bo'lgan solishtirish turidagi nochiziqli koderlarning tuzilish prinsipini qarab chiqamiz. Uning tuzilish sxemasi 4.19-rasmda ko'rsatilgan. Koder komparator (K)dan, etalon toklarni tanlash va kommutatsiyalash bloki (EKB)dan, musbat va manfiy etalon toklar generatori (ETG₁ va ETG₂)dan, kompressiyalovchi logika (KL)dan, raqamli registr (RR)dan va

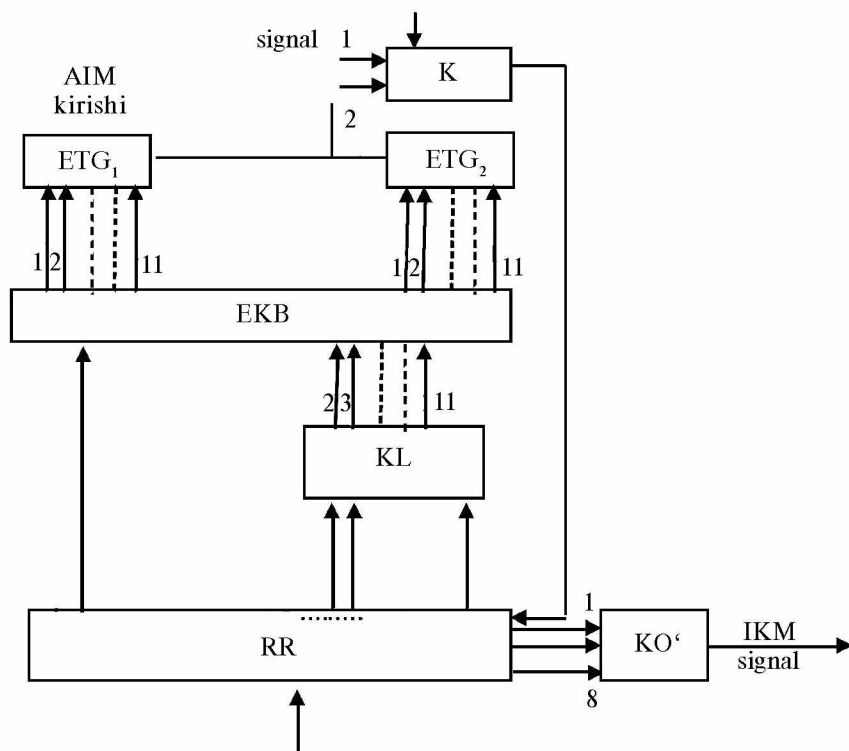
kod o'zgartirgich (KO')dan iborat. Komparator kodlanadigan signalning amplitudaviy toki (I_s) va etalon tok (I_{et}) orasidagi farqni aniqlaydi.

Etalon generatorlar etalonlarning qutbi va qiymatini shakllantiradi. Raqamli registr har bir taktdagi kodlashdan keyingi komparator xulosasini yozadi va kodli guruhlarining tuzilishini shakllantiradi. Komparator xulosasiga bog'liq holda, RR, ETG uchun qutbni aniqlaydi va kompressiyalovchi logika ishini boshqaradi. Shakllantirgich, parallel kodlarni ketma-ketga o'zgartirgan holda 1, 2 ... 8 RR chiqishlarining holatini hisoblaydi.

Koder tugunlarining ishini uzatish tizimining generator qurilmasi boshqaradi.

Endi solishtirish turidagi dekoderning ishini qarab chiqamiz. Uning tuzilish sxemasi quyidagi 4.18-rasmda ko'rsatilgan.

Dekoderda IKM signalining kodli guruhlarini, AIM signalga raqamli-analog o'zgartirish amalga oshiriladi, ya'ni signalning lozim



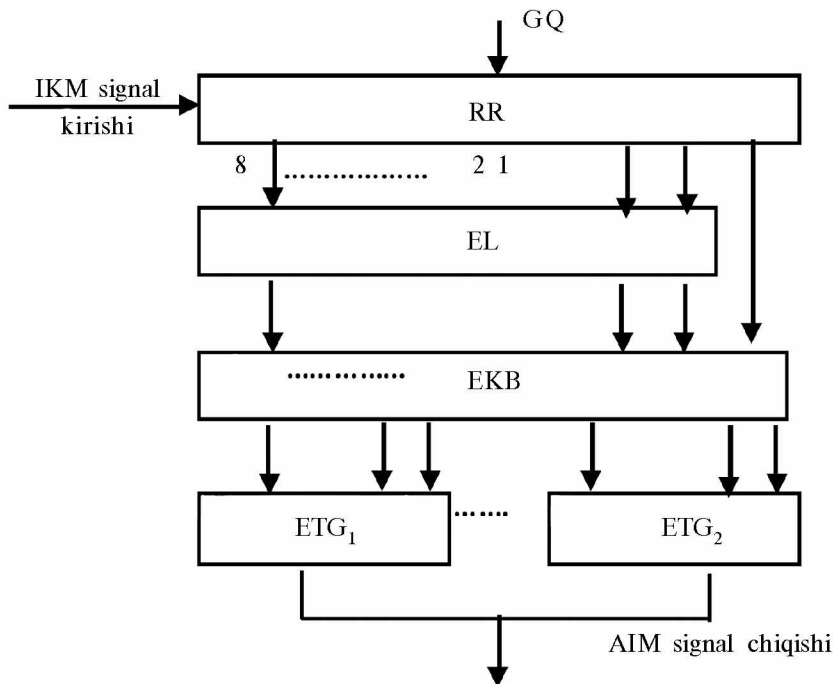
4.18-rasm. Nochiziqli koderning tuzilish sxemasi.

bo'lgan qutbi va amplitudasi olinadi. Etalonlarni raqamli ekspanderlashga ega bo'lgan solishtirish turidagi nohiziqli dekodeklarning tuzilish prinsipi 4.19-rasmda ko'rsatilgan.

Dekoder raqamli registr (RR)dan, ekspanderlovchi logika bloki (EL)dan, etalon toklarni tanlash va kommutatsiyalash bloki (EKB)dan va etalon toklarning ikkita generatori (musbat qutbli ETG₁ va manfiy qutbli ETG₂)dan iborat.

Qabul qilingan IKM signalning sakkiz razryadli kodli guruhi RRning 1...8-chiqishida, 8 razryadli parallel ikkilik kodlarni shakllantirgan holda unga (RRga) yoziladi. Shu aralashmaning birinchi razryadi, ulanadigan ETGning qutbini aniqlaydi, 2...8-razryadlar esa segment raqamini va ekspanderlash xarakteristikasi-dagi kvantlash sathini aniqlaydi. Qabul qilingan kodli aralashmalarga mos holda yig'indi toklar, AIM signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'lagining dekodeklangan qiymatiga mos keluvchi etalonlarga ulanadi.

Oldin ta'kidlab o'tilganidek, dekodeklashda, buzilishlarni kamaytirish uchun kvantlash qadami 0.5 ga teng bo'lgan segment-



4.19-rasm. Nohiziqli dekodeklarning tuzilish sxemasi.

ning 12-sozlovchi etaloni qo'llaniladi. Berilgan misol uchun sozlovchi etalon tok 8 shartli birlikka va etalon toklarning umumiy qiymati 408 shartli birlikka teng.

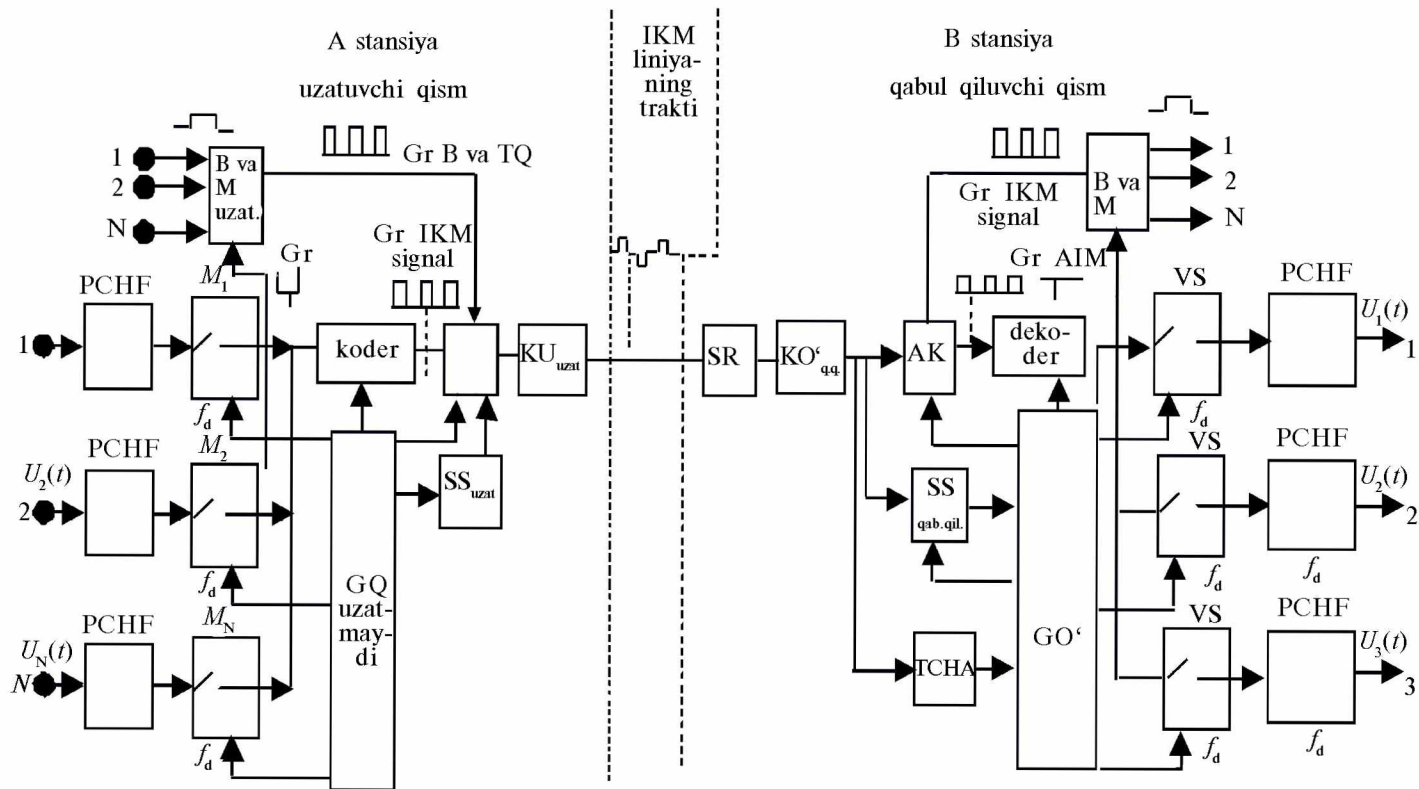
4.6. IKM-30 oxirgi stansiyasining tuzilishi

Bitta uzatish yo'nalishi uchun impuls kodli modulyatsiya (IKM)ga ega bo'lgan birlamchi uzatish tizimlari oxirgi stansiyasining tuzilish sxemasi 4.20-rasmda ko'rsatilgan.

1, 2, ... N abonentlardan tushuvchi $U_1(t)$, $U_2(t)$... $U_N(t)$ boshlang'ich signallar past chastotali filtr (PCHF) orqali kanalning amplituda impulsli modulatori (M)ga tushadi. Bundan modulatorlar sifatida elektron kalitlardan foydalaniladi. Modulatorlar yordamida uzatilayotgan signallarni vaqt bo'yicha diskretizatsiyalash amalga oshiriladi. Modulator chiqishida signallar bitta guruhli AIMga birlashtiriladi (AIM_{uzat}). Modulatorning ishini uzatuvchi qismdagi generator qurilmasi (GK_{uzat})dan tushgan impulslar ketma-ketligi boshqaradi. Bunda impulslar kanal modulatorlariga navbatma-navbat beriladi (vaqt bo'yicha so'ralgan holatda), bu esa guruhli AIM signallarning to'g'ri shakllanishini ta'minlaydi. Ketma-ketlikdagi har bir impulsning davomiyligi taxminan $125/2+N$ mks ni tashkil etadi, bu kanal AIM impulsining davomiyligi bilan aniqlanadi, ta'qib davri esa 125 mks ga teng, bu esa diskretizatsiyalash chastotasi ($f_g = 8$ kHz)ga mos keladi. Guruhli AIM signal kodlovchi qurilma (koder)ga tushadi. Bu yerda bir vaqtning o'zida sath bo'yicha kvantlash va kodlash operatsiyasi bajariladi.

ATS asboblari boshqarish uchun telefon kanallari orqali beriluvchi bog'lovchi va moslashtiruvchi signallar, generator qurilmasi (GQ_{uzat})da shakllangan impulslar ketma-ketligi yordamida diskretlanuvchi va birlashtiriluvchi uzatgich (B va M_{uzat})ga tushadi. Natijada guruhli bog'lovchi va moslashtiruvchi signallar shakllanadi.

Dekoderning chiqishidagi kanallarning kodli guruhlarini, ya'ni guruhli IKM signalni, kodlangan bog'lovchi va moslashtiruvchi signallarni, sinxrosignal uzatgichi (SS_{uzat})dan tushgan sinxro-signallarning kodli guruhlarini, sikl va yuqori sikllarni hosil qilgan holda birlashtiruvchi qurilma (BQ)da birlashtiriladi. GQ_{uzat} dan tushgan, mos keluvchi boshqaruvchi impulslar, yuqori sikl tarkibidagi sikllarni va uzatish siklidagi kodli guruhlarini ta'qib qilishning to'g'ri tartibini ta'minlaydi. Uzatish tizimi uzatuvchi



4.20-rasm. IKMli uzatish tizimlari oxirgi stansiyalarining tuzilishi.

qurilmalarining ketma-ket ishlashini va lozim bo'lgan tezlikni GQ_{uzat} ta'minlaydi.

Shakllangan IKM signallar, bir qutbli ikkilik simvollar (musbat bir va nollar) ketma-ketligidan iborat. Bunday signal liniya orqali uzatilganda buziladi va so'nadi, shuning uchun liniyaga uzatishdan oldin bunday bir qutbli IKM signallar, liniya trakti bo'ylab uzatishga qulay bo'lgan ikki qutbli impulslar ko'rinishiga o'zgartiriladi. Bu uzatuvchi qismdagi kod o'zgartirgich (KO'_{uzat})da amalga oshadi.

IKM signalni liniya bo'ylab uzatish jarayonida har bir regeneratsiyalash punktida signalning shakli barcha parametrlari bo'yicha qayta tiklanadi. Qabul qiluvchi stansiyada IKM signal stansiya regeneratori (SR) yordamida qayta tiklanadi va ikki qutbli signallarni bir qutbligga o'zgartiruvchi kod o'zgartirgich (KO'_{qq})ga tushadi. Taktili chastota ajratgichi (TCHA) bu signallar tarkibidan generator qurilmasi ($GQ_{q,q}$)ning ishini boshqarish uchun lozim bo'lgan taktili chastota signallarini ajratib oladi.

Bundan tashqari, uzatuvchi va qabul qiluvchi qismdagi generator qurilma (GQ_{uzat} va $GQ_{q,q}$)larining sinxron va sinfaz ishlashini, to'g'ri dekodeqlashni, telefon kanallari B va M signallarining to'g'ri taqsimlanishini ham ta'minlaydi. Ajratuvchi qurilma (AQ) telefon kanallarining hamda B va M kanallarining kodli guruhlarini ajratadi. GQ_{qq} dan tushuvchi impulslar ketma-ketligi yordamida B va M_{qq} qabul qilgichi bog'lovchi va moslashtiruvchi signallarni o'zining kanallari bo'ylab tarqatadi, dekodeqlar esa guruhli IKM signalni guruhli AIM signalga o'zgartiradi.

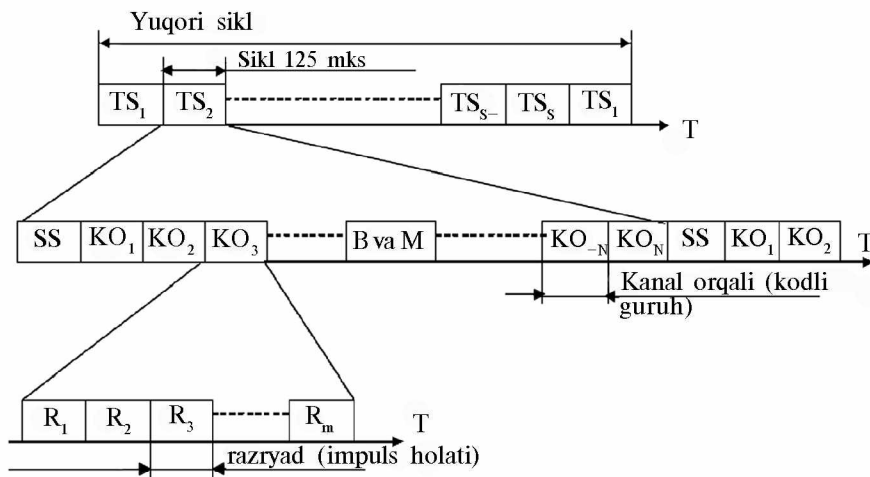
$GQ_{q,q}$ dan tushuvchi impulslar ketma-ketligi, kanallarning vaqtli selektor (VS)lariga tushadi va navbatma-navbat ularni ochgan holda guruhli AIM signallar tarkibidan kanal signalini ajratib olishni ta'minlaydi. AIM signallari ketma-ketligidan boshlang'ich (uzluksiz) signallarni qayta shakllantirish, past chastotali filtr (PCHF) yordamida amalga oshadi va olingan signallar talabgorlarga tarqatiladi.

4.6.1. Raqamli uzatish tizimlarida sikllash va sinxronlash prinsiplari

IKMli raqamli uzatish tizimlari sikl va yuqori sikllarining vaqt bo'yicha diagrammalarining tuzilish prinsipi 4.21-rasmda ko'rsatilgan.

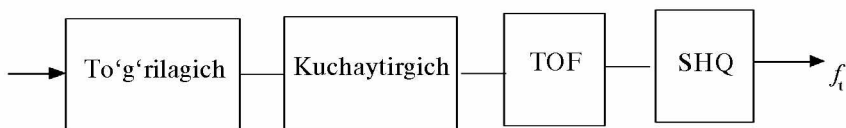
Odatda, bitta siklda bitta yoki ikkita kanalning B va M signali beriladi. Shunday qilib, barcha (N) kanalning B va M signallarini uzatish uchun yuqori siklda birlashtiruvchi N yoki N/2 sikl talab qilinadi. Yuqori sikllarda bunday sikllarning birlashtirilishi B va M signallarni uzatish uchun lozim bo'lgan kanallar sonini tashkil qilish va qabul qiluvchi qismda bu signallarni to'g'ri taqsimlash uchun lozim. Yuqori siklning birinchi qismida, odatda, yuqori siklli sinxronizatsiyaning sinxrosignali (SS) uzatiladi, B va M esa uzatilmaydi. Shunday qilib, yuqori sikllar tarkibidagi sikllarning umumiy soni B va M signallarini uzatish uchun mo'ljallangan barcha kanallar sonidan bitta ko'p. Guruhli IKM signalning uzatish tezligi tizimning taktli chastotasi: $f_t = f_d \cdot N \cdot m$ orqali aniqlanadi, bu yerda: f_d – diskretizatsiyalash chastotasi; N – kanallar soni; m – razryadlar soni. Sikl 32 kanal oralig'idan tashkil topgan bo'lib, shundan 30 tasi asosiy axborotli signallarni uzatish uchun, qolgan 2 tasi xizmat axborotlarini uzatish uchun qo'llaniladi (IKM-30 uzatish tizimi uchun). $f_d = 8$ kHz ekanligini hisobga olsak, bu tizimning taktli chastotasi $f_t = 8 \cdot 32 \cdot 8$ kHz.

Impuls – kodli modulasiya (IKM)ga ega bo'lgan signallarni to'g'ri dekoderlash va qabul qiluvchi stansiyada mos keluvchi kanallar bo'yicha dekoderlangan axborotlarni tarqatish uchun taktli va siklli sinxronizatsiya qo'llaniladi. Taktli sinxronizatsiya uzatuvchi va qabul qiluvchi stansiyalarda signallarni qayta ishlash tezligini tenglashtirishni ta'minlaydi. Uni kuzatish uchun qabul qiluvchi



4.21-rasm. Sikl va yuqori siklning vaqt bo'yicha diagrammasi.

stansiyaning generator qurilmasi (GQ) qabul qilingan IKM signalidan ajratib olingan taktli chastotani boshqaradi. Taktli chastotani ajratib olish rezonans usulda amalga oshadi. Bunday usulni qo'llashdan maqsad, IKM signali energetik spektrining diskret qismi taktli chastotalardan iboratligidir. Taktli chastotalarni ajratib olish uchun taktli oraliqlarni ajratib oluvchi qurilmadan foydalaniladi. Uning soddalashtirilgan sxemasi 4.22-rasmda ko'rsatilgan.



4.22-rasm. Taktli oraliqlarni ajratib oluvchi qurilmaning soddalashtirilgan chizmasi.

To'g'rilagich liniyadan tushgan ikki qutbli signalni bir qutbligga o'zgartiradi. Keyin signal kuchaytirgichda kuchaytiriladi. Tor oraliqli filtr (TOF), taktli chastota (f_t)ning garmonik tebranishlarini ajratadi. Bunday filtrlarga taktli chastota tebranishlarini ajratib olishda qattiq talablar qo'yilgan, aks holda, bir qutbli IKM signalining energetik spektrlari uzluksiz tashkil topuvchilarining bir qismi filtr orqali o'tadi va taktli chastotaning fazali titrashiga olib keladi, ya'ni impuls orasidagi vaqtli oraliqlarni o'zgartiradi. Taktli chastotaning impulsli ketma-ketliklarini shakllantirish, shakllantiruvchi qurilma (SHQ)da amalga oshadi. SHQ chiqishidan taktli chastota, qabul qiluvchi qismdagi GQning ishini boshqargan holda unga uzatiladi.

Sikl bo'yicha sinxronizatsiya kanallarining to'g'ri tarqalishini, ya'ni ma'lum bir kanallarining dekodeqlangan AIM signallarini qabul qiluvchi qurilmaning shu kanallariga tushishini ta'minlaydi. Uzatuvcu stansiyada shakllangan sinxrosignal axborotli signallar bilan birgalikda liniya traktiga uzatiladi. Qabul qiluvchi stansiyada sinxrosignallar farqlanuvchi belgilar bo'yicha ajratiladi. IKMli uzatish tizimlarida ular doimiy tuzilishga va ta'qib chastotasiga ega. Sinxrosignal sifatida bitta ikkilik simvolni yoki ma'lum bir tuzilishga ega bo'lgan simvollar guruhini qo'llash mumkin. Hozirgi paytda sinxronizm yo'qolganda ularni zudlik bilan topishni ta'minlovchi ko'p simvolli sinxroguruhlar qo'llaniladi. Siklli sinxronizm apparaturasini ulashda sinxronizmga kirish vaqti deb

ataluvchi ma'lum bir vaqt oralig'i belgilanadi. Sinxronizm buzilganda tizim sinxronizmni izlash rejimiga o'tadi. Bu sinxronizmni izlash vaqti bilan xarakterlanadi. Sinxronizm yo'qolganda IKMli tizimlarning ishi buzilmasligi uchun iloji boricha sinxronizmga kirish va uni izlash vaqti kam bo'lishi lozim. Zamonaviy IKMli tizimlarda bu vaqt bir necha millisoniyadan oshmaydi, chunki uning oshishi ATS asboblari orqali abonentlarning ajralib ketishiga olib keladi.

IKMli uzatish tizimlarida siklli sinxronizatsiyadan tashqari, ATSlarni o'zaro bog'lovchi va moslashtiruvchi signallarning to'g'ri taqsimlanishini ta'minlovchi yuqori siklli sinxronizatsiya ham qo'llaniladi.

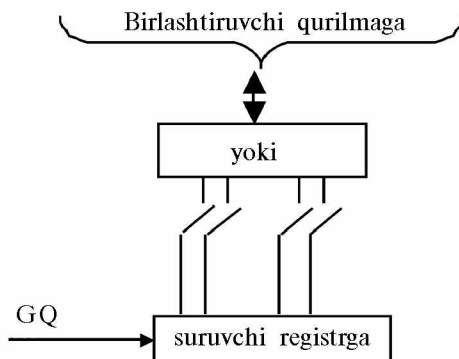
4.6.2. Sinxrosignal qabul qilgichi

Siklli va yuqori siklli sinxronizatsiya qurilmasi uzatuvchi stansiyada sinxrosignal shakllantirgichidan va qabul qiluvchi stansiyada sinxrosignal qabul qilgichidan tashkil topgan.

Shakllantirgich vaqtli birlashtiruvchi qurilma orqali guruhli raqamli traktga kiritiluvchi sinxrosignallarning tanlangan tuzilishini shakllantiradi. Shakllantirgichning sxemasi quyidagi 4.23-rasmda ko'rsatilgan.

Registr yacheykalarning sonini va kalitlarning ulanish tartibini o'zgartirib, kerakli bo'lgan tuzilishdagi kodli guruhlarini shakllantirishi mumkin. Shakllantirgichning davriy ulanishini GQ_{uzat} aniqlaydi.

Sinxrosignal qabul qilgichi uzatish tizimining siklli va yuqori siklli sinxronizm holatini nazorat qilishni amalga oshiradi, apparatura



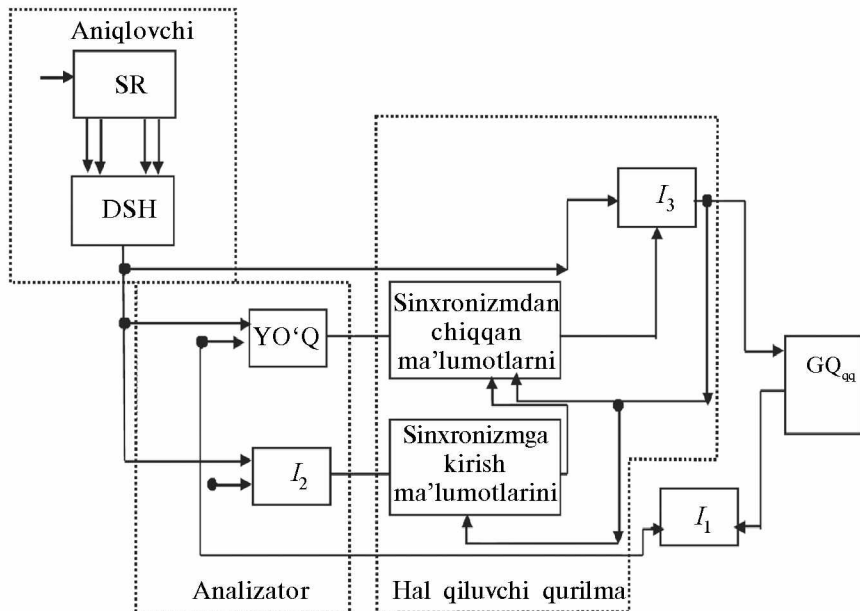
4.23-rasm. Shakllantirgich sxemasi.

ulanishida va ishlash jarayonida sinxronizm buzilganda tizimning sinxronizmga kirishini ta'minlaydi.

Sinxrosignal qabul qilgichining ishlash prinsipini sirpanib izlovchi va bir razryadli surilishga ega bo'lgan qabul qilgich misolida qarang chiqamiz (IKM-30 tizimlarida qo'llaniladi).

Bu yerda siklli sinxronizm holatining nazorati, liniyadan tushgan va qabul qiluvchi qismdagi generator qurilmasi (GQ_{qq}) ishlab chiqqan sinxrosignal simvollarining vaqt bo'yicha mos tushishini tekshirish orqali amalga oshadi.

Siklli sinxronizatsiya qabul qilgichi aniqlovchidan, analizator-dan va hal qiluvchi qurilmadan iborat. Sinxrosignal aniqlovchisi, qabul qilingan IKM signaldan sinxroguruhlarni ajratib olish uchun xizmat qiladi va suruvchi registr (SR)dan, deshifrator (DSH)dan (ko'p kirishli, mos tushuvchi I sxemasi deb tasavvur qilinadigan) iborat. Sinxrosignal analizatori «YO'Q» va « I_2 » login yacheykasidan iborat bo'lib, ular DSH chiqishiga va I_1 chizmasi orqali GQ_{qq} ga ulangan. Hal qiluvchi qurilma sinxronizmdan chiqqan ma'lumotlarni yig'uvchidan, sinxronizmga kirish haqidagi ma'lumotlarni yig'uvchidan va I_3 mantiqiy yacheykasidan iborat.



4.24-rasm. Siklli sinxrosignal qabul qilgichining tuzilish sxemasi.

Ma'lum bir tuzilishli sinxrosignal aniqlovchidagi registrga tushganda u ishga tushadi va DSH sxemasining chiqishida yakka signal shakllanadi. Analizatorida bu signalning paydo bo'lgan lahzasi va I_1 sxemasi orqali GQ_{qq} dan berilgan signal lahzasi solishtiriladi. Agar bu signallarning hosil bo'lgan lahzalari bir-biriga mos tushsa, unda analizator sinxronizmi mavjud, degan xulosaga keladi.

Bunda «YO'Q» chizmasining chiqishida signal YO'Q, I_2 sxemasining chiqishida esa sinxrosignalning aniqlangan lahzaga mos keluvchi signal shakllanadi. Bu signalning paydo bo'lishi «sinxronizmga kirish» ma'lumotlarini yig'uvchining to'lishiga va sinxronizmdan chiqish ma'lumotlarini yig'uvchining nolinchi holatga qaytishiga olib keladi.

Sinxrosignalga o'xshash raqamli ketma-ketliklar I_1 sxemasining chiqishidagi signal bilan vaqt bo'yicha mos tushmaydi va shuning uchun ham to'lish jarayonida qatnashmaydi. Agar sinxronizm bir nechta keyingi ketma-ket sikllarda bo'lmasa (IKM-30 da 4 ta siklda), «sinxronizmdan chiqish» ma'lumotlarini yig'uvchi to'ladi va I_3 sxemasi orqali GQ_{qq} ga taqiqlovchi signalni beradi. Bu signalni olishi bilan GQ_{qq} bo'luvchisining ishi va signalni dekodeqlash to'xtatiladi.

Keyingi aniqlash natijasi xuddi shu pozitsiyada, lekin keyingi siklda amalga oshiriladi. Agar ikkinchi marta aniqlanganda shu pozitsiyalarda yolg'on sinxroguruhlar shakllanmasa, unda I_1 sxemasi chiqishidagi signal sinxronizmdan chiqish ma'lumotlarini yig'uvchini to'ldiradi, I_3 sxemasi esa GQ_{qq} ga taqiqlovchi signalni jo'natadi va tizim sinxronizmini izlash rejimiga o'tadi. Agar biror pozitsiyada yolg'on sinxroguruhlar 2 marta (xuddi shu pozitsiyaning o'zida) ketma-ket paydo bo'lsa, unda DSH chiqishidagi signal I_3 sxemaning chiqishida signalning paydo bo'lishiga olib keladi, sinxronizmga kirish bo'yicha ma'lumotlarni yig'uvchi to'ladi va sinxronizmdan chiqish bo'yicha ma'lumotlarni yig'uvchi nolinchi holatga qaytadi. Signalni aniqlash jarayoni yana sinxronizmdan chiqish bo'yicha ma'lumotlar yig'uvchi to'lgunga qadar davom etadi (tugamaydi). Hal qiluvchi qurilma, ahvolga qarab, bir nechta xatolik signallari ketma-ket tushgandan keyin sinxronizm yo'qoldi degan xulosaga keladi, ya'ni sinxrosignallar qisqa muddat buzilganda, tizimni sinxronizmdan chiqishdan saqlaydi.

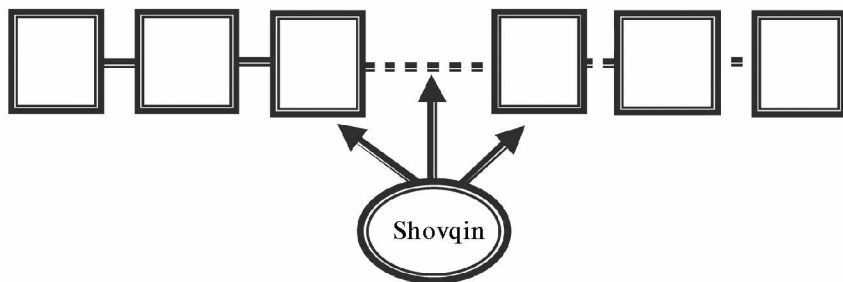
Yuqori siklli sinxronizatsiya qabul qilgichining ishlash prinsipi yuqorida yozilganlar bilan bir xil. Lekin shuni ham nazarda tutish lozimki, yuqori siklli sinxronizmini izlash siklli sinxronizm qayta tiklangandan keyin amalga oshadi.

4.7. Raqamli liniya trakti tuzilishining prinsiplari

Oldingi bandlardan bizga ma'lumki, analog-raqamli qurilma impuls va probel (bir va nol)lardan tashkil topgan raqamli ikkilik signallarni shakllantiradi. Bu signal qarama-qarshi oxirgi stansiyaning uzatish tizimiga raqamli liniya trakti (RLT) bo'ylab uzatilishi lozim. Buning uchun yetarli darajada signallarni uzatishni ta'minlash kerak.

Raqamli liniya trakti uzatish tizimlarining trakti kabi raqamli signal tarqaladigan muhitdan va talab darajasida sifatli uzatishni ta'minlovchi qurilmalardan iborat. Bunday tizimlarning analog tizimlaridan farqi, oxirgi stansiyadan uzatilgan impuls ko'rinishidagi signallar, har bir oraliq punktlarida barcha parametri (amplitudasi, davomiyligi va diskretlash davri) bo'yicha qayta tiklanadi (regeneratsiyalanadi).

Shuning uchun ham raqamli liniya traktining oraliq punktlari «regeneratsiyalash punktlari» nomini olgan. Quyidagi 4.25-rasmda raqamli liniya traktining tuzilishi ko'rsatilgan.



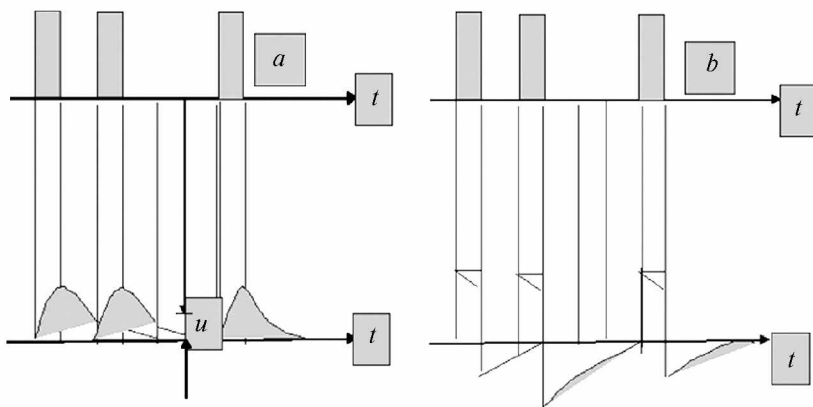
4.25-rasm. Raqamli liniya traktining tuzilishi.

LTQ-liniya trakti qurilmasi uzatiladigan raqamli liniya signallarini shakllantirish va qabul qilingan signallarni regeneratsiyalash uchun qo'llaniladi. RP-regeneratsiyalash punktlari liniya traktining oraliq uchastkalarida raqamli signallarni regeneratsiyalashni ta'minlaydi. Har xil uzatish tizimi RLTning tuzilish xususiyatlari, raqamli signal tarqaladigan muhit (RSTM) signalning buzilish darajasi, shovqindan himoyalanganligi va raqamli signallarni uzatish ishonchligini aniqlovchi fizik xossalari bilan bog'liq. Yuqoridagilarni hisobga olgan holda RSTMning asosiy xossalari, ularning signalga ta'sirini, muhitga va signalga bo'lgan talablarini qarab chiqamiz.

Raqamli signallarni uzatishda eng ko'p tarqalgan muhit elektrik (simmetrik yoki koaksial) kabellardir. Shuning uchun raqamli signallarni uzatishda kabel xarakteristikalarining ta'sirini qarab chiqamiz.

Kabelli zanjirlardagi so'nish chastota oshishi bilan o'sadi, bu raqamli signallar oraliq chastotalarining yuqoridan chegaralanishiga olib keladi. Xuddi shunday ta'sir regeneratorning kirishidagi sxemaning turli elementlari tufayli ham yuzaga kelishi mumkin (masalan, transformatorlar, kuchaytirgichlar). Quyidagi 4.26-rasmda zanjirning kirish va chiqishidagi ikkilik impulslar ketma-ketligi o'tkazuvchanlik oraliq'ining yuqoridan chegaralangandagi holati ko'rsatilgan.

Kabelli zanjir uchastkasining kirishiga impulslar tushganda, shu zanjirda yuzaga kelgan o'zaro o'tuvchi jarayonlar, impuls frontlari va amplitudalarining buzilishiga olib keladi. Uchastka qanchalik uzun bo'lsa, uning chiqishida impuls javobining qiymati shuncha kichik. Agar raqamli signalning oraliq chastotasi sezilarli darajada chegaralangan bo'lsa, keyingi impulsli oraliq tushadigan lahzagacha kabelli zanjirda har bir impuls o'tganda yuzaga keluvchi jarayonlar tugab ulgurmaydi. Bu impulslarning bir-biriga ustma-ust tushishiga olib keladi, ayniqsa, raqamli signalning qo'shni simvollar uchun bu hol juda sezilarlidir. Raqamli signallarning davomiyligi kengayishi hisobiga ustma-ust tushish holati simvollararo interferensiya nomini olgan. Simvollararo interferensiya, amplitudalarning o'zgarishi kabi simvollarining vaqt bo'yicha



4.26-rasm. Liniya traktida ikkilik raqamli signal shakliga oraliq chastota chegaralanishining ta'siri.

surilishiga ham olib keladi. Simmetrik kabelli zanjirlar bo'yicha tashkil qilingan liniya traktlarida, spektrning doimiy va past chastotali tashkil topuvchilarini pasaytirish hisobiga raqamli signalning oraliq chastotasini chegaralovchi moslashtiruvchi transformatorlar va kuchaytirgichlar qatnashadi. Raqamli signalning oraliq chastotasi pastdan chegaralanishining ta'siri 4.26-rasmda ko'rsatilgan. Past chastotali tashkil topuvchilarning nimjonligi raqamli signal simvollarining qutbiga qarama-qarshi bo'lgan qutbni yuzaga keltiradi va impulsning oxirgi frontlarining manfiy qismi, impulslarning amplitudasini kamaytiruvchi simvollararo interferensiyalarni yuzaga keltirgan holda keyingi taktli oraliqqacha cho'ziladi. Oraliq chastotalarning bunday pastdan chegaralanishi raqamli signallarning buzilishiga va shovqindan himoyalanganlikning kamayishiga olib keladi.

Simmetrik kabellar bo'yicha tashkil qilingan raqamli liniya traktlarida o'zaro o'tuvchi shovqinlar ko'p yuzaga keladi. Signalning shovqinga ta'siri signallarni uzatishni tashkil qilish usuligi bog'liq. Bir kabelli uzatishda o'zaro o'tuvchi shovqinlar regeneratsiyalash uchastkalarining yaqinida, ikki kabellida esa uzoqda hosil bo'ladi. Yaqindagi o'zaro o'tuvchi shovqinlar regeneratsiyalash uchastkasining uzunligiga bog'liq emas va ko'pgina hollarda uzoqdagi o'zaro o'tuvchi shovqinlar oshadi. Yaqindagi o'zaro o'tuvchi shovqinlarning qiymati uzatilgan signalning sathi, yaqindagi kabel juftliklari orasidagi o'zaro o'tuvchi so'nish (A_0) va ta'sir ostida qolgan signal spektri orqali aniqlanadi.

Raqamli signal uzatish tezligining oshishi, impulslar davomiyligining kamayishiga va oraliq chastotaning kengayishiga olib keladi. Bu, o'z navbatida, o'zaro o'tuvchi so'nishni kamaytiradi va shovqinni oshiradi. Bunday holatda yaqindagi himoyalanganlik kamayadi. Himoyalanganlikni mumkin bo'lgan chegarada saqlash uchun regeneratsiyalash uchastkasining uzunligini kamaytirish yoki uzatishning ikki kabelli tizimini qo'llash lozim.

Yuqori tezlikli raqamli traktlarni hosil qilishda koaksial kabellar qo'llaniladi. Bunday traktlarda chastota oshishi bilan o'zaro o'tuvchi so'nish ham oshadi. Koaksial kabellarda 1 mHz chastotada o'zaro o'tuvchi so'nish 120 dB dan kam bo'lmaydi, ya'ni bunda signallarning o'tish jarayonida o'zaro o'tuvchi shovqinlar hisobga olinmaydi.

Koaksial raqamli traktlarda, kabelli zanjirlarga tok tashuvchilarning issiqlik harakati va regeneratlarning kirish bosqichlari

tufayli yuzaga keluvchi issiqlik shovqinlari asosiy hisoblanadi. Issiqlik shovqinlaridan himoyalanganlik raqamli signalning uzatish tezligi va regeneratsiyalash uchastkasining uzunligi orqali aniqlanadi.

Koaksial zanjirlarda shovqin sathi simmetrik zanjirlarga nisbatan ancha past.

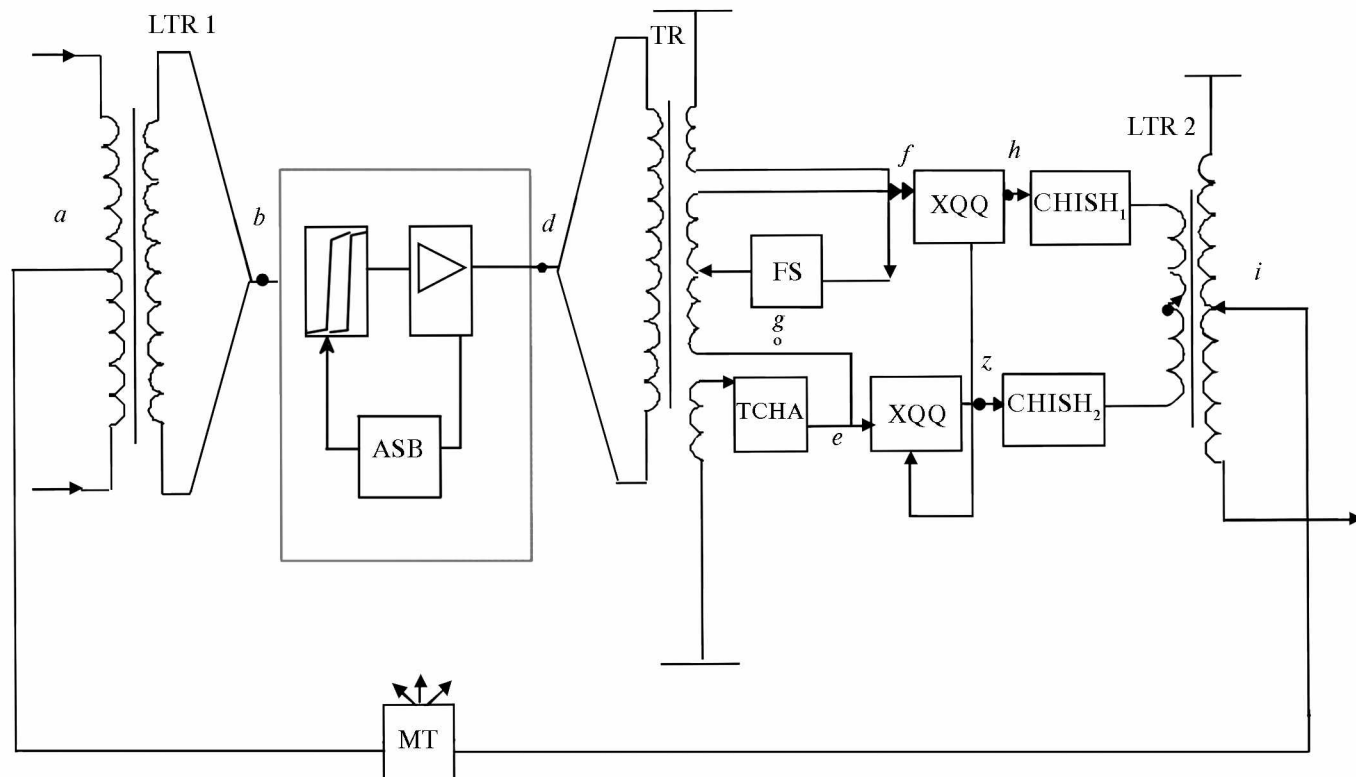
4.7.1. Signallarni regeneratsiyalash. Regeneratorlarning tuzilish sxemasi. Taktli chastotani ajratish

Raqamli signal aloqa liniyasidan o'tganda pasayadi va unga yana shovqin ta'sir qiladi. Bu esa impulsning shakli va davomiyligini o'zgartiradi, amplitudasini pasaytiradi, vaqt bo'yicha tasodifiy surilishga olib keladi. Shuning uchun ham IKMli tizimlarning raqamli liniya traktidagi raqamli signallarni qayta tiklash uchun ma'lum bir masofalardan keyin regeneratorlar joylashtiriladi.

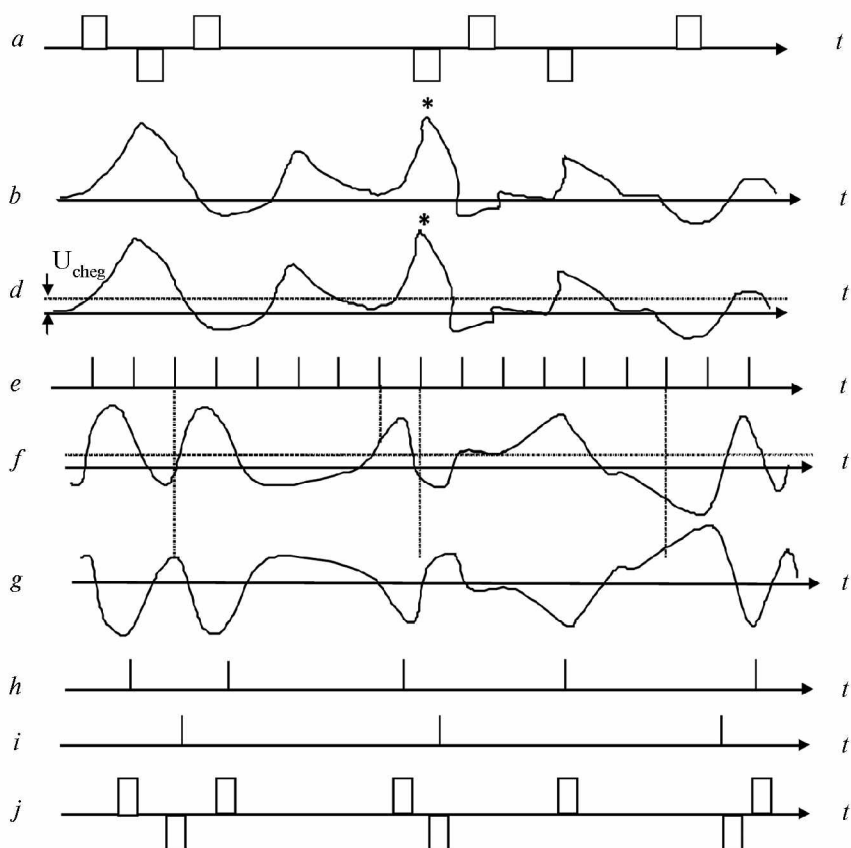
Raqamli signallarni regeneratsiyalash jarayonida quyidagi asosiy operatsiyalar bajariladi (4.27-rasm):

- qayta tiklanuvchi impulsning amplitudasi kuchaytiriladi va ularning shakli sozlanadi;
- sozlangan impuls ta'qib qilinadi (bunday holda ta'qib qilish natijasida shunday sharoit yaratiladiki, chiqishdagi impuls faqatgina vaqtning ma'lum bir lahzalaridagina shakllanadi);
- ta'qibdan keyin olingan impuls amplitudalarining qiymatlari etalon (chegara) qiymat bilan solishtiriladi;
- berilgan parametrlarga ega bo'lgan yangi impuls shakllanadi.

Endi 4.28-rasmda ko'rsatilgan regenerator ishining vaqt bo'yicha diagrammasini qarab chiqamiz. Faraz qilaylik, regenerator seksiyasining kirishida, ya'ni oldingi regenerator chiqishdagi raqamli signal 4.28-*a* rasmdagi ko'rinishga ega. Liniya uchastkasidan o'tgandan keyin regenerator kirishiga buzilgan va ma'lum bir muddatga kechikkan signal beriladi. Liniya transformatori orqali bu signal (4.28-*b* rasm) liniya sozlagichi kirishiga beriladi. Bu sozlagich tarkibiga sun'iy sozlovchi liniya, avtomatik sath boshqarish qurilmasi (ASB), sozlovchi kuchaytirgich sxemasi kiradi (4.28-rasmda ko'rsatilgan). ASB qurilmasida impuls shaklini sozlash to'liq yoki qisman amalga oshiriladi. Bu simvollarni regeneratsiyalashda xatolik ehtimolligini pasaytiradi. Liniya sozlagichi chiqishida shakllangan signalning ko'rinishi 4.28-*d* rasmda ko'rsatilgan. Liniya sozlagichining chiqishiga transformator orqali



4.27-rasm. Regeneratorning tuzilish sxemasi.



4.28-rasm. Regeneratorning vaqt bo'yicha ishlash prinsipi.

taktli chastotani ajratuvchi blok ulangan. Bu blokning chiqishida qisqa ta'qib impulslarining ketma-ketligi shakllanadi. Bu impulslar kirish simvollariga nisbatan shunday fazalanadiki, qayerda kirish simvollarining amplitudasi katta bo'lsa, shu yeri taktli impulslarning o'rtasiga tushib qoladi. Bu ham, o'z navbatida, regeneratsiyalash jarayonida xatolik ehtimolligining kamayishiga olib keladi.

Avtomatik sath boshqarish tizimi liniya sozlagichi chiqishidagi impuls amplitudasini sozlaganligi sababli hal qilingan chegara o'zgarishsiz qoladi. XQQda tushayotgan simvollarining har bir taktidagi ta'qib impulslari XQQga tushgan lahzaga, kirish signali musbat qutbga ega bo'lsa (ya'ni liniya sozlagichi chiqishidagi signal va chegara kuchlanishi orasidagi farq musbat bo'ladi), unda XQQ chiqishida mos keluvchi chiqish impulslari shakllantirgichi

(CHISH) kirishiga shakllangan impulslar tushadi (4.28-*h*, *i* rasm). Agar ko'rsatilgan farq manfiy bo'lsa, unda XQQ chiqishida impuls shakllanmaydi. CHISHga XQQdan impulslar tushganda, amplitudasi va davomiyligi taktli chastotaga ega bo'lgan impulsning standart ko'rinishi shakllanadi.

CHISH₁ va CHISH₂ liniyaga differensial transformator orqali ulanganligi sababli, LTR₂ chiqishidagi impulslar har xil qutbga ega.

Regeneratorning ishlash prinsipidan ko'rinib turibdiki, qachonki shovqin qiymatlari chegara kuchlanishidan yuqori bo'lsa, regeneratsiyalashda xatolik yuzaga keladi. Ta'qib impulsleri (4.28-*e* rasm) hal qiluvchi qurilma (XQQ₁ va XQQ₂)larga beriladi. XQQga, bundan tashqari, transformator orqali chegara kuchlanishini shakllantirgichi ishlab chiqargan chegara kuchlanishi ham tushadi (4.28-*f*, *g* rasm). Eng oxirida to'g'rilagich joylashgan, u doimiy kuchlanishni ishlab chiqaradi. Bu kuchlanish liniya sozlagichi chiqishidagi impulsurning yarim amplitudasiga teng.

4.8. Raqamli uzatish tizimlarida qo'llaniladigan liniyaviy kodlar

RUTlarning liniya trakti bo'ylab uzatiladigan kodlar quyidagi talablarni qondirishi zarur:

1. Liniya signali spektri doimiy tashkil topuvchilarga ega bo'lmashligi lozim. Bu simmetrik transformatorlarni qo'llash va regeneratorlar ta'minotini masofadan ta'minlash imkonini beradi.

2. Signalning energetik spektri juda tor oraliqni egallashi lozim (maksimum spektr past chastotali sohada yotishi uchun). Bu regeneratsiyalash uchastkasi uzunligini oshirish imkonini beradi. Chunki past chastota sohasida kabeldagi so'nishlar va o'zaro o'tishlar kamayadi.

3. Regeneratorlarning me'yorda ishlashi uchun taktli chastotani ajratib olish imkoniyati ta'minlanishi lozim.

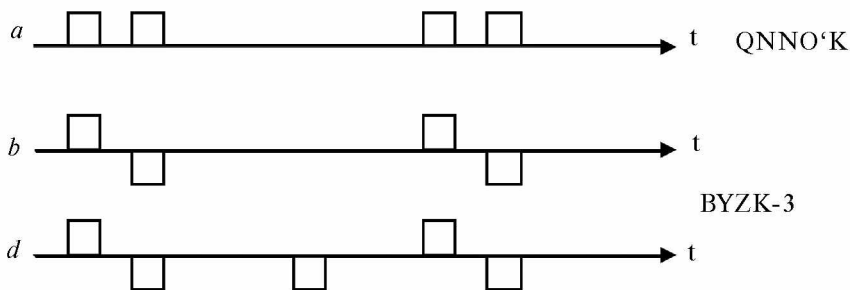
4. Kodning tuzilishi shunday bo'lishi kerakki, regeneratsiyalash jarayonida yuzaga kelgan xatoliklarni tuzilishining buzilishidan aniqlab olish, ekspluatatsiya jarayonida xatoliklar koeffitsiyentini nazorat qilish imkonini beradi.

RUOlarning liniya traktida eng ko'p tarqalgan 2 kod turini qarab chiqamiz:

1. Qutblari navbatma-navbat o'zgaruvchi (QNNO') kvazi uchlik kod;

2. Birlari yuqori zichlashtirilgan kodlar (BYZK).

QNNO' kodlarda 4.29-rasmda ko'rsatilganidek, bitta ikkilik simvollar ketma-ketligidan yolg'iz simvollarini shakllantirishda turli qutbli birlar ketma-ketligi ular orasidagi nol simvollarini soniga bog'liq bo'lmagan holda impulsni ketma-ket musbat va manfiyga o'zgartirishni amalga oshiradi.



4.29-rasm: *a* – boshlang'ich signal; *b* – QNNO'K; *d* – BYZK kodlar.

Energetik spektrlarda ko'rsatilgan prinsipga binoan, liniya kodida doimiy tashkil topuvchilar bo'lmaydi. Bunda raqamli yig'indi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$z = \sum_{t=T_0} a_n \quad (4.5)$$

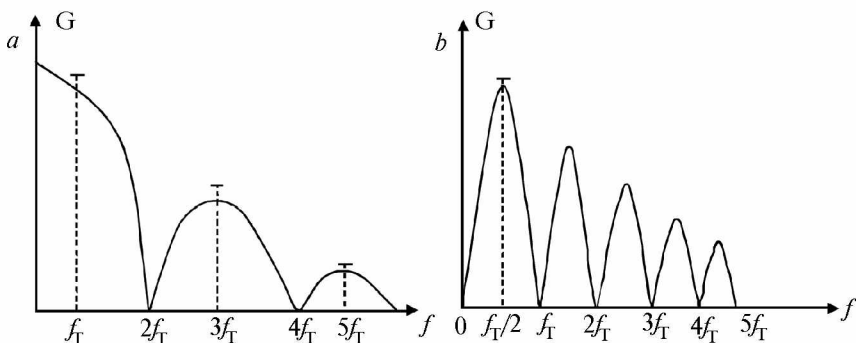
Bu yerda: a – vaqt lahzasidagi simvol qiymati; T_0 – t vaqtning istalgan intervali.

Agar liniya spektrining to'liq aralashmasi 1 ga teng bo'lsa, raqamli yig'indi formulasidan aniqlanadigan chegaradan chiqib ketmaydi. 4.30-*a* rasmda boshlang'ich (ikkilik) signalning energetik spektrini qarab chiqamiz. QNNO'Kli raqamli signalning energetik spektri 4.30-*b* rasmda ko'rsatilgan.

Boshlang'ich ikkilik ketma-ketliklarda bir va nol simvollarining teng ehtimolligida $G(t)$ quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$G(t) = (1 - \cos 2\pi f \cdot T) / T. \quad (4.6)$$

4.30-*b* rasmdan ko'rinib turibdiki, QNNO'Kli energetik spektr, f_T tashkil topuvchisiga ega emas. Shuning uchun regenera-



4.30-rasm: a – boshlang‘ich signal; b – QNNO‘Kli raqamli signal spektrlarining energetik spektrlari.

torlarda taktli chastota signallarini ajratishda, tarkibida f_T tashkil topuvchisi bo‘lgan ikkilik kod spektriga o‘zgartirish lozim.

QNNO‘Klarning asosiy energiyasi $0,5 f_T$ chastota sohasiga yaqin mo‘ljallangan. Shuning uchun regeneratsiyalash uchastkasi-ning so‘nishini hisoblash va o‘zaro ta’sirlarni baholash yarim taktli chastotada amalga oshadi.

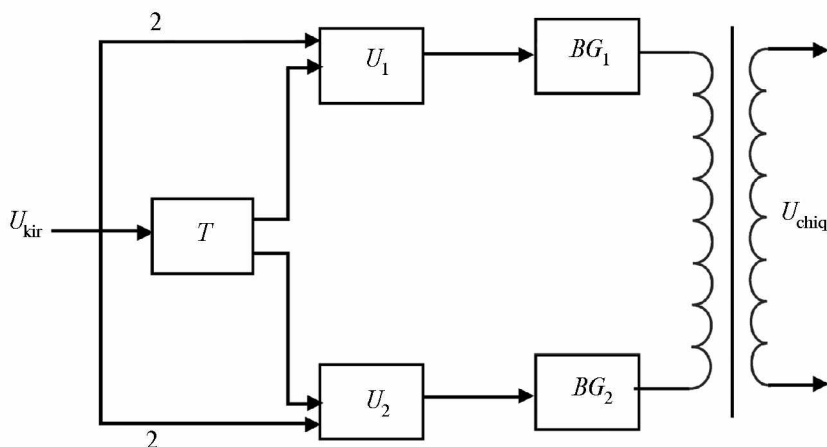
QNNO‘Klarning afzalliklari: QNNO‘Klarni qo‘llash prinsipi tufayli regeneratsiyalash jarayonida yuzaga keluvchi xatoliklarni oson aniqlash mumkin, chunki har qanday simvolni regeneratsiyalashdagi xatolik, liniya traktida navbatma-navbat o‘zgaruvchi simvollar qutbining buzilishiga olib keladi. Ma’lum bir vaqtdagi bunday buzilishlar soni bo‘yicha liniya traktidagi $K_{t\text{ sit}}$ ni baholash mumkin.

QNNO‘Klarning kamchiliklari: QNNO‘Klarning kamchiligi liniya trakti bo‘ylab uzun nollar seriyasini uzatishning imkoni yo‘qligidir. Bunday 2 holda regeneratorlarning me’yordagi ishi buziladi, chunki f_T ajratib olish qiyinlashadi. Bunday kamchiliklarni bartaraf qilish uchun QNNO‘Klarning bir necha modifikatsiyasi ishlab chiqilgan.

4.8.1. QNNO‘ kodlarining shakllanish sxemasi

IKMli uzatish tizimlarida, boshlang‘ich ikkilik ketma-ketliklarni QNNO‘Kga o‘zgartirish quyidagi 4.31-rasmdagi sxemani qo‘llash orqali amalga oshadi.

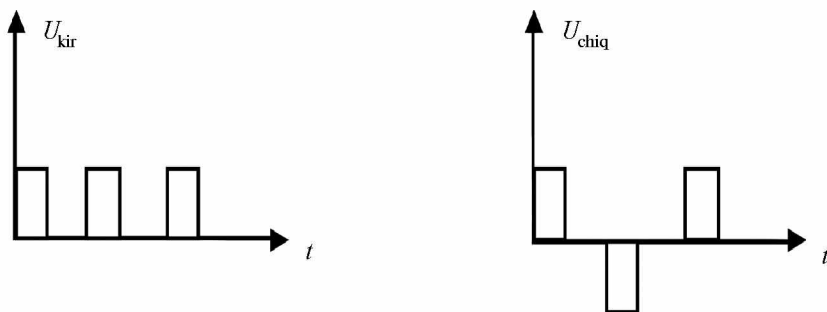
T-trigger, hisoblovchi kirishiga boshlang‘ich ikkilik ketma-ketlik uzatiladi. Trigger navbatdagi yolg‘iz simvol tushishi bilan



4.31-rasm. Qutblari navbatma-navbat o'zgaruvchi kodlarni shakllantiruvchi qurilma.

o'zining holatini teskari o'zgartiradi. Triggerlarning chiqishlari U_1 va U_2 sxemalarining birinchi kirishlari bilan ulangan. Bu sxemalarning ikkinchi kirishlariga boshlang'ich ketma-ketlik beriladi. Triggerning ulanishi shunga olib keladiki, U^n sxemalari navbatma-navbat ochiladi. Ularning holatiga bog'liq holda, kutuvchi rejimda bo'lgan mos keluvchi blokning generatorlari (BG_1 va BG_2) ishga tushadi.

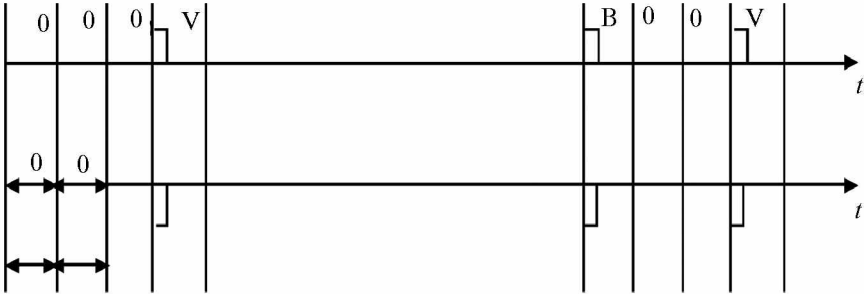
BG berilgan parametrlri impulsni shakllantiradi. Kirish transformatorini qo'llash hisobiga sxemaning har bir kirishidan tushuvchi chiqish impulslarining qutblari turlicha bo'ladi, ya'ni QNNO'K impulsi kvaziuchlik signalni paydo qiladi.



4.32-rasm. Birlari yuqori zichlashtirilgan kodlar (BYZK-3)ning shakllanish sxemasi.

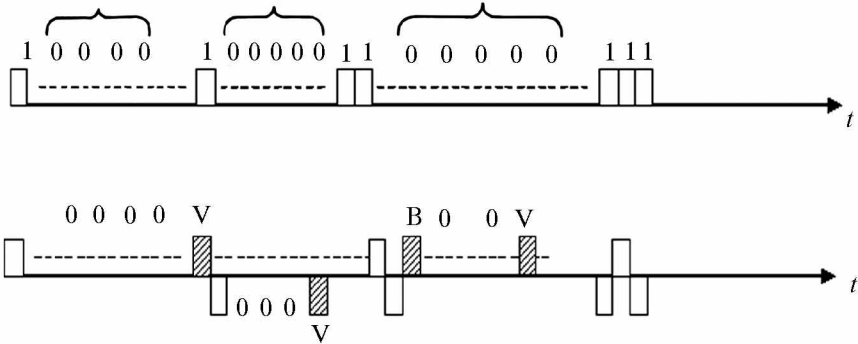
BYZK-3 kodlari RUTlarda keng tarqalgan. Uning tuzilish prinsipi xuddi QNNO^{*} kodlarniki kabidir. Lekin BYZK-3 da yolg'iz simvollar orasida keyingi ketma-ket nol simvollar 3 tadan ortiq bo'lmaydi. Ya'ni $m=3$. Ballast sifatida OOOV va BOOV shartli belgiga ega bo'lgan ikki turdagi signallar qo'llaniladi.

Aniq bir turdagi ballast signallarini tanlash quyidagi tartibdan kelib chiqadi: «B» impulslarining qutbi har doim o'zidan oldingi impuls qutbiga teskari. «V» impulslarining qutbi o'zidan oldingisining qutbini takrorlaydi.



4.33-rasm. OOOV va BOOV ballast signallari.

Ikkilik signalda agar ikki qo'shni pauzalar orasida $n > 4$ va birlar soni toq bo'lsa, unda ikkinchi pauzani to'ldirish BOOV ballast signalidan boshlanadi. Agar birlar soni toq bo'lsa, unda ikkinchi pauzani to'ldirish OOOV ballast signalidan boshlanadi. Quyidagi 4.34-rasmda BYZ-3 kodning shakllanish algoritmgiga misol ko'rsatilgan.



4.34-rasm. BYZ-3 kodining shakllanish algoritmi.

4.8.2. Birlari yuqori zichlashtirilgan kodlarning afzalligi

1) $0,25 < p(f) < 1$ chegara bilan chegaralanuvchi liniya signalida yolg'iz simvollarining paydo bo'lish ehtimolligining o'zgarish diapazoni rejimi qisqaradi. Xuddi shu vaqtda QNNO'Kdagi kabi tasodifiy ketma-ketliklarda yolg'iz simvollarining paydo bo'lish ehtimolligi amalda nomiga kamayishi mumkin.

2) Regeneratorlar saqlash vositalarining ishlash sharoiti yaxshilanadi.

3) Liniya traktida k_{xat} qiymatini nazorat qilish mumkin. k_{xat} ni baholashni sozlash imkonini bo'lmagan V turdagi ta'qib impuls-larining navbatma-navbat o'zgaruvchi qutblarining buzilishini tahlillash yo'li orqali amalga oshirish mumkin. Bunda liniya traktida yuzaga keluvchi xatoliklarni qabul qiluvchi qismda liniya kodlarini ikkilik kodlarga o'zgartirish jarayonida ko'payishiga olib keladi. Ko'paygan xatoliklarning o'rtacha qiymati 1,2 ga teng bo'lishi mumkin.

Kamchiligi. BYZ-3 larni shakllantirish uchun yolg'iz simvollar orasidagi nollar sonini nazorat qilish va impuls qutblarining navbatma-navbat o'zgarish qonunini buzuvchi V chiqish simvollarining shakllanish zarurati murakkab sxemani talab qiladi. BYZ-3 kodlarining raqamli yig'indisi $2(+1/2)$ QNNO' kodlarga nisbatan katta bo'ladi.

Nazorat savollari

1. KVAUTlari qanday tuzilishga ega?
2. KVAUTlarida kanal signallari qanday shakllanadi?
3. Kotelnikov teoremasining ma'nosi nimadan iborat?
4. Nima uchun tovush chastotali signallarga diskretlash chastotasi aynan 8 kHz ga teng?
5. Kanal signallari AIM yordamida qanday shakllanadi?
6. Nima uchun AIM-1 turidagi signal keng tarqalmagan?
7. AIM signalning qanday xususiyatlarini bilasiz?
8. IKM signalni olish uchun qanday operatsiyalar amalga oshiriladi?
9. Koder va dekoderning ishlash prinsipini tushuntiring.
10. IKMli raqamli uzatish tizimlarining tuzilishi haqida tushuncha bering.
11. RUTlarining shaxsiy qurilmalari haqida tushuncha bering.
12. RUTlarining guruhli qurilmalari haqida so'zlab bering.

13. Qanday sinxronizatsiya turlarini bilasiz va ularning vazifalari nimalardan iborat?
14. Sinxronizatsiya signallari qanday uzatiladi?
15. Raqamli liniya trakti qanday qurilmalardan tashkil topgan va ularning vazifalari nimadan iborat?
16. Kabelli zanjirlarda soʻnish qanday oʻzgaradi va u signalning sifatiga qanday taʼsir koʻrsatadi?
17. Liniyaga uzatilgan signallar soʻnishining sababi nimada?
18. Regeneratsiyalash deganda nimani tushunasiz? Regeneratorlarning ishlash prinsipini tushuntiring. QNNOʻ kodlarining shakllanish sxemasini tushuntirib bering.
19. BYZK-3 ning afzalligi nimada?

5.1. IKM asosida tashkil qilingan raqamli uzatish tizimi iyerarxiyasi

Telekommunikatsiya tarmoqlarida foydalaniladigan raqamli uzatish tizimlari ma'lum iyerarxiya asosida tashkil qilinadi, u quyidagi asosiy talablarni qanoatlantirishi kerak:

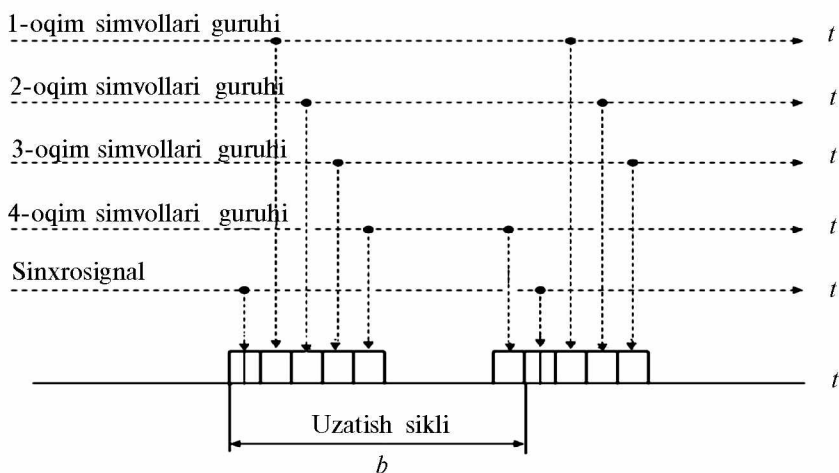
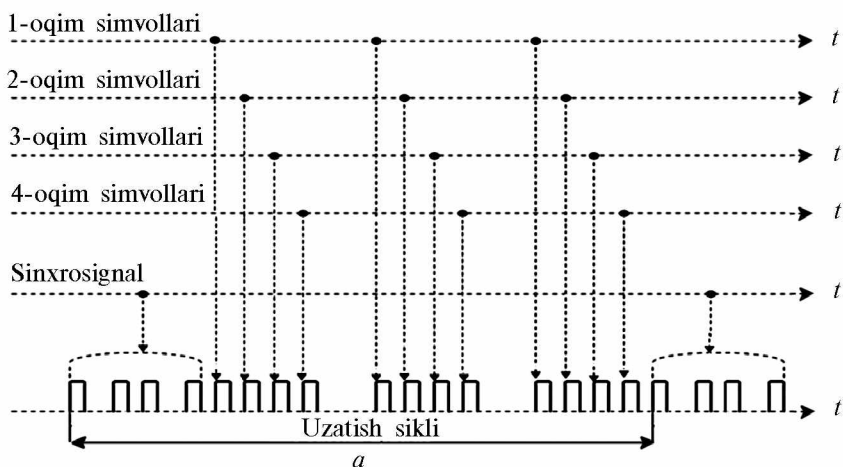
- analog, diskret va raqamli signallarning barcha turlari RUTning kanallari va taktlari orqali uzatilishi;
- signallarga iyerarxiyaning turli bosqichlarida ishlov berish va ularni uzatish tezligining tegishli karraliligi;
- uzatilayotgan raqamli oqimlarni eng oddiy holda birlashtirish, bo'laklarga bo'lish, ajratib olish va tranzitlashning mumkinligi;
- RUTning parametrlari mavjud bo'lgan va kelajakda bo'ladigan yo'naltiruvchi tizimlarning tavsiflarini hisobga olgan holda tanlanishi;
- RUTning analog uzatish tizimlari va turli kommutatsiya tizimlari bilan o'zaro ta'sirlashishi mumkinligi.

Bir turdagi ma'lumotlarning signallari uzatilayotganda RUTning o'tkazib yuborish qobiliyatidan eng yaxshi holda foydalanish kerakligi. RUT iyerarxiyasining shakllanishi komponentlar deb ataluvchi past tartibli raqamli oqimlarning yagona raqamga birlashishi asosida amalga oshadi, buni guruhli yoki agregat raqam deyiladi.

Raqamli signal guruhli-oqim shakllanayotganda raqamli oqimlarning quyidagi usullari: simvol bo'yicha (5.1-*a* rasm) va kanal bo'yicha (5.1-*b* rasm) birlashtirish usullari bo'lishi mumkin. Ikkala holda to'rtta oqim birlashadi.

Raqamli oqimlar kanal bo'yicha birlashayotganda kod guruhlar uchun ajratilgan vaqt intervallari davomida ular siqiladi va taqsimlanadi. Sinxrosignal qabul qilishning oxirida raqamli oqimlarning to'g'ri taqsimlanishi uchun zarurdir.

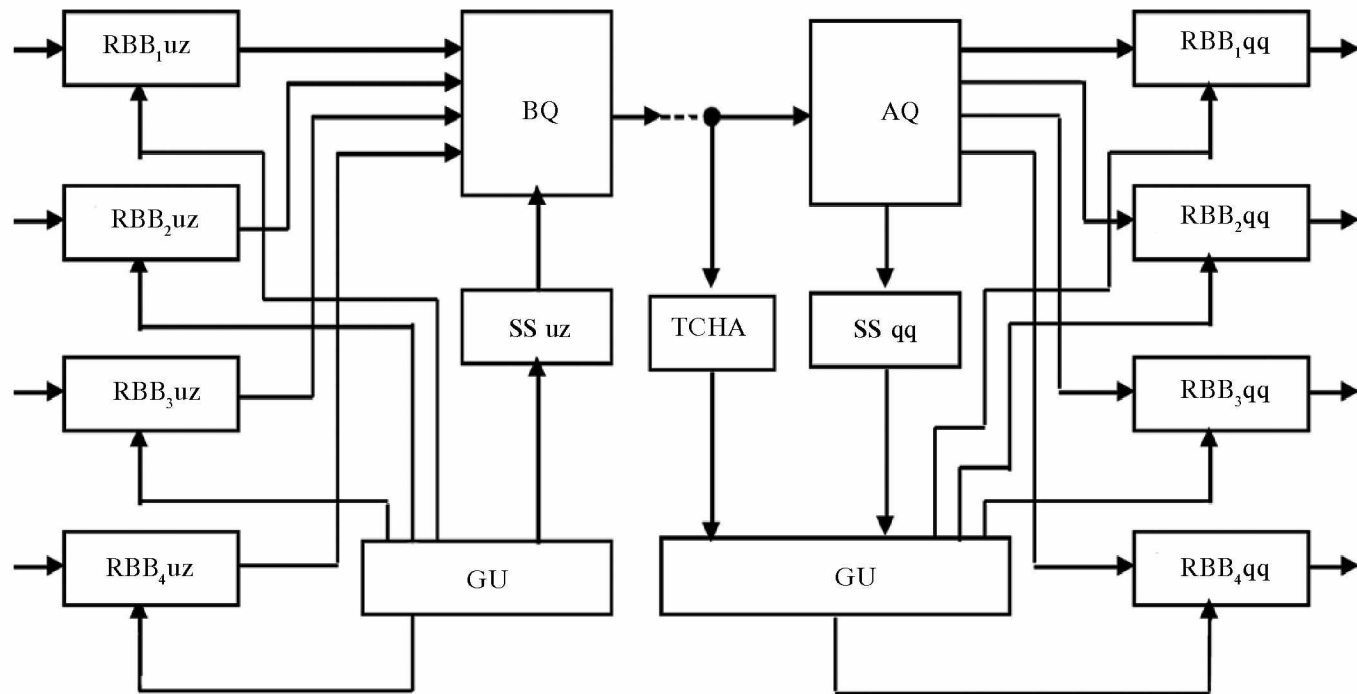
Raqamli oqimlar sikllar bo'yicha ham birlashishi mumkin, bu birlashish kanal bo'yicha birlashishga o'xshaydi, faqat bu holda ularga vaqt davomida ishlov beriladi (siqiladi) va bir, so'ngra esa



5. 1-rasm. Raqamli oqimlar simvol bo'yicha (a) va kanal bo'yicha (b) birlashayotgan raqamli uzatish tizimi siklining tuzilishi intervallarga boshqa oqimlarning birlashayotgan impulslari joylashib olishi mumkin bo'ladigan holda qisqaradi va taqsimlanadi.

keyingi raqamli oqim sikli to'liq uzatiladi. Simvol bo'yicha birlashtirish eng oddiy va keng suratda qo'llaniladigan usul hisoblanadi.

Raqamli oqimlarni birlashtirish vaqt davomida guruh hosil qiluvchi, ya'ni multipleksorlovchi uskunada amalga oshiriladi, uning tuzilish prinsipi 5.2-rasmda ifodalangan.



5.2-rasm. Vaqt davomida guruh hosil qiluvchi—multipleksorlovchi uskunaning tuzilish prinsipi.

Uskuna tarkibiga quyidagilar kiradi: uzatish va qabul qilish traktidagi RBB uz, RBB qq bog'lovchi raqamli blok; uzatish traktidagi oqimlarni BQ birlashtiruvchi qurilma va ularning qabul qilish traktidagi AQ ajratuvchi qurilma; SS uz, SS qq sinxrosignalni uzatkich va qabul qilgich; raqamli liniya signalining TCHA taktli chastotasini ajratkich; uzatuvchi va qabul qiluvchi stansiyaning GU generator uskunasi.

RBB uz ning chiqishlaridan chiqayotgan signallar siklli sinxronizatsiyalash signallari bilan birga BQning kirishiga kelib tushadi. RBB uz chiqishlaridagi impulslar ketma-ketliklari o'rtasidagi vaqt davomidagi siljish GUDan chiqayotgan boshqaruvchi impulslar orqali amalga oshiriladi. Qabul qilishdagi AQ guruhli signal impulslerini o'ziga tegishli RBB qq bo'yicha, shuningdek, signallarni SS qq ga taqsimlaydi.

Uzatish tizimining ancha past tartibli generator uskunasi yoki raqamli oqimlarni birlashtirish va ajratish uskunasiidan mustaqil ravishda ishlashi mumkin, yoki bo'lmasa sinxronizatsiyalash umumiy uzatuvchi generator orqali amalga oshirilishi kerak. Bunga qarab raqamli oqimlarni birlashtirish asinxron yoki sinxron tarzda bo'lishi mumkin.

Raqamli signallar sinxron tarzda birlashtirilayotganda bu axborotni RBBga yozish tezligi yoki RBBdan sanash tezligi o'zgarmas va karrali bo'ladi, chunki unga bir xil GUDA ishlov beriladi. Bunda axborotni sanash uning RBB uz ga kelib tushishidan keyin sodir bo'lishi uchun yozish va sanash komandalari o'rtasida talab qilinayotgan vaqt davomida siljish o'rnatilgan bo'lishi kerak.

Raqamli oqimlarni birlashtirish qurilmasidagi GU va past tartibli raqamli oqimlarni shakllantirish qurilmasidagi GU mustaqil ravishda ishlayotganda raqamli oqimlar asinxron tarzda biriktirilayotgan bo'lsa, yozish va sanash tezliklari o'rtasida biroz farq bo'lishi mumkin. Bu tezliklarning muvofiqlashuvi uchun tegishli chora-tadbirlar ko'rish zarur.

Hozirgi paytda RUT iyerarxiyasining ikki turi qabul qilingan:

- plezioxron raqamli iyerarxiya (PRI) yoki Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH);
- sinxron raqamli iyerarxiya (SRI) yoki Synchronous Digital Hierarchy (SDH).

RUTni tashkil qilishning iyerarxiya prinsipi kanal hosil qiluvchi uskunani bir xillashtirishga, tegishli uskunani ishlab chiqarish, tatbiq qilish va undan texnik jihatdan foydalanish jarayonlarini

soddalashtirishga va umuman, telekommunikatsiya tizimlari va tarmoqlarining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini ko'tarishga imkon beradi. RUT tashkil qilinayotganda boshlang'ich signal sifatida tezligi 64 kbit/s ga teng asosiy raqamli kanal — ARK (yoki DSO — Digital Signal of Level O)ning signalidan foydalaniladi.

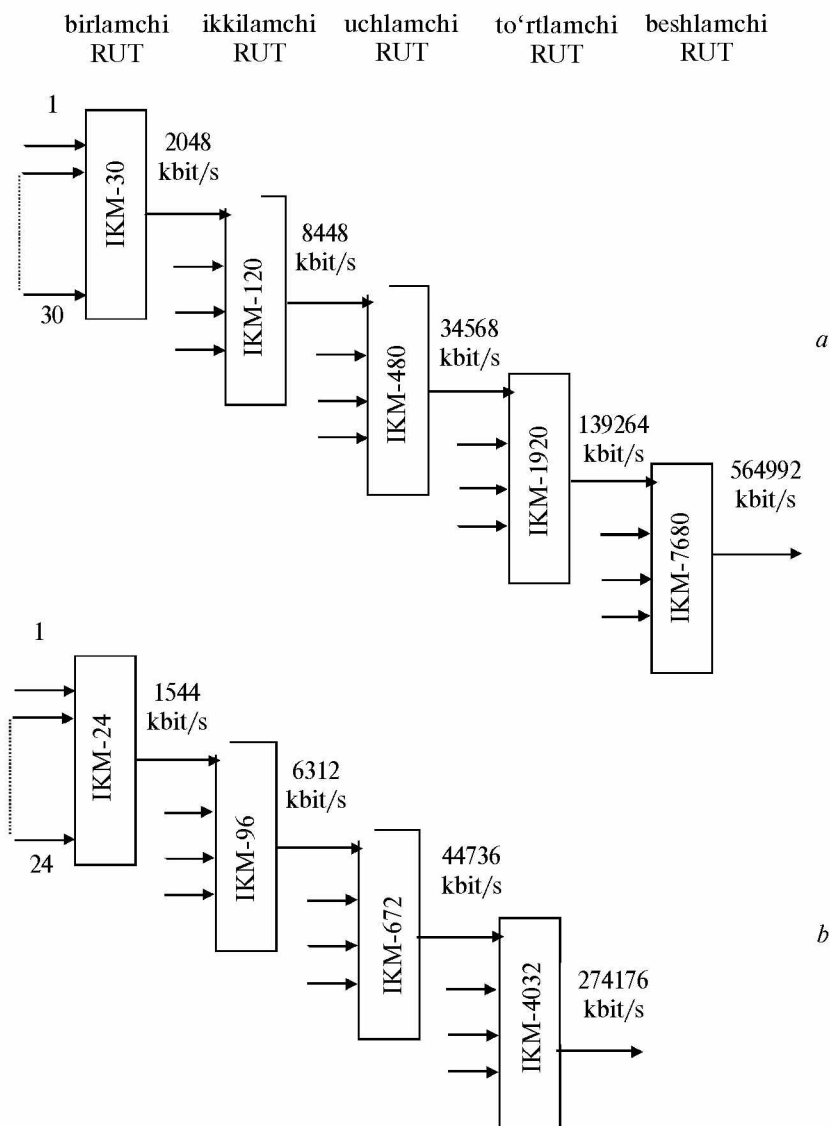
5.2. Plezioxron raqamli iyerarxiyada raqamli oqimlarni birlashtirish

RUTlarining iyerarxiya usulida tuzilishi, kanal hosil qiluvchi qurilmalarni takomillashtirish tayyorlash jarayonini yengillashtirish texnikasidan foydalanuvchi qurilmalarni yaratish imkonini beradi. Hozirgi paytda RUTlarining ikki iyerarxiya turi keng tarqalgan: Yevropa va Shimoliy Amerika. Yevropa iyerarxiyasi IKM-30 turidagi birlamchi raqamli uzatish tizimlariga asoslangan. Bunda analog-raqamli qurilma har birining o'tkazuvchanlik qobiliyati 64 kbit/s ga teng bo'lgan 30 ta kanalni shakllantiradi. Guruhli signalni uzatish tezligi 2048 kbit/s ga teng. Ancha yuqori bo'lgan sathdagi RUTlarining guruhli signallarini shakllantirishda raqamli oqimlarni vaqtli birlashtirish usuli qo'llaniladi.

Bunday oqimlar past sathli RUTlarining qurilmalarida shakllanadi. 5.3-rasmdan ko'rinib turibdiki, iyerarxiyaning barcha pog'onalari uchun birlashtirish koeffitsiyenti 4 ga teng. Xuddi shunga o'xshagan holda Shimoliy Amerika iyerarxiyasi ham tuziladi, faqat unda birlamchi RUT sifatida IKM-24 qo'llaniladi va iyerarxiyaning turli pog'onasi uchun birlashtirish koeffitsiyenti har xil. Yuqoridagi ikki iyerarxiya plezioxron raqamli iyerarxiya nomini olgan. Bunday iyerarxiyada raqamli oqimlarni birlashtirish asinxron usulda amalga oshadi, ya'ni raqamli oqimlarning tezligi bir-biridan ozgina bo'lsa-da, farq qiladi.

Bunday holatda oqimlarni birlashtirish uchun tezliklarni sozlash amalga oshiriladi. Oxirgi yillarda sinxron raqamli iyerarxiyaga tegishli yuqori ko'rsatkichga ega bo'lgan tizimlar keng tarqalmoqda. Bu plezioxron raqamli iyerarxiyaning kamchiliklari bilan bog'liq. Chunki tarmoq rivojlana borgan sari tarmoqni nazorat qilish va boshqarish muammolari yuzaga keldi va ushbu raqamli uzatish tizimlarini takomillashtirish ehtiyoji tug'ildi.

Plezioxron raqamli iyerarxiya 80-yillarning boshida tarkib topgan tezliklarning uch standartini o'z ichiga oladi. Shimoliy Amerika standarti deb ataluvchi birinchi standartda (AQSH va



5.3-rasm. RUT iyerarxiyasining turlari.

Kanadada qabul qilingan) birlamchi raqamli oqim (BRO) (yoki DS1 — Digital Signal of Level 1) tezligi 24 DSO (ARK)ning tezligiga mos bo'lgan 1544 kbit/s ga teng qilib tanlangan. Yaponiyada qabul qilingan ikkinchi standartda birlamchi raqamli oqimning Shimoliy Amerika standarti, ya'ni DS1 dagi tezlikdan foydalanilgan.

Yevropa va Janubiy Amerikada qabul qilingan uchinchi standartda birlamchi raqamli oqim tezligi 2048 kbit/s ga teng qilib tanlangan. Bunday tezlik 32 ARK ning tezligiga to'g'ri keladi. Amalda 30 ARK plyus uzatish tezligi 64 kbit/s ga teng bo'lgan ikkita sinxronizatsiyalash va boshqarish kanalidan foydalaniladi.

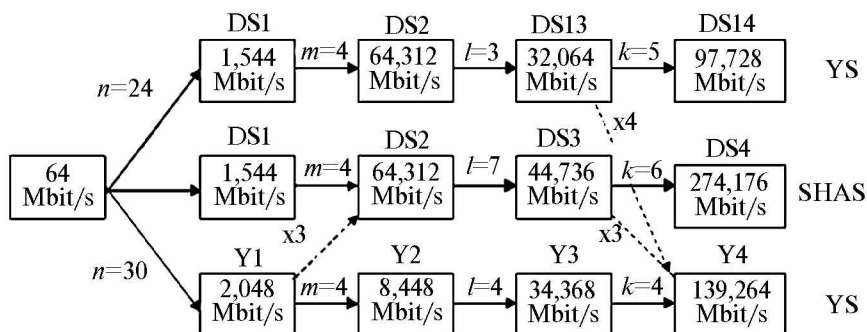
PRIning birinchi standarti 1544 (yoki DS1) – 6 312 (yoki DS2) – 44736 (yoki DS3) – 274176 (yoki DS4) kbit/s (yaxlitlagan holda: 1,5–6–45–274 Mbit/s) tezliklarning iyerarxik ketma-ketligini o'z ichiga oladi. Bunday ketma-ketlik quyidagi multipleksorlash ko'effitsiyentlari qatori: DSO ning 24 signalidan DS1 signalini shakllantirish uchun $n=24$ ga, DS1 ning 4 signalidan DS2 signalini shakllantirish uchun $m=4$ ga, DS2 ning 7 signalidan DS3 signalini shakllantirish uchun $I=7$ ga va DS3 ning 6 signalidan DS4 signalini shakllantirish uchun $k=6$ ga to'g'ri keladi. PRIning ushbu standarti DSO (yoki ARK)ning 24,96,672 va 4032 kanalini tashkil qilishga imkon beradi.

DS1–DS2–DS3–DS4 sathli raqamli signallarni, odatda, tegishli ravishda birlamchi raqamli kanal (oqim) – BRK(O), ikkilamchi raqamli kanal (oqim) – IRK(O), uchlamchi raqamli kanal (oqim) – URK(O) va to'rtlamchi raqamli kanal (oqim) – TRK(O) deyiladi.

PRIning ikkinchi standarti 1 544 kbit/s tezlikka ega bo'lib, u 1 544 (yoki DS1) – 6 312 (yoki DS2) – 32 064 (yoki DSJ3) – 97 728 (yoki DSJ4) kbit/s ketma-ketligini (1,5–6–32–98 Mbit/s taqribiy kattaliklar qatorini) tashkil qiladi. Ushbu standart uchun multipleksorlash ko'effitsiyentlari tegishli ravishda $n=24$, $m=4$, $I=5$, $k=3$ ga teng. Bu iyerarxiya DSO (yoki ARK) ning 24, 96, 480 va 1440 kanallarini tashkil qilishga imkon beradi. Bu yerda DSJ3 va DSJ4 signallarini 3 va 4 sathli yapon PRIning raqamli kanallari (yoki oqimlari) deyiladi.

PRIning uchinchi standarti 2048 kbit/s tezlikka ega bo'lib, u 2048 (yoki Y1: birlamchi raqamli kanal-oqim)–8448 (yoki Y2: ikkilamchi raqamli kanal-oqim) – 34368 (yoki Y3: uchlamchi raqamli kanal-oqim) – 139264 (yoki Y4: to'rtlamchi raqamli kanal-oqim) – 564992 (yoki Y5: beshlamchi raqamli kanal-oqim) kbit/s ketma-ketligini yoki 2–8–34–140–565 Mbit/s taqribiy ketma-ketligini hosil qiladi, bu $n=30$, $m=I=k=4$ ga teng multipleksorlash ko'effitsiyentlariga to'g'ri keladi. Ushbu standart tegishli ravishda 30, 120, 480, 1920 va 7680 ARKni uzatishga imkon beradi, ular, odatda, IKM-30, KM-120, IKM-480 va

IKM-1920 raqamli uzatish tizimlari nomi bilan ataladi. Turli standartdagi PRI raqamli oqimlarni multipleksorlash sxemasi 5.4-rasmda ifodalangan.



5.4-rasm. PRIning Shimoliy Amerika (SHAS), Yaponiya (YS) va Yevropa (YS) standartlaridagi multipleksorlash (—) va kross-multipleksorlash (---) sxemasi.

PRI uchta turli standartlarining parallel ravishda rivojlanishi jahon bo'ylab ulkan telekommunikatsiya tarmoqlarining rivojlanishini to'xtatib turganligi uchun telekommunikatsiyalar bo'yicha Xalqaro elektr aloqa ittifoqi tomonidan ularni bir xillashtirishga va imkon qadar birlashtirishga oid qadamlar qo'yildi. Natijada shunday standart ishlab chiqildiki, unga ko'ra:

- *birinchidan*, IKM va kanallarni vaqt bo'yicha ajratish asosida raqamli uzatish tizimlarini tashkil qilishda asosiy standart sifatida PRI birinchi standarti (DS1–DS2–DS3)ning uchta birinchi sathlari, ikkinchi standarti (DS1–DS2–DSJ3–DSJ4)ning to'rtta sathlari va uchinchi standarti (Y1–Y2–Y3–Y4)ning to'rtta sathlari standartlangan va standartlarning kross-multipleksorlash, masalan, uchinchi standartdan birinchi standartga (birinchidan ikkinchi sathga) va aksincha (uchinchidan to'rtinchi sathga), kross-multipleksorlash sxemasi 5.4-rasmda ko'rsatilgan (multipleksorlash koeffitsiyentlari uzatish tezliklarini taqdim etuvchi bloklarning aloqa liniyalarida ko'rsatilgan);

- *ikkinchidan*, ikkinchi standartda 32 064...97 728 kbit/s (yaxlitlangan holda 32...98 Mbit/s) tarmog'i, ya'ni birinchi standartdagi DS3 va uchinchi standartdagi Y4 sathlariga parallel bo'lgan DSJ3 va DSJ4 sathlari saqlangan bo'ladi. DSJ3 sath E3 sathga mos bo'ladi, bu esa ikkinchi sathdan uchinchi sathga kross-multipleksorlashni osonlashtiradi.

5.2.1. PDH tizimlarining kamchiliklari

Endi PDH tizimlarining kamchiliklarini ko'rib chiqamiz:

- plezioxron raqamli iyerarxiya tizimlarining uzatish tezliklari 2048, 8448, 34368, 139264 kbit/s ga teng;

- birinchi va boshqa sathdagi raqamli oqimlarni birlashtirishda tezliklarni sozlash uchun qo'shimcha bitlar qo'llaniladi. Bunday multipleksorlash ko'p kanalli yuqori tezlikli signallarni hosil qilishni qiyinlashtiradi;

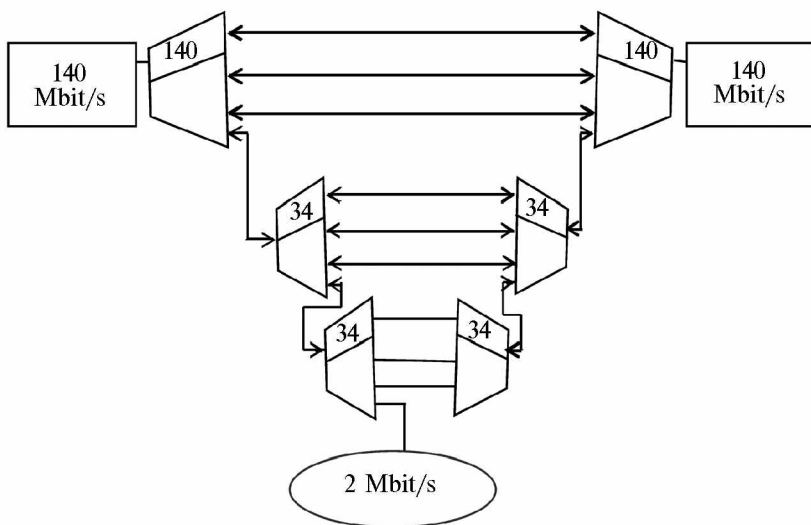
- PDH tizimlarida yuqori tezlikli raqamli oqimdan past tezlikli raqamli oqimni to'g'ridan to'g'ri ajratib olish imkoni yo'q. Buning uchun liniya signalini bir necha bor o'zgartirish kerak. Bularni amalga oshirish uchun bir qancha multipleksorlar to'plami kerak bo'ladi. Bu esa, o'z navbatida, tizimni ekspluatatsiya qilishni, xizmat ko'rsatishini qiyinlashtiradi va uzatiladigan axborot sifatiga ta'sir ko'rsatadi. Masalan, 140 Mbit/s tezlikdagi raqamli oqimdan 2 Mbit/s tezlikdagi raqamli oqimni ajratish jarayonini ko'rib chiqaylik. Buning uchun 140 Mbit/s tezlikli raqamli oqim MUX-140 multipleksori orqali, 34 Mbit/s tezlikli raqamli oqimlarga ajratiladi. So'ngra bu signal MUX-34 orqali 8 Mbit/s tezlikli raqamli oqimlarga ajratiladi. Nihoyat, MUX-8 orqali 2 Mbit/s tezlikli raqamli oqimga ajratib olish mumkin. Agar 2 Mbit/s tezlikli raqamli oqimni yuqori tezlikdagi raqamli oqimga birlashtirmoqchi bo'lsak, yana bir necha marta xuddi shu jarayonning teskarisini amalga oshirish lozim. Bu esa, o'z navbatida, uskunaviy qiyinchiliklarni, sinxronizatsiya muammolarini yuzaga keltiradi va xatoliklarning kelib chiqishiga sabab bo'ladi;

- raqamli kommutatsiya uchun kerakli bo'lgan sinxronizatsiya birinchi sathdagi signallardagina bajariladi, yuqori sathdagi raqamli signallar sinxron emas;

- PDH tizimlari turli tipdagi kabellar, asosan, mis o'tkazgichli kabellarni qo'llash uchun mo'ljallangan. Liniya traktidagi uzatish tezligi va kodlar kabelning ishlash shartini belgilaydi. Bu parametrlar standartlashmagan va turli ishlab chiqaruvchilarda turlichadir;

- tizimda ko'pgina o'zgartirishlar (bloklarni o'zgartirishlar yoki yoqib ulashlar) qo'l yordamida amalga oshiriladi;

- boshqaruv va nazorat qilish qiyin, buning uchun qo'shimcha boshqaruv tarmog'i va tizimni tashkil qilish kerak;



5.5-rasm. PDH asosidagi sxemada 140 Mbit/s tezlikli raqamli oqimdan 2 Mbit/s tezlikli raqamli oqimni ajratish usuli.

- PDH ning yana bir asosiy kamchiligi, tarmoqni avtomatik nazorat qilish va boshqaruvning deyarli yo'qligi. Bularsiz yuqori sifatli xizmat ko'rsatuvchi ishonchli tarmoqni tashkil qilish mumkin emas. PDH da uncha katta bo'lmagan hajmda bunday vositalar mavjud, lekin ular standartlashmagan. Shu sababli har xil ishlab chiqaruvchilar tomonidan yaratilgan nazorat va boshqaruv tizimlari bir-biri bilan chiqisha olmaydi.

5.2.2. PDH da sinxronizatsiya va boshqarish muammolari

Kanallarni vaqtli ajratish va IKMli multipleksorlashga asoslangan, analogdan raqamliga o'tish bilan bog'liq bo'lgan telekommunikatsiyaning yangi texnologiyalari so'nggi yillarda zudlik bilan rivojlana bormoqda. Raqamli usullarni qo'llaganda multipleksor kirishdagi ketma-ketliklarni «taym-slot» (slot — vaqtli oraliq sikl) shakllangan bir xil nomlanuvchi « n » bloklar bo'yicha (bit, bayt, bir necha baytlar) takrorlanuvchi guruhlardan tashkil topgan bitta chiqishda shakllantiradi, ya'ni multipleksorlarning asosiy vazifasi (multipleksorlash aloqachilar tilida zichlashtirish degan ma'noni anglatadi) kirishdagi hajmi bo'yicha kichik bo'lgan bir necha aloqa kanallarini chiqishdagi bitta aloqa

kanaliga uzatish uchun katta hajmli bitta kanalga birlashtirishdan iborat. Agar kirishdagi signal sifatida uzatish tezligi 64 kbit/s ga teng bo'lgan DSO asosiy raqamli kanallar (ARK)dan foydalanilsa, unda bitta multipleksor yordamida amalda $n \times 64$ kbit/s li tezlikka ega bo'lgan oqimlarni shakllantirish mumkin. Shunday bir nechta multipleksorlarni qo'llash orqali talab qilingan sathgacha, talab qilingan kanallar sonini beruvchi raqamli iyerarxiyani tashkil qilsa bo'ladi. Bunday uchta iyerarxiya 80-yillarda ishlab chiqilgan edi. AQSH va Kanadada qabul qilingan bitta iyerarxiyada asosiy raqamli kanal signalining uzatish tezligi sifatida 1544 kbit/s ($n=24$ ta, tezligi 64 kbit/s)li telefon kanallari qo'llaniladi. Yaponiyada qabul qilingan iyerarxiyada asosiy raqamli kanalning tezligi uchun xuddi shu tezlikdan foydalaniladi. Yevropa va Janubiy Amerikada qabul qilingan uchinchi iyerarxiyada, asosiy raqamli kanal signalining uzatish tezligi 2048 kbit/s deb qabul qilingan (TCH kanallar soni $n=32$ teng, umuman olganda $n=30$), ya'ni bunda axborotli kanallar sifatida tezligi 64 kbit/s bo'lgan 30 ta TCH kanal va 64 kbit/s li 2 ta signalizatsiya kanali boshqarish uchun qo'llaniladi.

Uchta iyerarxiyaning bir vaqtda parallel rivojlanishi dunyoda global telekommunikatsiyaning rivojlanishini amalga oshira olmadi.

Bundan tashqari, raqamli oqimlarning tezligini tenglashtirish uchun qo'shimcha bitlardan foydalanishga to'g'ri keldi. Yana bir murakkab tomoni, tarmoqda oqimlarni nazorat qilish va boshqarish maqsadida xizmat kanallarini tashkil qilish imkoniyatining sustligi va tarmoqda berilganlarni uzatish uchun juda muhim bo'lgan pastki multipleksorlangan oqimlar marshrutizator vositalarining to'liq yo'qligidan iborat. Chunki standartda sarlavha uchun lozim bo'lgan me'yordagi marshrutlashtirish qarab chiqilmagan. Bunday maxsus marshrutizator vositalarining yo'qligi natijasida, PDH freym va multifreymlarining shakllanish jarayonida xatoliklarning yuzaga kelishi oshadi va axborotlarning yo'qolishiga olib keladi. Natijada uzatish tizimlari orasidagi sinxronizatsiya buzilishi mumkin va axborotlarni uzatish imkoniyati bo'lmaydi.

PDH tizimlari o'zlarining qator kamchiliklari bilan hozirgi zamon talabiga javob bera oladigan tarmoqlar yaratishga imkon bermaydi. Shu sababli sinxron raqamli iyerarxiyaga o'tish ushbu muammolarni yechishda katta ahamiyat kasb etadi.

5.3. Raqamli oqimlarni sinxron raqamli iyerarxiyada birlashtirish

Sinxron raqamli iyerarxiya (SRI) (yoki Synchronous Digital Hierarchy – SDH)ning yaratilishi raqamli uzatish tizimining rivojlanishida sifat jihatdan yangi bosqich hisoblanadi. SRI texnologiyasi ma'lum hajmdagi axborotni eltib berish maqsadida standartlashtirilgan raqamli tuzilmalar to'plami sifatida aniqlanadi hamda tekshirish va boshqarishni o'z ichiga olgan holda axborotni kompleks ravishda ko'chirish jarayoni sifatida amalga oshiriladi. SRIning uzatish tizimlari turli standartlar va darajalardagi PRIning raqamli oqimlari (signallari)ni, shuningdek, yangi elektr aloqa xizmatlarini joriy qilish bilan bog'liq bo'lgan keng polosali signallarni eltib berishga mo'ljallangan.

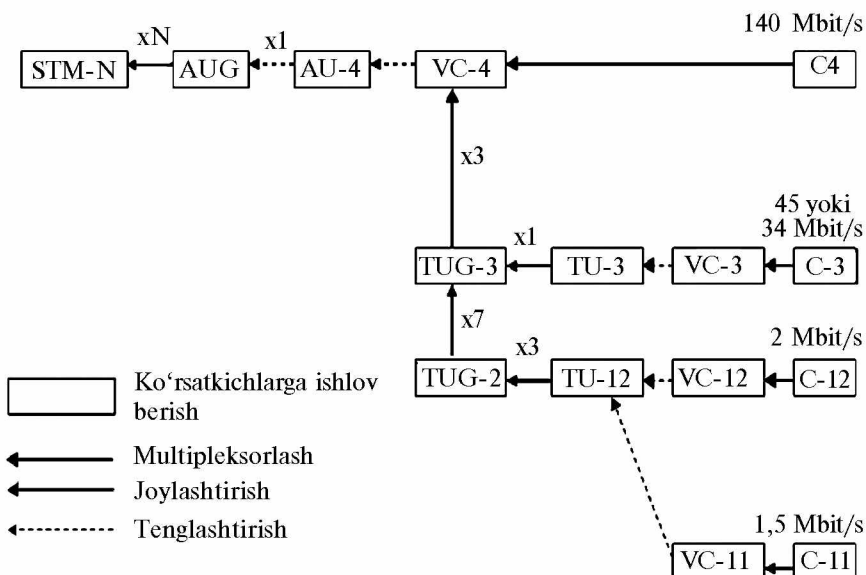
PRIdagiga o'xshab, SRIning har bir darajasida guruhliy signalni uzatish tezligi va sikllarning tuzilishi standartlangan. T-XEI quyidagi darajalar: uzatish tezligi 155,52 Mbit/s ga teng birinchi daraja; uzatish tezligi 622,08 Mbit/s ga teng to'rtinchi daraja; uzatish tezligi 2488,32 Mbit/s ga teng o'n oltinchi daraja bo'yicha tavsiyalar qabul qilgan. Tegishli darajalarning tezligi birinchi darajaning tezligini unga tegishli nomdagi daraja soniga ko'paytirib topiladi.

SRIda signalning asosiy formati sifatida 155,52 Mbit/s uzatish tezligiga ega sinxron transport moduli (STM) (yoki Synchronous Transport Modul – STM) qabul qilingan bo'lib, unda PRIning Yevropa va Shimoliy Amerika standartlarining raqamli oqimlari mavjuddir. Sinxron transport moduli takrorlanish davri 125 mks ga teng blokli siklik tuzilmani ifodalaydi. STM-1 asosiy moduli, STM-4, STM-16, STM-64 va STM-256 yuqori darajalarning moduli asosiy axborot yuklanishidan tashqari, nazorat qilish, boshqarish va xizmat ko'rsatish vazifalarini hamda qator yordamchi vazifalarni ta'minlovchi ortiqcha signallarning talaygina hajmini va qo'shimcha funksiyalar qatorini ham eltadi.

Yevropa va Shimoliy Amerika standartli PRIning $STM=N$ oqimlari uchun vaqt davomida guruhning hosil bo'lishi yoki multipleksorlashning tuzilish sxemasi 5.6-rasmda keltirilgan.

Guruhning hosil bo'lish prinsipi izohlangan jarayonda qabul qilingan belgilashlarga tushuntirish beramiz.

Boshlang'ich axborot yuklama PRIning tegishli darajalari bilan SDHni multipleksorlovchi tuzilmaning asosiy elementlarini ifodalovchi tegishli darajali C konteyner (Container) bo'lib



5.6-rasm. Sinxron raqamli iyerarxiyadagi o'zgartirish sxemasi.

birlashadi. N-darajali sinxron transport modulining shakllanishini tushuntiruvchi misolni ko'rib chiqaylik.

Sikl davomiyligi $T_s=125$ mks ga teng 2176 baytga mos keluvchi 140 Mbit/s uzatish tezligiga ega Y4 Yevropa standartining to'rtlamchi raqamli oqimiga tenglashtiruvchi baytni qo'shish bilan u C-4 darajali konteynerga o'zgaradi; $T_s=125$ mks davomiylikli 537 bayt sonli Y3 ning uchlamchi raqamli oqimiga tenglashtiruvchi baytni qo'shish bilan u C-3 darajali konteynerga o'zgaradi. 45 Mbit/s uzatish tezligiga ega DS3 darajali PRI Shimoliy Amerika standartining raqamli oqimi ham yuqoridagi singari C-3 darajali konteynerga o'zgaradi. Y1 ning birlamchi raqamli oqimiga tenglashtiruvchi bitni qo'shish bilan u C-12 tipdagi konteynerga, Shimoliy Amerika DS1 esa C-11 konteynerga o'zgaradi.

So'ngra C-4, C-3, C-12 yoki C-11 konteynerlar joylashtirish tadbiri vositasida 125 yoki 250 mks davrga ega tegishli darajali VC virtual konteynerlar (Virtual Container – VC)ga o'zgaradi. VC virtual konteyner C konteyner tuzilmaga trakt sifatini nazorat qilishni, avariya va foydalanishga oid axborotni uzatishni ta'minlovchi POH (Path Over Head) trakt boshlanishining baytni qo'shish bilan C konteynerdan hosil qilinadi. Joylashtirish tadbiri shartli suratda C konteyner tarkibidagi axborotning trakt

boshlanishining biti bilan almashinib, virtual konteynerning ma'lum vaziyatlariga joylashishidan iboratdir.

SRIning Yevropa standarti uchun virtual konteynerlarning quyidagi turlari o'rinlidir:

- VC-12; tarkibida C-12 konteyner va POH-trakt boshlanishi bo'lgan VC-12 ga PTR ko'rsatkichi (PoinTeR – ko'rsatkichi)ning baytini qo'shib tenglashtirish orqali u TU-12 (Tributary Unit – TU) darajali komponent blokka o'zgaradi;

- VC-3; tarkibida C-3 konteyner, POH-trakt boshlanishi bo'lgan VC-3-yuqori darajali virtual konteynerga PTR ko'rsatkichining baytini qo'shib tenglashtirish orqali u TU-3 darajali komponent blokka o'zgaradi;

- VC-4; tarkibida C-4 konteyner, trakt boshlanishi bo'lgan VC-4-yuqori darajali virtual konteynerga PTR baytini qo'shib tenglashtirish orqali u AU-4 darajali administrativ blok (Administrative Unit – AU)ka o'zgaradi.

3, 7 va 1 ga teng multipleksorlash koeffitsiyentlari bilan tegishli ravishda multipleksorlash orqali ikkinchi TUG-2 va TUG-3 uchinchi (yuqori) darajali TUG komponent bloklar guruhi (Tributary Unit Group) shakllanadi.

VC-4 virtual konteyner AU-4 administrativ blokka o'zgaradi, AU-4 esa multipleksorlash yordamida AUG administrativ bloklar guruhiga o'zgaradi.

N-darajali STM-N ning sinxron transport modulini shakllantirishni administrativ bloklar guruhini STM ning N-darajasiga teng multipleksorlash koeffitsiyenti bilan multipleksorlash orqali va uning tuzilishiga RSOH regeneratsiya seksiyasi boshlanishi (Regeneration Section Over Head) va MSOH multipleks seksiyasi boshlanishini (Multiplex Section Over Head) qo'shib amalga oshiriladi.

5.3.1. Sinxron raqamli iyerarxiyaning afzalliklari

ONET/SDH sinxron raqamli texnologiyalar paydo bo'lgunga qadar yaratilgan va qayta ishlangan raqamli texnologiyalar asinxron edi. Chunki ularda markaziy tayanch manbadan tashqi sinxronizatsiyalanish qo'llanilmagan. Ularda bitlarning yo'qolishi nafaqat axborotlarning yo'qolishiga, balki sinxronizasiyaning buzilishiga ham olib kelardi. Natijada tarmoq yakunida, yo'qolgan fragmentlarni qayta uzatish bilan sinxronizatsiyani qayta tiklashdan

ko'ra, lokal tarmoqlardagi kabi noto'g'ri qabul qilingan freymnlarni tashlab yuborish oson edi. Bu shuni ko'rsatadiki, uzatilgan axborot orqaga qaytmasdan yo'qolib ketadi.

Amalda mahalliy taymerlar, aniq uzatish tezligidan sezilarli darajadagi og'ishni berishi mumkin. Masalan, DS3 (44,736 Mbit/s) signallari uchun turli manbalardagi bunday og'ish 1789 bit/s ga yetishi mumkin.

Sinxron tarmoqlarda barcha mahalliy taymerlarning o'rtacha chastotasi, aniqligi 10^{-9} dan yomon bo'lmagan markaziy taymerlar (manbalar)ni qo'llash hisobiga yoki bir xil (sinxron) yoki sinxronga yaqin (plezioxron) (bu DS3 uchun 0,045 bit/s atrofida tezlikni og'ish imkonini beradi). Bunday holatda freym va multifreymnlarni tenglashtirish zarurati unchalik qattiq emas, tenglashtirish diapazoni esa yetarli darajada tor. Shuningdek, aniq fragmentni ajratish bilan bog'liq holat (masalan, DS yoki Y1), agar uning freymi tuzilishida shu fragmentning boshlanishida ko'rsatkich kiritilsa soddalashadi. Ko'rsatkichlarni qo'llash, tashuvchi konteynerning ichki tuzilishini mustahkamlash imkonini beradi. Ko'rsatkichlar (freym yoki multifreym sarlavhalari)ning buferda saqlanishi va xatoliklari korrektsiyalangan kodlar bilan qo'shimcha himoyalanganligi, tarmoq bo'ylab uzatiladigan foydali yuklama (freym, multifreym yoki konteyner)larning favqulodda ichki tuzilishi lokallashtirilgan mustahkam tizimni olish imkonini beradi.

Yuqorida bayon etilganlar shuni ko'rsatadiki, sinxron tarmoqlar qo'llaniladigan asinxron tarmoqlarga nisbatan bir qator afzalliklarga ega ekan. Ularning asosiylari quyidagilar:

- **tarmoqning soddaligi.** Sinxron tarmoqlarda bir kirish/chiqishli multipleksor (pastki bandlarda qarab chiqiladi) oqimlarni bevosita chiqarishi (kiritishi) mumkin (masalan, STM-1 (155 Mbit/s) (freymidan Y1 (2 Mbit/s signalni))). Natijada bitta kirish/chiqishli multipleksor bir necha PDH multipleksorlarining o'rnini bosa oladi, bu nafaqat qurilmalarning iqtisodiy (uning nomenklaturadagi narxi bo'yicha) tejamkorligi, balki ularni talab qilingan joyda o'rnatish, ta'minot va xizmati bilan ham bog'liqdir;

- **tarmoqning ishonchliligi va o'zini qayta tiklashi.** Birinchidan, tarmoqda optik tolali kabellar qo'llaniladi, amalda axborotlarni uzatishda elektromagnit ta'sirlar mavjud emas; ikkinchidan, tarmoq arxitekturasida va uni moslashgan holda boshqarish himoyalangan ish rejimini qo'llash imkonini beradi. Bunda signallarning tarqalishi ikki alternativ yo'l bilan amalga oshadi:

signal uzatiladigan birorta yo'l lat yeganda bir zumda zaxiraga ulanish, lat yegan tarmoq tugunini aylanib o'tish. Bu tarmoqning o'z-o'zini qayta tiklash imkonini beradi;

- **moslashuvchan tarmoq boshqaruvi**, bu yetarli darajadagi juda ko'p keng polosali boshqaruv kanallarining mavjudligi, tarmoq sathi va element menejmenti bilan bog'liq bo'lgan kompyuterli iyerarxik boshqaruv tizimi, shuningdek, kanallarning dinamik rekonfiguratsiyasini va tarmoqni funksionallashtirish haqidagi ma'lumotlarni to'plash bilan birgalikda bitta markazdan avtomatik holda masofadan boshqarish imkoni bilan bog'liq;

- **talab bo'yicha o'tkazuvchanlik polosasini ajratish**. Oldin, amalga oshirilishi mumkin bo'lgan xizmatlar, oldindan rejalashtirilgan ishonchnoma (masalan, bir necha kun oldin) bo'yicha (masalan, videokonferensiyani o'tkazishda talab qilinadigan kanalni chiqarish) amalga oshar edi, hozir esa boshqa (keng polosali) kanala ulanish orqali sanoqli daqiqalarda amalga oshadi;

- har qanday trafikni uzatishda shaffoflik, boshqa texnologiyalarda shakllangan, zamonaviy Frame Relay, ISDN va ATM texnologiyalarini birlashtirgan holda trafiklarni uzatish uchun virtual konteynerlarni qo'llash bilan bog'liq;

- **qo'llashning universalligi**. Texnologiyani, nuqtadan nuqtagacha minglagan kanallarni 40 Gbit/s tezlikda uzatishni ta'minlovchi, global tarmoqlarni yoki global magistrallarni yaratishda qo'llash mumkinligi kabi o'nlagan lokal tarmoqlarni birlashtiruvchi halqali korporativ tarmoqlar uchun ham qo'llash mumkin;

- **quvvatni oshirishning soddaligi**, apparaturani o'rnatish uchun universal ustunning mavjudligi, bir guruh funksional bloklarni olib, o'rniga (yuqori tezlikka mo'ljallangan) yangi bloklar guruhini qo'yish, iyerarxiyaning keyingi ancha yuqori tezliklariga o'tish imkonini beradi.

Boshqa zamonaviy texnologiyalarni o'ziga birlashtirgan holda, har qanday trafikni (yuklamani) uzatish imkoni, masalan, Frame Relay — hozirgi zamonaviy tizimlardan biri (32 baytli ATM paketi) yoki qatorlar orasida bir qonun bo'lishi lozim. Axborotli yuklamalarga sarlavha maydonini ishlash orqali sinxron transport moduli (STM-1)ning o'lchovi aniqlanadi: $9 \times 261 + 9 \times 9 = 9 \times 270 = 2430$ bayt yoki $2430 \times 8 = 19440$ bit, 800 Hz takrorlanish chastotasida SDH iyerarxiyasidagi tezlikni aniqlash imkonini beradi: $19440 \times 8000 = 155,52$ Mbit/s

5.3.2. Sinxron raqamli iyerarxiya (SDH)ning tuzilish xususiyatlari

SDH tarmoqning barcha uchastkalarini o'z ichiga oladigan, axborot uzatish kabi nazorat va boshqarish funksiyalarini bajaradigan ko'p kanalli umumiy tizimni hosil qiladi. SDH ni qo'llash orqali apparatura narxini, foydalanish xarajatlarini, sozlash va payvand qilish muddatini, qo'llanadigan apparaturalar sonini, hajmini kichraytirish mumkin. Bir vaqtning o'zida aloqa sifati sezilarli darajada oshadi.

U quyidagi xususiyatlarga ega:

1-xususiyati, SDH tizimlarining uzatish tezligi, Yevropa va Amerika PDH iyerarxiyasining birlashtirilgan standart qatoriga mos keluvchi 1,5; 2; 6; 8; 34; 45; 140 Mbit/s li tarmoqda kirish kanallarini qo'llashga mo'ljallangan terminal multipleksorlar (TM) va kirish-chiqishli multipleksorlar (KCHM) orqali tashkil qilinadi. Uzatish tezligi belgilangan qatorga mos keluvchi, imkoniyatli kanallarning raqamli signaliga — *PDH triblari* (trib — aloqachilar terminologiyasida komponent signallar), uzatish tezligi SDH tezligiga mos keluvchi standart qator signallariga — *SDH triblari* deyiladi.

2-xususiyati, SDH triblari o'lchami PDH iyerarxiyasining triblari sathi bilan aniqlanadigan, belgilangan standart konteynerlarda joylashgan bo'lishi zarur. Bunday konteynerlar *virtual konteynerlar* deyiladi. Virtual konteynerlar guruhda ikkita har xil usulda birlashishi mumkin. Past sathdagi konteynerlarni yuqori sathli konteynerlarning zarur yuklamasi sifatida qo'llash va multipleksorlash imkoni bor. Bu, o'z navbatida, eng yuqori sathdagi (eng katta o'lchamdagi) STM-1 freym konteynerining zarur yuklamasi bo'lib xizmat qiladi.

3-xususiyati, bunda virtual konteyner holatini qayta ishlashni sinxronlashtirish dalillari orasidagi qarama-qarshilik va maydon ichidagi kerakli yuklamaga ega bo'lgan konteyner holatining mumkin bo'lgan o'zgarishini ko'rsatkichlar yordamida aniqlash mumkin, hattoki, o'lchamlari har xil bo'lgan konteynerlar va yuqori sathli konteynerlarning hajmi ancha yuqori bo'lganda ham, u baribir yetarli darajada bo'lmasligi yoki yuklama ostida o'lchami kichik bo'lgan bir nechtasini ajratish mumkin. Buning uchun SDH texnologiyasida konteynerlarning tortishish imkoniyati qarab chiqilgan. Hosil bo'lgan konteynerlar asosiysidan mos keluvchi

indeksi bilan farqlanadi (yuklamaning aralashishi nuqtayi nazaridan), xuddi bitta katta konteyner singari ko'rsatilgan imkoniyat bir tomondan nomlanishga ega bo'lgan konteynerlarni qo'llashni optimallashtiradi, boshqa tomondan uni aniq bo'lmagan qayta ishlash lahzasida yangi turdagi yuklamani texnologiya bilan oson moslashtirish imkonini beradi.

4-xususiyati, bitta sathdagi bir necha konteynerlar, shu joyning o'zida ulanishi mumkin va nostandart zarur yuklamani joylashtirish uchun qo'llanadigan bitta uzluksiz konteyner sifatida qaraladi.

5-xususiyati, bunda $9 \cdot 9 = 81$ bayt o'lchamli alohida sarlavha maydonining shakllanishi (lokal tarmoqlarda paketlarni qayta ishlash me'yori). U zarur bo'lgan boshqarish va nazorat axborotini joylashtirish va zarur bo'lgan ichki ma'lumotlarni uzatish kanallarini tashkil qilishda baytning bir qismini olib borish uchun yetarli darajada katta. Freym tuzilishida uzatiladigan har bir bayt tezligi 64 kbit/s ga teng bo'lgan oqimga ekvivalent ekanligini hisobga olgan holda berilgan sarlavhani uzatish 5184 Mbit/s ekvivalent xizmat axborotlari oqimini hosil qilishga mos keladi.

SDH ni hosil qilishdan maqsad: kirish oqimlarini yig'masdan va ajratmasdan kiritish va chiqarish (masalan, Y1 oqimlarni kiritamiz, bunday oqimlar 63 ta, shundan bittasini osongina ajratib olish mumkin. Bundan tashqari, oqimlar turli sinxronizatsiyalash chastotasiga ega).

1. Har qanday murakkab topologiyali boshqaruv tarmoqlarining marshrutlarini amalga oshirish uchun freymnlarning yangi tuzilishini qayta ishlash zarur (masalan, paketli aloqada aniq manzili va marshruti aniqlangan bo'lishi lozim).

2. Bir qator uzatish tezliklarini tizimlashtirish va PDH chegarasida davom ettirish (PDH da har birining standart tezligi 64 kbit/s ga teng bo'lgan, 3 ta: Amerika, Yaponiya, Yevropa iyerarxiyasi mavjud edi. Optik tolaga o'tgandan keyin barcha tizimlar birlashtirildi va barcha triblar STM-1 deb ataldi).

SDH tizimining 1-sathida : STM-1.

2-sathida: $STM-4 = STM-1 \cdot 4$.

3-sathida: $STM-16 = STM-4 \cdot 4$.

4-sathida: $STM-64 = STM-16 \cdot 4$.

SDH tizimlarini vujudga keltirish orqali barcha berilgan triblarni (komponent signallarni) har qanday SDH tizimlariga o'tishda Amerika, Yaponiya, Yevropa standartlariga birlashtirishni (Y1 ... YN) qarab chiqadi.

3. Virtual konteynerlar asosida «bir-birini ichiga joylashtirish» texnologiyasini qoʻllash.

4. SDH tizimlarini qayta ishlashdan oldin optik muhitda uzatishni qoʻllash belgilangan va SDH uchun birlamchi standart tezlik 155 Mbit/s ga teng (barcha zarur narsalar konteynerda joylashadi).

5.3.3. Sinxron raqamli iyerarxiyaning raqamli uzatish tizimlari

Sinxron raqamli iyerarxiya (SRI) (SDH)da liniyalı signallari besh bosqichga ega sinxron raqamli multipleksorlarda (STM – Synchronous Digital Multiplexer) shakllanadi. Maʼlumotni raqamli trakt orqali yuboruvchi bunday bloklar *sinxron transport modullari* STM (Synchronous Transport Module – STM) deyiladi. Multipleksorlar yordamida shakllanadigan transport modullari besh bosqichga boʻlinadi:

Birinchi bosqich – STM-1 (sinxron raqamli optik liniya traktida uzatish tezligi 155 Mbit/s). Bunday tezlik 2 Mbit/s tezlikdagi 63 ta raqamli signallar oqimini uzatishni taʼminlaydi. Tovush chastotali kanallarning soni esa $63 \times 30 = 1890$ ta tovush chastotali kanallarga teng boʻladi (ikki megabitli oqimning ikkita xizmat kanallari hisobga olinmaydi).

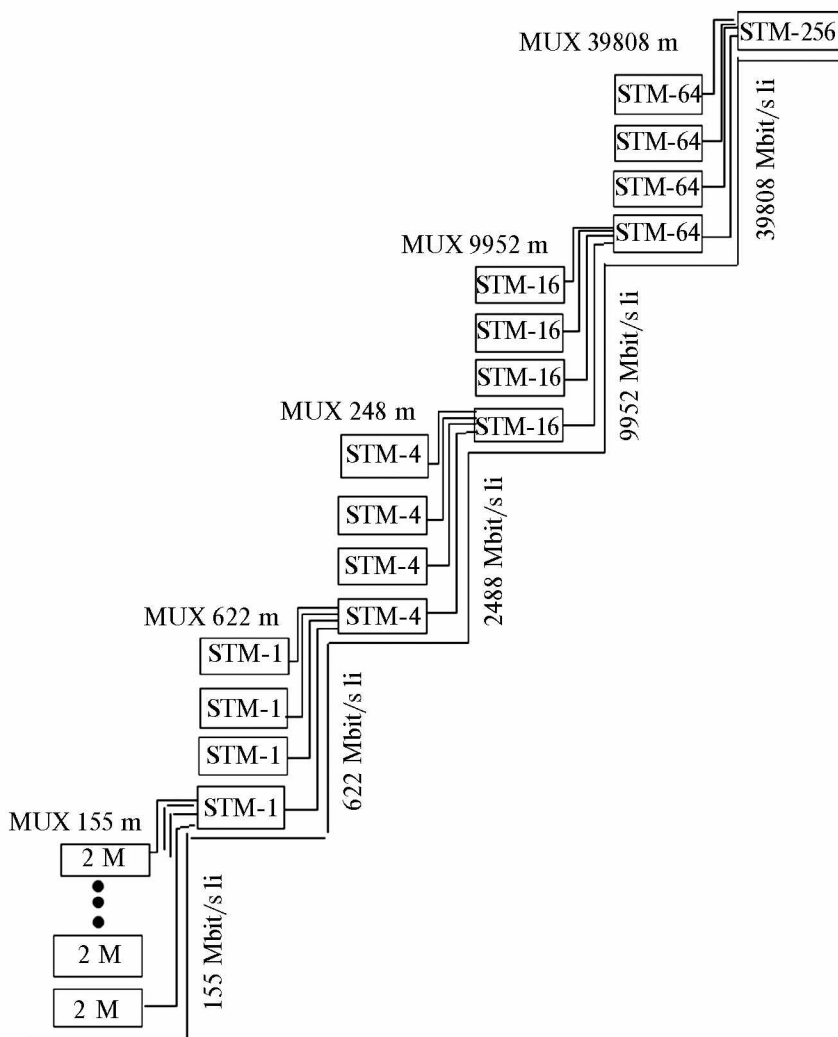
Ikkinchi bosqich – STM-4 (sinxron raqamli optik liniya traktida uzatish tezligi 622 Mbit/s). Bunday tezlik 4 ta STM-1 transport modullarini 155 Mbit/s tezlikda uzatishni taʼminlaydi. Tovush chastotali kanallar soni quyidagicha aniqlanadi: $1890 \times 4 = 7560$ tovush chastotali kanal.

Uchinchi bosqich – STM-16 (sinxron raqamli optik liniya traktida uzatish tezligi 2488 Mbit/s). Bu 4 ta 622 Mbit/s tezlikdagi STM-4 transport modullarining birlashmasidir. Tovush chastotali kanallar soni quyidagicha aniqlanadi: $1890 \times 16 = 30240$ tovush chastotali kanal.

Toʻrtinchi bosqich – STM-64 (sinxron raqamli optik liniya traktidagi uzatish tezligi 9952 Mbit/s). 4 ta STM-16 transport modullarining birlashmasi. Tovush chastotali kanallar soni quyidagicha aniqlanadi: $1890 \times 64 = 120960$ tovush chastotali kanal.

Beshinchi bosqich – STM-256 (sinxron raqamli optik liniya traktida uzatish tezligi 39808 Mbit/s). 4 ta STM-64 transport modullarining birlashmasi. Tovush chastotali kanallar soni quyidagicha aniqlanadi: $1890 \times 256 = 483840$ tovush chastotali kanal.

5.7-rasmda sinxron raqamli signallar oqimining tarkibiy tuzilishi ko'rsatilgan.



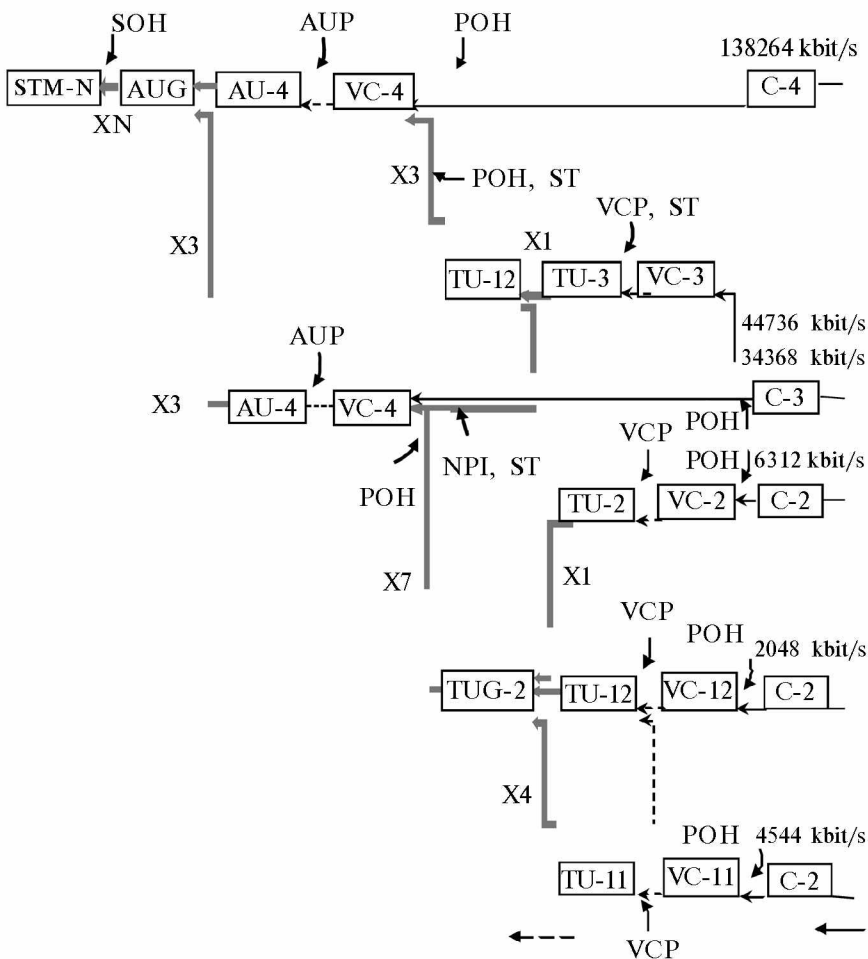
5.7-rasm. Sinxron raqamli oqimning tarkibiy tuzilishi.

5.3.4 SDH da umumiy multipleksorlash sxemasi. STM-N ning shakllanishi

STM-N sathini shakllantirishda SDH ning eng asosiy qonunlarini bajarish, ya'ni sinxron raqamli tarmoqning har qanday punktida RDH, SDH triblarini, STM-N sathidan oson

va oddiy holatdan kiritish va chiqarish imkoniyatiga ega bo'lishi lozim. Bunday kirish/chiqishli rejimlarga ega bo'lgan sinxron raqamli multipleksor RDH multipleksorlarining butun zanjiri bilan almashishi kerak. Quyidagi 5.8-rasmda turli RDH triblaridan tashkil topgan STM-N ning umumiy shakllanish sxemasi ko'rsatilgan.

Boshlang'ich axborotli yuklamalar ma'lum bir o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ega bo'lgan sinxron raqamli iyerarxiyaning biror sathidagi signallarni uzatish uchun yetarli bo'lgan bloklar ko'rinishida konteynerlarda (C – containers) joylashadi.



5.8-rasm. Trib signallaridan N-sathdagi sinxron transport modulining shakllanishi.

Konteyner joylashtirish operatsiyasi (SDH mapping) orqali davomiyligi 125 mks yoki 500 mks ga teng blokli siklik tuzilishiga ega bo'lgan virtual konteyner (Virtual Container — VC)ga (trakt turiga bog'liq holda) o'zgaradi. VC da boshlang'ich axborotlardan tashqari yana traktning sifatini nazorat qiluvchi va avariya hamda foydalanishni ta'minlovchi trakt sarlavhasi (POH — Path Over Head) ham shakllanadi. Shartli ravishda joylashish operatsiyasi shundan iboratki, C konteynerdagi axborot, VC ning ma'lum bir pozitsiyalarida joylashadi, joylashish sinxron (agar boshlang'ich axborotlar SRI tizimlarida sinxronizatsiyalangan bo'lsa) yoki asinxron holatda amalga oshishi mumkin. Agar asinxron joylashish bo'lsa, unda boshlang'ich oqimlarning uzatish tezliklarini raqamli tenglashtirish (moslashtirish) lozim. Bu esa boshlang'ich oqimlarning ma'lum bir bitlarida VC pozitsiyalarining birlashtirilishi mustahkam bo'lmaganligi tufayli suzuvchi rejimda ishlashga majburlaydi. Sinxron joylashtirish belgilangan rejimdagi kabi suzuvchi rejimda ham amalga oshishi mumkin.

Boshlang'ich axborotli yuklamalar ma'lum bir o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ega bo'lgan sinxron raqamli iyerarxiya (SRI)ning biror sathidagi signallarni uzatish uchun yetarli bo'lgan bloklar ko'rinishida konteynerlarda joylashadi.

Bu yerda: XN — vaqtli guruhlashtirish; sozlash; joylashtirish; ST — qo'shimcha simvol.

Demak, VC virtual konteyner SRI traktlarining qatlamlarida qo'llaniladigan, yuklama va trakt sarlavhalariga axborotli maydonlaridan iborat bo'lgan axborotli tuzilishga ega.

VC konteyner ikki turga bo'linadi:

- ancha past tartibli VC- n ($n=1, 2$) konteynerlardan va POH VC dan iborat;

- yuqori tartibli VC- n ($n=3, 4$) konteynerlari POH VC bilan birgalikdagi $s-n$ ($n=3, 4$)lardan yoki POH VC bilan birgalikdagi komponent guruh (TUG-2, TUG-3)lardan iborat.

Yuqori tartibli virtual konteynerlar (VC-3, VC-4) sozlash protsedurasi orqali, ma'muriy (AU — Administrative Unit) blok-larga, past tartibli esa (VC-11, VC-12 va VC-2) komponent blok-lariga (TU — Tributary Unit) o'zgaradi. AU bloki yuqori tartibli trakt qatlamlarini multipleksorlash seksiyasining tarmoq qatlamlari bilan moslashtiradi. VC siklining boshlanishi multipleksorlash seksiyasining sikliga nisbatan o'zgarishi mumkin va shuning uchun o'rni belgilangan AUR ko'rsatkichi bilan belgilanadi.

Shunday qilib, sozlash protsedurasi AU yuklamasi fazasini va tezligini o'zgarishini yaxshilaydi. Shartli ravishda sozlash protsedurasini quyidagicha belgilash mumkin: $AU = VC + AUR$.

Past tartibli virtual konteynerlar (VC-2, VC-12, VC-11), ayrim hollarda VC-3 ham xuddi yuqorida aytganimizdek, sozlash protsedurasi yordamida mos keluvchi komponent TU (subblok) bloklariga o'zgaradi. Shartli ravishda ushbu protsedurani quyidagicha belgilash mumkin: $TU = VC + TUR$. Subbloklar past tartibli traktlarning tarmoq qatlamlarini yuqori tartibli traktlarning tarmoq qatlamlari bilan sozlaydi. Yuqori tartibli VC yuklamasining ma'lum bir belgilangan pozitsiyalarini egallagan bir yoki bir necha TU lar *subbloklar guruhi* deb ataladi. Masalan, bunday guruhlariga TUG-2 va TUG-3 (Tributary Unit Group – TUG)lari kiradi. Birinchisi, bir xil TU-11, TU-12 yoki bitta TU-2 subbloklar guruhi majmuasidan, ikkinchisi TU-2 yoki bitta TUG-3 subbloklarning guruhi majmuasidan iborat. Guruhli subbloklar vaqtli guruhlashtirish protsedurasi natijasida hosil bo'ladi. Ma'muriy bloklar guruhi (Administrative Unit Group – AUG)ga esa AU bloklari birlashtiriladi.

AUG bloklari vaqtli guruhlashtirish protsedurasi orqali davomiyligi 125 mks bo'lgan blokli tuzilish (Synchronous Transport Module – STM)ga aylanadi. STM-1 ning asosiy moduli (birinchi sath moduli) 155520 kbit/s uzatish tezligiga ega, yuqori sath modullari esa bunday tezlikdan N marta katta (STM-N, bu yerda $N=4$, $N=16$, $N=64$, $N=256$).

STM-N ni olish protsedurasini shartli ravishda quyidagicha belgilash mumkin: $STM-N = AUG \times N + SOH$, bu yerda SOH – seksiya sarlavhasi.

SOH seksiya sarlavhasi, regeneratsiyalash seksiyasi sarlavhasi (RSOH)ga va multipleksorlash seksiya sarlavhasi (MSOH)ga bo'linadi. Bunda RSOH regeneratrlar orasida beriladi va siklli sinxronizatsiya, xatoliklar nazorati funksiyasini bajaradi, shuningdek, ma'lumotlarni uzatish, xizmat aloqasi va foydalanuvchilarning kanallarini tashkil qiladi. MSOH, STM filtrlanadigan va shakllanadigan uzatish muhitining qatlamlariga ulanuvchi nuqtalar orasida uzatiladi va xatoliklarni nazorat qilish funksiyasini bajaradi, shuningdek, zaxiraga avtomatik ulanishni, berilganlarni uzatishni, xizmat aloqasini boshqaruv kanallarini hosil qiladi.

Shunday qilib, AU-ma'muriy bloki ancha yuqori bo'lgan sathning trakt qatlamlari va SRI-seksiyasi orasida moslashtirishni ta'minlovchi, yuklama (ancha yuqori sathli VC) va ma'muriy

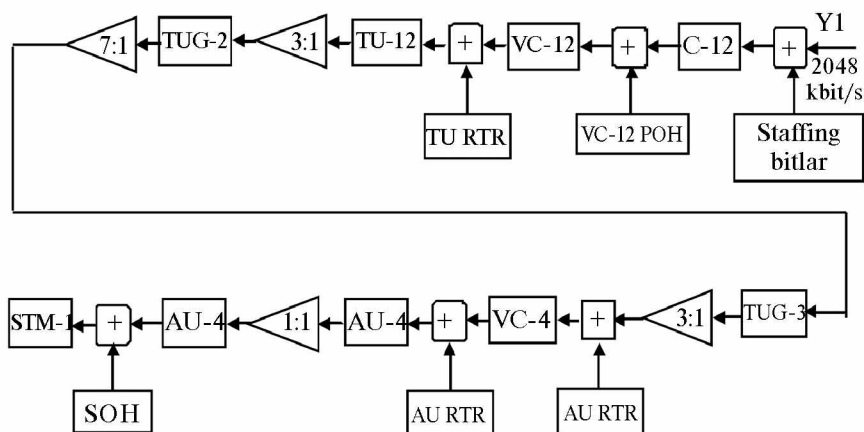
blok ko'rsatkichlari (AUR)dan iborat bo'lgan axborotli tuzilishga ega. Shunga mos holda AU-3 va AU-4 larning bayt bo'yicha ulanishi amalga oshadi.

TU-komponent bloki, ancha past va yuqori sathli trakt qatlamlari orasida o'zaro bog'lanishni ta'minlovchi axborotli tuzilishga ega. U axborotli yuklama (ancha past sathli VC) va komponent bloklar ko'rsatkichi (TUR)dan iborat. TUG komponent bloklar guruhi turli TU lardan tuzilgan bo'lishi mumkin, bu esa tarmoqning mustahkamligini oshiradi.

TUG-2, TU-2 dan yoki TU-1 guruhlaridan, TUG-3 esa TU-3 yoki TU-2 guruhlaridan shakllangan bo'lishi mumkin. Shuningdek, TUG yana bitta AU-4 yoki uchta AU-3 guruhidan tashkil topgan bo'lishi ham mumkin.

STM-1 (SOH) sarlavhasining tuzilishi. STM-N ning shakllanishi

Ovozli signallarni uzatishda keyinchalik STM-N ga o'tishni nazarda tutib Y1÷Y4 oqimlariga bog'liq holda o'zgartirish maqsadga muvofiqdir. Bunday yondashishni nazorat qilish, marshrutlashtirish, ajratish, STM-N oqimidan har bir Y1 oqimining xatoliklarini osongina topish imkonini beradi. Bunday uzatishda STM-1 oqimining tezligi 155 Mbit/s ni tashkil etadi. Bloklarning barchasidan, TUG-2, TUG-3, VC-4 va STM-N pozitsiyalarida signalni vaqt bo'yicha multipleksorlash amalga oshadi. Har bitta vaqt bo'yicha birlashtirishda (multipleksorlashda) sikl vaqti o'zgarishsiz qoladi (125 mks). Endi Y1 yuklama oqimidan STM-1 sathiga o'tishni qarab chiqamiz.



5.9-rasm. Y1 yuklama oqimidan STM-1 sinxron transport modulining shakllanishi.

Rasmdan ko‘rinib turibdiki, yuklamadan sinxron transport modulini shakllantirishda sarlavha yoki ko‘rsatkichni multipleksorlash, sxemaning boshqa elementlariga fizik yoki mantiqiy birlashish jarayonini bildiradi. Bunday sinxron transport moduli shakllanishida yuklamaga avval tenglashtiruvchi bitlar, boshqaruvchi va joylashtiruvchi bitlar qo‘shiladi. Shakllangan C-12 konteyneriga, VC-12 POH marshrut sarlavhasi qo‘shiladi, natijada virtual konteyner shakllanadi. Virtual konteyner, 1 bayt (PTR) ko‘rsatkichning qo‘shilishi natijasida TU yuklama blokiga aylanadi. Undan keyin, VC yuqori sathli virtual konteynerlar shakllangunga qadar zich holda har xil sathli yuklama bloklari (TUG) guruhlarida yuklama bloklarini multipleksorlash protsedurasi amalga oshadi. VC-4 POH marshrut sarlavhalarining qo‘shilishi natijasida ma‘muriy (AU) bloklar hosil bo‘ladi va ularga SOH seksiya sarlavhasi qo‘shiladi. SOH regeneratsiyalash seksiyasi (RSOH) sarlavhasi va multipleksorlash seksiyasi (MSOH) sarlavhasidan tashkil topgan.

Ko‘rinib turibdiki, raqamli oqimlarni yuklatish, tenglashtirish jarayonlari (bitli staffing)ni qo‘llash, ko‘rsatkichlarning faolligi, shuningdek, POH va SOH sarlavhalarini qo‘llash bilan bog‘liqdir.

SDH tizimlarida konteynerlar RDH oqimlarini yuklash uchun lozim bo‘lgan hajmdan bir necha marta katta. Raqamli oqimlarni yuklash (bitli staffing usuli)da uning tezliklarini tenglashtirish protsedurasi amalga oshadi. Buning uchun konteynerning bir qismi qo‘llaniladi.

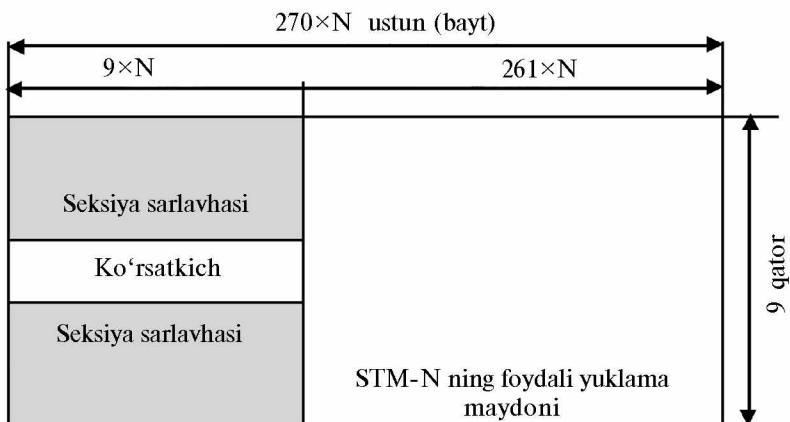
STM-N siklining shakllanishi

Multipleksorlashning barcha variantlari avvalo STM-1, keyin esa STM-N modulining shakllanishiga olib keladi. STM-N modulining logik tuzilishini qarab chiqamiz.

STM-N moduli freymining tuzilishi 5.10-rasmda ko‘rsatilgan.

Ko‘rish qulay bo‘lishi uchun freym ikki o‘lchamli $270 \times N$ bir baytli ustunlar va 9 qatorli formatlar ko‘rinishida tasvirlangan. Tuzilishning uzunligi $2430 \times N$ ($9 \times 270 = 2430$) bayt, takrorlanish chastotasi 800 Hz bo‘lgan kadrlar yoki bir o‘lchamli raqamli ketma-ketliklar ko‘rinishidan iborat.

Freym uchta maydonlar guruhidan tashkil topgan: $3 \times 9 \times N$ va $5 \times 9 \times N$ baytli formatning SOH seksiya sarlavhasi maydoni; $1 \times 9 \times N$ baytli formatning AU-4 ko‘rsatkichi maydoni va $9 \times 261 \times N$ baytli ($N=1, 4, 16, 64, 256$) formatining foydali yuklama maydoni.



5.10-rasm. STM-N freymi (sikli)ning tuzilishi.

STM-1 (SOH) sarlavhasining tuzilishi

Umumiy holatda transport tuzilishining sarlavhasi quyidagi funksiyalarni amalga oshiradi:

- transport tuzilishi kadri siklining shakllanishi;
- trakt (seksiya) holati (monitoringi) nazoratini amalga oshirish;
- xatoliklarni aniqlash va ularni manbadan lokallashtirishni amalga oshirish;
- trakt (seksiya) va boshqarishni funksiyalashtirishni ta'minlash.

STM transport modulining sarlavha tuzilishi, har doim foydalanuvchi axborotdan ajralgan holdadir. Shuning uchun har qanday vaqtda butun modulni buzmasdan alohida traktlarning sarlavhalariga bitli axborotlarni qo'shish va almashtirish hamda tahlil qilish mumkin. Sarlavhalarining ta'sir qilish sohasi texnik xizmat elementlariga mos keluvchi trakt va seksiyalar orqali aniqlanadi. Endi turli sarlavhalarining tuzilishini qarab chiqamiz.

STM-1 modulining SOH seksiya sarlavhasi, har biri 9 bayt bo'lgan 8 qatordan iborat. Birinchi uch qator RSOH regeneratsiyalash seksiya sarlavhasi, oxirgi besh qator esa MSOH multipleksorlash seksiya sarlavhasiga kiradi. To'rtinchi qatorda SOH ning seksiya sarlavhasiga kirmaydigan ko'rsatkich (PTR, AU) joylashgan.

RSOH baytlari regeneratsiyalash seksiyasini nazorat qilish va boshqarish uchun qo'llaniladi. Bunday baytlar har bir regeneratorda hosil qilinadi va lozim bo'lganda keyingi sxemaga uzatiladi.

RSOH	A1	A1	A1	A2	A2	A2	C1	M.T	M.T
	B1			E1			F1		
	D1			D2			D3		
Ko'rsatkich (PTR, AU)									
MSOH	B2	B2	B2	K1			K2		
	D4			D6			D6		
	D7			D8			D9		
	D10			D11			D12		
	S1	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2	M.T	M.T

MSOH baytlari multipleksordan multipleksorgacha qo'llaniladi va regeneratordlar uchun qo'llanilmaydi.

M.T deb belgilangan mustaqil baytlar kelgusida xalqaro tarmoqlardan foydalanish uchun zaxiralangan. Ular milliy tarmoqlarda qo'llaniladi. Shuni ham aytish joizki, SOH ning birinchi qatori skrembrlanmaydi. Shuning uchun birinchi qatorning M.T sida baytli axborotlarni joylashtirishda bir va nollli paketlardan ehtiyot bo'lish lozim. A1 va A2 ($A1=11110110$, $A2=00101000$) olti baytda siklli sinxrosignal joylashgan. STM-1 modulining barcha sinxrosignallari STM-N tarkibiga kiradi, STM-4 ga mos holda $6 \times 4 = 24$ bayt qo'llaniladi, STM-16 uchun esa 96 bayt va hokazo.

Ma'lumotlarni uzatish kanali (D1÷D12) 12 baytda joylashgan. Ular boshqaruvchi axborotlarni uzatishga mo'ljallangan va DCC deb nomlanadi. O'z navbatida, DCC ikkiga bo'linadi: umumiy uzatish tezligi 192 kbit/s bo'lgan DCCR va umumiy uzatish tezligi 576 kbit/s bo'lgan DCCM (D4÷D12). STM-N tarkibida faqatgina birinchi STM-1 ning DCC lari qo'llaniladi.

STM-1 ning har bir moduli, STM-N tarkibidagi uning pozitsiyasini aniqlash va tekshirish uchun qo'llaniladigan, mos keluvchi identifikatorlarga ega. Bunday identifikatorlar S1 baytlariga joylashtiriladi.

Y1, Y2 bitlari xizmat aloqasini tashkil qilish uchun (shu jumladan, ovozli) xizmat qiladi, ya'ni regeneratordlar (Y1) yoki multipleksorlar orasida (Y2) ovozni uzatishni ta'minlaydi. Bunday holat faqat STM-1 N1 uchun aniqlangan.

F1 bayti tarmoq operatorlari qo'llashi uchun zaxiralangan.

Bundan tashqari, maxsus foydalanishlar uchun ham qo'llash mumkin. Bu ham faqat STM-1 N1 uchungina aniqlangan.

V1 bayti regeneratsiyalash seksiyasidagi STM-N modulida xatoliklarni aniqlash uchun qo'llaniladi. V1 ning bir bayti har bir STM-1 modulining RSOH sarlavhasida qarab chiqiladi. STM-N li uzatishda faqatgina STM-1 N1 modulining V1 bayti qo'llaniladi. Xatoliklar esa BIP-8 usuli orqali aniqlikni nazorat qilishni qo'llash orqali topiladi.

STM-N signali nazorat qilinganda BIP-8 protsedurasi barcha skrembrlangan modul uchun qo'llaniladi. Natijada 8 bitli kodli so'z skrembrlashgacha keyingi STM-N modulining V1 baytida joylashadi. V1 har bir regenerator va multipleksorda hisoblanadi.

Multipleksorlash seksiyasidagi xatoliklarning nazorati uchun uchta V2 bayti qo'llaniladi. BIP-24 protsedurasini bajarganlik natijasi 24 bitli kodli so'z hisoblanadi va u STM-1 modulining uchta V2 baytida joylashtiriladi.

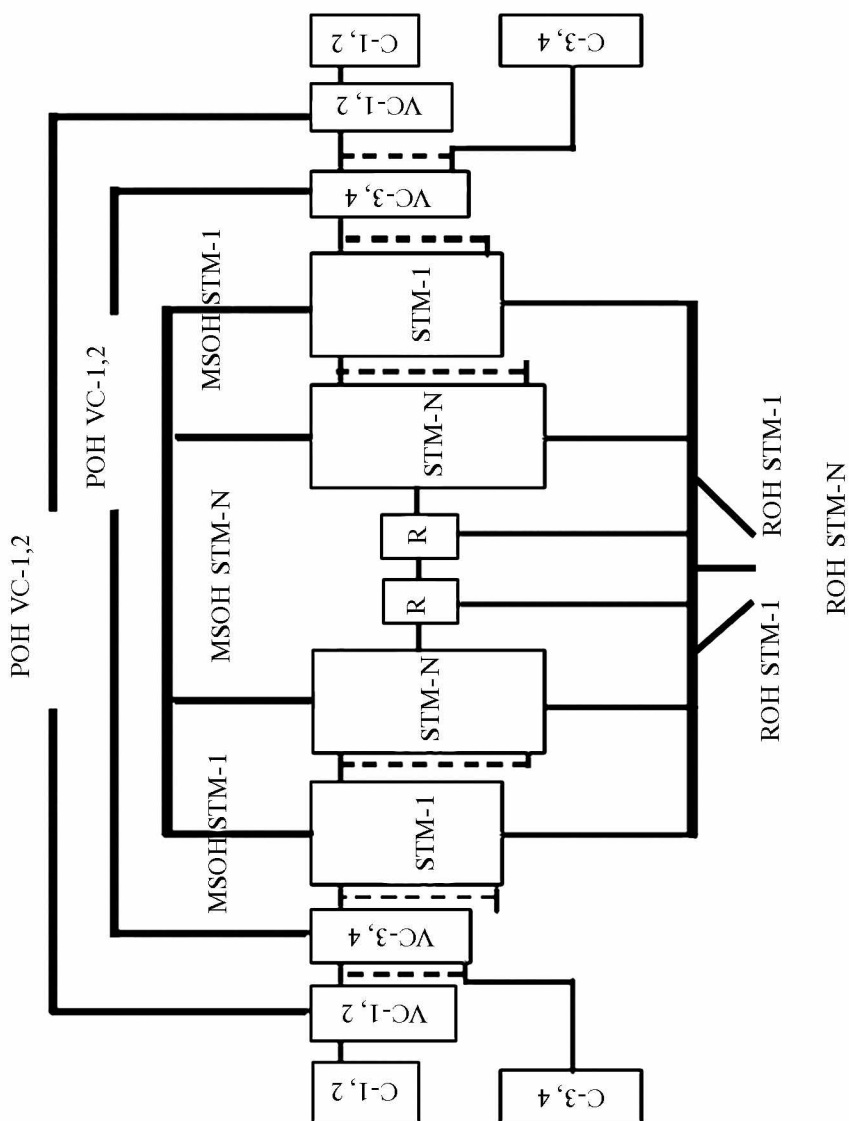
V2 ning barcha ($N \times 32 \times B2$) baytlari STM-N signallarini uzatishda qo'llaniladi.

STM-1 da BIP-24 protsedurasi, SOH ning birinchi uch qatorini hisobga olmaganda modulning skrembrlangan barcha tashkil topuvchilari uchun amalga oshadi, natijasi esa skrembrlanmaganda keyingi kadrning V2 baytiga joylashtiriladi. SOH (RSOH)ning birinchi uch qatori, RSOH regeneratorlarida o'zgarish ro'y beradigan bo'lsa, V2 ga ta'sir qilmasligi uchun V2 da yozilmaydi. K1 va K2 ikki bayti APS (Automatic Protection Switching)ni avtomatik himoyalash kommutatsiyasi haqidagi signalizatsiya uchun xizmat qiladi va u quyidagi (5.11-rasm) funksiyalarni bajaradi:

- K2 baytining 6, 7 va 8 bitlari, multipleksorlash seksiyasida avariya holati haqidagi indikatsiya (AIS) signalini berish uchun «1» da joylashtiriladi. Agar bu bitlar «1» deb aniqlansa, STM-N diskrembrlangandan keyin, AIS signali kabi qabul qilinadi;

- uzoqdagi seksiyaning oxirida xatoliklarni qabul qilish (FERF). Agar STM-N multipleksori signalni qabul qilmasa yoki AIS ni qabul qilsa, unda u teskari yo'nalishda FERF kodini uzata boshlaydi va u K2 baytining 6, 7 va 8 bitlarida «110» aralashmasi ko'rinishida joylashtiriladi. Bu qarama-qarshi tomon signalni qabul qilmayotganini yoki AIS signalni qabul qilganligini bildiradi;

- liniyani 1 : n ($n=1...14$) avtomatik himoyalovchi kommutatsiya. Bir necha kanallarni himoyalash uchun zaxira kanali qarab chiqilgan. Avariya holatida liniyaning ikki tomonidagi multipleksorlar



5.11-rasm. Sarlavhalarning ta'sir qilish sohasi va BIP kodi yordamida seksiya nazorati.

zaxira kanalga ulanishi lozim. Protsedurani moslashtirish uchun K1 bayti qo'llaniladi, shuningdek, bunday maqsadlarda standart protokol xizmat qiladi. K1 va K2 baytlari faqatgina STM-N tarkibidagi STM-1 N1 uchun aniqlangan.

S1 bayti STM-N dan kelayotgan sinxronizatsiya manbalarining

turi haqidagi axborotni tashiydi. Buning uchun 5, 6, 7, 8 bitlar qo'llaniladi. Bu STM-N tarkibidagi STM-1 N1 moduli uchungina aniqlangan.

M1 baytlari, BIP-24 (V2) kodlari yordamida aniqlangan, uzoqdagi bloklarning xatoliklari soniga ega. Ushbu qiymat STM-1 uchun 0 dan 24 gacha, STM-4 uchun esa 0 dan 96 gacha belgilangan. Me'yordagi sharoitda belgilangan chegaradan oshuvchi qiymat generatsiyalanmasligi lozim.

Rasmda transport (C konteynerlari, VC virtual konteynerlar va STM sinxron transport modul)larning tuzilishi, shakllanuvchi joyi va R regeneratorining joyi ko'rsatilgan.

POH ning VC-3, VC-4 baytlarining vazifasi esa 5.2-jadvalda berilgan.

Bu yerda: J1 — marshrut ulanuvchi identifikatorni uzatish uchun qo'llaniladi; V3 da BIP-8 kodi yordamida konteyner tarkibining aniqligini tekshirish natijalari uzatiladi. Buning uchun skrembrlashgacha bo'lgan oldingi VC konteynerining barcha baytlari hisoblanadi va hisoblangan qiymatlar skrembrlashdan oldin mazkur baytgacha joylashtiriladi.

5.2-jadval

J1	Traktni trassalashtirish	Aloqa uchun
B1	BIP-8	Bitlar
C2	Signal belgisi	Aloqa funksiyasi
G1	Trakt holati	Ta'sir qilmaydi
F2	Traktdan foydalanuvchi kanal	Yuklama
H4	Yuqori sikl indikatori	Turi uchun
F3	Traktdan foydalanuvchi kanal	Spetsifik baytlar
K3	Zaxiraga ulanish	—
N1	Tranzit ulanish nazorati	—

C2 virtual konteynerning foydali yuklama turidagi ko'rsatkichga ega.

G1 baytlari uzoqdagi monitoring holati va natijalari haqidagi axborotni uzatadi. U teskari yo'nalishda uzatiladigan POH da joylashadi.

BIP-8 yordamida aniqlangan FEBE xatoliklar sonini uzatish uchun qo'llaniladi. Mumkin bo'lgan qiymat 0 dan 8 gacha,

mumkin bo'lmagan qiymatlarning paydo bo'lishi esa 0 (xatolik yo'q) deb faraz qilinadi. 5-bit uzoqdagi trakt yakunida (FEBE) avariya haqidagi signalizatsiya uchun qo'llaniladi.

F2 va F3 baytlaridagi 6÷8 bitlar traktdan foydalanuvchilarning xizmatini tashkil qilish uchun qo'llaniladi. N4 baytlari yuqori siklning indikatorlari hisoblanadi. U bir necha kadrlar orasida yuklamani tarqatish lozim bo'lgandagina qo'llaniladi, ya'ni yuqori sikldan qaysi sikl (kadr) ushbu virtual konteynerda mavjudligini ko'rsatadi.

K3 baytlari zaxiraga avtomatik ulanishi lozimligi haqidagi signalizatsiyani ta'minlaydi. Bunda 1÷4-bitlari qo'llaniladi.

N1 baytlari ikkita operator chegarasida tranzit ulanishning nazorati (1–4-bitlar) va ma'lumotlarni uzatish kanalini (5÷8 bitlar) tashkil qilish uchun qo'llaniladi.

5.3.5. SDH sinxron raqamli iyerarxiya qurilmalari

Sinxron raqamli iyerarxiya tarmog'i o'zining bir qator qurilmalariga ega. Bular sinxron raqamli multipleksorlar, sinxron raqamli kommutatorlar, sinxron raqamli regeneratordir, sinxron raqamli konsentratordir va boshqa qurilmalardir. Ushbu qurilmalar tarmoqda bir qancha funksiyalarni bajaradi, ular quyidagilardir:

- *terminal multipleksor (TM)* barcha kelayotgan oqimlarni yig'ish, ularni multipleksorlash va tarmoqdan uzatishni amalga oshiradi;

- *kirish/chiqishli (ADM) multipleksor* oraliq punktlarda oqimlar (kanallar)ni kiritish va chiqarishni amalga oshiradi;

- *raqamli kommutator yoki kross kommutator (DXC)* yo'nalish sxemasiga qarab virtual konteynerlarni tarmoqning bir segmentidan ikkinchi segmentiga o'tkazish va kommutatsiyalashni amalga oshiradi, bir nechta bir xil raqamli oqimlarni yig'ishni konsentratordir bajaradi;

- *regeneratordir* uzatilayotgan signallar shakli va amplitudasi qayta tiklash va so'nishni kompensatsiyalashni amalga oshiradi.

Keyingi bandlarda ana shu qurilmalar haqida batafsil to'xtalib o'tamiz.

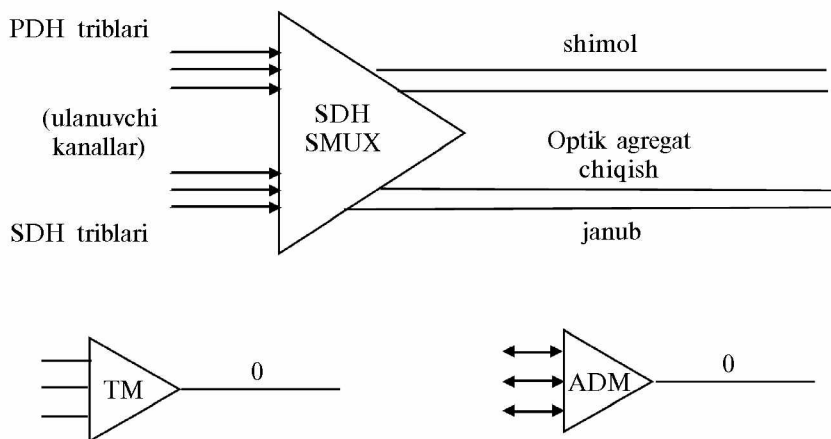
Sinxron raqamli iyerarxiya multipleksorlari

Sinxron raqamli multipleksorlar SDH tarmog'ining eng asosiy qurilmasi hisoblanadi. Multipleksor past tezlikli raqamli oqimlardan yuqori tezlikli raqamli oqimlarni yig'ish (multipleksorlash) va yuqori tezlikli raqamli oqimlardan past tezlikli raqamli oqimlarni

hosil qilish (demultipleksorlash) uchun mo'ljallangan. SDH multipleksorlari (SMUX)ning oddiy PDH multipleksorlaridan farqi shuki, u o'zining multipleksorlash funksiyasidan tashqari, ulanuvchi terminal qurilma funksiyasini ham bajaradi. SDH multipleksorlari universal va ulardan turli maqsadlarda foydalanish mumkin. Birgina SDH multipleksorlari faqatgina multipleksorlashdan tashqari, kommutatsiyalash, regeneratsiyalash va konsentratsiyalash imkonini ham beradi. Bu SDH multipleksorlarining turli modul konstruksiyaga ega ekanligi hisobiga amalga oshadi.

SDH multipleksorlari ikki asosiy turga bo'linadi: terminal multipleksorlar (TM) va kirish/chiqishli (ADM) multipleksorlar.

Terminal multipleksor (TM)lar PDH, SDH iyerarxiyasi triblariga mos keluvchi, ulanuvchi kanallarga ega bo'lgan SDH tarmoqlarining oxirgi qurilmalari hisoblanadi (5.12-rasm). TM lar kanallarni kiritishi, ya'ni liniya chiqishini trib interfeyslari kirishi bilan kommutatsiyalash yoki kanallarni chiqarishi, ya'ni trib interfeyslari chiqishini liniya kirishi bilan kommutatsiyalashi, shuningdek, birorta trib interfeysi chiqishi bilan lokal kommutatsiyalanishi ham mumkin.



5.12-rasm. Sinxron multipleksor (SMUX); terminal multipleksor (TM) yoki kirish/chiqishli multipleksor (ADM).

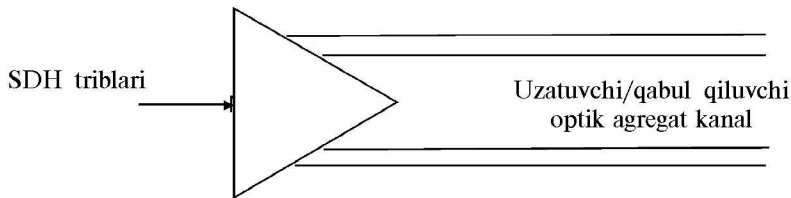
SDH multipleksorlarining eng asosiy xususiyatlaridan biri ikkita optik liniya chiqishlariga egaligidir (kirish va chiqish kanallari uchun). Bunday chiqishlar 100 % li zaxirani ta'minlash uchun qo'llaniladigan yoki ishonchlilikni oshirish maqsadida 1+1 sxemasi

bo'yicha himoyalanganlikni ta'minlovchi agregat chiqishlar deb ataladi. Shuningdek, bunday chiqishlarni asosiy va zaxira (liniya topologiyasi uchun) yoki shimol va janub (halqasimon topologiya) chiqishlari deb ham atash mumkin.

Kirish/chiqishli (ADM) multipleksorlari ham kirishda terminal multipleksorlar singari triblar to'plamiga ega bo'ladi. U kanallarga mos holda kiritish va chiqarishni amalga oshiradi.

Sinxron raqamli iyerarxiya regeneratori

Regenerator multipleksorlarning bir tug'ma holati hisoblanib, bitta kirish kanaliga ega (5.13-rasm). Qonunga muvofiq, STM-N ning optik tribi bitta yoki ikkita (1+1 himoya sxemasini qo'llaganda) agregat chiqishdan iborat. U foydali yuklama signallarini regeneratsiyalash yo'li bilan SDH tarmoqlari tugunlari orasidagi masofani oshirish uchun qo'llaniladi. Odatda, bu masofa (bir modali optik tolali kanallarni qo'llashni nazarda tutgan holda) 1,3 nm to'liq uzunligi uchun 40÷60 km ni, 1,55 mkm to'liq uzunligi uchun 80÷100 km ni tashkil etadi.

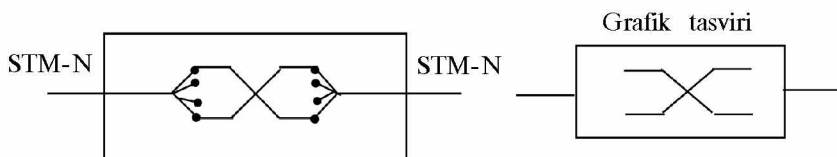


5.13-rasm. Regenerator rejimidagi multipleksor.

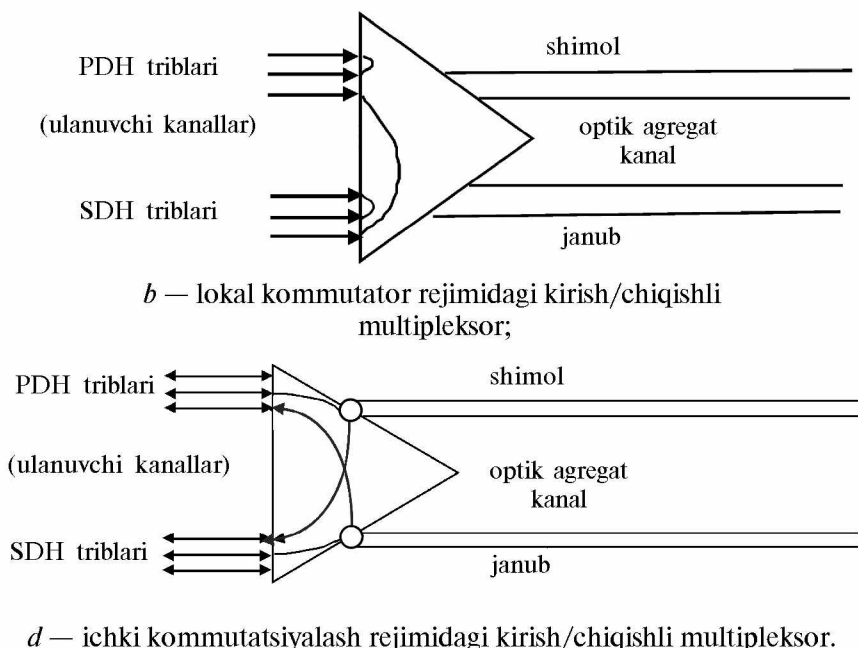
Optik kuchaytirgichlarni qo'llaganda bu masofa 100–150 km gacha yetishi mumkin.

Sinxron raqamli iyerarxiya kommutatorlari

Zamonaviy kirish/chiqishli multipleksorlar modul prinsipi asosida tuziladi. Bu modullar orasida markaziy o'rinni kross-kommutatorlar, oddiy qilib aytganda, DXC kommutatorlari egallaydi.



a — ichki kommutatorlash rejimidagi kirish/chiqishli multipleksor;



5.14-rasm. Kommutator rejimidagi sinxron raqamli multipleksorning turlari.

Sinxron tarmoqlarda u turli kanallar orasida aloqani tiklash uchun qoʻllaniladi. Bunday aloqaning imkoniyatlari SDH tarmoqlarining VC-4 virtual konteynerlari sathida marshrutlash-tirishni amalga oshirishdan iborat. Kanallarni ichki kommutatsiyalashning fizik imkoniyatlari multipleksorlarning oʻzida joylashgan, bu shuni anglatadiki, multipleksor ichki kommutatsiya yoki mahalliy kommutatsiya rejimida ishlashi ham mumkin.

Ichki kommutatsiyalash rejimida (5.14-*a* rasm) foydali yuklama menejeri trib bloklari (TU) va ulanuvchi kanallar orasidagi logik moslikni dinamik oʻzgartirishi mumkin, bu esa ichki kommutatsiyalash bilan tengdir, shuningdek, multipleksor shaxsiy ulanuvchi kanallarni kommutatsiyalash imkoniyatiga ham ega (5.14-*b* rasm), bu esa kanallarni lokal kommutatsiyalash bilan tengdir. Demak, bularning barchasi SDH tarmoqlarining tugunlarida kommutatsiyalash rejimini boshqarish imkoniyatiga egaligini koʻrsatadi. Lekin bunday imkoniyatlar, kanallarni kommutatsiyalash soni boʻyicha chegaralanganligi kabi, kommutatsiyalash

imkoniyatiga ega bo'lgan virtual konteynerlarning turi bo'yicha ham chegaralangan. Shuning uchun ham maxsus qayta ishlangan sinxron kommutator (SDXC)larni qo'llashga to'g'ri keladi. Bunday kommutatorlarda nafaqat lokal, balki umumiy yoki yuqori tezlikli (34 mbit/s va yuqori) oqimlarning va STM-N sinxron transport modulining o'tishini ham amalga oshirish mumkin (5.14-*d* rasm).

Virtual konteynerlarni kommutatsiyalashga bog'liq holda SDXC kommutatorlari bir necha turga bo'linadi. Ularning belgilanishi umumiy turda SDXC n/m ko'rinishga ega. Bu yerda n – virtual konteyner raqamini bildiradi, m esa kommutatsiyalash xususiyatiga ega bo'lgan, maksimal darajadagi virtual konteyner raqamidir. Ayrim hollarda virtual konteynerlar raqami (m) o'rniga, kommutatsiyalovchi virtual konteynerlar majmuasi ko'rsatilishi ham mumkin. Masalan, STM-1 sathi uchun kommutatorlarning quyidagi turlari ko'rsatiladi: SDXS 4/4, VC-4 yoki 140 va 155 Mbit/s li oqimlarni qayta ishlovchi kommutator; SDXC 4/3/2/1, VC-4 yoki 140 va 155 Mbit/s li oqimlarni qabul qiluvchi, shuningdek, VC-3, VC-2 va VC-1 virtual konteynerlarni yoki 34; 45,6 va 1,5; 2 Mbit/s li oqimlarni qayta ishlovchi kommutator; SDXC 4/3/1, VC-4 yoki 140 va 155 Mbit/s li oqimlarni qabul qiluvchi, shuningdek, VC-3 va VC-1 yoki 34; 4 va 1,5; 2 Mbit/s li oqimlarni qayta ishlovchi kommutator; SDXC 4/1, VC-4 yoki 140 va 155 Mbit/s li oqimlarni qabul qiluvchi, shuningdek, VC-1 yoki 1,5; 2 Mbit/s li oqimlarni qayta ishlovchi kommutatorlar. Demak, qurilma tarkibidagi kommutator ishlash rejimiga bog'liq holda bir qator spetsifik funksiyalarni bajarishi mumkin.

Sinxron raqamli iyerarxiya konsentratorlari

Uzoq masofada joylashgan, tarmoq tugunlaridan kelayotgan bir turdagi oqimlarning bir nechtasini SDH ning taqsimlovchi tuguniga birlashtirib beruvchi multipleksor konsentrator deb ataladi. SDH ning taqsimlovchi tugunlari STM-N yoki STM-1 turidagi ikki, uch, to'rt yoki undan ko'proq tugunlarga ega. Ularning vazifasi asosiy yoki halqadagi oqimlarni tarqatish, yoki asosiy oqimga bir necha tugunlardan kelayotgan oqimlarni qo'shishdan iborat. Umumiy qilib aytganda, konsentrator asosiy transport tarmoqqa ulangan kanallar sonini kamaytirish imkonini beradi. Taqsimlovchi tugunda joylashgan multipleksor, o'zining

taqsimlovchi portiga ulangan kanallarni mahalliy kommutatsiyalay oladi va uzoqda joylashgan tugunlarning bir-biri bilan aloqasini o'zi orqali amalga oshiradi. Shuning bilan birga konsentrator asosiy transport tarmog'ining yuklamasini kamaytiradi.

5.4. Sinxron raqamli iyerarxiyaning asosiy (bazaviy) topologiyalari

Zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlari yuqori tezlikli, moslashuvchan va oson boshqariladigan tuzilishga ega bo'lishi kerak. Bu apparaturalarning ishini va turli ishlab chiqaruvchi firmalarning qurilmalarini bir operator tarmog'i singari turli operatorlarning bir nechta tarmoqlarini o'zaro bog'langan holda birgalikda ishlash imkoniyatini ta'minlaydi.

Bunday tarmoqlar rivojlanishining asosiy tendensiyasi — bu yuqori integratsiyalash, ya'ni bu raqamli uzatish tizimlari va kommutatsiyalashning integratsiyasi, bir abonent liniyasida (ISDN va B-ISDN bilan birga) xizmatlar integratsiyasi va nihoyat, kompyuter texnikasi va multimedia texnologiyasi bazasi asosidagi terminallar (2B+D konfiguratsiyali asosiy ulanuvchi interfeys bo'yicha ISDN da ulanuvchi terminallar; 30B + D konfiguratsiyali birlamchi uzatish tezligiga ulanuvchi terminallar; LAN va boshqa tarmoqlarda ishlovchi terminallar) integratsiyasidir.

Belgilangan talablarni qo'llash va rivojlanish tendensiyasi, sinxron raqamli iyerarxiya prinsiplari va standartlari asosida qurilgan yuqori tezlikli (40 Gbit/s gacha) raqamli uzatish tizimlarining paydo bo'lishi, shuningdek, umumiy signalizatsiya kanali (OKS № 7)ga ega bo'lgan quvvatli (trafigi 300000 Erl.gacha bo'lgan) kommutatsiyalash tizimlari sababli yuzaga keldi. Ushbu zamonaviy telekommunikatsiya texnologiyalari asosida ishlab chiqarishda, ayniqsa, tolali optik texnika, mikroelektronika va dasturiy ta'minot sohalarida yangi ilmiy yutuqlarga erishilmoqda.

SDH texnologiyasi asosida tolali optik raqamli uzatish tizimlarining paydo bo'lishi, foydalanuvchiga bevosita bog'lanuvchi optik liniya traktlari bilan birgalikda ularni qo'llash sohalarini kengaytirdi. Lekin yuqori quvvatli multipleksorlar va kross-konnektorlarni SDH uzatish tizimlarida qo'llash, tarmoqni tarqatilgan kross uzellarga aylantirdi. Bu holatlar oldingi umumiy foydalanuvchilarning birlamchi tarmog'ining (magistral, regional, mahalliy-shahar va qishloq) ko'p sathli tuzilishini ikki sathli deb

tasavvur qilib (transport tarmog'i va ulanuvchi tarmoq) qarab chiqish zaruratini yuzaga keltirdi.

ITU-T G.803 tavsiyasida «transportlashtirish» tushunchasi ulanuvchi tarqoq punktlar orasida axborotning funksional joylashish jarayoni kabi, «uzatish tushunchasi» esa fizik muhitda raqamli signallarning fizik tarqalish jarayoni kabi aniqlanadi.

Transport tarmog'i — bu nafaqat axborotlarni transportlashtirish funksiyasini bajaruvchi, balki nazorat qilish, operativ ulanish, boshqarish va xizmat qilish funksiyalarini bajaruvchi barcha resurslar majmuasidir. Bugungi kunda SDH uzatish tizimlari transport tarmoqlarini qurish uchun juda zarur va juda katta darajada talablarga javob beradi.

SDH uzatish tizimlari qurilmalarini ulanuvchi tarmoqlarda qo'llash, foydalanuvchilar nomenklaturasini kengaytirish imkonini beradi. U nafaqat B-ISDN hajmidagi xizmatlarni, balki ATM, Ethernet, IP va boshqa texnologiyalar qo'llaniladigan LAN tarmoqlari bilan o'zaro bog'lanish imkonini ham ta'minlaydi.

ITU-T G.7041/Y.1303(2002) ning yangi tavsiyasida, foydalanuvchilarning yoki mijozlarning signallarini adaptatsiyalash mexanizmi aniqlangan. Bu signallar konteynerlarda joylashadi yoki SDH uzatish tizimlariga ulanadi. Bunday adaptatsiyaning ikki turi qarab chiqilgan:

- kadrlar (*Frame-Mapped*)ni joylashtirish (inkapsulatsiyalash) — IP paketlari va *Ethernet* kadrlari kabi mijozlar signallari uchun;

- shaffof (*Transparent*) adaptatsiya — *Gigabit Ethernet*, *Fibre Channel*, *ESCON* va boshqa 8B/10B [63] blokli kodlar qo'llaniladigan mijozlar signallari uchun.

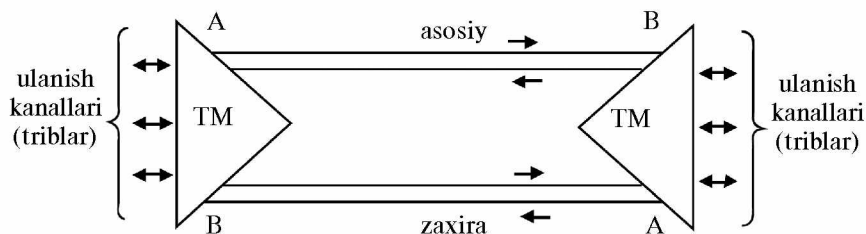
Zamonaviy tarmoq tuzilmasini qurishning kelgusidagi yo'nalishi, yuqori tezlikli tarmoqlarda har xil turdagi uzatish tizimlarini birlashtirish imkonini beruvchi yagona signalizatsiya tizimini qo'llash hisoblanadi. Bunday birlashtiruvchi texnologiya sifatida bugungi kunda universal ko'pprotokolli sonlarni kommutatsiyalash texnologiyasi — *GMPLS (Generalized Multiprotocol Label Switching)* qarab chiqiladi. U tarmoqda oddiy paketli tarmoqlardan boshlab to'liq uzunliklari kommutatsiyasi bilan yoki SDH, DWDM, IP over DWDM va boshqa optik transport tarmoqlari texnologiyalaridagi optik tola bilan tugovchi boshqaruvchi tashkil etuvchilarni takomillashtiradi.

SDH tarmoqlarini qurish bir necha bosqichlardan iborat

bo'lib, loyihalash jarayonida har bir bosqichda texnik talablardan yuzaga kelgan turli funksional masalalar, muammolar yechiladi. Bu masalalarga tarmoqning tuzilishini tanlash, tanlab olingan tarmoqning tuzilishiga qarab, tarmoq tugunlaridagi qurilmalarini aniqlash, tarmoqni boshqarish va sinxronizatsiya masalalari kiradi. Agar asosiy standart topologiyalar ma'lum bo'lsa, bu masalalarni juda oson yechish mumkin. Shuning uchun SDH tarmoqlarida qo'llaniladigan bazaviy topologiyalar va ularning xususiyatlarini qarab chiqamiz.

«Nuqta-nuqta» topologiyasi

Ikki A va B tugunlarni bog'lovchi tarmoq segmenti yoki «nuqta-nuqta» topologiyasi SDH ning bazaviy topologiyalari ichida eng soddasidir. Bu topologiya terminal multipleksorlar (TM) yordamida optik agregatlarning chiqish va kirish liniyalari hamda kanallarini zaxirasiz va zaxira asosida qurish imkonini beradi. Agar elektrik yoki optik agregatlarning chiqish yoki kirish kanallari ishdan chiqsa, yuz foizli 1+1 turidagi zaxirani qo'llagan holda bir necha millisoniya ichida avtomatik tarzda zaxira kanalla ulanishi mumkin.

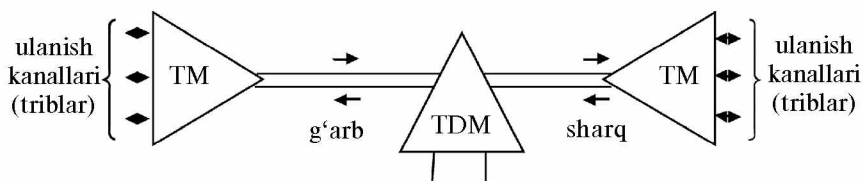


5.15-rasm. TM asosidagi «nuqta-nuqta» topologiyasi.

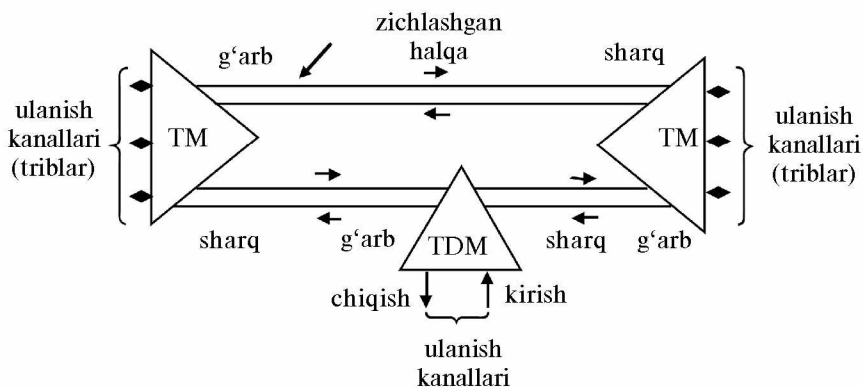
Bu topologiya sodda bo'lishidan qat'i nazar, yuqori tezlikka ega bo'lgan magistral liniyalarda keng miqyosda qo'llaniladi (masalan, raqamli telefon trafiklariga xizmat ko'rsatadigan okeanlararo magistral liniyalarida qo'llanilishi mumkin). Shuningdek, bu topologiya yuqori iyerarxiyadagi yangi SDH tezliklariga o'tishda sinov uchun ham qo'llaniladi (masalan, 622 Mbit/s (STM-4) dan 2,5 Gbit/s (STM-16) ga o'tish uchun yoki 2,5 Gbit/s (STM-16) dan 10 Gbit/s (STM-64) ga o'tishda). Xuddi shu topologiya radial halqali topologiyaning bir qismi sifatida ham qo'llaniladi va «ketma-ket liniya zanjiri» topologiyasining asosini tashkil etadi, boshqa tomondan zaxirali «nuqta-nuqta» topologiyasini yoyilgan «halqa» topologiyasi deb qarash mumkin.

«Ketma-ket liniya zanjiri» topologiyasi

Bu topologiya tarmoqdagi trafiklarning faolligi yuqori bo'lmaganda, tarmoqning bir necha joyida kirish va chiqish kanallarini tashkil qilish zarurati bo'lganda multipleksorlarni qo'llagandagi kabi ajratuvchi/ birlashtiruvchi nuqtalarda kirish/ chiqishli multipleksorlarni qo'llaganda ham foydalanish mumkin. Bu topologiyani zaxiraga ega bo'lmagan ketma-ket liniya zanjiri yoki 1+1 turidagi zaxiraga ega bo'lgan murakkab ketma-ket liniya zanjiri ko'rinishiga keltirish mumkin (5.16-rasm).



5.16-rasm. «Ketma-ket liniya zanjiri» topologiyasi.



5.17-rasm. 1+1 turidagi himoyaga ega bo'lgan «ketma-ket liniya zanjiri» topologiyasi.

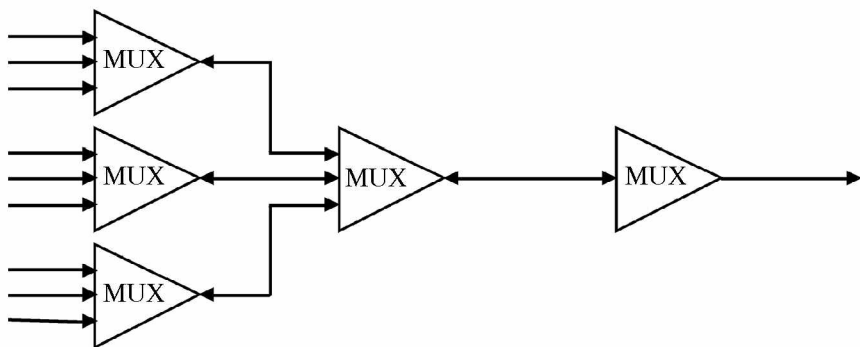
Konsentrator funksiyasini qo'llovchi «yulduzcha» topologiyasi

Bunday topologiyada kommutatsiya markazi (masalan, raqamli ATS) yoki markaziy halqadagi SDH tuguni bilan ulangan olisdagi bir tarmoq tuguni konsentrator vazifasini bajaradi. Bunday tugunda trafikning bir qismi foydalanuvchilarga, qolgan qismi esa tarmoqdagi boshqa tugunlarga taqsimlanadi.

Konsentratorlar bunday vazifani bajarishi uchun faol va

intellektual bo'lishi kerak, ya'ni kross-kommutatsiyani amalga oshiruvchi kirgizuvchi/chiqaruvchi multipleksor bo'lishi kerak.

Ayrim hollarda agar bunday sxemalarning kirishiga to'liq bo'lmagan STM-N oqimi (yoki bir pog'ona quyidagi oqimlar) berilsa, uning chiqishida to'liq STM-N oqimi bo'lsa, bunday sxemalar *optik konsentrator* deyiladi. Aslida bunday topologiya markazi tugunda SDH multipleksori qo'llanilgan «yulduzcha» topologiyasini eslatadi (5.18-rasm).



5.18-rasm. Konsentrator funksiyasini bajaruvchi «yulduzcha» topologiyasi.

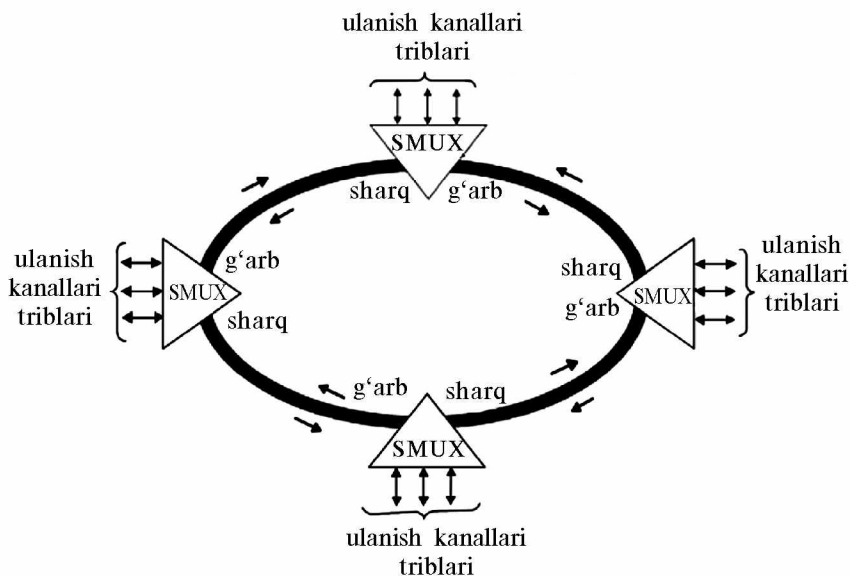
«Halqa» topologiyasi

«Halqa» topologiyasining eng ajoyib xususiyatlaridan biri tarmoq ishdan chiqqanida o'z-o'zini tiklash xususiyatidir.

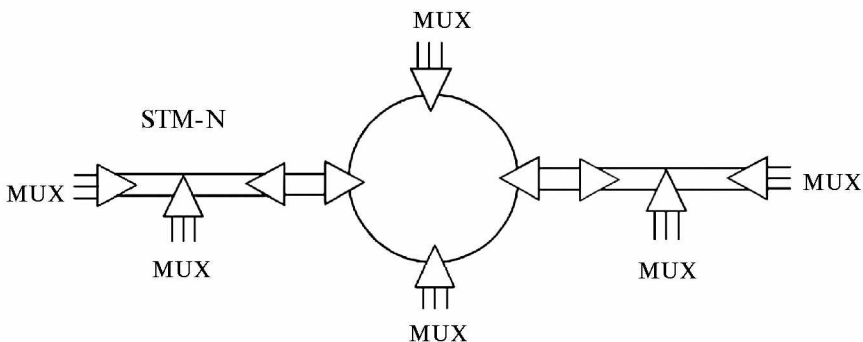
Bu topologiyaning asosiy afzalligi 1+1 turdagi himoyani yengil amalga oshiradi. Bunday himoyani yengil amalga oshirishning sababi sinxron multipleksorlardagi (SMUX) «sharq-g'arb» deb nomlanadigan va qarama-qarshi yo'nalishdagi ikkita halqa oqimini hosil qiladigan ikki juft (asosiy va zaxira) chiqish optik agregatlarning mavjudligidadir (5.19-rasm).

Demak, SDH tarmoqlarini loyihalashtirishda transport tarmoqlarining tuzilishi yuqorida ko'rib chiqilgan topologiyali tarmoqlarning alohida bir elementi sifatida tashkil qilinadi. Odatda, «halqa» topologiyasi «nuqta-nuqta» yoki «ketma-ket liniya zanjiri» topologiyalari bilan birgalikda qo'llaniladi. Misol tariqasida 5.20-rasmda «nuqta-nuqta» va «halqa» arxitekturasini keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, bu tarmoqni qurish uchun ikkita «halqa» va «ketma-ket liniya zanjiri» topologiyalari qo'llanilgan.

SDH tarmoqlarining arxitekturasida eng ko'p qo'llaniladigani «halqa-halqa» topologiyalaridir. Bunday ulanishlarda halqalar bir



5.19-rasm. TU-n trib bloklari darajasida 1+1 himoyaga ega bo'lgan halqa.

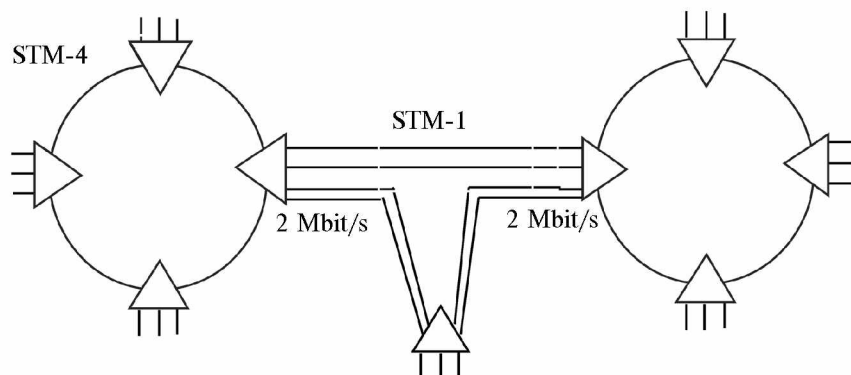


5.20-rasm. «Halqa» topologiyasi.

xil yoki SDH iyerarxiyasining turli sathlarida bo'lishi mumkin. 5.21-rasmda STM-1 ning interfeys kartalari yordamida STM-4 sathidagi ikki halqaning ulanishi ko'rsatilgan.

OUA lar o'ziga tushgan axborotli kirishlarni, VC-3, VC-4 virtual konteynerlarning marshrut sarlavhalarini mos yo'nalishi bo'yicha taqsimlaydi. Bunday variantga ega bo'lgan topologiyaning afzalligi shuki, har bir yo'nalishda o'zining yuklamasi va uzatish tezligi nazarda tutiladi. Bundan tashqari, biror yoki bir necha yo'nalishda uzilish ro'y bergan taqdirda ham mos keluvchi punktlar

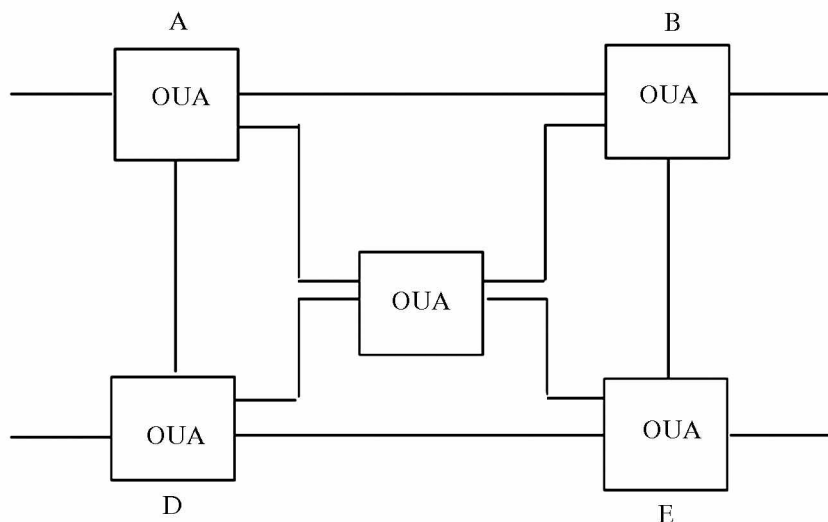
orasida aloqa uzilmaydi. Yacheykali tuzilishga ega bo'lgan topologiyada aloqa qancha katta bo'lsa, yacheykali apparaturalarda ishonchlilik shuncha yuqori bo'ladi.



5.21-rasm. Interfeys portlari yordamidagi bir sathda (STM-4) joylashgan ikki halqa orasidagi aloqa sxemasi.

Yacheykali topologiya

Halqali topologiyani kirish/chiqishli multipleksorlar tashkil etsa, yacheykali topologiyaning markazi va uning elementlari vazifasini operatsion ulovchi apparatura (OUA)lar tashkil etadi (5.22-rasm).



5.22-rasm. Yacheykali topologiya.

Topologiyalar tahlili

T/r	Topologiyalarning turlari	Afzalliklari	Kamchiliklari
1.	«Nuqta-nuqta» topologiyasi	— sodda tuzilishga ega; — 100 % li zaxirani ta'minlaydi	— faqatgina ikki oxirgi punktni ulash uchun qo'llaniladi.
2.	Kirish/chiqishli punktga ega bo'lgan liniya tarmog'i topologiyasi	— ADM multipleksorlari yordamida bir necha joyda kanallarni kiritish va chiqarish imkonini beradi	— tarmoqdagi trafiklarning faolligi yuqori bo'lmaganda qo'llaniladi; — ADM konfiguratsiyalanishi himoyalangan va rad etishlarga qarshi tarmoq himoyani ta'minlay olmaydi.
3.	Kirish/chiqishli multipleksorlarga ega bo'lgan topologiya yoki yassi topologiya	— SLT ning qo'shimcha uchastkasi yordamida trafiklarning qaytalani-shini tashkil etish imkoniga ega; — SLT ning shikastlanishi har qanday holatda ham aloqaning yo'qolishiga olib kelmaydi	— Agar ikkita SLTning optik tolasi bir kabelda joylashgan bo'lsa, unda bu topologiya uncha ishonchli emas, chunki kabel shikastlanganda, shikastlanish joyiga bog'liq holda bir qancha multipleksorlarda aloqa uziladi.
4.	Kirish/chiqishli multipleksorlarga ega bo'lgan tarmoqning «halqa» topologiyasi	— ADM sinxron multipleksorlarda ikki juft optik liniya portlarning mavjudligi hisobiga «1+1» turidagi himoya tizimini ta'minlashning osonligidir; — o'z-o'zini qayta tiklash imkoniga ega; — 100% li zaxiraga ega; — yuqori ishonchlilikka ega	— tarmoqni bunday topologiyasi asosida qurish qimmatga tushadi.
5.	«Yulduzcha» yoki tugunli tarmoq turidagi tarmoq topologiyasi	— konsentratorlar yordamida uzoqdagi ulanuvchi punktlarning foydalanuvchilariga xizmat ko'rsatish imkoniga ega; — konsentrator o'ziga ulangan optik traktlarni lokal ulash imkonini beradi	— qo'llaniladigan konsentrator «faol va intellektual» bo'lishi lozim, ya'ni ADM lar krossulanishning juda rivojlangan imkoniyatlariga ega bo'lishi kerak.

T/r	Topologiyalarning turlari	Afzalliklari	Kamchiliklari
6.	Yacheykali topologiya	— har bir yoʻnalishda oʻzining yuklamasi va uzatish tezligiga ega; — sodda tuzilishga ega	— yoʻnalishlar soni juda koʻp va ularning har biri optik tolalar orqali tashkil qilinadi. Bu uni qurishda qimmatga tushishiga olib keladi

5.5. SDH tarmoqlarida sinxronizatsiya

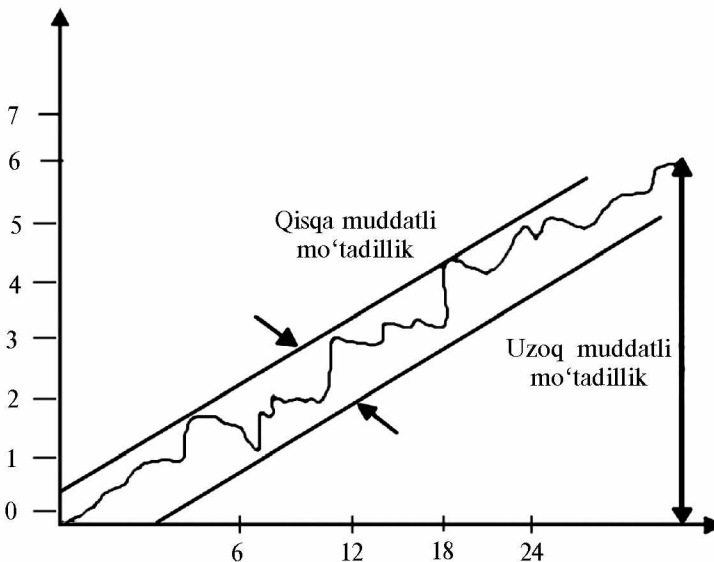
Raqamli telekommunikatsiya tizimlariga ega tarmoqlarning sinxronizatsiya muammolari oldingi bandlarda qarab chiqilgan edi. Sinxron raqamli iyerarxiya tarmoqlari uchun qarab chiqilgan savollarning maʼnosi shu boʻyicha oʻzgarmasdan qoladi, faqatgina tarmoq elementlarining sinxronizmini tashkil qilishda tizimli yondashish lozim. Sinxron raqamli telekommunikatsiya tarmoqlarida siklli sinxronizatsiyaning vazifasi odatdagi vazifadan farq qiladi, chunki sinxron tizimlarning sikli barcha iyerarxiya pogʻonalarida sinxron, plezioxron iyerarxiyadagi kabi, yuqori pogʻonadan boshlab sinxronizmga kirish ketma-ketligiga ega. Bu tizimning sinxronizmga kirish vaqtini kamaytiradi va sinxron raqamli iyerarxiyaning eng asosiy afzalliklaridan biridir. Sinxron raqamli tarmoqlarda taktli sinxronizatsiyaning vazifasi xuddi plezioxron tizimlaridagi kabi, yaʼni tarmoqda ishlovchi raqamli qurilmalarning chastota beruvchi generatorlarining chastota boʻyicha moslashishini taʼminlashdan iborat. Lekin plezioxron tarmoqlarda, berilgan raqamli oqimlar uchun qabul qiluvchi va uzatuvchi qismdagi chastota beruvchi generatorlarning mosligini taʼminlash chegaralangan, sinxron tarmoqlarda esa tarmoqning barcha qurilmalarida chastota beruvchi generatorlarning mosligiga erishiladi. Bunday moslikni taʼminlash komponent oqimlarga ulanishini tezlashtiradi, bu ham, oʻz navbatida, sinxron raqamli telekommunikatsiya tizimlarining afzalliklaridan biri hisoblanadi.

Sinxrosignal manbalarining asosiy parametrlari

Sinxrosignal manbalarining asosiy parametrlari — generator qurilmalarida ishlab chiqiladigan chastotaning aniqligi va moʻtadilligidir.

Generetor chastotasining aniqqligi deb, generator qurilmasida ishlab chiqilgan chastotaning (f_a) nominal chastota (f_o)dan nisbiy og'ishiga aytiladi, ya'ni aniqqlik $=|f_o - f_a|/f_o$, masalan: 50 rrt, ishlab chiqilgan chastotaning 5×10^{-5} aniqqligi uchun mumkin bo'lgan qiymatdir.

Mo'tadillik deb, berilgan ma'lum bir vaqt oralig'ida, generatorning nominal chastota generatsiyasi rejimini ushlab turish xususiyatiga aytiladi. Mo'tadillik parametri yana chastotaning nominaldan nisbiy birlik og'ishi bilan ham o'lchanadi va o'ziga kuzatishning oraliq vaqtini birlashtiradi, masalan, sutkada bu 10^{-10} ga teng. Kuzatish vaqti bo'yicha generator mo'tadilligi qisqa muddatli va uzoq muddatli bo'linadi. Vaqt bo'yicha mo'tadillik parametrlari $t_s = 10^3 - 10^4$ s atrofida baholanadi. Agar mo'tadillik parametrlari t_s gacha tahlil qilinsa, unga *qisqa muddatli mo'tadillik*, agar t_s dan katta davr davomida tahlil qilinsa, unga *uzoq muddatli mo'tadillik* deyiladi.



5.23-rasm. Sinxrosignalning nomo'tadillik grafigi: qisqa va uzoq muddatli nomo'tadillik.

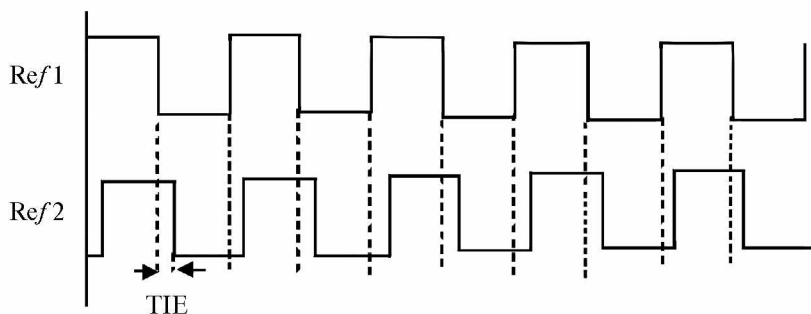
5.23-rasmda qisqa va uzoq muddatli mo'tadillik tushunchasiga to'g'ri keluvchi chastota mo'tadilligining grafigi ko'rsatilgan. Xuddi shunga o'xshab, turli sharoitda generator ishining mo'tadilligi

harorat mo'tadilligi bo'yicha ham aniqlanadi. Foydalanish jarayonida har xil sharoitda generator ishining mo'tadilligi juda katta ahamiyatga ega. Shuning uchun sinxronizatsiya manbalarini va har xil mo'tadillik parametrlarini tanlashda juda katta qiymat ajratiladi. Odatda, generator ishining mo'tadillik parametrlarini o'lchashda tashqi sharoitga bog'liq holda laboratoriyada sertifikatlangan o'lchovlar o'tkaziladi. Demak, generator ishidagi noaniqlik doimiy ravishda ishlab chiqiladigan chastotaning og'ishi (chastota so'rilishi) bilan bog'liq. Generator yuqori mo'tadillikka ega bo'lgan holda, undan beriluvchi sinxrosignallar chastota surilishiga ega.

Sinxronizatsiya tizimlarining asosiy parametrlari

Sinxronizatsiya tizimlarining ikkinchi toifali parametrlariga sinxrosignalning vander tahlili bilan bog'liq bo'lgan TIE (vaqt oralig'i xatoligi), MTIE (vaqt oralig'ining maksimal xatoligi), TVAR (vaqt bo'yicha variatsiya), TDEV (vaqt bo'yicha devitsiya) parametrlari ham kiradi.

Buning uchun uzatiluvchi va qabul qilinuvchi Ref2 raqamli signalning, Ref1 etalon signal bilan solishtirish jarayonini qarab chiqamiz (5.24-rasm).



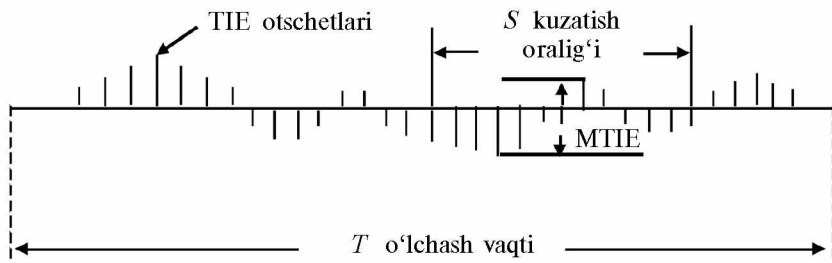
5.24-rasm. TIE tushunchasi.

Rasmdan ko'rinib turibdiki, etalon signalga nisbatan Ref2 signali faza bo'yicha surilishga ega. Bunday surilish vaqt bo'yicha surilish — TIE (Time interval error) nomini olgan va uni vaqt parametri orqali baholash mumkin. Sinxrosignal bilan etalon signalni solishtirish orqali, TIE parametrlarining oldingi qiymati, TIE parametrlarining kuzatish vaqtiga har xil bog'liqligi va TIE parametrlarining maksimal qiymati o'lchanadi. TIE parametrlarini o'lchash absolut birliklar singari, keltirilgan birliklar (masalan,

U1)da ham amalga oshadi. Bu yerda: U1 – berilgan uzatish tizimi orqali 1 bit axborotni uzatish uchun lozim bo‘lgan vaqt.

Vaqt oralig‘ining maksimal xatoligi – MTIE

TIE parametri, sinxrosignal parametrlarini tahlil qilish uchun me‘yordagi baholashni bermaydi. Buning uchun etalon signal bilan solishtiriladigan erkin sinxrosignalni qarab chiqamiz (5.25-rasm).



5.25-rasm. TIE va MTIE parametrlari.

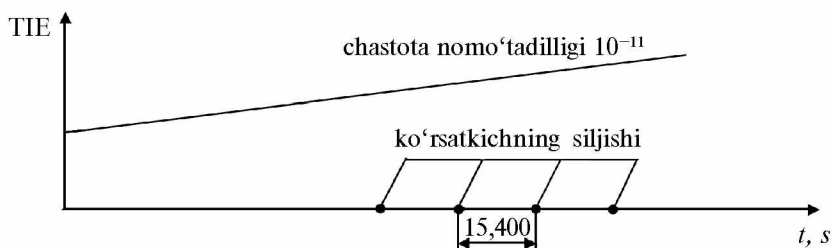
Bunda ma‘lum diskretlash qadami bilan TIE qiymati o‘lchanadi. O‘lchash o‘lchanadigan T vaqt davomida amalga oshadi. Buning uchun TIE parametridan eng katta og‘ishni maksimal baholovchi o‘lchash oralig‘i parametri (S)ni kiritamiz. Bu parametr MTIE (vaqt oralig‘ining maksimal xatoligi) nomini olgan. Shunday qilib, MTIE quyidagicha aniqlanadi:

$$MTIE = TIE^{\max} |_{s-} TIE^{\min} |_s .$$

MTIE parametrlarining qiymati S oralig‘ining o‘lchamiga bog‘liq. Odatda, sinxrosignal xarakteristikalarini sifatida, sinxronizatsiya manbalarining asosiy xarakteristikalaridan biri hisoblanuvchi MTIE (S) bog‘lanishi qo‘llaniladi. MTIE parametrlarini o‘lchash uchun 1 s dagi S kuzatish oralig‘i qo‘llaniladi. Bu parametr nafaqat vander kabi, balki jitter kabi ham ta‘sir qiladi. Demak, MTIE parametriga vander ta‘sir qiladi.

SDHda TIE va MTIE parametrlari

Biz TIE parametrlarining qanday bog‘liqligini va TIE parametri bo‘yicha chastota surilishini qanday baholash mumkinligini qarab chiqamiz. Masalan, tarmoqda sinxronizatsiya og‘ishi ($\Delta t = 10^{-11}$) ro‘y bergan deb faraz qilsak (5.26-rasm), bunday og‘ish har biri 15400 soniya (4,2 soat) bo‘lgan ko‘rsatkichlarning og‘ishiga olib keladi.

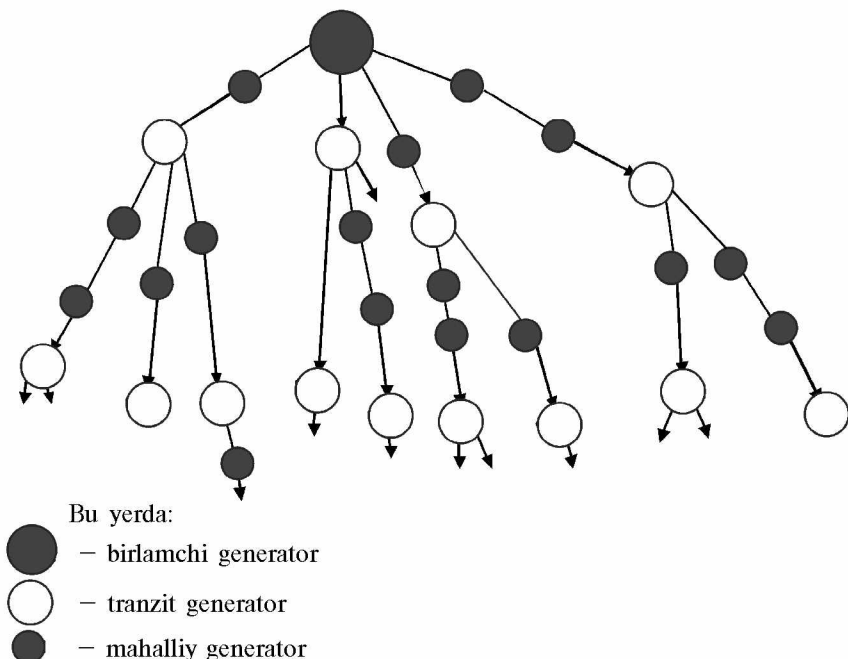


5.26-rasm. Chastota nomoʻtadilligi va koʻrsatkichlarning siljishi.

Berilganlarni 155,520 Mbit/s tezlikda uzatganda, bir bitni uzatish uchun $t_v = 1/t = 6,4 \times 10^{-9}$ s vaqt lozim va bitta koʻrsatkichning surilishi vaqtli surilishning $TIE = 154$ ns ga teng boʻladi. Demak, bitta siljish uchun yuzaga keluvchi vaqt 33,4 ms ga teng va SDH tizimlarida sinxronizatsiyaning buzilishi koʻrsatkichlarning siljishiga olib keladi.

Birlamchi va ikkilamchi etalon generatorlar

Quyidagi 5.27-rasmda SDH sinxronizatsiya tarmogʻining arxitekturasini koʻrsatilgan.

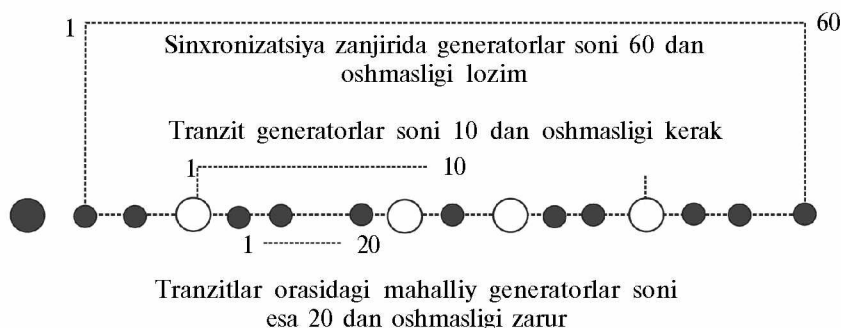


5.27-rasm. Sinxronizatsiya tarmogʻining tuzilishi.

Bunday tarmoqda taktli chastotaning nisbiy nomoʻtadilligi juda kichik boʻlishi lozim. Shuning uchun ham tayanch generatorining (birlamchi etalon generator, BEG, PRC) narxi juda baland. Shunga bogʻliq holda sinxron raqamli iyerarxiya (SRI) tarmogʻining maʼlum bir uchastkalari bitta birlamchi etalon generator (BEG)dan sinxronizatsiyalanadi (masalan, regional). Sinxrosignalning tarqalishi uzatish liniyasi boʻylab amalga oshadi. Tugundagi chastota beruvchi generatorning sinxronizatsiyasi uchun boshqaruvchi tugunda liniya signalidan taktli chastotaning tashkil topuvchilari ajratib olinadi. Shunday qilib sinxronizatsiya tarmogʻining arxitekturasini 5.27-rasmdagi koʻrinishga ega boʻladi.

Agar sinxronizatsiyaning alohida zanjiri etalonga mos kelsa, unda sinxronizatsiyaning sifati yaxshi deb hisoblanadi.

Birlamchi etalon generator murakkab tizim boʻlib, uning signalini chastota moʻtadilligi juda yuqori. SRI tizimlarida bunday generatorlar sifatida tayanch elementi rubidiy va sezily lazerlarga ega boʻlgan qurilmalar qoʻllaniladi. 5.28-rasmda sinxronizatsiyaning etalon zanjiri koʻrsatilgan.



5.28-rasm. Sinxronizatsiyaning etalon zanjiri.

Sinxronizatsiya zanjirida generatorlar soni 60 dan oshmasligi lozim

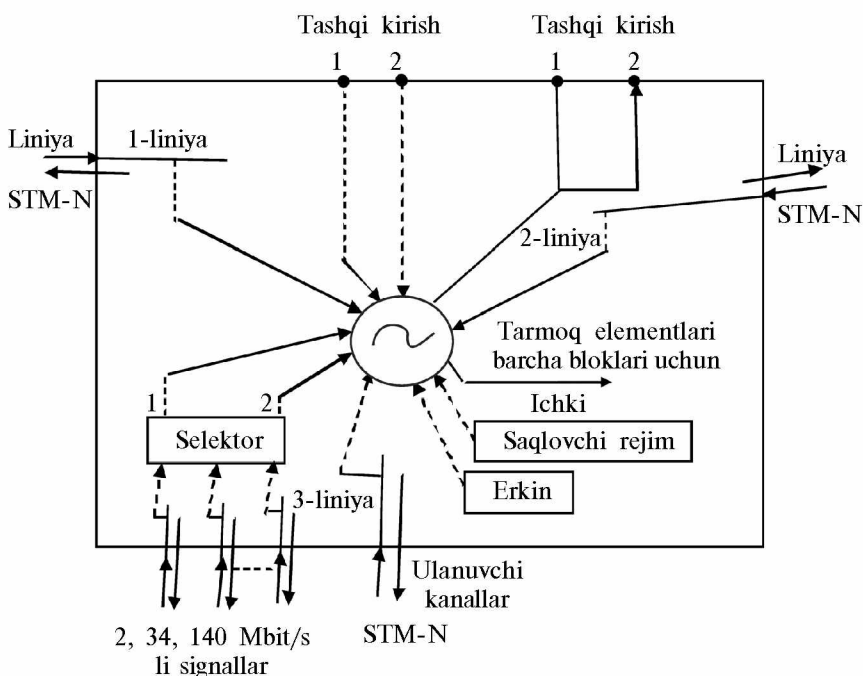
Ikkinchi sath generatorlari (sinxronizatsiyani taʼminlovchi bloklar, SSU), multipleksorlarga nisbatan tashqi qurilmalar hisoblanadi. Ular fazali fluktuatsiyalarning pasaytirilishini amalga oshiradi. Uchinchi sath generatorlari — multipleksor generatorlari (SEC yoki SETS) boʻlib, odatda, juda koʻp sinxrosignal manbalariga ulanishi mumkin. Multipleksor ge-

neratoridagi sinxrosignal interfeyslari taxminan quyidagilarni ko'rsatishi lozim:

Birinchidan, bir-biriga bog'liq bo'lmagan ikki tashqi kirish manbadan, masalan, birlamchi generatordan sinxrosignal olinishi mumkin.

Ikkinchidan, liniya signallari (STM-N)dan ajratib olinuvchi, bunday tayanch signallari multipleksorlarning liniya kirishlariga tushadi.

Uchinchidan, ulanuvchi signallardan ajratib olingan bu tayanch signali sinxron (STM-1) bo'lgani kabi, plezioxron (2, 34, 140 Mbit/s) hamdir.



5.29-rasm. Multipleksor generatorlarining sinxronizatsiya manbalari.

Agar barcha tashqi sinxrosignallar yo'qolsa, generator saqlash (hoilover) rejimiga o'tadi, ya'ni generator xuddi qotib qolganga o'xshaydi. Sinxrosignal yo'qolgan lahzadagi chastotadan erkin tebranuvchi chastotaga o'tishi nisbatan juda sekin amalga oshadi. Erkin tebranish rejimida signalning chastota mo'tadilligi generatorning shaxsiy kvars rezonatorida aniqlanadi. Multipleksor

generatori multipleksorning barcha bloklari uchun taktli signallar ishlab chiqaradi va tashqi chiqishlariga sinxrosignalni (masalan, tarmoq tuguni boshqa qurilmalarining sinxronizatsiyasi uchun) uzatishi mumkin. Sinxrosignal manbalariga loyiq bo'lgan har bir multipleksorda sinxrosignal proporsional aniqlangan. Masalan, 5.29-rasmda ko'rsatilgan generator uchun prioritet quyidagi tartibda belgilanishi mumkin: 1—tashqi kirish; 2—tashqi kirish; 1-liniya; 2-liniya; 3-liniya: 2, 34, 140 Mbit/s li signallar. Agar tashqi sinxronizatsiya manbasi oldindan imkoniyatga ega bo'lmasa, unda multipleksor generatori, kvarsli mo'tadillik (erkin tebranish rejimi)ka ega bo'lgan, bog'liq bo'lmagan generator singari konfiguratsiyalanadi.

MSOH multipleksorlash seksiyasi sarlavhasining S1 baytidagi 5—8 bitlarda berilgan STM-N ning shakllanishi uchun qo'llaniladigan, sinxrosignalning sifati Q sathini belgilovchi kod avtomatik holda kiritiladi.

Quyidagi 5.4-jadvalda shu kodlar keltirilgan.

5.4-jadval

Q sifat sathi	Kod	Qiymatlar
2	0010	Birlamchi etalon generator, PRC
3	0100	Ikkilamchi tranzit generator, TNC
4	1000	Ikkilamchi mahalliy generator, LNC
5	1011	Mahalliy generator (saqlash rejimidagi multipleksor generatori), SEC
6	1111	Sinxronizatsiya uchun qo'llanilishi
0	0000	Sifati noaniq
Kelgusida qo'llash uchun koderning boshqa qiymatlari		

Shuni ham hisobga olish lozimki, sifat sathi QO, odatda, oldin chiqarilgan qurilmalarga mos keladi (unda S1 baytlari hali aniqlanmagan).

Tayanch sinxronizatsiya manbalarini tanlash uchun quyidagi qoidalar qo'llaniladi:

1) barcha imkoniyatli manbalardan eng yuqori sifatli manba tanlanadi;

2) agar yuqori sifatli manbalar soni bir nechta bo'lsa, eng yuqori proporsiyaga ega bo'lgani tanlanadi;

3) avariya signali olingan manba Q6 sifat sathiga mos keladi. Bu S1 bittadagi kodga bog'liq emas;

4) berilgan multipleksor sinxronizatsiyasi uchun tayanch signal ajratib olinadigan, oqimga qarama-qarshi yo'naltirilgan oqimning S1 baytida Q6 sifat sathi belgilanadi.

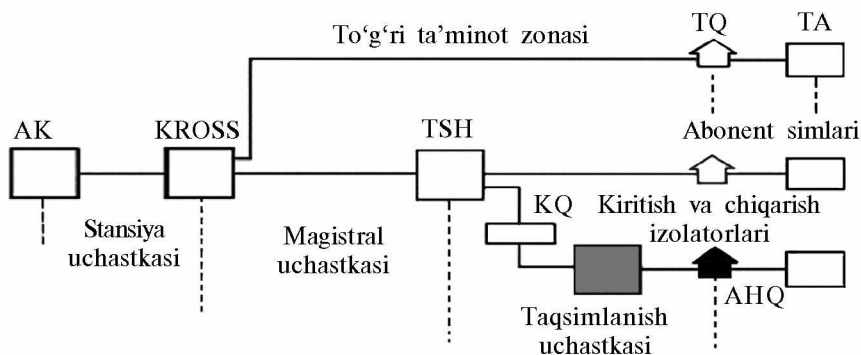
Nazorat savollari

1. Sinxron raqamli tarmoqlarning qanday qurilmalarini bilasiz?
2. Terminal multipleksorlarning vazifasi nimadan iborat?
3. Sinxron raqamli iyerarxiya regeneratrlarining vazifasi nimadan iborat?
4. Sinxron raqamli iyerarxiya kommutatorlar va konsentratorlarining vazifasi nimadan iborat?
5. Sinxron raqamli iyerarxiya vazifasi nimadan iborat?
6. Sinxron raqamli iyerarxiyaning qanday bazaviy topologiyalarini bilasiz?
7. IKMli RUTlarining iyerarxiyasi haqida ma'lumot bering.
8. IKMli raqamli uzatish tizimlarida raqamli oqimlar qanday birlashtiriladi?
9. Plezioxron raqamli iyerarxiyaning xususiyatlari nimadan iborat?
10. PDH da raqamli oqimlar qanday ajratib olinadi?
11. PDH ning kamchiligi nimadan iborat?
12. Multipleksorning vazifasi nimadan iborat?
13. SDH da raqamli liniya signallari qanday shakllanadi?
14. SDH da oqimlarni multipleksorlashning umumiy sxemasini tushuntiring.
15. SDH da yuqori tartibli raqamli oqimlar qanday olinadi?
16. Virtual konteyner (VC)larning vazifasi nimadan iborat?
17. Ma'muriy blok ko'rsatkich (AUR)larining vazifasi nimadan iborat?
18. Raqamli tarmoqlarda sinxronizatsiya qanday ahamiyatga ega?
19. Sinxrosignal manbalarining qanday asosiy parametrlarini bilasiz?
20. Generetor chastotasining aniqligi va mo'tadilligini tushuntiring.
21. TIE (vaqt oralig'i xatoligi) deganda nimani tushunasiz?
22. MTIE (vaqt oralig'ining maksimal xatoligi) deganda nimani tushunasiz?

23. VAR (vaqt bo'yicha variatsiya), TDEV (vaqt bo'yicha devyatsiya) deganda nimani tushunasiz?
24. Sinxronizatsiya tizimlarining qanday asosiy parametrlarini bilasiz?
25. Sinxronizatsiya signallarining mo'tadilligi qachon buziladi?
26. Jitter, vander qachon yuzaga keladi?
27. Sinxronizatsiya tarmog'i qanday tuziladi?
28. Birlamchi va ikkilamchi etalon generatorlarning vazifalari nimadan iborat?
29. Sinxronizatsiyaning etalon zanjirlari qanday tuziladi?
30. Tugun ichi (yulduzsimon) sinxronizatsiyasi qanday tashkil qilinadi?
31. E1 yuklama oqimidan STM-1 sinxron transport moduli qanday shakllanadi?
32. STM-N freymi qanday tuzilgan?
33. Seksiya sarlavhasi qanday tuzilgan va u qanday funksiyalarni amalga oshiradi?
34. AU ko'rsatkichning vazifasi nimadan iborat?
35. POH trakt sarlavhasining vazifasi nimadan iborat?

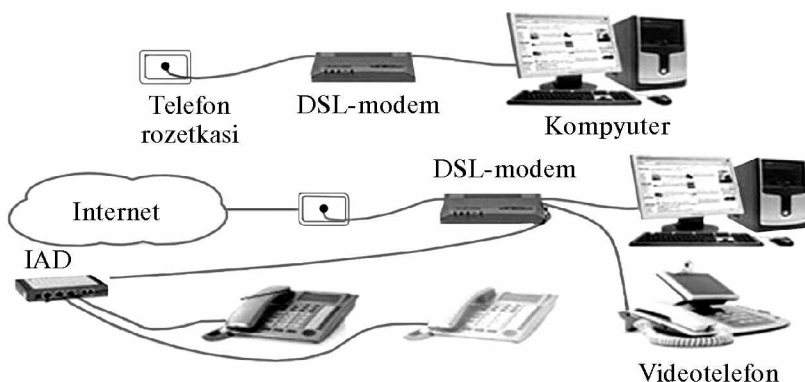
6.1. Abonent kirish tarmoqlari texnologiyalari ISDN, DSL, PON

Abonent kirish tarmog‘ining strukturasi 6.1-rasmda keltirilgan.



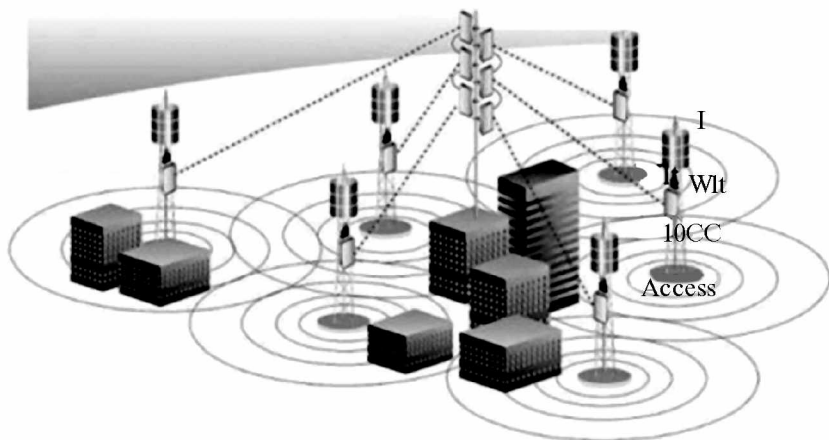
6.1-rasm. Abonent kirish tarmog‘i strukturasi.

AK – telefon stansiyasi abonent komplekti; TSH – taqsimlash shkafi;
KQ – kabellar qutisi; TA – telefon apparati; AHQ – abonentni
himoyalash qurilmasi.



6.2-rasm. Zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlariga turli
abonentlarni ulash strukturasi.

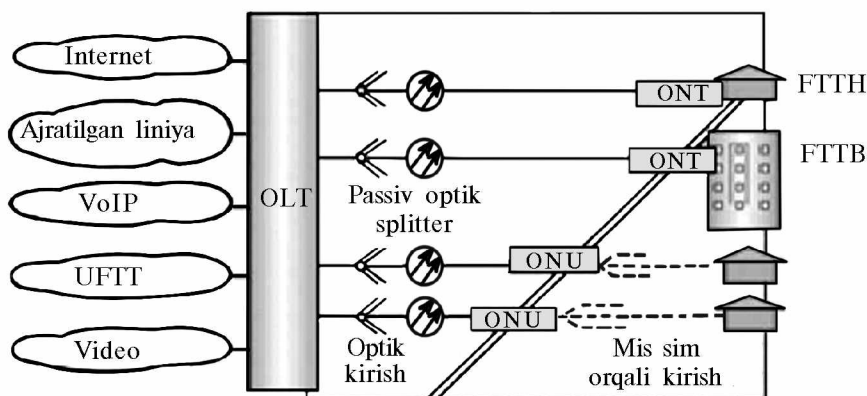
Simsiz abonent kirish tarmoqlari texnologiyalari radio va optik Ethernet ulanishlar asosidagi qator an'anaviy yechimlar umumiy polosani 10 Mbit/s gacha va yaqin kelajakda 50 Mbit/s gacha ta'minlay oladigan Wi-Fi (aloqa maks:100 metr), Wi-Max (aloqa maks: 50 km) texnologiyasi ommaviylashib bormoqda. GKRCH normativ hujjatlariga ko'ra 2,4–2,5 GHz, 3,4–3,5 GHz, 5,1–5,3 GHz va 5,6–6,4 GHz da ishlaydigan simsiz aloqani ta'minlashda uning radiusi, misol uchun, shahar aholisi 1 milliondan ortiq bo'lsa, stansiyaning aloqani ta'minlash radiusi 3 km dan oshmasligi kerak. Maksimum radiusda ishlash faqat aholisi 250 mingtagacha bo'lsa ruxsat etiladi. Avval aloqani 6–10 km ga endi hech qanday cheklanishsiz ta'minlash mumkin.



6.3-rasm. Simsiz abonent kirish tarmoqlari.

Elektr aloqa operatorlarining telekommunikatsion tarmoqlari bugungi kunda rivojlanish dinamikasining yuqori darajasi bilan xarakterlanadi. Har bir aloqa operatori foydalanuvchilar talablarini to'laroq qondirish yo'llarini izlash bilan shug'ullanmoqdalar. Umumiy foydalanish telefon tarmoqlaridan ma'lumotlarni uzatish, Internetga chiqishda foydalanish qaysidir ma'noda multiservislikni bildiradi. Agar multiservis tarmog'ini yagona mexanizm sifatida (6.5-rasm) tasavvur qilsak, xarakteristikalarini jihatidan uni uch toifa foydalanuvchilar talablaridan tashkil topgan ko'p sathli konstruksiya sifatida tasvirlash mumkin:

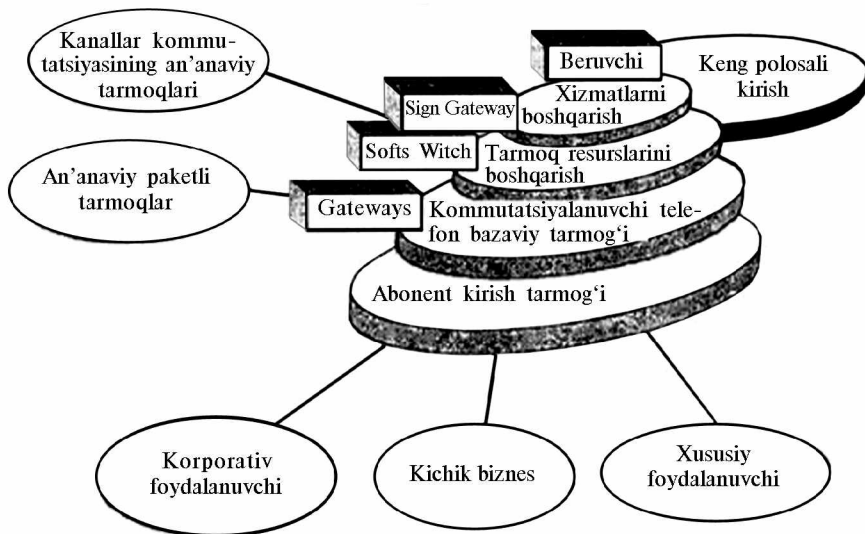
- korporativ foydalanuvchi;
- kichik biznes va xonadon ofisi (SOHO);
- xususiy foydalanuvchi.



6.4-rasm. Kirish tarmog'i topologiyalari.

Ushbu foydalanuvchilar jamlanmasi amalda xizmatlarning to'liq spektrini shakllantiradi, bunda aloqaning keng polosali xizmatlariga (audio, videokonferensiya, grafik ma'lumotlar, talab bo'yicha video va boshqalar) talabning oshish barqaror tendensiyasi kuzatilmoqda.

Telekommunikatsion texnologiyalar sohasidagi oxirgi yutuqlar simli, efir va optik uzatish muhitlar o'tkazuvchanlik qobiliyatlari sohalarida yangi qirralarini ochishiga qaramay, tarmoq rivojlanishini aniqlovchi omildir.



6.5-rasm. Multiservis tarmoqlari.

Multiservis tarmoqning eng muhim tashkil etuvchilaridan biri tarmoq resurslarini boshqarish (bazaviy tarmoq + kirish) sathidir. Resurslarni boshqarish vositalari bazaviy tarmoq, shuningdek, abonent kirishi ishlash jarayonida juda ham faol qatnashishi lozim, jumladan:

- tarmoq yashovchanligining ta'minlanishi, ortiqcha resurslarni boshqarish;
- tarmoq resurslari optimal yuklanishini tashkil etish (o'ta yuklanishlarni, navbatlarni, trafiklarni ko'chirish sifatini boshqarish);
- foydalanuvchi trafigi parametrlarini avtomatlashtirilgan nazoratlash va foydalanuvchilarga resurslarni ajratish;
- trafiklarni marshrutlash va tarmoq yagona ma'lumotlar bazasini yaratish;
- tarmoq resurslarini boshqarish bo'yicha tarmoq operatoriga keng ta'sir imkoniyatlarini berish;
- servis bo'yicha kelishishlarni yuritish (xizmatlarga obuna bo'lish, mijoz profilini o'zgartirish, foydalanuvchiga hisob varaqasini yozish va boshqalar).

Multiservislik prinsipi deyilganda foydalanuvchiga hamma turdagi servislarni, shu jumladan, an'anaviy bo'lib qolgan: telefon, elektron pochta va Internet servislarini taqdim etish tushuniladi, shuning uchun multiservis tarmoqlar strukturasida mos shluzlar, konvertorlar va signalizatsiya protsessorlari bo'lishi nazarda tutiladi.

Tarmoq yangi texnologiyalarining paydo bo'lishi telekommunikatsiyaning multimediasi, keng polosali kirish xizmatlari, trafikni yetkazish vaqti kafolatlangan xizmatlar va boshqalarni ta'minlovchi yangi terminlarning paydo bo'lishiga olib keldi. Astasekinlik bilan xorij adabiyotlarida Time Warner Full Service Network (FSN) termini shakllandi, so'zma-so'z aytganda bu trafikni o'z vaqtida yetkazmaslik (kechiktirish) orqasida sifat pasayishining oldini oladigan to'liq servisli tarmoqlarni bildiradi. Multiservis tarmoqlar — bu turli xil trafiklar ma'lumotlarini uzatish uchun yagona kanaldan foydalanadigan infratuzilmadir. Multiservis tarmoqlar yagona texnologik asosda (xizmatlar konvergentsiyasi prinsipi) turli xizmatlar to'plamini foydalanuvchilarga yetkazishni ta'minlaydi. Multiservis tarmoqlar foydalanuvchilarga telekommunikatsiya xizmatlarining to'liq spektrini, kompyuter ma'lumotlarini, telemetrik axborotlarni uzatishdan, xususiyl lokal tarmoqlarni birlashtirish, multimedia

kontentini: IP – telefoniya, videokonferens aloqaning audio vizual oqimlari, interfaol va eshittirish televideniyesini uzatishgacha, taqdim etadi.

Multiservis tarmoqlar – taqsimlangan va lokal bo‘ladi. Taqsimlangan multiservis tarmoqlar – hududiy uzoqlashgan bo‘linmalar bilan korporativ tarmoq bo‘lib, bo‘linmalar bilan aloqa operator infratuzilmasidan foydalanib amalga oshiriladi. U o‘z tarkibiga tashkilotlar bo‘linmalarining lokal tarmoqlarini kiritadi. Lokal multiservis tarmoqlar bitta yoki bir nechta binolarda joylashgan va xususiy ajratilgan katta o‘tkazuvchan qobiliyatli (100 Mbit/s dan) kanallar bilan o‘zaro bog‘langan tarmoqdir.

6.2. Multiservis tarmoqlar

Multiservis tarmoqlar quyidagilarni amalga oshirish uchun qo‘llaniladi:

- oxirlanma qurilmalar orasida fayllarni uzatish uchun;
- «mijoz-server» arxitekturasini ilovalarining ishlashini ta‘minlash uchun;
- tashkilotning yagona telefon tarmog‘ini qurish uchun.

Multiservis tarmoqlardan foydalanish quyidagilarga imkon beradi:

- axborot infratuzilmasini qo‘llash xarajatlarini kamaytirishga;
- xizmatchilar mehnati unumdorligini oshirishga;
- tarmoq ishonchliligini oshirishga;
- shaharlararo telefon so‘zlashishlarga xarajatlarni kamaytirishga;
- aloqa kanallari ijarasiga xarajatlarni kamaytirishga;
- qo‘shimcha xizmatlarni taqdim etishga;
- operator raqobatbardoshligini oshirishga.

Multiservis tarmoqlarini qurish prinsipi. Multiservis tarmoqlarini loyihalashtirish taqdim etiladigan xizmat turlarini aniqlashdan boshlanadi, so‘ngra quriladigan tarmoqning texnologiyasi tanlanadi. Zamonaviy transport magistrali quyidagi talablarga javob berishi lozim:

- masshtablilik, jadallik bilan o‘tishni hisobga olgan holda tarmoq rivojlanishini ta‘minlash;
- ma‘lumotlarni yuqori tezlikda uzatish;
- boshqaruvchanlik;

- ishonchlilik va rezervlash imkoniyati;
- axborot xavfsizligi;
- zaruriy o'tkazuvchanlik polosasini ta'minlash;
- mijozlarga xizmat ko'rsatish zaruriy sifatini ta'minlash.

Magistral tarmoqning muhim xarakteristikasi uning uzunligidir. Tarmoq texnologiyalari va variantlarini tanlashda iqtisodiy samaralikka jiddiy e'tibor berish kerak. Bugungi kunda bazaviy magistral texnologiyalar quyidagilardir: DWDM, SDH, ATM, POS (Packet Over SONET), DPT (Dynamic Packet Transport), Fast/Gigabit Ethernet.

Kirish tarmog'ini to'g'ri tanlash muhim ahamiyatga ega, chunki bu tarmoqqa sarmoyaning katta qismi jalb qilinadi. Kirish tarmog'ida quyidagi kirish texnologiyalari qo'llaniladi: xDSL (HDSL, ADSL, VDSL va boshqalar), PON (passiv optik tarmoqlar), HFC (gibrid tolali-koaksial tarmoqlar, kabel modamlari), LMDS/MMDS (radiokirish), IK-aloqa (simsiz optik aloqa), Ethernet/Fast Ethernet.

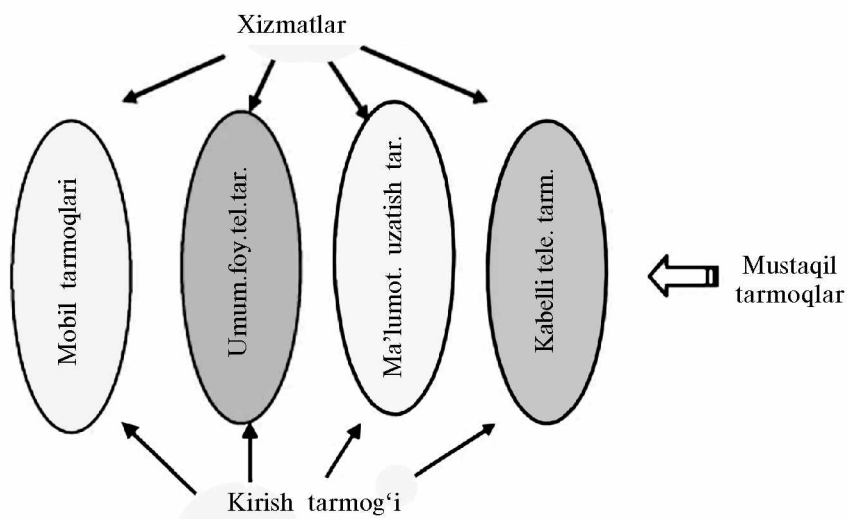
6.2.1. NGN – keyingi avlod tarmoqlari

NGN – keyingi avlod tarmoqlari asosiy konsepsiyasiga ko'ra quriladigan yangi tarmoq universal bo'lish g'oyasi ilgari suriladi. Shu sababli NGN-tarmoqlari yangi xizmatlarni ko'rsatishga moslashgan tarmoq hisoblanib, uning yadrosini IP-tarmoqlari tashkil etadi va uning yordamida multimedia trafiklariga (tovush xabar va video) sifatli xizmat ko'rsatish ta'minlanadi. Demak, NGN-tarmoqlari yangi xizmatlarni konvergensiylash prinsiplarini bajarishi, hamma mavjud xizmat ko'rsatish ilovalariga va ishonchli yangi xizmatlar va tarmoqdagi o'zgarishlarga moslasha oladigan tarmoq bo'lishi kerakligi talab etiladi.

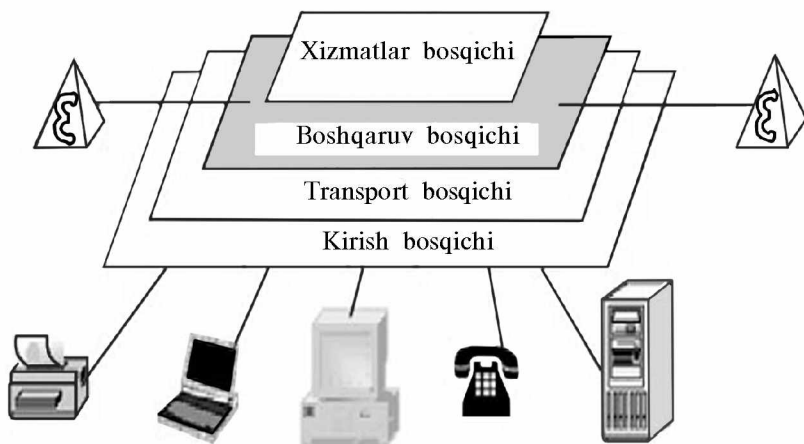
NGN-tarmoqlari asosiy konsepsiyasining prinsiplari:

- xizmat ko'rsatishni ko'chirish va kommutatsiyalash;
- hamma NGN-tarmoqlarida chaqiruvlarga xizmat ko'rsatish jarayonlarini xizmat ko'rsatish jarayonlaridan ajratish va boshqarishdan iborat.

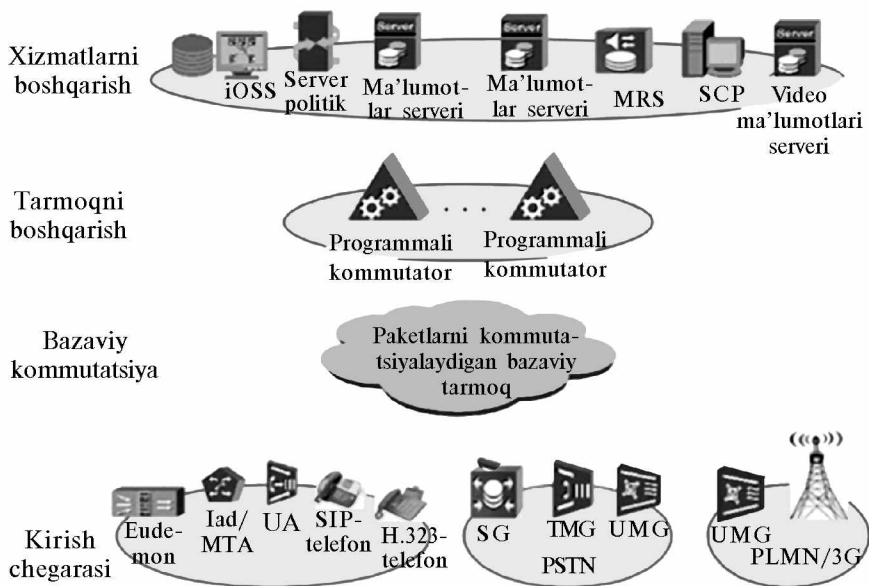
NGN-tarmoqlari asosiy konsepsiyasi prinsiplariga ko'ra yangi tarmoqlar to'g'risidagi asosiy qarashlarni 6.6-rasmdagi ko'rinishda tasvirlash mumkin.



6.6-rasm. Zamonaviy telefon tarmoqlari.



6.7-rasm. An'anaviy tarmoqlar.



6.8-rasm. Tarmoqning umumiy tuzilishiga misol.

6.3. Aloqa tarmoqlarida qo'llaniladigan zamonaviy texnologiyalar

6.3.1. WDM texnologiyalarining qo'llanilishi

Tolali optik tarmoqlar, SDH/SONET iyerarxiyasini qo'llagan holda uzatish tezliklarini oshirish bo'yicha rivojlandi. Natijada kam kanalli uzatish tezliklaridan, tezligi 155 Mbit/s bo'lgan sinxron raqamli iyerarxiyaning STM-1 tizimiga, undan keyin tezligi 622 Mbit/s bo'lgan STM-4 tizimiga va tezligi 2,5 Gbit/s bo'lgan STM-16 tizimiga o'tish amalga oshdi. Jadallik bilan rivojlanish zaruriyati Internet trafiklariga, ya'ni uning xizmat turlariga bo'lgan qiziqish bilan bog'liqdir. Internet tarmoqlariga ulanuvchi kanallar hajmining oshishi, o'z navbatida, foydalanuvchilarga multimedialardan foydalanish imkonini beradi. Bu esa tarmoqqa ulanuvchi operatorlarning sonini oshirishga majbur qiladi va natijada kanallar soni singari ularning uzatish tezliklari ham oshadi. Bunday tezliklardan foydalanish uchun STM-64, STM-256 texnologiyalari yaratildi. Lekin ma'lumotlarni uzatish hajmining yanada oshishi va mavjud bo'lgan optik tolalar orqali o'tkazuvchanlik xususiyatining tez to'lishi yana muammolarni yuzaga keltirdi.

Aloqa sohasida axborotlarni uzatish tezligini oshirish nuqtayi nazaridan talablarning oshishi, shuningdek, yangi regionlarni qamrab olishi yangi optik tolali texnologiyalarni, ayniqsa, kanallarni to'ldin bo'yicha multipleksorlovchi (zichlovchi) WDM va DWDM deb ataluvchi texnologiyalarning yaratilishiga olib keldi (WDM — wavelength division multiplexing). To'ldin uzunligi bo'yicha ajratishga ega bo'lgan multipleksorlash, DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) — to'ldin uzunligi bo'yicha ajratishga ega bo'lgan zich multipleksorlash ma'nosini anglatadi).

Bunday texnologiyalar, tolali optik kanallarning va aloqa tarmoqlarining o'tkazuvchanlik qobiliyatini yuz martagacha oshirish imkonini beradi. So'nggi yillarda ularni vaqtli zichlashtiruvchi texnologiya (TDM)lar bilan birgalikda qo'llash orqali, bitta optik tola bo'ylab axborotlarni uzatishni terabit tezligigacha yetkazish mumkin.

Yotqizilgan kabellar bo'yicha tolaning optik o'tkazuvchanlik xususiyatini ikki usul orqali oshirish mumkin: kanalning uzatish tezligini anchagina tez vaqtli zichlashtirishni qo'llash hisobiga yoki WDM-texnologiyalarini qo'llab, bir optik tola bo'ylab signallarni uzatishni amalga oshiruvchi to'ldinli kanallarning sonini oshirish hisobiga.

Birinchi variantni qo'llash, sinxron raqamli iyerarxiya (SONET/SDH) tizimlari qo'llaniladigan uzoq masofali aloqa tarmoqlarida bir qancha qiyinchiliklar bilan bog'liq, ya'ni uzatish tezligi 40 Gbit/s dan yuqori bo'lgan oxirgi apparaturalarning zudlik bilan qimmatlashishiga olib keladi. Hozirgi vaqtda amalda axborotlarni uzatish tezligi 10 Gbit/s tezlikka ega bo'lgan TDM kanallari qo'llanilmoqda. 40 Gbit/s tezlikli TDM kanallarini qo'llashni ta'minlovchi apparaturalar yaratilmoqda va takomillashtirilmoqda. Bundan tashqari, ko'pgina hollarda yotqizilgan optik tolalar 10 Gbit/s dan yuqori bo'lgan tezlikda axborotlarni uzatish imkonini bermaydi, chunki uni yotqizishda tolali optik kabel tarkibida, axborotlarni bunday uzatish tezligida tolada yuzaga keladigan bir qator ta'sirlar nazarda tutilmagan.

Birinchidan, tolada, yorug'lik impulslarining kengayishiga olib keluvchi dispersiyaning mavjudligi axborot uzatish tezligining chegaralanishiga olib keladi. Bir modali optik tolalarda to'liq holdagi dispersiya, xromatik va polarizatsion-modali dispersiya (PMD) lardan iborat. Xromatik dispersiya qiymatini teskari ishorali dispersiyaga ega bo'lgan bir bo'lak tolani liniyaga ulash yo'li bilan

kamaytirish mumkin. PMD qiymati, texnologiyalarning takomillashmaganligi tufayli yuzaga keluvchi, tasodifiy xarakterga ega bo'lgan, dumaloq shakldagi yorug'likni o'tkazuvchi tola ko'ndalang kesimining og'ishi bilan bog'liq. Shuning uchun ham doimiy ravishda dispersiyani kompensatsiyalash imkoni bo'lmaydi.

Ikkinchidan, uzatish tezligining oshishi bilan foto qabul qiluvchi qurilmalarning sezuvchanligi va yorug'lik signallarining eltuvchisini axborotli signallar bilan modulatsiyalash chuqurligi pasayadi, natijada signalning shovqinga bo'lgan nisbati ham kamayadi. Bunday ta'sirlarni kompensatsiyalash uchun qo'shimcha ravishda optik signal kuchaytirgichlari va regeneratorialari o'rnatiladi. Bularning barchasi optik apparaturalarning murakkablashishiga va narxining oshishiga olib keladi.

Tolali optik aloqa liniyalari bo'yicha axborotlarni uzatish tezligi yoki axborot hajmini oshirishning boshqa yo'li ham mavjud. Bu to'lqinlarni multipleksorlash, ya'ni WDM-texnologiyasini qo'llashdir. WDM qo'llaniladigan tizimlar bir vaqtning o'zida keng spektrdagi optik nurlanishlarni o'tkazuvchi optik tola xususiyatiga yoki interferensiyalanmaydigan va o'zaro bog'lanmagan to'lqin uzunliklarining juda katta majmuasiga asoslangan. Har bir to'lqin uzunligi yoki shu spektrning to'lqin uzunligining aniq bir diapazoni tola bo'ylab axborotlarni uzatuvchi o'zaro bog'liq bo'lmagan optik kanal bo'lib xizmat qiladi. Hozirgi vaqtda qo'shni to'lqinli kanallarning to'lqin uzunligi juda kichik nanometrlarni tashkil etadi.

Oxirgi yillarda bunday texnologiyalarning rivojlanishi dupleks rejimda (bir vaqtning o'zida ikki tomonlama yo'nalishda) bir tola bo'ylab bir-biriga bog'liq bo'lmagan yuzlagan optik kanallarni uzatuvchi tolali optik tizimlarni va tarmoqlar yaratish imkonini berdi.

WDM texnologiyasining afzalligi:

- kanallar o'tkazuvchanlik qobiliyatining yuqoriligi;
- ma'lumotlarni uzatish tezligining yuqoriligi;
- bitta optik tola orqali trafiklarni ikki tomonlama uzatish imkonining mavjudligi;
- tor oraliqli yarim o'tkazgichli lazerlardan foydalanish imkoniga egaligi (spektrning nurlanish kengligi 0,1 nm);
- keng polosali kuchaytirgichlardan va yaqin kanallarni ajratishda optik filtrlardan foydalanish imkoniyati;
- qo'llaniladigan multipleksor va demultipleksorlar narxining arzonligi.

WDM texnologiyasi kamchiliklari:

- yaqin chastotalarni qoʻllaganda DWDM tizimlarining eng qimmatbaho elementlaridan biri boʻlgan, ishlab chiqaradigan nurlarning yuqori moʻtadilli toʻlqin uzunligi boʻlishini taʼminlovchi tor oraliqli yarim oʻtkazgichli lazerlarni talab qilishi;
- multipleksor/demultipleksorlarda signal quvvatlarining zaiflashishi;
- koʻp hollarda WDM qurilmalari va vaqtli multipleksorlash qurilmalari ishchi toʻlqin uzunliklarining mos kelmasligi;
- kommutatsiya tugunlari sifatining pastligi;
- sanoat standartlarining mavjud emasligi;
- maʼlumotlarni uzatishda turli texnologiyalarning maʼlumotlarini multipleksorlash lozimligi tufayli boshqarish muammolarining yuzaga kelishi;
- bir nechta tashuvchilarni bir vaqtda uzatish nafaqat signalning zaiflashishiga, balki uning buzilishiga va boshqa kanallar signallarining oʻtishiga ham olib keladi.

Hozirgi paytda WDM maʼlumotlarni uzatuvchi analog tizimlar kabi optik sinxron tizimlarda ham toʻlqin boʻyicha multipleksorlash (FDM) vazifasini oʻtaydi. Shu sababli WDM tizimlari, chastota boʻyicha optik multipleksorlovchi (OFDM) tizimlar nomini oldi. Lekin bunday texnologiyalar bir-biridan keskin farq qiladi. FDM da bir yon chastota oraligʻiga ega boʻlgan amplitudaviy modulyatsiyalash mexanizmi qoʻllaniladi. OFDM modulatsiya mexanizmidan esa eltuvchi chastotalar alohida manbalar (lazerlar)da ishlab chiqiladi.

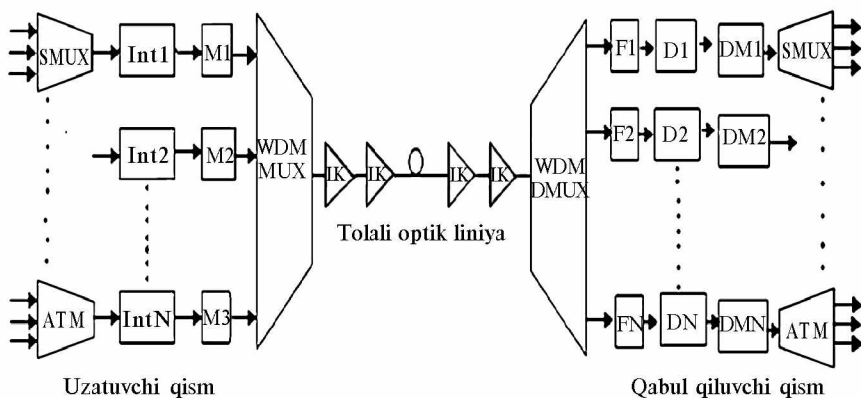
Bunday signallar bitta koʻp chastotali signalga multipleksorlar yordamida birlashtiriladi. Uning har bir tashkil topuvchisi (eltuvchisi) turli sinxron texnologiyalar qonuni boʻyicha shakllangan raqamli signallarning oqimlarini, masalan, bitta eltuvchi ATM trafikni, boshqasi SDH ni, uchinchisi esa PDH ni uzatishi mumkin. Buning uchun eltuvchi, uzatuvchi trafikka mos keluvchi raqamli signal bilan modulatsiyalanadi.

6.9-rasmda WDM tizimining blok sxemasi koʻrsatilgan.

Tizimning uzatuvchi qismi turli manbalardan N maʼlumotlar oqimi (tashuvchining toʻlqin uzunligiga ega boʻlgan kodlangan raqamli impulslar raqamli ketma-ketligi)ni qabul qiladi.

Bunday oqimlar mos keluvchi interfeyslarda (Int) qayta ishlanadi va optik modulatorlar (M) yordamida modulatsiyalanadi. Toʻlqin uzunligiga ega boʻlgan modulatsiyalangan optik tashuvchilar WDM MUX multipleksorlari yordamida modulatsiyalanadi va

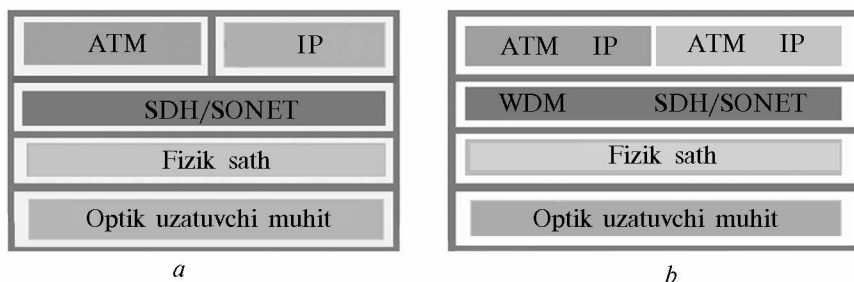
kuchaytiriladi. Undan keyin esa chiqishdagi agregat oqimlar tolaga uzatiladi. Qabul qiluvchi qismda tola chiqishidan oqim qabul qilinadi va kuchaytiriladi, demultipleksorlanadi, ya'ni to'liqin tashuvchiga ega bo'lgan oqimlarga ajratiladi, detektorlanadi (D), kirishdagi filtr (F) esa o'zaro o'tuvchi shovqinlarni kamaytirish va detektorlashda shovqin bardoshlikni oshirish uchun qo'llaniladi va DM yordamida demodulatsiyalanadi, ya'ni chiqishda kodlangan boshlang'ich impulslar ketma-ketligi hosil bo'ladi.



6.9-rasm. WDM tizimining tuzilish sxemasi.

Transport texnologiyalari bilan WDM modelining o'zaro bog'lanishi

Quyidagi 6.10-rasmda WDM texnologiyasi yaratilgunga qadar va WDM texnologiyasi yaratilgandan keyingi transport texnologiyalarining o'zaro bog'lovchi modellari ko'rsatilgan.



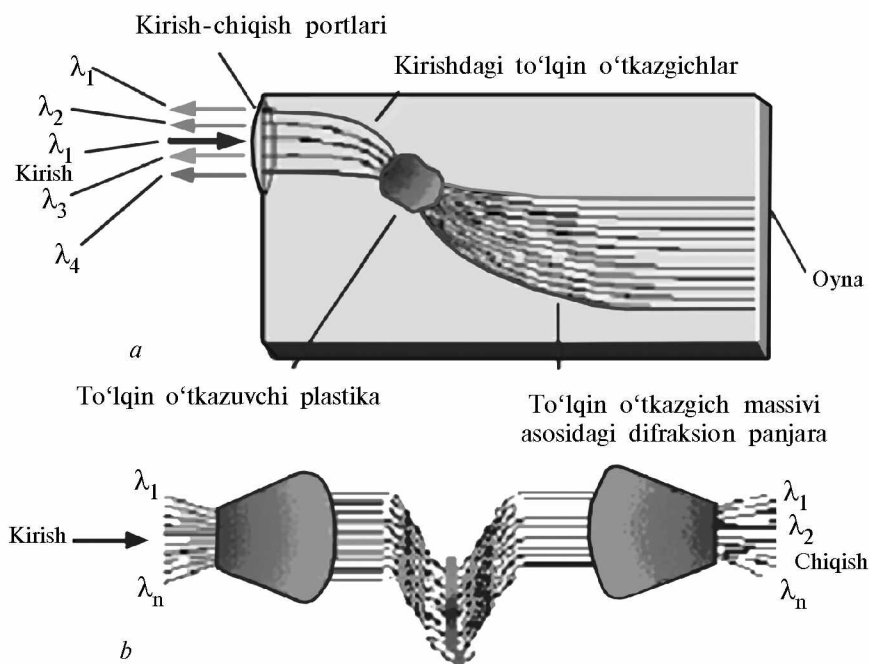
6.10-rasm. Asosiy transport texnologiyalari modelining o'zaro bog'lanishi: *a* — WDM texnologiyasi yaratilgunga qadar; *b* — WDM texnologiyasi yaratilgandan keyin.

WDM texnologiyasigacha bo'lgan model, uch sathdan va uzatish muhitidan iborat bo'lgan va yuqori sathning (ATM, IP) trafiklarini optik uzatuvchi muhit orqali transportlashtirish uchun SDH/SONET interfeyslarini qo'llagan holda transport modullariga inkapsulatsiya qilinishi lozim edi. WDM tizimlari yaratilgandan keyin esa uzatish muhiti hisobga olinmagan, uch yoki to'rt sathdan iborat bo'ldi. Natijada xuddi SDH/SONET kabi WDM ning oraliq sathi paydo bo'ldi.

Bunday sathni fizik interfeys ta'minlaydi va u fizik sath orqali nafaqat SDH/SONET texnologiyalariga, balki ATM va IP texnologiyalariga ham optik uzatuvchi muhit orqali o'tishni ta'minlaydi.

Bunday WDM texnologiyasi ATM yacheykalarini va IP paketlarini inkapsulatsiyalashni talab qiladi. Bu esa, o'z navbatida, katta ishlash protsedurasini, trafiklarni transportlashtirishni, shuningdek, sarlavha uzunligini yetarli darajada kamaytirishni va trafiklarni uzatish sifatini oshirishni ta'minlaydi.

Quyidagi 6.11-rasmda WDM da multipleksorlash sxemasi ko'rsatilgan.



6.11-rasm. WDM da multipleksorlash jarayoni.

Multipleksorlar va demultipleksorlar, umuman olganda, passiv qurilmalar hisoblanadi. Uning ishi to'liq uzunligi sezuvchanligiga bog'liq bo'lgan uchta omil bilan xarakterlanadi:

- 1) burchakli dispersiya;
- 2) interferensiya;
- 3) selektiv yutilish.

6.11-rasmda multipleksor/demultipleksorlar bir-biridan to'liq o'tkazuvchi plastinalar soni bilan farq qiladi. 6.11-*a* rasmda yorug'lik kanallarining yig'indisi (tushayotgan signal) kirishdagi to'liq o'tkazgich orqali to'liq o'tkazuvchi plastinaga tushadi. Undan keyin esa difraksion panjara ko'rinishidagi juda ko'p yorug'lik o'tkazgichlarga bo'linadi. Bunda har bir optik kanal yorug'lik o'tkazgich ko'rinishida tasvirlanadi, keyin esa bu signallar oyna yuzasida aks qaytadi va ularning interferensiyasi to'g'rilovchi, to'liq o'tkazuvchi plastinkaga tushadi. Bu yerda turli to'liq uzunliklariga mos keluvchi muhitda maksimumlar hosil bo'ladi. Maksimumlarning muhitli ko'chirilishi alohida optik kanallarni kiritish-chiqarish uchun mo'ljallangan. Kirishdagi to'liq uzunligi o'tkazgichlarning qo'yilishiga bog'liq. Multipleksorlash jarayonida xuddi shu to'liq o'tkazgichlar alohida optik kanallarni kiritish uchun xizmat qiladi. 6.11-*b* rasmda juft to'liq o'tkazuvchi plastinalarning qo'llanilishi, ular bajaradigan funksiyalar bilan farqlanadi. Bu yerda fokuslash, kanallarni ajratish, alohida plastinalarda amalga oshadi. Multipleksorlar va demultipleksorlar passiv qurilmalar bo'lganligi sababli ma'lum bir miqdorda signalni zaiflashtiradi. Bu qurilmalardagi yo'qotish 10–12 dB ga yetadi, shuning uchun bunday yo'qotishlarni to'g'rilash maqsadida ularni optik kvant kuchaytirgichlar bilan ta'minlash lozim.

WDM sinflari

WDM multipleksorlari uch turga bo'linadi:

- odatdagi WDM;
- zichlashgan WDM;
- yuqori zichlashgan WDM.

Shu paytgacha bunday multipleksor turlarining orasida aniq bir bo'lingan chegara yo'q edi, lekin Alcatel kompaniyasi mutaxassislari tomonidan WDM tizimlarini qayta ishlash uchun ayrim chegaralar mavjud va G.692 standarti bo'yicha «to'liq rejasi yoki chastotaviy reja» deb ataluvchi kanal rejasi bilan bog'liq. Shunga bog'liq holda to'liqlik yoki chastotaviy kanal rejasining shkalasi qo'llaniladi. Ularga quyidagilar kiradi:

- 200 GHz dan kam bo'lmagan kanallarni chastotaviy ko'chiruvchi WDM tizimlari, ular 16 dan ko'p bo'lmagan kanallarni multipleksorlash imkonini beradi;
- 100 GHz dan kam bo'lmagan kanallarni chastotaviy ko'chiruvchi DWDM tizimlari, ular 64 dan ko'p bo'lmagan kanallarni multipleksorlash imkonini beradi;
- 50 GHz dan kam bo'lmagan kanallarni chastotaviy ko'chiruvchi HDWDM tizimlari, ular 64 dan ko'p bo'lmagan kanallarni multipleksorlash imkonini beradi.

6.3.2. DWDM texnologiyasi

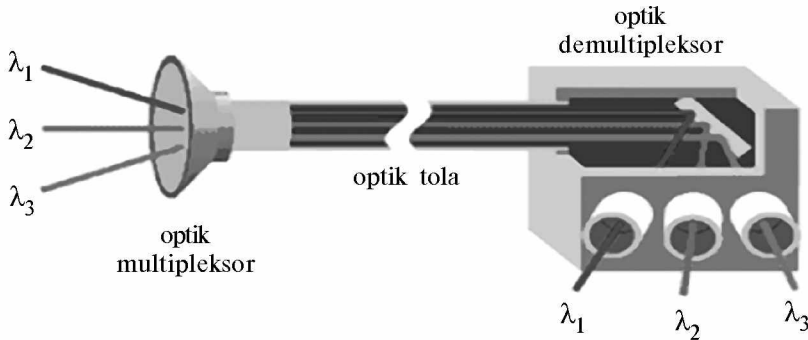
Telekommunikatsiyaning odatdagi texnologiyasi bir optik tola bo'yicha bitta signal uzatish imkonini beradi. To'liqlik yoki optik zichlashtirish usullarining ma'nosi shundan iboratki, bunda bitta tola bo'ylab SDH ning juda ko'p alohida signallarini uzatishni amalga oshirish mumkin va shunga mos holda aloqa liniyasining o'tkazuvchanlik qobiliyati ham oshadi. Bunday texnologiya to'liqlarni yuqori zichlashtiruvchi texnologiya tarkibiga kiradi va bu AT&T kompaniyasi tomonidan yaratilgan.

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) — transport texnologiyasi bitta optik juftlik orqali uncha katta bo'lmagan tezlikni ta'minlaydi. Bunga yuqori tezlikli to'liq uzunligini multipleksorlash orqali erishiladi. Bunda har bir optik juftlik orqali bir-biriga bog'liq bo'lmagan bir necha oqim uzatiladi va ularning har biri o'zining optik diapazoniga ega. Bunday qurilma $16 \div 128$ kanalni qo'llash imkoniga ega va uning har birida shaffof holdagi tezligi 100 Mbit/s dan 100 Tbit/s gacha bo'lgan axborotli oqimlarni uzatish mumkin.

DWDM magistrallarini qurishda yuqori tezlikli abonentni ulovchi interfeyslarga ega bo'lgan DWDM multipleksorlarini qo'llash lozim. Multipleksorlar orasidagi masofa 100 km ni, regeneratrlar orasidagi masofa esa 500÷600 km va undan ko'pni tashkil qiladi. Mustahkam DWDM tarmoqlarini qurish uchun esa Add-Drop (OADM) (kirish-chiqishni ta'minlovchi) multipleksorlari qo'llaniladi va bunday optik sathdagi DWDM magistrallari (optik signalni elektrik signalga o'zgartirmasdan) tarqaluvchi optik transport tarmog'ini tashkil qilish imkonini beradi. Bunday texnologiya yordamida bitta optik tola orqali 2 Gbit/s li 10 ta kanalni zichlash mumkin. Bunda yorug'lik oqimlari turli to'liq

uzunliklarida uzatiladi, ya'ni bir tola bo'ylab yuzlagan standart kanallar (160 tagacha to'liq uzunlik)ni uzatish mumkin.

DWDM ning prinsipial sxemasi juda oddiy. Bunday texnologiyada bir tola orqali SDH ning bir nechta optik kanalini uzatish uchun signallarning optik to'liq uzunliklari o'zgartiriladi, multipleksor yordamida ular aralashtiriladi va optik liniyaga beriladi, qabul qiluvchi punktda teskari jarayon amalga oshadi. 6.12-rasmda optik multipleksor va optik demultipleksor ko'rsatilgan.



6.12-rasm. Optik multipleksor va optik demultipleksor.

Bunday texnologiya turli to'liqlar oqimini ajratib olish uchun maxsus aniqlikka ega bo'lgan qurilma bilan ta'minlangan. Optik toladan o'tganda signal so'nganligi tufayli ularni kuchaytirish uchun optik kuchaytirgichlardan foydalaniladi. Bu esa ma'lumotlarni optik signaldan elektrik signalga o'zgartirmasdan 4000 km gacha uzatish imkonini beradi.

DWDM tarmoqlari quyidagi asosiy afzalliklarga ega:

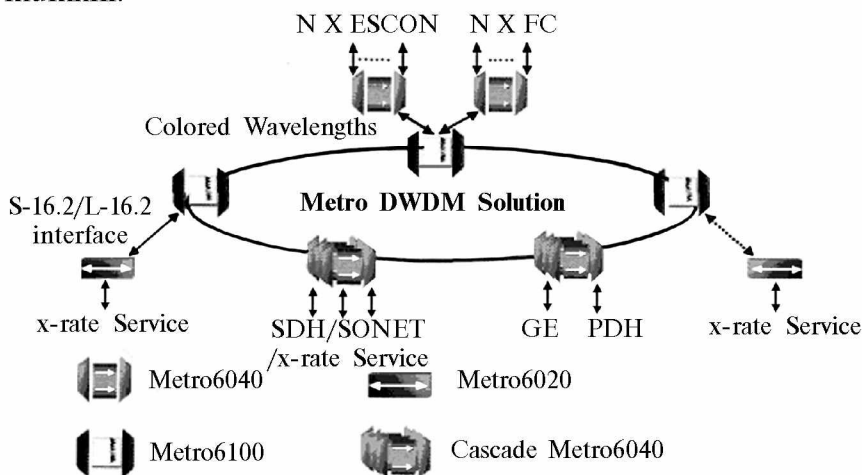
- uzatish tezligining yuqoriligi;
- halqa topologiyasi asosida 100 % li zaxirani ta'minlash imkoniyati;
- optik toladagi kanallarning shaffofligi tufayli kanal sathida har qanday texnologiyani qo'llash imkonini;
- optik magistraldagi kanallar sonini soddagina oshirish imkonini.

Shahar sharoitida DWDM ni qo'llash, asosan, Metro DWDM deyiladi. Bunday usul trafiklarning himoyasi, ishonchli mexanizmlardan qilingan halqali konfiguratsiyada qo'llaniladi. Iloji boricha tugunlarning narxi uncha katta bo'lmagan 12 ta to'liq uzunligini ajratishga mo'ljallangan OADM multipleksorlaridan

foydalaniladi. Biror tugundan boshqa tugunga axborotlarni uzatish uchun o‘zaro bir-biri bilan bog‘langan bir necha oraliq tugunlardan foydalaniladi. Bunday texnologiyalarni qo‘llash orqali:

- «nuqta-nuqta» va «halqa» topologiyasi asosida milliy masshtabdagi operatorlarning yuqori tezlikli transport tarmoqlarini yaratish;

- turli protokollardan foydalaniladigan va yuqori uzatish tezligini talab qiluvchi juda ko‘p foydalanuvchilar qo‘llashga mo‘ljallangan quvvatli shahar transport magistralini yaratish mumkin.



6.13-rasm. Metro DWDM qurilmalarining tarmoqda qo‘llanilishi.

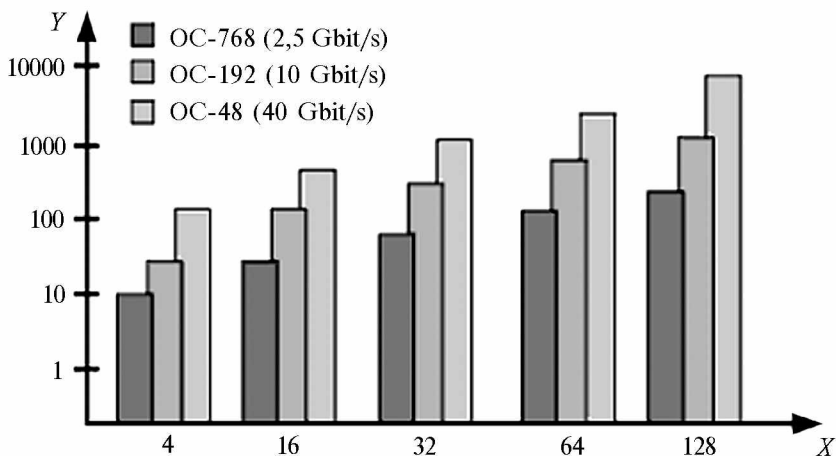
DWDM qurilmalari 4 ta asosiy tugunga bo‘linadi:

- optik terminal multipleksor (Optical Terminal Multiplexer – OTM);
- regenerator (Regenerator – REG);
- optik kuchaytirgich (Optical Line Amplifier);
- kirish-chiqishli optik multipleksor (Optical Add Drop Multiplexer – OADM).

Optik terminal multipleksor oxirgi stansiyalarda joylashtiriladi va turli tizimlarning signallarini to‘lqinli zichlashni amalga oshiradi:

- optik kuchaytirgich signalni kuchaytiradi;
- optik regenerator guruhli signalning shaklini qayta tiklaydi, jitterni pasaytiradi va signalning shovqinga nisbatini yaxshilaydi;
- kirish-chiqishli multipleksorlarda, asosan, optik kanallarni kiritish va chiqarish amalga oshiriladi.

Quyidagi rasmda, axborotlarni uzatuvchi standart sinxron tarmoqlar va har bir kanalning axborot hajmi 2,5 Gbit/s, 10 Gbit/s va 40 Gbit/s bo'lgan sinxron optik tarmoqlar (SDH/SONET)da DWDM-texnologiyasini qo'llash hisobiga tolali optik aloqa liniyalarining o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish imkoniyati qarab chiqilgan.



6.14-rasm. Optik tola bo'ylab uzatiladigan axborotning har bir kanaldagi uchta tezligi uchun multipleksorlanadigan spektral kanallarning soniga bog'lanishi.

Bu yerda: X – spektral kanallar soni; Y – bitta tola bo'ylab axborotlarni uzatish tezligi.

Rasmdan ko'rinib turibdiki, DWDM-texnologiyasi optik tolaning faqat bitta shaffof darchasida tolali optik kanalning o'tkazuvchanlik qobiliyatini bir necha Tbit/s gacha oshirishi mumkin.

6.3.3. CWDM texnologiyasi

CWDM tizimlari odatdagi WDM tizimlariga nisbatan ancha qo'pol, ya'ni 20 nm chastotalar to'rida qo'llaniladi. Agar 8 tadan ortiq WDM kanallari talab qilinsa, unda qimmatbaho DWDM tizimlarining o'rni almashtiruvchi sifatida qaraladi.

Bunday tizimlar, birinchi navbatda, shahar tarmoqlarida yoki «Metro» (ya'ni ingliz adabiyotlarida oldingi IEEE 802.6, ISO/IEC 8802-6 standartlari bo'yicha MAN — Metropolitan Area

Network) sinfli, uch sathli (LAN, MAN, WAN) tarmoqlarda qo'llanila boshlagan.

ITU-T ning G.694.2 taklifiga binoan 20 nm qadamli 18 tashuvchigacha qo'llash tavsiya etilgan.

CWDM texnologiyasi Gigabit Ethernet ning bir nechta kanallarini, fizikaviy optik tolaning bir juftiga to'liq (spektral) zichlash uchun qo'llaniladi, bu esa tola resursini tejaydi va optik multipleksorlardan foydalanib yangi topologik yechimlarga ega bo'lish imkoniyatini beradi.

CWDM tizimlarida yonma-yon turgan axborot kanallarining spektrlari anchagina uzoq masofada joylashgan bo'lib, uchinchi shaffof oyna uchun, odatda, 20 nm (2500 GHz)ga teng bo'ladi.

CWDM texnologiyasining asosiy maqsadi optik aloqa liniyasining axborot sig'imini talab darajasida juda arzon narxda (DWDM ga nisbatan) kengaytirishdir. Ushbu maqsadga kanallar orasida keng spektral oraliqlardan foydalanish orqali erishiladi.

Zamonaviy CWDM qurilmalarining ko'pchiligi S va L diapazonni va qisman S diapazonni egallaydi.

Jihozlarning muvofiqligini ta'minlash uchun xalqaro telekommunikatsiya ittifoqi (ITU) CWDM kanallari to'liq uzunligining spektron sohalarini aniqladi va kanallar orasidagi masofa 20 nm ga teng qilib olindi.

Undan tashqari, ancha ilgari tizimlar CWDM dan 800 nm to'liq uzunligi atrofida ishlovchi ko'p moddali tolali aloqa liniyalarida foydalana boshlashgan. Bunday tizimlar ikki yoki to'rtta kanalni quvvatlay oladi va uzoqlik 2 km dan kam bo'lgan hollarda axborotni uzatish tezligining 500 Mbit/s dan kamroq bo'lishini ta'minlaydi.

CWDM texnologiyasi kanallar orasidagi intervalning yetarlicha kattaligi bilan tavsiflanadi (20 nm yoki 25 nm), bu esa unga boshqa WDM texnologiyalarga nisbatan keng chastotalar sohasiga ega bo'lishini ta'minlaydi. Bu optik aloqa tizimlari uchun bir nechta standart chastotalar diapazoni («shaffoflik oynasi»)ga ega bo'lish imkonini beradi. CWDM tizimlarida 18 tagacha kanal tashkil qilish va ko'p modali hamda bir modali tolalardan foydalanish mumkin.

Shunga qaramasdan, CWDM tizimlarida ikkita muammo mavjud:

- ancha kichik bo'lgan to'liq uzunliklarida deyarli ikki marotaba ko'p yo'qotish mavjud, bu esa uzatish masofasini sezilarli darajada kamaytiradi;

- tolada gidroksil ON guruhining mavjudligi sababli 1383 nm to'liq uzunligida yutilish pikiga egaligi bois kanallar soni bo'yicha cheklanishlar mavjud.

CWDM tizimlarida bitta kanal bo'yicha uzatish tezligi 2,5 Gbit/s bo'lganda 16 kanal bo'yicha 40 Gbit/s tezlik ta'minlanadi. Agar tizim 1270–1610 nm bo'lganda to'liq diapazonidan foydalansa, uni FS-CWDM tizim (Full-spectrum CWDM) deyiladi. Hozirgi vaqtda CWDM texnologiya uzoqlik parametri bo'yicha DWDM texnologiyaga qo'yiladigan talablarning bajarilishini ta'minlashi mumkin.

CWDM qurilmasi uzatiladigan axborotning ixtiyoriy turi va ixtiyoriy tezligi uchun shaffof hisoblanadi hamda magistral tarmoq va ulanish tarmog'i orasida bo'g'in bo'lishi mumkin. CWDM texnologiyasi axborotni uzatishning turli protokollariga invariantdir (bog'liq emas). Bu esa yagona transport muhitida turli telekommunikatsiya xizmatlarining yaratilish imkoniyatini ta'minlaydi.

CWDM tizimlarida kanallararo chastotaviy masofaning uzoqligi DWDM tizimlarga nisbatan aktiv va passiv komponentlar narxining sezilarli darajada arzon bo'lishiga imkoniyat yaratadi. Uzatish tizimining mukammalligiga ko'ra CWDM texnologiyasi turli tarmoq topologiyasini konstruksiyalash imkoniyatini beradi.

2002-yilda xalqaro elektr aloqa ittifoqi CWDM tizimi uchun eltuvchi chastotani aniqlovchi standartni qabul qildi – ITU-T G.694.2 tavsiyasi. Ushbu tavsiyaga ko'ra C, S va L ma'lum diapazonlardan tashqari CWDM tizimlarida ikkita yangi to'liq uzunlikdagi diapazon paydo bo'ladi – diapazon O (1260–1360 nm) va diapazon E (1360–1460 nm).

CWDM tizimlari nisbatan kam sonli optik kanallarni (16–18) ta'minlaydi, lekin bu kamchilik deb hisoblanmasligi kerak, chunki kanallarining bunday sonda bo'lishi, odatda, aloqa operatorlarining o'tkazish sohasidagi zamonaviy talablaridan ustundir.

CWDM tizimlaridagi qo'shni kanallarining to'liqlari orasidagi masofaning nisbatan katta bo'lishi kirish/chiqishli optik multipleksorlarni (OADM – Optical ADD-Drop Multiplexer) va optik kross-kommutatorlar (OXC – Optical cross-connector) uchun arzon kommutatsiyalash elementlarining yaratilishiga imkon beradi.

6.4. Abonent tarmoqlarida qo'llaniladigan texnologiyalarning turlari (xDSL texnologiyasi sinflari, passiv optik texnologiya)

1. HDSL (High Data rate Digital Subscriber Line) tezligi 2048 kbit/s dupleks aloqani ta'minlaydi.

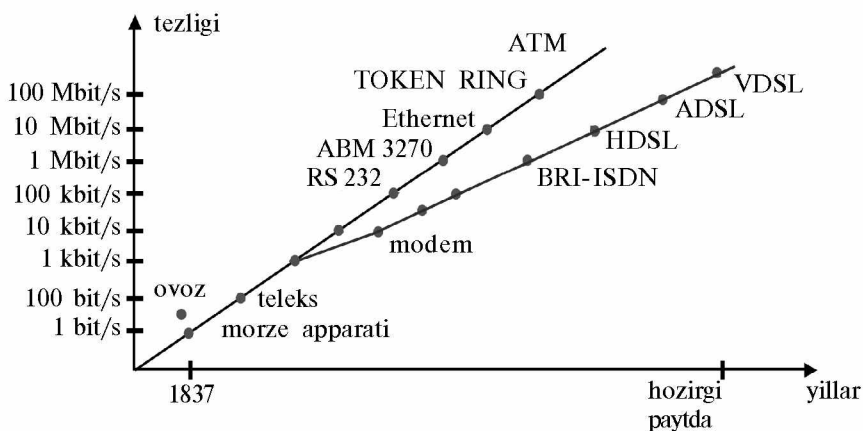
2. SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line), yuqori chastotali raqamli abonent liniyalarining qurilmasi.

3. ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), bu texnologiya tarmoqdan abonentga signalni uzatishda 8 Mbit/s gacha, abonentdan tarmoqqa bo'lgan yo'nalishda esa 1 Mbit/s tezlikni ta'minlaydi.

4. VDSL (Very-high data rate Digital Subscriber Line), bu yangi qurilma hisoblanib, kelgusida aloqa tarmoqlarida qo'llashga asoslangan.

xDSL texnologiyalari uzatish tezliklarining oshishi

Mavjud bo'lgan mis liniyalari bo'yicha yuqori tezlikli raqamli aloqani tashkil qilishga mo'ljallangan xDSL texnologiyalari oldin yerga yotqizilgan kabellar orqali juda katta mablag'ga erishish imkonini beradi.



6.15-rasm. Mis liniyalari aloqa bo'yicha raqamli uzatish tezligining oshishi.

xDSL konsepsiyasini ishlab chiqish orqali aloqa tarmoqlarining rivojlanish bosqichi o'zgaradi. Hozirgi paytda bunday texnologiyalar yordamida aloqa operatorlariga bo'lgan ishonch oshdi va mavjud bo'lgan mis aloqa liniyalaridan tashkil topgan

tarmoq quriladigan butun telekommunikatsiya infratuzilishida juda ko'p yillar xizmat qiladi. 6.15-rasmda mis simlar orqali tashkil qilingan aloqa liniyalaridagi raqamli uzatish tezliklarining oshishi ko'rsatilgan U-interfeysining ISDN texnologiyasi xDSL ning birinchi chiqargan qurilmasi hisoblanadi. U kabelning bir juftligi orqali ikkala tomonga 160 kbit/s tezlikda dupleks uzatishni amalga oshiradi. Bunday texnologiya xDSL tarmog'idan tashqari abonent liniyalarini zichlashtirish qurilmalarini yaratish uchun xizmat qiladi va chegaralangan masofalarda modemlarni qo'llashga asoslangan.

xDSL bilan bir qatorda quyidagi yuqori tezlikli raqamli abonent liniyalariga mo'ljallangan HDSL texnologiyasi ham mavjud. Bu texnologiya 2048 kbit/s tezlikda dupleks almashtirishni to'liq ta'minlaydi. Uni qo'llash uchun kabelning ikki yoki uch juftligidan foydalaniladi. HDSL texnologiyalarining keyingi rivojlanishi, simmetrik yuqori chastotali raqamli abonent liniyalarining qurilmalari SDSL ning yuzaga kelishiga sababchi bo'ldi.

Oxirgi yillarda xDSL texnologiyasining undan ham yuqori tezlikka ega bo'lgan ADSL va VDSL qurilmalari keng tarqalgan.

ADSL texnologiyasi (Asymmetric DSL) tarmoqdan abonent uzatiladigan yo'nalishda 8 Mbit/s gacha, abonentdan tarmoqqacha bo'lgan yo'nalishda esa 1 Mbit/s gacha tezlikni ta'minlaydi, shuningdek, Internetga ulanish ham mumkin. Ulanuvchi vosita sifatida ADSL larning qo'llanilishi, hozirgi paytda magistral tarmoq yetkazuvchanlik qobiliyatining chegaralanishiga olib keldi. Masalan, Internet provayderlari uchun yetkazuvchanlik qobiliyati 155 Mbit/s bo'lgan magistral tarmoqqa 20 ga yaqin abonentlarni 8 Mbit/s tezlikda ulashi mumkin.

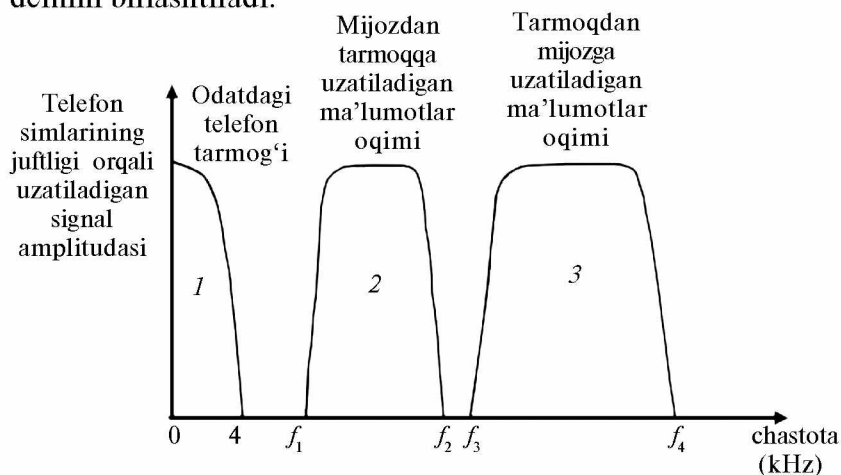
VDSL texnologiyasi esa yangi qurilmalar hisoblanib, kelgusidagi aloqa tarmoqlarida qo'llashga asoslangan. Yuqorida xDSL texnologiyalarining turlari qarab chiqildi. Shulardan hozirgi paytda ADSL qurilmalari keng tarqalgan. Buning asosiy sababi Internetga bo'lgan talabning kuchliligidir. Bunday qurilmalarni qo'llash orqali bir vaqtning o'zida ham telefon aloqasidan, ham Internetdan foydalanish imkoniyati tug'iladi.

ADSL texnologiyasining umumiy tavsifi

ADSL (asimmetrik raqamli abonent liniyasi), xDSL, ya'ni yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish texnologiyasi tarkibiga kiradi.

ADSL texnologiyasi yuqori tezlikli video xizmatlarga interaktiv ulanishni ta'minlash uchun ishlab chiqilgan.

ADSL, telefon simlarining juftligi orqali, yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatishni amalga oshiradi. ADSL liniyasi, telefon kabelining har bir juftligining oxiriga ulangan ikkita ADSL modemi birlashtiradi.



6.16-rasm. Mavjud bo'lgan mis simlari orqali tashkil qilingan ADSL liniyasining tuzilishi.

Bu yerda: 1 – qabul qiluvchi (tarmoqdan abonentgacha) yuqori tezlikli kanal;

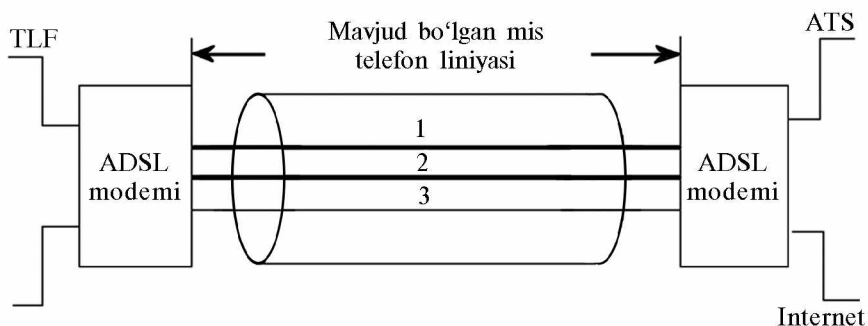
2 – uzatuvchi (abonentdan tarmoqqa) o'rtacha tezlikli kanal;

3 – odatdagi telefon kanal.

Bunday texnologiya 3 ta axborotli kanal: qabul qiluvchi (tarmoqdan abonentga) yuqori chastotali kanal, uzatuvchi o'rtacha tezlikli kanal, odatdagi telefon kanallaridan iborat. Bunday texnologiya assimetrik usulda, ya'ni kanallari chastota bo'yicha bo'lingan prinsipda ishlashga asoslangan. Uning chastota bo'yicha ajratilgan holati 6.17- rasmda ko'rsatilgan.

ADSL texnologiyasida, telefon simlarining juft liniyalari orqali uzatiladigan katta hajmdagi axborotlarni siqish uchun signallarni raqamli qayta ishlash va maxsus algoritmlarni yaratish, takomillashtirilgan analog filtrlar va analog-raqamli o'zgartirgichlar qo'llaniladi.

Telefon aloqasining kanallari qabul qiluvchi qismida filtrlar yordamida ajratiladi. Bu, ADSL avariya holatida bo'lganda ham telefon kanallari ishini kafolatlaydi.



6. 17-rasm. ADSL texnologiyasi yordamida ma'lumotlarning chastotalar diapazonida uzatilishi.

Aloqa masofasi uzun bo'lgan telefon liniyalari uzatiladigan yuqori chastotali signalda so'nish hosil qilishi mumkin (masalan, 90 dB gacha). Bu analog tizimlarining ADSL modemi yuqori yuklama bilan ishlashga majbur qiladi. Birinchi qarashda ADSL tizimi oddiydek tuyuladi, chunki oddiy telefon kanallari orqali yuqori chastotali ma'lumotlarni uzatish mumkin. Lekin ADSL ning ishini maydalab qarab chiqilsa, ushbu tizim zamonaviy texnologiyalarning yutuqlariga erishish mumkinligini tushunish mumkin.

ADSL texnologiyasida (bir necha chastotalar oralig'ida) mis telefon liniyalari orqali o'tkazuvchanlik oralig'ini ajratish usuli qo'llaniladi (tashuvchilar deb ham ataladi). Bu bitta liniya bo'ylab bir vaqtda bir necha signallarni berish imkonini beradi. ADSL ni qo'llaganda turli tashuvchilar, uzatiladigan ma'lumotlarning turli qismini bir vaqtda olib ketadi. Bu jarayon aloqa liniyalarini chastotaviy zichlashtirish (Frequency Division Multiplexing – FDM) kabi tushuniladi.

FDM da bir diapazon abonentdan tarmoqqa tushuvchi ma'lumotlar oqimini uzatish, boshqa diapazon esa tarmoqdan abonentga tushadigan ma'lumotlar oqimini uzatish uchun ajratiladi. Tarmoqdan abonentga tushadigan yana bir yoki bir necha past tezlikli kanallar diapazoniga bo'linadi, oqim, o'z navbatida, bir yoki bir necha yuqori tezlikli kanallarda qoladi va bir yoki bir necha past tezlikli kanallarning ma'lumotlarini uzatish uchun qo'llaniladi. Bundan tashqari, uzatiladigan va qabul qilinadigan oqimlar bir-birini berkitsa, aks sadoni sozlovchi texnologiyalar qo'llaniladi. Huddi shuning uchun ham ADSL yuqori tezlikli ma'lumotlarni bir vaqtda uzatishi, videosignallar va faksni uzatishni

ta'minlashi mumkin. Bularning barchasi odatdagi telefon aloqasida qo'llaniladigan telefon liniyasi orqali tashkil qilinadi.

Texnologiya, odatda, telefon aloqasi uchun ma'lum bir chastota oralig'ining zaxirasini ta'minlaydi (yoki POTS — Plain Old Telephone Service). Shunday qilib, eski telefon liniyalaridan yangi telefon liniyalari hosil bo'ladi. Boshqa yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish texnologiyalariga nisbatan ADSL ning yana bir asosiy afzalligi, telefon kanallari mis simlarining odatdagi juftliklaridan foydalanishdir. ADSL ustiga qo'yilgan tarmoqni hosil qiladi. Bunda qimmatga tushuvchi qurilmalarini va telekommunikatsiya qurilmalarini takomillashtirish uchun ko'p vaqt talab qilinmaydi.

Ma'lumotlarni uzatish tezligiga ta'sir qiluvchi faktorlar, abonent liniyasining holati (ya'ni simlarning diametri, kabellar ajralishining mavjudligi va hokazo) va uning masofasidir. Liniyadagi signalning so'nishi liniya uzunligi oshishi va signal chastotasining o'sishi bilan oshadi va sim diametrining oshishi bilan esa kamayadi. Umuman olganda, ADSL ning funksional chegarasi 0,5 mm qalinlikdagi sim uchun abonent liniyasining uzunligi $3,5 \div 5,5$ km ni tashkil etadi. Hozirgi vaqtda ADSL tarmoqdan abonentga keluvchi ma'lumotlar oqimining tezligini 1,5 Mbit/s dan 8 Mbit/s gacha tezlikda va abonentdan tarmoqqa keluvchi ma'lumotlar oqimining tezligini 640 kbit/s dan 1 Mbit/s gacha ta'minlaydi. Bunday texnologiyalarning kelgusidagi rivojlanish tendensiyasi tarmoqdagi abonentga keluvchi ma'lumotlar oqimi tezligini oshirishga va'da beradi.

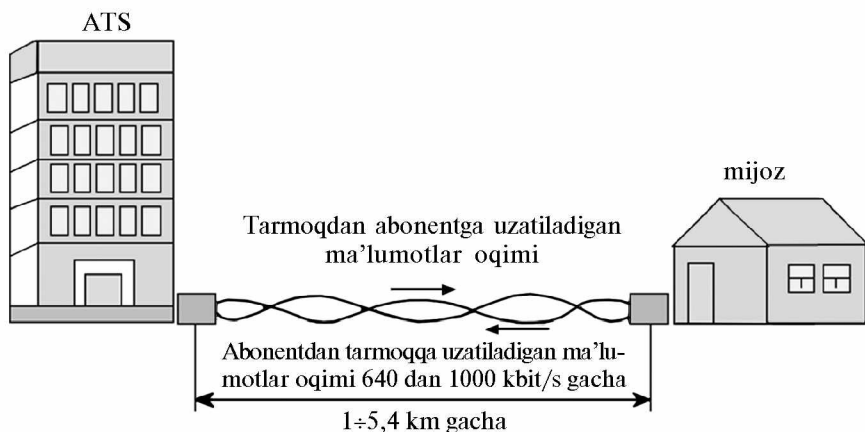
ADSL texnologiyasi ta'minlaydigan ma'lumotlar oqimining tezligini baholash uchun boshqa texnologiyalar qo'llanilganda foydalanuvchi uchun lozim bo'lgan tezlik bilan solishtirish lozim. Analog modemlar ma'lumotlar oqimini 14,4 dan 56 kbit/s gacha tezlikda uzatishni ta'minlaydi. ISDN esa bir kanalning ma'lumotlarini uzatish uchun 64 kbit/s tezlikda foydalanadi (odatda, foydalanuvchilar ikki kanal imkoniyatiga ega, natijada ularning yig'indisi 128 kbit/s ni tashkil etadi). DSL ning turli texnologiyalari foydalanuvchilarga ISDN uchun 128 kbit/s, HDSL uchun 768 kbit/s, ADSL uchun tarmoqdan talablargacha $1,5 \div 8$ Mbit/s va abonentdan tarmoqqa 640 — 1000 kbit/s, VDSL uchun tarmoqdan abonentgacha $13 \div 52$ Mbit/s, abonentdan tarmoqqa $1,5 \div 2,3$ Mbit/s gacha ma'lumotlar oqimini uzatish tezligini ta'minlaydi. Kabel modemlari 500 kbit/s dan 10 Mbit/s gacha

tezlikda ma'lumotlar oqimini uzatish imkoniga ega (bunda kabelli modemlarning o'tkazuvchanlik oralig'i shu liniyadan foydalanish imkoniyati bo'lgan barcha foydalanuvchilar orasida bo'linishini ham nazarda tutish lozim. Shuning uchun ham bir vaqtda ishlovchi foydalanuvchilar soni ularning har biri uchun haqiqiy ma'lumotlarni uzatish tezligiga sezilarli darajada ta'sir qiladi, Y1 va Y3 raqamli liniyalar mos holda 2048 Mbit/s va 34 Mbit/s ma'lumotlarni uzatish tezligiga ega.

ADSL texnologiyasini qo'llaganda, magistral tarmoq bilan foydalanuvchi bog'langan liniyaning o'tkazuvchanlik oralig'i har doim va butun holda foydalanuvchiga tegishli.

ADSL texnologiyasi liniya resurslaridan to'liq foydalanish imkonini beradi. Odatdagi telefon aloqasi uchun telefon liniyalarining yuzlagan o'tkazuvchanlik qiymati qo'llaniladi. ADSL texnologiyasi bunday kamchiliklarni to'g'rilaydi va qolgan 99 % ni yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish uchun qo'llaydi. Buning uchun turli funksiyalarga turli oraliq chastotalar qo'llaniladi. Telefon aloqasi uchun liniya butun o'tkazuvchanlik oralig'ining eng past chastotasi ishlatiladi (taxminan 4 kHz gacha), qolgan barcha oraliq esa yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish uchun qo'llaniladi. Shunday qilib, ADSL bir vaqtning o'zida ma'lumotlar va telefon signallarni uzatishni ta'minlaydi. Bularning barchasi bitta telefon liniyasi orqali amalga oshadi. Bundan tashqari, ADSL sifatli ravishda videosignallarni uzatish imkoniga ham ega. Masalan, bunga videokonferensiya, masofadan o'qitish va talabga binoan videolarni tashkil qilish kiradi. Bunday texnologiyalarda ma'lumotlarni uzatish tezligi analogga nisbatan 100 marta oshadi. ADSL texnologiyasi iqtisodiy nuqtayi nazardan qaraganda samarali hisoblanadi, chunki ular yangi kabelni yotqizishni talab qilmaydi, balki mavjud bo'lgan ikki simli mis telefon liniyalaridan foydalanadi. ADSL texnologiyalarining keyingi rivojlanishi, asosan, foydalanuvchi talabiga va soniga bog'liq. ADSL texnologiyalarini qo'llash telefon kompaniyalari uchun foyda keltiradi.

6.18-rasmda ko'rsatilgan ADSL ning tashqi xarakteristikasida tarmoqdan abonentga va abonentdan tarmoqqa uzatiladigan ma'lumotlar oqimining o'tkazuvchanlik qobiliyati pasayadi. Masalan, 2 Mbit/s tezlikda ishlovchi ADSL qurilmasi yetarli darajadagi katta masofada ko'pgina foydalanuvchilarni ulash imkonini beradi. Unda ADSL kabi, 6 Mbit/s va undan yuqori tezlikda ishlovchi qurilma yetarli darajada kichik bo'lgan masofalarda



6.18-rasm. ADSL ning tashqi xarakteristikasi.

foydalanuvchilarni ulash imkoniga ega. Lekin abonentdan tarmoqqa uzatiladigan oqimni tarmoqdan abonentga uzatiladigan oqim bilan solishtirganda, u anchagina past chastotada uzatiladi va simmetrik tizimlarni qo'llaganga nisbatan o'zaro o'tuvchi shovqinlar juda kam bo'ladi. Bunday shovqinlarning yo'qligi tufayli ADSL qurilmalarini uzoq masofaga qo'llash mumkin.

ADSL ning uzatib-qabul qiluvchisi, standart telefon qurilmalariga nisbatan ancha yuqori chastotalarda ishlash qobiliyatiga ega. Shuning uchun dekadli toklarda raqamni uzatganda va chaqiriq toklarni jo'natganda paydo bo'ladigan shovqinlardan himoyalash uchun qo'llaniladigan filtrlarning mavjudligi, ADSL qurilmalarida, telefon qurilmalari bilan birgalikda bitta telefon juftligini qo'llash imkonini beradi.

Demak, ADSL texnologiyasi, yuqori chastotali modemlar uchun juftliklarning mavjudligi tufayli keng polosali xizmat imkoniyatini ta'minlaydi. Bir modem ADSL da multipleksorda joylashtiriladi va Internet, talab bo'yicha videoga va hokazolarga imkoniyat yaratuvchi, yuqori tezlikli tarmoq orqali xizmat provayderlariga ulanadi. Boshqa modem esa foydalanuvchinikida joylashtiriladi va bir yoki bir necha xizmat modullari SM bilan ulanadi (SM – service module). SM – bu oxirgi foydalanuvchi qurilmasi bo'lib, masalan, shaxsiy kompyuter bo'lishi mumkin (SPK).

HDSL texnologiyasi haqida qisqacha ma'lumot

HDSL – yuqori tezlikli raqamli abonent liniyasi deb ataladi. Bu texnologiyani qurishdan asosiy maqsad mavjud bo'lgan elektrik

aloqa kabellari orqali uzoq masofalarga, regeneratorsiz 2 Mbit/s tezligidagi raqamli oqimlarning simmetrik dupleks aloqasini tashkil qilishdan iborat. Bunday qurilma shahar tarmoqlarida qo'llaniladigan TPP kabellari, magistral tarmoqlar va qo'llaniladigan MKS, KSPP, ZKP kabellari, hattoki liniyaning moslashtiruvchi bloklari qayta ishlangandan keyin koaksial kabellar bo'yicha ishlashga asoslangan.

HDSL qurilmasining ish sifatiga ta'sir qiluvchi omillar:

1. Signalning so'nishi.

Kabel liniyasidagi signalning so'nishi kabel turiga, uning uzunligiga va signal chastotasiga bog'liq. Liniya qanchalik uzun va signal chastotasi qanchalik yuqori bo'lsa, so'nish shuncha katta bo'ladi.

2. ACHXning notekisligi. Kabelli liniyalar past chastotali filtrga bog'liq.

3. Radiochastotaviy interferensiyalar.

4. Guruhli o'tish vaqti. Kabelda signalning tarqalish tezligi uning chastotasiga bog'liq, shu sababli ACHX teng bo'lgan taqdirda ham impulsining shakli uni uzatishda o'zgaradi.

6.5. Abonent tarmoqlarining passiv optik texnologiyalari

PON texnologiyasi

Optik kabelni yotqizish — bu juda keskin yondashishdir. Avvallari u haddan ziyod qimmat hisoblanardi. Biroq hozirgi vaqtda optik komponentlar narxining sezilarli darajada pasayishi tufayli bu yondashish muhim bo'lib qoldi. Hozirgi kunda abonent tarmoqlarini tashkil qilish uchun optik kabelni yotqizish, yangi abonent tarmoqlarini qurish va eskilarini tiklashda ancha foydali hisoblanmoqda. Shunga ko'ra optik tolali texnologiyalarni ulashning ko'plab usullari mavjud. Optik modemlar, optik Ethernet, Micro SDH texnologiyasi asosidagi bir qator an'anaviy yechimlar tufayli PON (Passive Optic Network) passiv optik tarmoqlar arxitekturasidan foydalanish bilan yangi yechim yuzaga keldi.

Agar so'nggi yillarda zamonaviy aloqa tarmoqlarining tolali optik kabellar orqali tashkil qilinayotganini, o'tkazuvchanlik qobiliyatining yuqoriligini nazarda tutsak, abonent tarmoqlarida PON texnologiyasini qo'llash maqsadga muvofiq.

PON texnologiyasining asosiy vazifasi markaziy tugunlar orasidagi magistralni (SDH/ATM) va abonent tugunlarini ulash,

shuningdek, daraxtsimon topologiyali to'liq passiv optik tarmoqni yaratishga asoslangan, oraliq tugunlarda esa ta'minot va xizmatni talab qilmaydigan kompakt passiv optik ajratgich (birlashtirgichlar yoki splitterlar deb ham ataladi) joylashgan. Bunday texnologiya ko'proq paketli kommutatsiya transport texnologiyasiga mos keladi. Chunki u ma'lumotlarni yuqori tezlikda uzatish hisobiga trafiklarni (ovoz, ma'lumot va video) birlashtirishni lozim bo'lgan sifatli xizmatni ta'minlaydi va Xalqaro Telekommunikatsiya Ittifoqi (ITU-T) tomonidan G.983.1 va G.983.2 tavsiyalari nomini olgan.

Optik ulanuvchi tarmoqlar qurilishining to'rtta asosiy topologiyasi mavjud: «nuqta-nuqta», «halqa», «aktiv tugunli daraxtsimon», «passiv tugunli daraxtsimon».

Ulardan ko'proq qo'llaniladiganlarini qarab chiqamiz:

- **«nuqta-nuqta» topologiyasi.** Axborot kanallar bo'yicha ikkita nuqta orasida uzatiladi. Turli tolalardagi oqimlarning birlashishi/ajrashishi ro'y beradigan tugunlarida multipleksor/demultipleksorlar o'rnatiladi. Bundan tizimlar yordamida ko'p sonli video va audio ma'lumotlarni vaqtning real masshtabida optik tarmoqda tolalarning cheklangan holda ham uzatish masalalarini yechish mumkin;

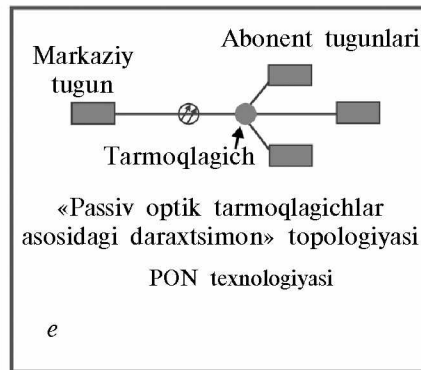
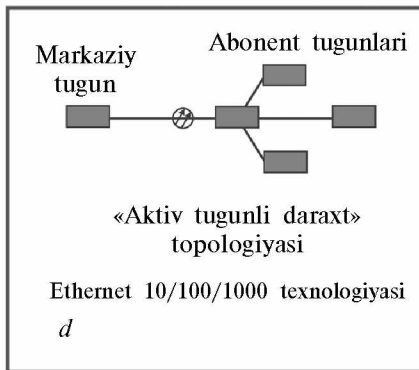
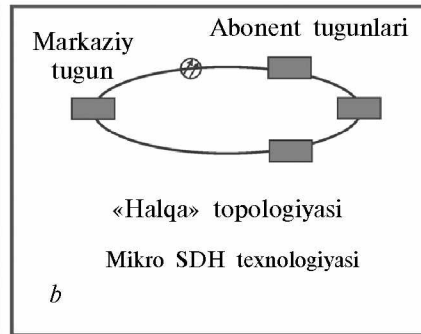
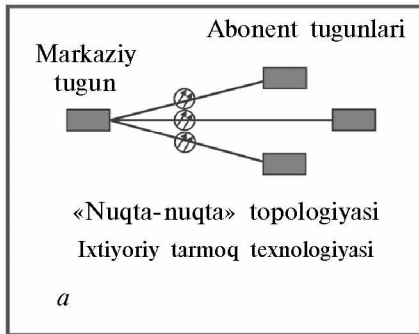
- **tarmoqlanuvchi topologiya.** Axborotni tugundan tugunga uzatish alohida kanallarning kiritishi/chiqarishi yo'lga qo'yilgan oraliq tugunlar orqali amalga oshadi. Oraliq tugunlardagi yo'qotishlar hisobiga aloqa uzoqligi biroz kamayadi. Bunday tizim transport magistrallarida, neft-gaz uzatmalarida va boshqa davomli obyektlarda videokuzatuvlarda qo'llaniladi;

- **«halqa» topologiyasi.** Bunday topologiya parametrlarni qo'riqlash masalasini hal qiladi. «Halqa» uzilgan holda ham tarmoq ixtiyoriy tugunlar orasida axborotni uzatish qobiliyatini saqlab qoladi.

«Nuqta-nuqta» topologiyasi (6.19-a rasm) foydalanilayotgan tarmoq texnologiyasida chegaralanishlarga yo'l qo'ymaydi. «Nuqta-nuqta» topologiyasi ixtiyoriy tarmoq standartida ham, nostandart yechimlarda ham amalga oshirilishi mumkin. Uzatilayotgan axborot himoyasi va xavfsizligi nuqtayi nazaridan «nuqta-nuqta» ulanishida abonent tugunlarining maksimal himoyalanganligi ta'minlanadi. Modomiki, optik kabelni abonentgacha alohida yotqizish kerak ekan, bunday yondashish ancha qimmatdir va, asosan, yirik abonentlar uchun ma'qul hisoblanadi.

«Halqa» topologiyasi (6.19-*b* rasm) telekommunikatsiyaning SDH asosidagi magistral tarmoqlarida tavsiya qilinadi. Ammo ulanuvchi tarmoqlarning barchasida ham yaxshi natija beravermaydi.

Tugunlarda joylashgan shahar magistralini qurish loyihashtirish bosqichida rejalashtiriladi, ulanuvchi tarmoqda esa qayerda, qachon va qancha abonent tugunlari o'rnatilishini oldindan bilib bo'lmaydi. Foydalanuvchilarning «halqa» topologiyasiga tasodifiy va vaqt bo'yicha ulanishi, yangi abonentlarni ulash uchun halqani uzish va qo'shimcha segmentlar qo'yish yo'li bilan amalga oshiriladi. Natijada g'oyatda ko'p sindirilgan halqa hosil bo'ladi.



6.19-rasm. Ulanuvchi tarmoqda mantiqiy ulanishning fundamental topologiyalari.

Amaliyotda bunday halqalarning ko'pincha alohida kabelga joylashtirilishi ko'proq sindirib siqilgan halqalarga o'xshaydigan halqalarning hosil bo'lishiga olib kelishi, tarmoqning ishonchligini sezilarli darajada kamaytiradi. Shunga asosanib, «halqa» topologiyasining asosiy afzalligini minimumga olib boradi.

«Aktiv tugunli daraxt» topologiyasi (6.19-*d* rasm) — optik tolani qoʻllash nuqtayi nazaridan tejamli yechimdir. Bu yechim markaziy tugundan abonentgacha 1000/100/10 Mbit/s tezlikdagi (1000 Base-LX, 100 Base-FX, 10 Base-FL) iyerarxiya bilan Ethernet standarti doirasida yaxshi hisoblanadi. Lekin daraxtning har bir tugunida albatta aktiv qurilma (IP tarmoqqa kiruvchi kommutator yoki marshrutizator) boʻlishi kerak. Optik ulanuvchi Ethernet tarmogʻida berilgan topologiyadan foydalanishning afzalligi nisbatan arzonligi, asosiy kamchiligi — aktiv qurilmalarning oraliq tugunlarida alohida manba talab qilinishi hisoblanadi.

PON ning passiv optik tarmoqlagichlari asosidagi daraxtsimon topologiyada (6.19-*e* rasm), shu texnologiya asosidagi «nuqta-koʻp nuqta» mantiqiy topologiya qoʻllaniladi. Markaziy tugunning bitta porti oʻnlab abonentni qamrab oluvchi daraxtsimon arxitektura asosida butun boshli optik-tolali segmentni ulashi mumkin. Bunda daraxtning oraliq tugunlarida manba va xizmat talab qilmaydigan zich, toʻliq passiv optik ajratkichlar (splitterlar) oʻrnatiladi.

PON texnologiyasi Full Services Access Network (FSAN) standartiga asoslangan boʻlib, bu texnologiya quyidagi standartlar boʻyicha qurilishi mumkin:

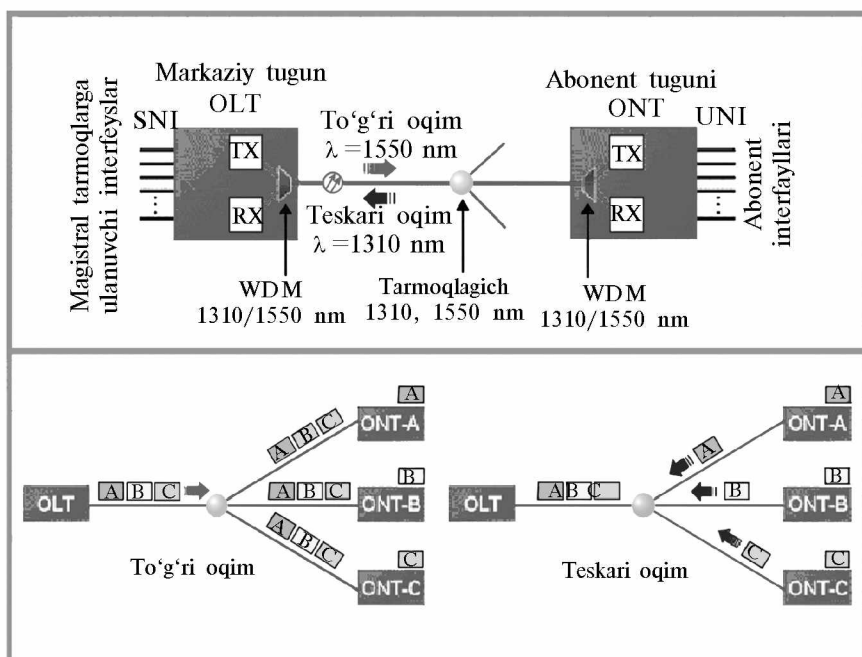
- A-PON — ATM protokolini qoʻllashga asoslangan.
- E-PON — Ethernet formatida kadrlarni optik trakt orqali uzatishga asoslangan.
- B-PON — Broadband PON — keng polosali xizmatlar bilan birga Ethernet ulanish, analog va raqamli videoni translatiya qilishni amalga oshiradi.
- G-PON — Gigabit PON — yangi yechim, juda yuqori unumdorlikka ega boʻlib, multiservis xizmatlarni amalga oshirishga moʻljallangan.

PON arxitekturasining afzalliklari:

- oraliq aktiv tugunlarning yoʻqligi;
- markaziy tugunda optik uzatkich va qabul qilgichlarning tejalishi;
- tolaning tejalishi;
- yangi abonentlarni ulashning yengilligi va xizmat koʻrsatishning qulayligi.

Kamchiligi: PON texnologiyasining murakkabligi va oddiy daraxt topologiyasida zaxiralashning yoʻqligidir.

6.20-rasmda PON texnologiyasining ishlash prinsipi koʻrsatilgan.



6.20-rasm. PON arxitekturasining asosiy elementlari va ishlash prinsipi.

PON tarmog'ining xususiyatlari:

- bir tola bo'yicha bir-biriga qarama-qarshi ikki uzunlikdagi (1550 nm va 1310 nm) to'liqinni uzatuvchi daraxtsimon arxitektura iborat;
- daraxtning oraliq tugunlarida passiv optik tarmoqlagichlar joylashadi;
- TDMA ulanish usulidan foydalanish abonentlar orasida o'tkazish polosasining moslashuvchan taqsimlanishiga yo'l qo'yadi;
- markaziy tugundan kelayotgan bitta tolaga 32 ta abonent tugunlarini ulash mumkin;
- PON texnologiyasida kiruvchi trafikni keng ommaga yetkazib berishda oqimlarni spektral ajratishdan va chiquvchi kanalda esa vaqt bo'yicha multipleksorlashdan foydalaniladi;
- maksimal masofasi 20 km ni tashkil qiladi.

PON texnologiyasidagi asosiy terminlar:

OLT (Optical Line Terminal) markaziy tugun – markaziy ofisda o'rnatiladigan qurilma. Bu qurilma SNI (Service Node Interfaces) orqali magistral tarmoqlardan ma'lumotlarni qabul qiladi va abonent tugunlariga kiruvchi oqimni shakllantiradi.

ONT (Optical Network Terminal) – abonent tuguni, bir tomondan abonent interfeysiga, boshqa tomondan uzatishda 1310 nm to‘lqin uzunligida, qabul qilishda esa 1550 nm to‘lqin uzunligida PON daraxtiga ulanuvchi interfeysga ega. ONT ma‘lumotlarni OLT qabul qilib, ularni konvertlaydi va UNI (User Network Interfaces) abonent interfeyslari orqali uzatadi.

Optik tarmoqlagich – bu optik nurlanish oqimini bir yo‘nalishda taqsimlaydigan va teskari yo‘nalishda bir necha oqimlarni birlashtiradigan passiv optik ko‘p qutblikdir. Umuman olganda, tarmoqlagichda M kirish va N chiqish portlari bo‘lishi mumkin. PON tarmog‘ida ko‘pincha bitta kirish portiga ega $1 \times n$ tarmoqlagichlar ishlatiladi.

O‘tkazuvchanlik xususiyatiga kelsak, uning ikki varianti mavjud:

- birinchisi, ikkala yo‘nalishda ham ma‘lumotlarni uzatish tezligi 155 Mbit/s bo‘lgan simmetrik trafiklarga mo‘ljallangan;
- ikkinchisi, asimmetrik bo‘lib, abonentdan tarmoqqa ma‘lumotlarni uzatish 155 Mbit/s, tarmoqdan abonentga esa 622 Mbit/s tezlikda amalga oshadi.

Bunday texnologiyalarni qo‘llaganda *tarmoqlagichlar* (yoki *splitterlar*) soni va kanal uzunligi, qo‘llaniladigan lazerga va optik toladagi yo‘qotishga bog‘liq.

Bunday PON tarmog‘ining bitta segmenti 20 km gacha bo‘lgan radiusda 32 abonentni ta‘minlashi mumkin. Barcha abonent tugunlari terminaldir, ya‘ni birorta tugun ishdan chiqsa yoki o‘chirilsa, boshqasining ishiga ta‘sir qilmaydi.

Har bir abonent tuguni oddiy xonadonga yoki bir necha yuz abonentlarga ega bo‘lgan ofis binosidan iborat. Markaziy tugun PON ning 4 tagacha segmentini qo‘llashi mumkin. Axborotlarni uzatish va qabul qilish uchun bir tola yetarlidir.

PON arxitekturasining asosiy g‘oyasi o‘zining markaziy tuguni OLT da bitta qabul qilib, uzatuvchi modulni qo‘llash va bu modul orqali ko‘pgina abonent qurilmalari ONT ga axborotni uzatish va ulardan qabul qilishdan iborat. OLT ning bitta qabul qilib uzatuvchisiga ulangan abonent (ONT) lar soni juda katta bo‘lishi mumkin. Bu, asosan, quvvat va qabul qilib uzatuvchi apparaturaning tezligi bilan bog‘liq. OLT dan ONT ga uzatiladigan ma‘lumotlar oqimi uchun tarmoqdan abonentga, ya‘ni to‘g‘ri oqimlar uchun 1550 nm, turli abonent tugunlaridan markaziy tugunga ma‘lumotlar oqimini uzatish (teskari oqim) uchun 1310 nm to‘lqin uzunligi qo‘llaniladi. OLT va ONT larda kirish va chiqish oqimlarini ajratish uchun multipleksorlar joylashgan.

Endi bu texnologiyali passiv tarmoqlagichlar orqali oxirgi mijozlarga bog‘lanishini qarab chiqamiz.

PON tarmog‘i pragmatik tarmoq modelini taklif qilgan holda o‘zining kuch nisbatini o‘zgartiradi. Bitta optik tolani, telefon tugunidan potensial mijozlar guruhiga ega bo‘lgan rayon, korxona yoki shaxsiy foydalanuvchigacha yetkazadi. Bunday operatorlar kabelni yotqizish uchun ketgan xarajatni qoplashiga juda ishonadi. Chunki operator shaharda xizmat qilishga mo‘ljallangan, lekin qaysi korxona uning xizmati bilan qiziqishi noma‘lum. Telefon tugunlarida lozim bo‘lgan optik chiqishlarning mavjud emasligi va har bir mijoz hududida ajratgich (birlashtirgich)larni joylashtirish nazarda tutilsa, bunday operatorning boshlang‘ich xarajatlari zudlik bilan kamayadi. Agar shu hududda to‘satdan yangi buyurtmachi paydo bo‘lsa, qo‘shimcha optik ulovchi liniyalarni yotqizish talab qilinmaydi, operator PON ni ulovchi liniyaga qisqa liniya yotqizadi va tarmoqlagich joylashtiradi (agar kengaytirish imkoni bo‘lsa). 6.21-rasmdan ko‘rinib turibdiki, passiv qurilmalar yordamida mijozlarga axborotlar tarqatiladi.

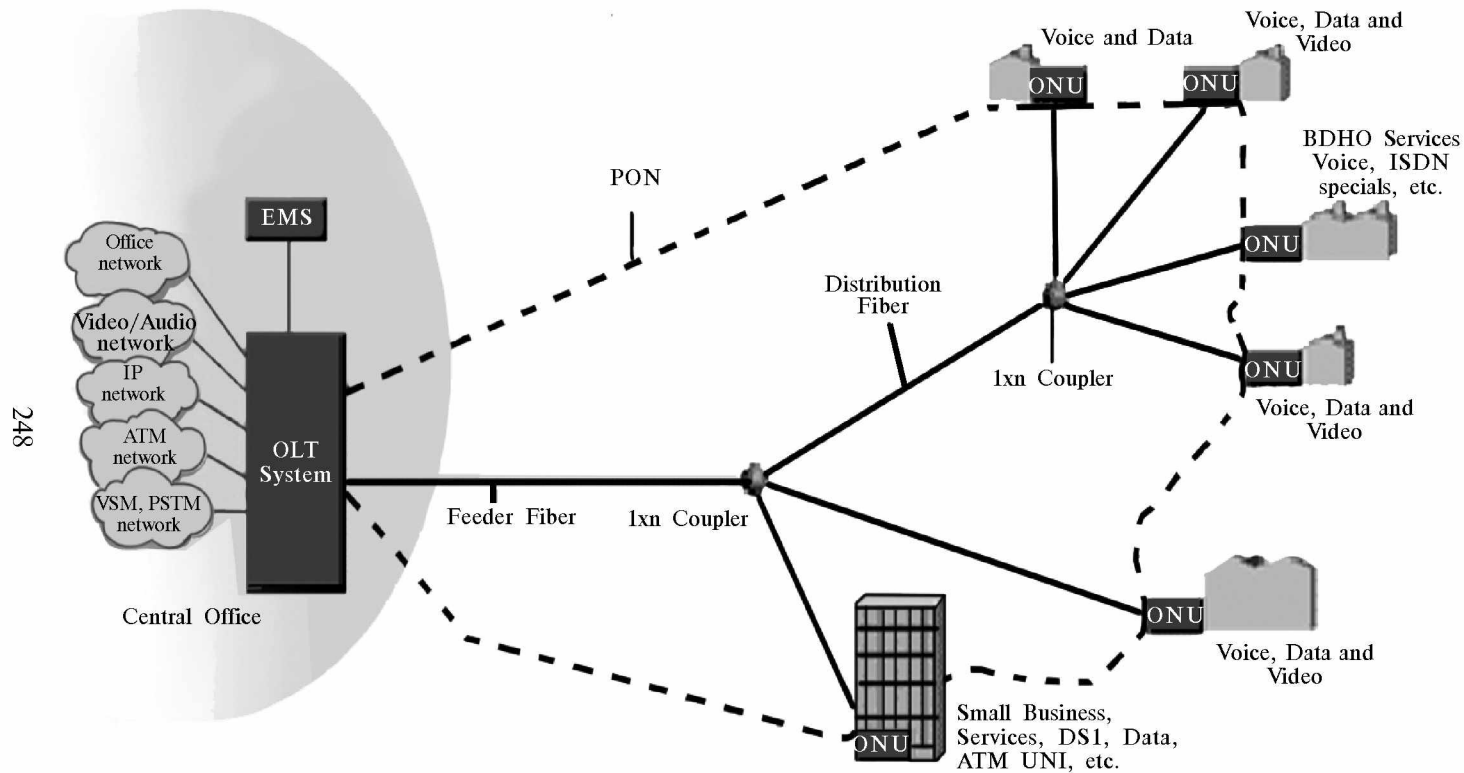
PON texnologiyasi Full Services Access Network (FSAN) standartiga asoslangan bo‘lib, bu texnologiya 6.21-rasmdagi standartlar bo‘yicha qurilishi mumkin:

- APON – ATM protokolini qo‘llashga asoslangan;
- EPON – Ethernet formatida kadrlarni optik trakt orqali uzatishga asoslangan;
- BPON – Broadband PON – keng polosali xizmatlar bilan birga Ethernet ulanishni, analog va raqamli videoni translatiya qilishni amalga oshiradi;
- GPON – Gigabit PON – yangi yechim, juda yuqori unumdorlikka ega bo‘lib, multiservisli xizmatlarni amalga oshirishga mo‘ljallangan.

Bunday tarmoqlar iqtisodiy tomondan tejimli va keng polosali turli axborotlarni o‘tkazish xususiyatiga ega.

APON texnologiyasi

1990-yil o‘rtalarida ko‘pchilikning fikriga faqat ATM protokoligina oxirgi abonent bilan aloqa xizmatlari sifatiga muvofiq kafolat berish qobiliyatiga ega bo‘lgan. Shuning uchun FSAN, PON tarmog‘i orqali multiservis xizmatlarning transportini ta‘minlashni ATM texnologiyasiga asosan tanlagan. Natijada 1998-yil oktabr oyida PON daraxtida ATM yacheykalari asosida axborotlarni transportlashtirish APON (ATM PON) nomini olgan, ya‘ni



6.21-rasm. Passiv tarmoqlagichlar orqali oxirgi mijozlarga ulanish.

G.983.1 ning birinchi tavsiyasi standarti paydo bo'ldi. Keyinchalik bir qancha yangi tuzatish va tavsiyalar paydo bo'lib, uzatish tezligi 622 Mbit/s gacha oshdi. 2001-yil martida PON standartiga yangi funksiyalar qo'shilib, G.983.3 tavsiyasi paydo bo'ldi:

- turli xil ilovalar (ovoz, video, ma'lumot)ni uzatish — bu ishlab chiqaruvchilarga, magistral tarmoqlarga ulanish uchun OLT va abonentlarga ulanish uchun ONT larga mos interfeyslarni qo'shishni yo'lga qo'ydi;

- spektral diapazonning kengaytirilishi — PON ning aynan shu daraxti sharoitida boshqa to'lqin uzunligida qo'shimcha xizmatlar uchun imkoniyat yaratdi. Masalan, uchinchi to'lqin uzunligida keng ommaga eshittirish beradigan televideniye.

APON standartining kengaytirilgandan keyingi nomi BPON (broadband PON) deb ataldi. APON ga hozirgi kunda turli ilovalar va turli ONT lar orasida polosaning dinamik taqsimlanishi kiritilmoqda va ham keng polosali, ham tor polosali xizmatlarni taqdim qilishga mo'ljallangan.

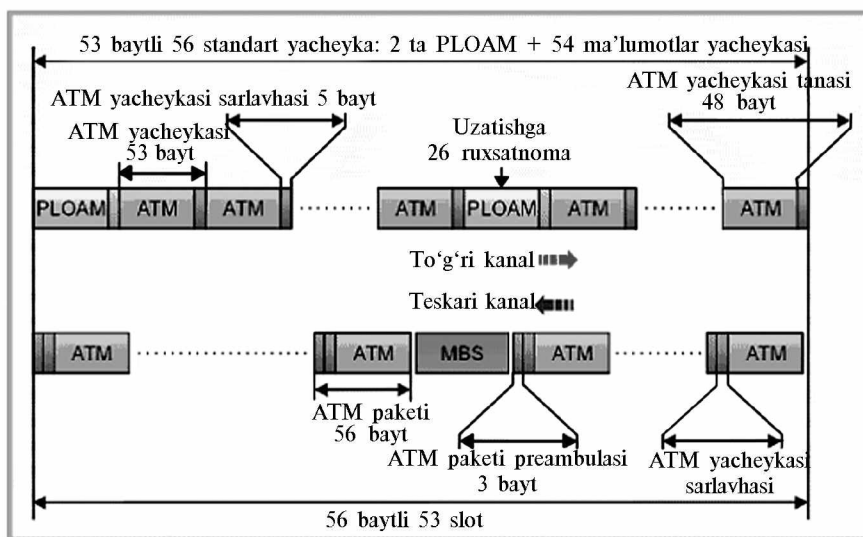
Turli ishlab chiqaruvchilarning APON qurilmasi quyidagi magistral interfeyslarni qo'llaydi: SDH (STM-1), ATM (STM-1/4), Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, video (SDI PAL), E1 (G.703) abonent interfeyslari, Ethernet 10/100 Base-TX, (FXS) telefoniya.

Markaziy va abonent tugunlari bilan o'zaro bog'lanuvchi APON MAC protokoli. Abonent tuguni bilan markaziy tugunning o'zaro bog'lanishi, ulanishni o'rnatish bilan boshlanadi. Shundan so'ng ma'lumotlar almashinishi sodir bo'ladi. Bularning barchasi APON MAC protokoliga muvofiq bajariladi. Ulashni o'rnatish jarayonida quyidagilarni o'z ichiga oluvchi ranjirlash protsedurasi ishga tushadi: masofa bo'yicha ranjirlash, quvvat bo'yicha ranjirlash va sinxronizatsiya.

MAS protokoli APON ulanish tizimi uchun uchta masalani echadi:

- teskari oqimdagi uzatishlarda kolliziyaning yo'qotilishi;
- teskari oqimda polosaning aniq, samarali dinamik bo'lishi;
- ilova transporti uchun eng yaxshi moslashtirishni saqlashi.

APON MAC protokoli so'rov/ruxsat mexanizmiga asoslanadi. Asosiy g'oyani ONT tomonidan talab qilingan polosa so'rovlarini jo'natish tashkil etadi. Yuklangan teskari oqim va qaysi xizmatlar ONT ga yoki boshqasiga o'rnatilganligi haqida bilimlarga asoslanib, OLT bu so'rovlarni qayta ishlash uchun qaror qabul qiladi.



6.22-rasm. ITU G.983 kadrining formati (to'g'ri va teskari oqimli kadrning) strukturasi.

So'rov/ruxsat mexanizmini boshqarish uchun FSAN APON kadrining strukturasi to'g'ri va teskari oqim uchun aniqladi. Bu format ITU-T ning G.983.1 tavsiyasiga binoan standartlashtirildi.

6.22-rasmda simmetrik rejimdagi 155/155 Mbit/s trafik uchun APON kadrining formati keltirilgan. To'g'ri oqim kadri ATM ning 53 baytli 56 ta yacheykasidan tashkil topgan. Teskari oqim kadri ATM ning 56 baytli 52 ta paketidan va bitta umumiy uzunligi 56 bayt bo'lgan MBS slotidan tashkil topgan.

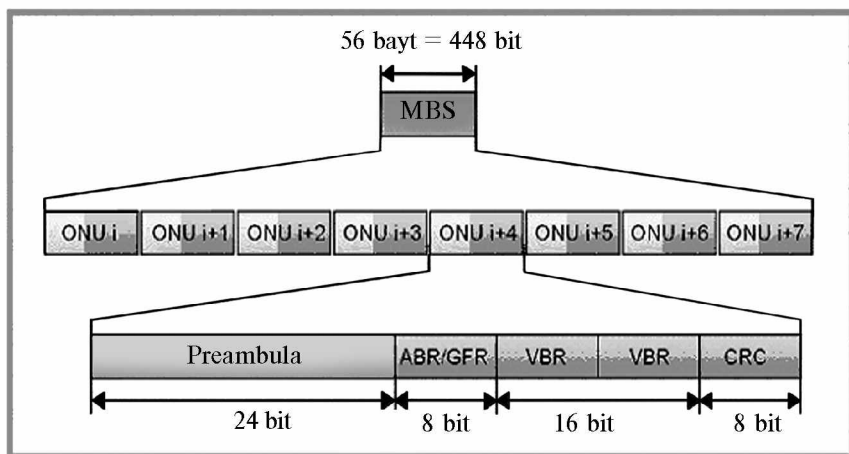
To'g'ri oqim. Uzatishga ruxsat ATM ning maxsus xizmat yacheykalari, ya'ni PLOAM (physical layer operation and maintenance)ning fizik sathida ishlovchi va xizmat ko'rsatuvchi yacheyka deb nomlanuvchi ikkitasi bitta kadrda joylashgan pachkalar bilan jo'natiladi. Ular 27 ta ma'lumot yacheykasini takroriy, qat'iy tartibda kuzatib boradi. PLOAM bitta yacheykasida har bir uzatishda ATM ning birgina paketi bo'lgan ONT uchun 26 ta ruxsatnoma joylashadi. Qolgan 54 ta yacheykalar to'g'ri oqim kadrda ma'lumotlar tashiydi va so'rov/ruxsat mexanizmiga ta'sir ko'rsatmaydi.

Teskari oqim. Teskari oqim turli ONT lardan tushuvchi, birgalikdagi ma'lumotlar dastasini ifodalaydi. Abonent tuguni ma'lumotlarni faqatgina PLOAM ning yacheykasidan o'qilgan mos ruxsatni olgandan keyingina uzatishi mumkin. Ma'lumotlar

pachkasi ONT dan APON ga ATM paketlarida uzatiladi. ATM paketining yacheykadan yagona farqi ATM paketida 3 bayt preambulalar mavjud bo'lganligidir. ATM paketining uzunligi 56 bayt. Preambulaning to'g'ri oqim yacheykalari uchun yuqorida ko'rsatilganidek ma'lumotlarni qabul qilish, sinxron rejimda bo'lganligi sababli kerak emas. Preambulaning birinchi ikkita biti optik signalni tashkil qilmaydi, signalning tarqalishida liniyada shak-shubhasiz bo'ladigan arzimagan kechikishlarning tebranishi – turli ONT lardan paketlarni to'sishni o'rnatish uchun yetarlicha hisoblanadi. Agar ATM ning har bir paketiga zarur bo'lgan uzatish uchun ruxsatga e'tibor bersak, u holda qayd qilingan PLOAM yacheykasi yig'indi qiymatining ruxsat etilgan davom etuvchi vaqti shu vaqt ichida barcha ONT lardan tarqatilgan ATM paketlari soniga mos kelishi kerak.

MBS. Teskari oqimda MBS ko'p karrali so'rovlar sloti, xizmatchi hisoblanadi. U ONT tomonidan uzatilayotgan so'rovlar xarakteri haqida OLT ga axborot beradi. Bu slot turli ONT larga mos 8 ta maydon ostiga yoki minislotga ega.

Agar PON tizimi 32 ta abonent tuguniga mo'ljallangan bo'lsa, u holda faqatgina siklni hosil qiluvchi MBS ning to'rtta ketma-ket uzatilgan slotidan keyin uzatishda barcha 32 ta ONT so'rovlar haqida o'zining ma'lumotini uzatadi. 64 ta ONT dan iborat tizimda, sikl sakkizta MBS slotidan tashkil topgan. Bitta kadrni 155 Mbit/s tezlikda uzatish 0,15 ms davom etadi. 32 ta ONT da to'liq siklni uzatishda 0,6 ms talab qilinadi. Boshqacha qilib aytganda, ONT 0,6 ms davomiyligida minipaketlarni, ma'lumotlarni uzatishga



6.23-rasm. MBS slotning strukturasi.

mo'ljallangan xizmat so'rovlarini jo'natadi. ONT, uning chiqish buferida so'rovni uzatishga navbat shakllanganda jo'natadi.

ONT faqat PLOAM yacheykasidan ruxsat olgandan so'ng uzata olganligi sababli, shu lahzadan maksimal vaqtni baholashda 0,6 ms sikl vaqtiga RTT ning ikkilangan o'tish masofasida (20 km radiusdagi tarmoqlar uchun RTT 0,2 ms ni tashkil qiladi) kechikish vaqtini qo'shish kerak bo'ladi va natijada 0,8 ms hosil bo'ladi. Bu qiymatga OLT va ONT lardagi apparat kechikish vaqtlari qo'shilishi mumkin.

Minislot 4 maydondan tashkil topgan: ATM paketidagi preambulaga o'xshash preambulalar (3 bayt); polosadagi ikki xil so'rovga mos keluvchi, 8 va 16 bit uzunlikdagi ABR/GFR va VBR ning ikkita maxsus maydoni va yig'indining nazorat maydoni CRC (8 bit)dan iborat.

EPON texnologiyasi

Bundan bir necha yillar avval mahalliy tarmoqlarda Ethernet texnologiyasidan foydalanish juda ommabop hisoblangan. Ammo abonent tarmoqlarida bunday texnologiyani qo'llashning asosiy kamchiliklaridan biri — bu kolliziyaning hisobga olgan holda tasodifiy ulanishning aniqlanmagan mexanizmi CSMA/CD (Carrier sense multiple access with collision detection) ning mavjudligi tufayli, aytib bo'lmaydigan kechikishlarga yo'l qo'yilishidir.

Biroq o'sha vaqtlardan buyon Ethernet ga katta o'zgarishlar kiritildi. Birinchidan, 10 Gbit/s gacha yetuvchi tezlikning bir qancha standartlari yaratildi. Ikkinchidan, kolliziya va aytib bo'lmaydigan kechikishlarni unutishga yo'l qo'yuvchi Full Duplex Ethernet IEEE 802.3 standarti yaratildi. Uchinchidan, multiservis xizmatlarini tashkil qilishda yangi imkoniyatlarni beruvchi quyidagi standart va protokollar yaratildi:

- IEEE 802.1Q — virtual tarmoqlar (VLAN) va trafikni prioritetlashtirish;
- DiffServ (Differential Services) — tarmoqda trafikni har biri aniq bir sifatni ta'minlovchi bir necha yirik sinflarga ajratishni ta'minlovchi OSI ISO modelini uchinchi sathidagi protokoli;
- MPLS (Multi Protocol Label Switching) — sonlardan foydalanishga asoslangan ko'p protokolli tarmoqlarda paketlarni tezda kommutatsiyalash uchun uchinchi sath protokollari guruhi.

Hozirgi kunda Ethernet asosidagi yechim hammasidan ko'ra universal bo'lib, kundalik hayotimizga mustahkam kirib bormoqda. Ethernet tarmoqlari eng ko'p tarqalishga ega bo'ldi. Turli baholashlar tufayli, jami qiymati 320 milliondan ortiq portlar bilan

jahondagi ishlatilayotgan barcha mahalliy tarmoqlarning 95 % dan ortig'i Ethernet standartidan foydalanmoqda. Ethernet texnologiyasi tezlik nuqtayi nazaridan ham, shiddatli rivojlanish va yangi interfeyslarni standartlashtirish nuqtayi nazaridan ham samaraliroq bo'lib qoldi. Ayni vaqtda Gigabit Ethernet keng tarqalmoqda hamda 10 Gigabit Ethernet asosidagi hammabop standart yechimga aylanmoqda. Nihoyat, xizmat ko'rsatish va Ethernet tarmog'ini boshqarishning oddiyligi hamda narxlarining pastligi tufayli shuhratga erishdi.

Ethernet juda ko'p yangi standartlar va protokollar bilan qurollanishga kirishganda, asosli savol tug'ildi: nima uchun mahalliy va shaharlararo tarmoqlar orasidagi bog'lanish uchun Ethernet ning aynan shu standarti asosidagi PON ulanish tarmog'idan foydalanish mumkin emas? Bu masalani yechish uchun 2000-yil EFM (Ethernet in the first mile – Ethernet birinchi milda) hamda IEEE 803.3ah kodini olgan maxsus komissiya tuzildi.

EPON uchun optik interfeyslar an'anaviy optik tarmoqlarda foydalanuvchi interfeyslarga aynan o'xshash. Gigabit Ethernet standarti kabi, EPON liniyalarida 1250 Mbit/s nominal tezlikka va 8B/10B kodlashtirish sxemasiga ega. EPON ning to'g'ri oqimida 1490 nm va teskari oqimida 1310 nm to'lqin uzunlikdagi multipleksorlashdan foydalanuvchi bir tolali tarmoq sifatida tavsiflanadi. 1550 nm to'lqin uzunligi boshqa xizmatlarni qo'shish (kabelli televideniye yoki shaxsiy kanallar) uchun zaxiralangan. EPON ning PMD (physical medium dependent) fizik sathi ikki sinfdagi interfeysni ko'rib chiqadi: 1-sinf kichik masofalar uchun (1:16 bo'lish koeffitsiyentida 10 km gacha) va 2-sinf katta masofalar uchun (1:16 bo'lish koeffitsiyentida 20 km gacha). Bu masofa va bo'lish koeffitsiyenti katta diapazonli PON tarmog'ini narxi bo'yicha optimal qurishga imkon beradi.

Ishlash prinsipi. EPON arxitekturasining asosiy xususiyati PON daraxtining ichida Ethernet kadrlarining tarqalishidir. APON arxitekturasida kabi EPON tarmog'i orqali Ethernet kadrlari o'tganda, ularning fragmentatsiyasi bo'lmaydi. Fragmentatsiyaning yo'qligi kutilayotgan EPON standartini Ethernet IEEE 802.3 standarti bilan maksimal darajada moslashtiradi.

EPON tarmog'i arxitekturasida APON tarmog'i arxitekturasida bilan mos tushadi. EPON tarmog'i markaziy tugun OLT (Optical Line Terminal), abonent tuguni ONT va passiv optik tarmoqlagichdan tashkil topgan.

To'g'ri oqim. To'g'ri (pasayuvchi) oqim OLT dan uzatilib,

so'ngra tarmoqlagich orqali o'tuvchi, ONT tugunlarida qabul qilinuvchi Ethernet 802.3 kadrilarini shakllantiradi.

Bu standartda to'g'ri oqimni uzatish uchun 1550 nm va 1490 nm to'liq uzunliklaridan foydalaniladi. 1550 nm to'liq uzunligida, standart keng polosali kabel televideniye amalga oshirish mumkinligi tufayli, 1490 nm to'liq uzunligining to'g'ri oqimni uzatishga berilishi afzalroq bo'lishi mumkin. To'g'ri oqimda ma'lumotlarni uzatish umumiy shinaga ega Ethernet tarmog'ida ma'lumotlarni uzatishga o'xshash bo'lib, bir stansiyadan uzatilgan kadrni boshqa barcha stansiyalar qabul qiladi va belgilangan MAS adres keragini tanlab oladi.

Teskari oqim. Teskari (chiquvchi) oqim 1310 nm to'liq uzunligida turli ONT lardan uzatilayotgan ma'lumotlar oqimini shakllantiradi. Tarmoqlagichlardan optik signallarni o'tkazishning o'ziga xos xususiyati shundaki, ONT tugunlaridan jo'natilayotgan ma'lumotlarni faqat OLT tuguni qabul qiladi.

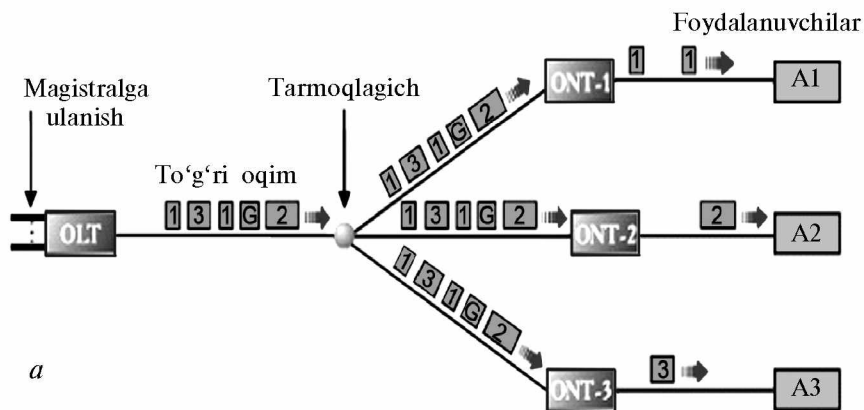
EPON tarmog'i teskari yo'nalishda «nuqta-nuqta» ulanishiga mos tushadi. Lekin haqiqiy «nuqta-nuqta» arxitekturasidan farqi, EPON tarmog'i turli ONT oqimlari kolliziyasi bo'lmashligi uchun ularni kuzatuvchi maxsus boshqarish usuliga muhtoj hisoblanadi. Shuning uchun EPON boshqa har qanday PON arxitekturasini bilan bir xil, ya'ni markaziy tugun OLT teskari oqim to'liq polosasining ONT lar orasida bo'lishi va turli ONT larga qaysi vaqtda qaysi biri uzatishini ko'rsatuvchi dispatcher funksiyasini bajarishi kerak.

EPON da (ONT lar orasida teskari oqim polosasini taqsimlash uchun) CSMA/CD mexanizmiga asoslangan teskari oqimni boshqarish usulini amalga oshirishga urinish uncha samarali emas.

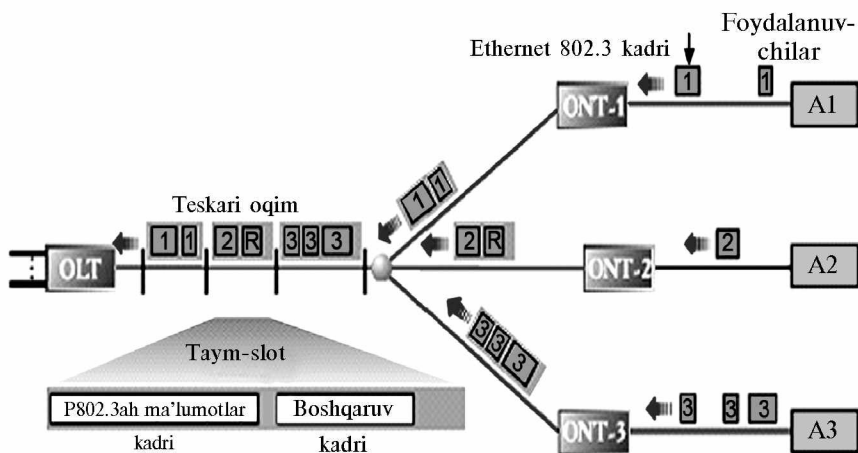
Birinchidan, kollizion domenning o'lchamini Gigabit Ethernet standartidagi uzatish tezligi bo'yicha solishtirsak, yuzlab metrni tashkil etadi, bu 20 km radiusdagi EPON tarmog'i uchun to'g'ri kelmaydi.

Ikkinchidan, CSMA/CD mexanizmiga asoslangan kanalni boshqarish TDM trafigi (ovoz, video)ga xizmat ko'rsatishga va aniq kechikish vaqtiga, boshqacha aytganda, talab etilgan sifatni ta'minlashga kafolat bera olmaydi.

Teskari oqimda kadrnlarni aniq yetkazib berishni ta'minlash uchun kolliziyaga ruxsat beruvchi mexanizmga asoslangan sxemadan foydalanish kerak emas. Ma'lumotlar uzatilayotganda, ya'ni normal ish rejimida kolliziya, to'liq chetga chiqish kuzatiladi. Bunga MPCP protokolini yechim sifatida olish mumkin. Shuni



a



b

6.24-rasm. EPON tarmog'i arxitekturası.

aytish kerakki, protokolning ishlashi uchun OLT va ONT lar almashinadigan va EPON tarmog'i chegaralaridan chiqib ketmaydigan qo'shimcha xizmat kadrlari talab qilinadi.

Barcha ONT lar xizmat kadrlarini uzatish orqali markaziy tugun OLT ning yagona vaqt shkalasi bo'yicha sinxronlashtiriladi. Abonent tugunlaridan ma'lumotlarni jo'natish ruxsat etilgan vaqt intervallari (taym-slotlar)da amalga oshiriladi. Taym-slotlarda Ethernet kadrlarining biri yoki bir nechta joylashishi mumkin bo'lgan uzunlik OLT da jadval rejalashtiruvchi tomonidan aniqlanadi. Taym-slotni jo'natishga ruxsat olinmagunicha, ONT abonentlarining ishchi stansiyasidan olingan kadrlarni buferlaydi.

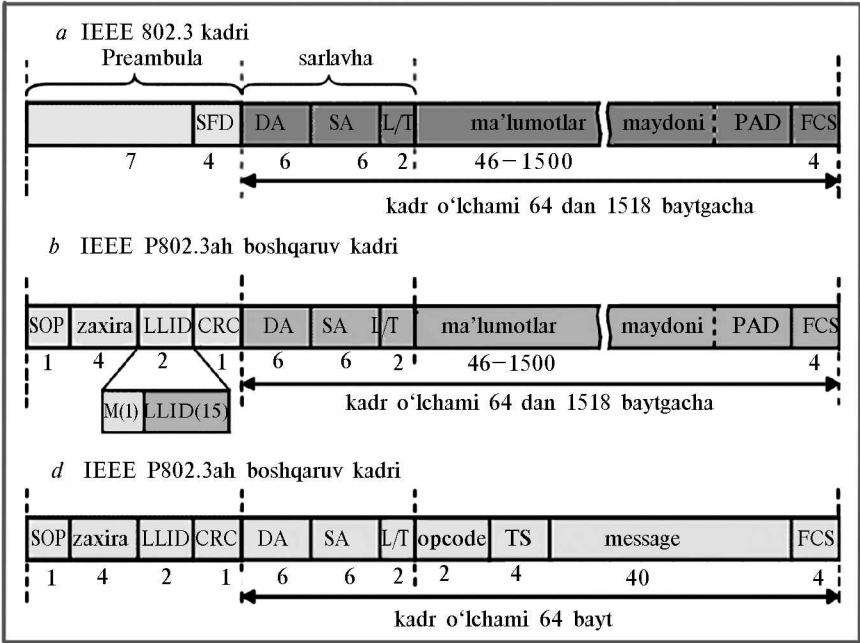
Kadrlar formati. Ma'lum fikrlarga ko'ra, dupleks (full duplex)

Ethernet IEEE 802.3X standartidan boshlab faqat ichki kollizionli domen yoʻl qoʻyishi mumkin boʻlgan diametrga kolliziyaga ruxsat beruvchi mexanizmni toʻgʻri qayta ishlashi uchun talab qilinganda, 64 baytli minimal kadr uzunligini cheklashning shakllanishi oʻz ahamiyatini yoʻqotadi. Fast Ethernet (100 BASE-FX/TX) standartidan boshlab, fizik sathda (10 Mbit/s Ethernet dan farqli ravishda) signalni qabul qilish sinxron boʻlib, kadrlar orasidagi interval (12 bayt) va kadrning juda katta preambulasi (8 bayt) oʻz ahamiyatini yoʻqotadi.

EPON texnologiyasi boʻshatilgan resurslardan foydalaniladi. Biz aytganimizdek, Ethernet kadrlarining EPON tarmogʻi orqali oʻtishida ularning qismlarga ajralishi sodir boʻlmaydi. Lekin bu hech qanday oʻzgarish roʻy bermaganligini anglatmaydi. 6.25-rasmda EPON va Ethernet kadrlarining formati koʻrsatilgan. Bu yerda:

- SOP (Start Of Packet) – 1 bayt maydon, kadr boshini koʻrsatadi;
- 4 bayt zaxira maydon;
- LLID (Logical Link Identifier) – 2 bayt maydon, EPON tugunining yakka tartibdagi identifikatorini koʻrsatadi.

ONT abonent tuguni nechta identifikatorga ega boʻlishi mumkin: bittami yoki bir nechdami, degan savol ochiq qolmoqda.



6.25-rasm. EPON va Ethernet kadrlarining formati.

EPON tarmog'ida «nuqta-nuqta» va «nuqta-ko'p nuqta» ulanish emulatsiyasi uchun LLID talab etiladi. Maydonning birinchi biti kadrni eshittirish rejimi («unicast» yoki «multicast»)ni ko'rsatadi. Qolgan 15 bit EPON tugunining shaxsiy yakka tartibdagi adresini tashkil etadi;

– CRC (Cyclic Redundancy Check) – 1 bayt maydon, preambula bo'yicha nazorat yig'indisidir.

Yuqoridagilarga asoslanib aytish mumkinki, EPON tarmog'i orqali o'tayotgan kadriga EPON teg qo'shib qo'yiladi. EPON tarmog'idagi kadr chiqishida kadr preambulasi teskari standart ko'rinishga aylanadi – teg yo'qotiladi. OLT har bir chiquvchi PON daraxti 802.3 kadrining preambulasini modifikatsiya qiladi, xususan, preambulaga maxsus LLID teg qo'shiladi. Bu teg preambulalarni tiklash sodir bo'ladigan ONT ni mos holdagi sath ostidan chiqarib oladi. ONT tugunining normal ish rejimida, ya'ni ro'yxatga olib bo'linganda, faqatgina shaxsiy LLID ga mos keluvchi LLID identifikatori preambulasidagi kadrlar qayta ishlanadi.

EPON kadrining qolgan maydonlari standart Ethernet kadri maydoniga mos keladi:

- *DA (Destination Address)* – 6 bayt maydon, belgilangan stansiya MAC manzilini ko'rsatadi. Bu yagona fizik manzil (unicast) bo'lishi mumkin, guruh manzili (multicast) yoki keng polosali manzil (broadcast);

- *SA (Source Address)* – 6 bayt maydon, jo'natuvchi stansiya MAC manzilini ko'rsatadi;

- *L/T (Length/Type)* – 2 bayt maydon, kadr uzunligi yoki turi haqidagi axborotni tashkil etadi;

- o'zgaruvchan uzunlikdagi ma'lumotlar maydoni;

- *Pad (to'ldirgich)* – kadrni minimal o'lchamgacha to'ldirish uchun foydalaniluvchi maydon;

- *FCS (Frame Check Sequence)* – 4 bayt maydon, siklik ortiqcha koddan foydalanib hisoblangan nazorat yig'indisini ko'rsatuvchi kadrning nazorat ketma-ketligidir.

EPON tarmog'i ichida ma'lumotlar kadrlari qatorida, shuningdek, xizmat kadrlari (xabar) ham uzatiladi. Ularning barchasi 64 bayt qayd qilingan uzunlikka ega. EPON boshqaruv kadr va ma'lumotlar kadrining manzil maydoni va preambulasi o'xshashdir. Boshqaruv kadrining boshqa maydonlari quyidagi ma'lumotlarni o'z ichiga oladi:

- *L/T* – 2 bayt maydon, boshqaruvchi kadr uchun maydon 0×8809 qiymatini tashkil etadi. Aynan shu maydon bo'yicha EPON tuguni boshqaruv kadri ma'lumot kadridan farqlanadi;

- *Opcode (optional code)* – 2 bayt maydon, boshqaruv kadrining turini aniqlaydi. Boshqaruv kadrining shu maydon qiymati bilan farqlanuvchi ikkita toifasi mavjud: OLT dan chiquvchi GATE xabari va ONT dan chiquvchi REPORT xabari;

- *Message* – 40 bayt maydon, aslida bu maydon MPCP protokoli ishlashi uchun zarur xizmat axborotini tashkil etadi.

MPCP protokoli. Markaziy tugun bilan abonent tuguni o‘zaro bog‘lanishini amalga oshirish uchun IEEE 802.3ah komiteti MPCP (multi-point control protocol) ko‘plab tugunlarni boshqaruvchi protokol ishlab chiqdi. Protokol ikki turdagi boshqaruv kadrlari (xabarlari)ga asoslanadi: GATE va REPORT. GATE xabari OLT dan barcha ONT larga boradi. Ularni eshittirish rejimi, qabul qiluvchi identifikatorlari, vaqt sonlari va boshqalar haqidagi axborotni tashkil etadi. ONT tuguni javoban OLT tuguniga o‘z holati haqidagi axborotni uzatadi, ya’ni REPORT xabarini jo‘natadi. REPORT xabari OLT ga teskari oqimda polosani to‘g‘ri taqsimlashda yordam beradi.

MPCP protokoli ikki xil ish rejimiga ega: initsializatsiya (avto ro‘yxatga olish) rejimi va normal ish rejimi. Mos holda abonent tugunlari ham ikki xil holatda bo‘lishi mumkin. Initsializatsiya rejimi OLT yangi ONT tugunini aniqlashi va ro‘yxatga olishi uchun zarur. Bunda ro‘yxatga olinayotgan ONT ga LLID identifikatori belgilanadi, shu ONT gacha RTT (Round Trip Time) ikkilangan borib-kelish vaqtining vaqt bo‘yicha kechikishi hisoblanadi va boshqa parametrlari aniqlanadi. Normal ish rejimi bevosita ma’lumotlar uzatish uchun xizmat qiladi.

GPON texnologiyasi

Takomillashish jarayoni har qanday texnologiyaning yaratilish paytidan boshlab birga sodir bo‘ladi. Passiv optik tarmoqlar uchun u bir qancha variantlarning yaratilishini ko‘rsatadi, ulardan biri «gigabitli» nomini olgan. GPON texnologiyasining afzalliklari nimalardan iborat va ular zamonaviy ulanish tarmog‘ini amalga oshirishga qay darajada mos keladi?

Aloqa operatorlari, kommunal va qurilish kompaniyalarining barchasi «triple play» terminidan foydalanib, aloqa xizmatlari integratsiyasini amalga oshirishni mo‘ljallamoqda. U uch xil xizmatni ko‘rsatadi, ya’ni bir vaqtning o‘zida abonentga ovoz, video va ma’lumotlarni yetkazib beradi.

GPON (Gigabit PON) ulanish tarmog‘i arxitekturasini APON texnologiyasining uzviy davomi sifatida qarash mumkin. Bunda PON tarmog‘ining o‘tkazish polosasini ham, ilovalarni

uzatish unumdorligining o'sishi ham amalga oshadi. GPON XTI-T Rec. G.984.3 tavsiyasi 2003-yil oktabrida qabul qilingan.

GPON 622 Mbit/s dan 2,5 Gbit/s gacha uzatish tezligida kadrlarning masshtablashgan strukturasini namoyish etadi, kiruvchi va chiquvchi oqimlar uchun PON daraxtida simmetrik kabi asimmetrik bitli tezliklarni qo'llaydi, shuningdek, sinxron transport ilovalarida turli xizmatlarning (jumladan, TDM ning ham) inkapsulatsiyasini ta'minlagan holda XTI-T G.704.1 GFP (generic framing protocol — kadrlarning umumiy ilovasi) tavsiyasi bazasiga tayanadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, hatto eng yomon holatda ham trafiklarning tarqalishi va oqimlarning tebranish polosasi APON ga nisbatan 71 % ni tashkil etadi.

Agar SDH da faqat polosaning statik bo'linishi amalga oshirilsa, GFP ilovasi SDH kadrining strukturasini saqlagan holda, polosani dinamik taqsimlashga imkon beradi.

GPON, to'g'ri oqimi (ulanish tugunidan abonentga)ning 1,244 Gbit/s va 2,488 Gbit/s, teskari oqimining esa 155 Mbit/s, 622 Mbit/s va 1,244 Gbit/s o'tkazish qobiliyatini tashkil etadi.

Arxitekturada BPON tizimining asosiy tuzilish sxemasi va aynan tolali optik tarmoqlarni amalga oshirishda WDM/TDMA birikmasi saqlanib qoladi. Bu dispersion kamchiliklarga qaramasdan, gigabit uzatish tezligida anchagina arzon Fabri-Pero lazerlarini qo'llash imkonini beradi.

GPON da ma'lumotlarning asosiy formatlarini va tarmoqda foydalanuvchi interfeyslarning katta qiymatini qo'llashni ta'minlaydi. Telefon tarmoqlaridan umumiy foydalanuvchilarning ovozli xizmatlarini, T1/E1 va DS3 standartlaridan foydalanuvchi ajratilgan TDM liniya xizmatlarini, shu jumladan, 10 Mbit/s, 100 Mbit/s va 1000 Mbit/s tezliklarda Ethernet kadrlarini uzatishni amalga oshiradi. Bundan tashqari, GPON tarmog'i bo'yicha VoIP xizmatini taqdim etishda, raqamli videoni va ma'lumotlarni uzatishda xizmatlar sinfini ajratish va trafikni boshqarishni talab etadi.

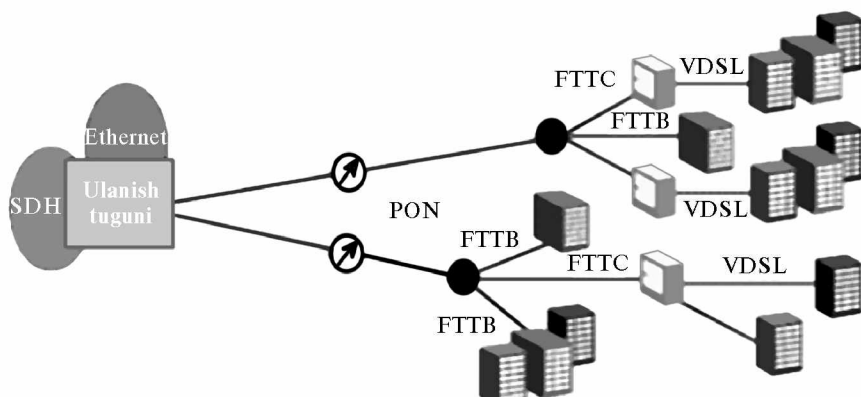
G.984.1 ga, shuningdek, ba'zi yangi foydali afzalliklar kiritilgan. Bular: ulanishni himoyalash, xizmatlarni kiritish va ma'lumotlar xavfsizligidir. Ulanishni himoyalash BPON bilan mos usulda amalga oshiriladi, lekin standartga bir nechta zaxiralangan konfiguratsiyalarning qo'shimcha turlari qo'shilgan: to'liq zaxiralangan 1+1 (C sinfli himoya) himoyalash, shuningdek, qisman zaxiralangan 1:1 (B sinfli himoya) himoyalash. Xizmatlarni kiritish, G.983.3 kabi raqamli GPON tizimi

foydalanmagan, kengaytirilgan o'tkazish polosasini qoldirishni talab qiladi. Ma'lumotlar xavfsizligi talabiga muvofiq, chiquvchi oqimdagi axborot himoyalangan bo'lishi lozim va ONT identifikatsiyasini o'tkazish mumkin bo'lgan vositalar mavjud bo'lishi lozim.

GPON ning afzalliklari:

- GPON ga ulanuvchi har qanday mijoz uchun «gigabit rejimida inkapsulatsiyalash»ni qo'llash;
- ma'lumotlarni simmetrik kabi asimmetrik uzatish tezligida ham qo'llab-quvvatlash (kirish va chiqish oqimlarida);
- bir to'lqin uzunligida 256 gacha mantiqiy ONT larni qo'llab-quvvatlash;
- kirish va chiqish oqimlarida ko'rsatkichlar yordamida o'tkazish polosasining tarqalish mexanizmi;
- ONT dagi himoyalangan bitlarning konfiguratsiyalangan soni;
- ONT ni avtomatik va davriy aniqlash usuli;
- har bir ONT ni himoyalash – AES algoritmi yordamida ulanish;
- (ONT) abonent tugunlaridan (OLT) markazga turli holatlar va hisobotlar soni;
- OAM ajratilgan kanallar.

Fizik sath. G.984.2 – bu GPON tarmog'ining fizik sathi spetsifikatsiyasi bo'lib, uzatish muhitiga bog'liq (Physical Media Dependent – PMD). U GPON ga mos keluvchi optik komponentlarni to'liq tavsiflaydi. Tavsianoma BPON bilan ishlashda o'zlashtirilgan ko'plab bilimlarni hisobga olgan holda



6.26-rasm. Gibrad mis-optik arxitekturali tarmoqlarda keng polosali ulanuvchi texnologiyalarni qo'llash.

tuzilgan va shu bilan birgalikda oshib boruvchi uzatish tezligiga e'tibor bergan holda optik parametrlarning to'liq aniqlanishini beradi.

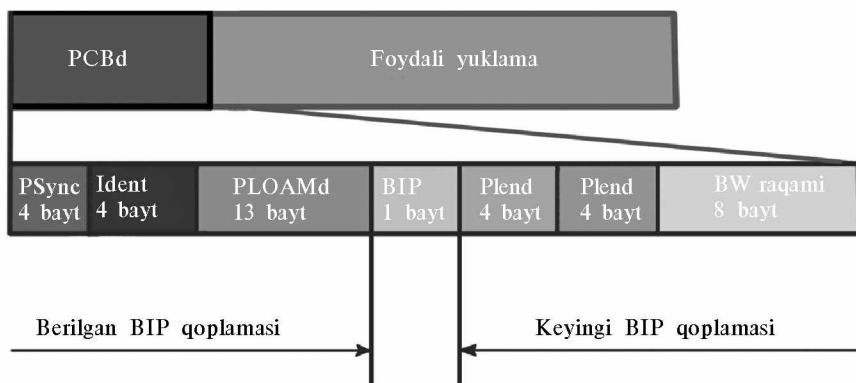
GPON da PMD uchun SDH/SONET kabi ayni shu usullar va kelishuvlardan foydalaniladi. «Uzatkichning chiqish quvvati», «Qabul qilgichning sezgirliги» va «Liniyadagi optik budjet» kabi terminlarni aniqlash ushbu tarzda tuzilgan, tarmoq qurilmasi va optik taqsimlanish tarmog'ining funksional moslashuvchanligini ta'minlash uchun o'sha vaqtda ularning aniq chegarasini belgilaydi.

GPON PMD tavsifnomasida asos sifatida SDH bazasi olingan va SDH ning odatdagi quvvat sathlari va taktli chastotalaridan foydalaniladi. G.983.3 kabi tavsiya to'liq uzunligini to'sa olishi mumkin bo'lgan chastotalarni taqsimlashda qo'llaniladi. Uning samarali va yaxshi ishlatilgan sxemasi tufayli tanlangan kodlashtirish formati sifatida shifrlangan NRZ kodi ishlatiladi. PMD – tavsiyasi, shuningdek, to'g'ridan to'g'ri xatolarni tuzatish mexanizmi (Forward Error Correction – FEC)ni o'z ichiga oladi. GPON PMD ga yana bir kiritilgan yangilik – bu ONT ning optik uzatkichini boshqara olishdir. U PON ning B yoki C sinfini tanlash holatida OLT markaziy tugunida lavin fotodiodlaridan foydalanish zaruratini chiqaradi (PON ning B yoki C sinfi uchun quvvat budjetini mos ravishda 25 va 30 dB ni tashkil etadi).

Kadrlar strukturasi. Oldin aytganimizdek, ulanish tugunidan abonentgacha bo'lgan oqimda kadr uzunligi 125 mks ni tashkil etadi. Bunday qiymat tarmoqning teskari oqimdagi o'tkazuvchanlik qobiliyatiga bog'liq emas (1,244 Gbit/s yoki 2,488 Gbit/s). 1,244 Gbit/s tezlikdagi kadr 19440 baytdan iborat bo'lsa, 2,488 Gbit/s tezlikdagi kadr esa 38880 baytdan iborat. PCBd maydonining uzunligi ikkala tezlik uchun bir xil va bitta kadrda taqsimlash bloklari (xuddi o'sha Allocation-ID identifikatoriga ega) soniga bog'liq.

To'g'ri oqimdagi kadrlar barcha tezlikdagi uzatishlar uchun bir xil tuzilishga ega. Ular bir yoki bir necha ONT dan uzatiladigan ma'lumotlar to'plamidan iborat.

O'tkazish polosasi jadvali ushbu ma'lumotlar to'plamini taqsimlashni aniqlaydi. OLT da amalga oshiriluvchi nazoratga mos holatda o'tkazish polosasi jadvalida indikatorlar maydoni ONT ning har bir yo'nalishida taqsimlanish davri uch xilgacha PON sarlavhasi va foydalanuvchi ma'lumotlari jo'natilishi mumkin. Bu teskari oqimda fizik sath sarlavhasi (PLOu), teskari oqimda OAM (PLOAMu), PLOAM xabarini o'z ichiga oluvchi 13 baytli



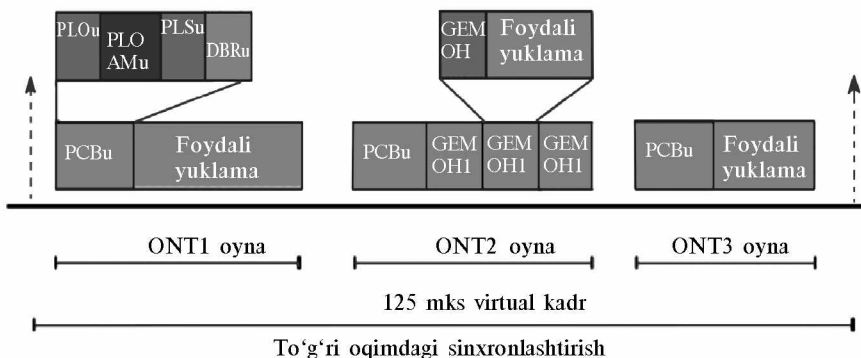
6.27-rasm. GPON ning to'g'ri oqimidagi kadr strukturasi.

maydon, shuningdek, DBA uchun markaziy OLT tugunida foydalanuvchi teskari oqimdagi o'tkazish polosasining dinamikasi haqida hisobot (DBRu) bo'lishi mumkin.

Uzatishni boshqarish strukturasi. G 984.3 tavsiyanomasi GPON da uzatishni boshqarish (TC – Transmission Convergence) sathini tasniflaydi. Bu hujjat PON da ma'lumotlarni uzatishni boshqarish va kadrlar uchun maxsus muvofiqlashtirish tizimini tavsiflaydi. Oxirgi muhim afzalliklardan biri – juda yuqori samaradorligi (90 % dan ortiq) va ATM yacheykalarini ham, GFR inkapsulatsiyasi shaklidagi ma'lumotlar kadrini ham uzata olish qobiliyatidir. Hujjat, shuningdek, o'tkazish polosasini dinamik taqsimlash va boshqa bir qancha funksiyalar tavsifini o'z ichiga oladi.

Teskari oqimda kadrlar doimiy 125 mks davomiylikka ega. Ular yengil sinxronizatsiyalanadi. Bunda 8 kHz takt signaliga ulanish ta'minlanadi. Bunday xususiyatlar, ma'lum bo'lishicha, TDM xizmatlarini taqdim etishda ayniqsa foydalidir (6.28-rasm).

Teskari oqimdagi kadr uchta qismdan tashkil topadi: fizik nazorat bloki (Physical Control Block – PCB), ATM-uchastka va gigabit inkapsulatsiya rejimi uchastkasi (Gigabit Encapsulation Mode – GEM). PCB OAM xabarlar jo'natmasini, quyi sath signallarini uzatishni va o'tkazish polosasining jadvalini qo'shib hisoblaganda passiv optik tarmoqni boshqarish va nazorat qilish uchun zarur fizik sath sarlavhasining barcha axborotlarni o'z ichiga oladi. ATM uchastkasi kadrning dinamik taqsimlangan qismini o'zida taqdim etadi. U ATM yacheykalarining qaysi ONT ga qaysi yacheyka mo'ljallanganligini ATM virtual liniyasining indikatori yordamida aniqlab ONT ga tashiydi. GEM uchastkasi abonent



6.28-rasm. GPON ning teskari oqimidagi kadr strukturasi.

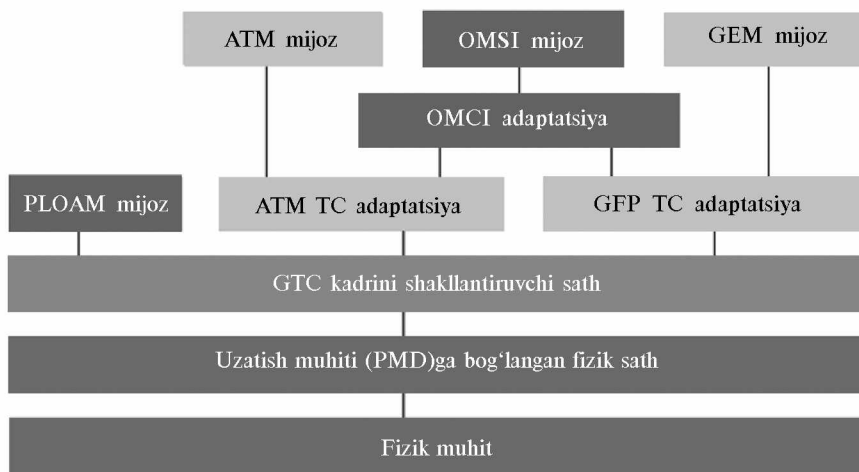
tugunlariga qaysi ONT ga qaysi fragment mo'ljallanganligini aniqlash uchun Port-ID identifikatoridan foydalanib, GEM fragmentlarini yetkazib berish uchun qo'llaniladi.

Barcha jarayonda analiz va qayta ishlash uchun zarur bo'lgan bunday kadr tizimlari juda oddiydir. U mantiqiy elementlar sonini kamaytirishga yordam beradi va tizim komponentlarining o'zaro ta'sirini ancha samarali ta'minlaydi.

To'g'ri oqimdagi kadr o'tkazish polosasi jadvali yordamida markaziy tugun orqali dinamik boshqariladi. O'tkazish polosasi jadvali — bu har biri ONT abonent tugunining aniq bir identifikatori Allocation-ID ga tegishli boshlanish va tugash vaqti ro'yxatidir. Har bir ONT xizmat profiliga bog'liq holda bir qancha yoki faqat bitta Allocation-ID ni o'z ichiga olishi mumkin. O'tkazish polosasi jadvali bilan moslashtirilgandan so'ng ONT to'g'ri oqimda faqat ko'rsatilgan oynada OLT ga axborot uzatishni boshlaydi; ONT kadrining qolgan qismi uzatishni to'xtatadi. Agar ONT ikkita ketma-ket vaqt oynasida uzatishni amalga oshirishi lozim bo'lsa, u o'tkazish polosasini tejash uchun faqat bir marotaba to'g'ri oqimda fizik sath sarlavhasini jo'natadi.

Natijaviy «chayqalgan» oqim markaziy tugunda saqlanib qolgan o'tkazish polosasi jadvali, abonent tugunlari identifikatori va to'g'ridan to'g'ri uzatilayotgan ma'lumotlar qo'shilgan oqim yordamida oson interpretatsiyalanadi. GPON protokoli ATM trafigi kabi GEM ma'lumotlarini ham uzata olish xususiyatiga ega. Bunday standart yana shuni aniqladiki, qurilmalar bu variantlardan faqatgina ixtiyoriy birini emas, balki ikkala variantni birgalikda qo'llab-quvvatlashi mumkin.

GPON (GTC) uzatishni boshqarish sathi ikkita sath ostidan



6.29-rasm. GPON sathlarining strukturasi.

tashkil topgan. Bu kadrlarni shakllantiruvchi va adaptatsiya sathlaridir (6.29-rasm). GTC, shuningdek, abonent trafiginu uzatuvchi foydalanuvchilar tekisligini va abonent trafiklari oqimining o'tishini ta'minlovchi nazorat/boshqaruv tekisligini hamda OAM ning xavfsizligi va funksiyalarini o'z ichiga oladi. GTC kadrlarini shakllantirish sathi ATM uchastka, GEM uchastka, OAM dan foydalanish, administratsiyasi va boshqaruv funk-sionalligi qo'shilgan uchastka hamda PLOAM ning fizik sathi OAM dan tashkil topgan. ATM va GEM uchastkasida oddiy protokol ma'lumotlari bloklari (PDU)dan o'zgartirib ishchi ma'lumotlar bloki (SDU) quriladi va aksincha. GTC kadrlarini shakllantirish sathi barcha uzatiluvchi ma'lumotlar uchun to'liq ulangan. OLT tizimining markaziy tugunida bu sath barcha ONT lardagi mos keluvchi GTC sathlari kabi qoidalarga ega. GPON da to'g'ri trafik muhiti uchun nazorat ulanishi ta'minlanadi. Teskari oqim kadr-larining asosiy konsepsiyalari teskari oqim kadrlari bilan sinxro-nizatsiyalashtirilgan to'g'ri oqimdagi kadrda to'g'ri trafik uchun ruxsat etilgan holatlarni ko'rsatadi.

OLT ko'rsatkichlarni PCBd ga jo'natadi va bu ko'rsatkichlar har bir ONT to'g'ri oqimda uzatishni boshlashi va tugatishi mumkin bo'lgan vaqtni ko'rsatadi. Faqat bitta ONT ixtiyoriy vaqtda muhitga ulanishi mumkin va normal ishlashda konfliktlar sodir bo'lmaydi. Bloklarda ko'rsatkichlar soniyasiga 64 kbaytga teng samarali statik o'tkazish polosasida OLT ga muhitni boshqarishga imkon beruvchi bayt tarzida uzatiladi.

Nazorat savollari

1. WDM texnologiyasini qo'llashdan maqsad nima?
2. WDM li tizim qanday tuzilishga ega?
3. WDM ning qanday afzallik va kamchiliklarini bilasiz?
4. WDM li tizimlarda qanday multipleksorlar qo'llaniladi?
5. WDM tizimlari transport texnologiyalari bilan qanday bog'lanishga ega?
6. WDM da multipleksorlash qanday amalga oshadi?
7. WDM ning qanday sinflarini bilasiz?
8. DWDM da signallarni uzatish qanday amalga oshadi?
9. Shahar sharoitida DWDM qanday qo'llaniladi?
10. WDM dan DWDM ga o'tish nima uchun zarur?
11. SWDM tizimlarining afzalligi nimada?
12. Qanday maqsadlarda SWDM larni qo'llash mumkin?
13. Tarmoqning qanday topologiyalarida SWDM ni qo'llash mumkin?
14. Mavjud bo'lgan telefon tarmoqlari qanday tuzilgan?
15. Mavjud bo'lgan telefon tarmoqlari qanday kamchiliklarga ega?
16. Mahalliy telefon tarmoqlarida qaysi tizim keng tarqalgan?
17. Zamonaviy aloqa tarmoqlari qanday tuziladi? Ularning afzalligi nimada?
18. Yuqori tezlikli abonent tarmoqlarini hosil qilishdan maqsad nima?
19. Yuqori tezlikli abonent tarmoqlarini tashkil qilishda qanday texnologiyalarni qo'llash mumkin?
20. xDSL texnologiyasining qanday turlari mavjud?
21. ADSL texnologiyasining boshqa turdagi texnologiyalardan afzalligi nimada?
22. ADSL texnologiyasi qo'llanilgan abonent liniyalari qanday tashkil qilinadi?
23. Tolali optik kabellar bo'yicha ishlovchi abonent tarmoqlarining elektrik kabellar bo'yicha ishlovchi abonent tarmoqlariga nisbatan afzalligi nimada?
24. Tolali optik kabellar bo'yicha ishlovchi abonent tarmoqlarida qanday texnologiyalarni qo'llash mumkin?
25. PON texnologiyasi nechta abonentga xizmat qilishi mumkin?
26. PON texnologiyasining aloqa masofasi qancha uzunlikni tashkil etadi?
27. APON, BPON, EPON, GPON texnologiyalari bir-biridan nimasi bilan farq qiladi va qaysi texnologiyani abonent tarmoqlarida qo'llash tavsiya etiladi?

7.1. Optik aloqaga oid asosiy tushunchalar. Optik aloqa va tolali optik aloqa tizimlari

Ma'lumki, yuqori tezlikdagi signallarni uzatish va qabul qilib olish uchun yuqori darajada o'tkazish qobiliyatiga ega bo'lgan yo'naltiruvchi muhit bo'lishi kerak. Bunday talablarga teng keluvchi vositalar hozirgi kunda mavjud emas. Bundan tashqari, optik aloqa tizimlari orqali katta hajmdagi axborotlarni xohlagan masofalarga uzatish mumkin.

Foton texnologiyasi asosidagi optik aloqa (OA), ya'ni to'liq optik tarmoqlar AON (All-optical Networks) telekommunikatsiya tarmoqlarining kelajagi hisoblanadi. To'liq optik aloqa magistral tarmoqlarni, shuningdek, abonentlarning tarmoqqa ulanishini ham qamrab, mijozlarni telekommunikatsiya tarmoqlariga keng polosali ulanishlarini ta'minlaydi. Foton texnologiyasi asosidagi to'liq optik aloqada kommutatsiya, multipleksorlash va regeneratsiyalash optoelektron yoki elektrooptik emas, balki faqat optik texnologiya asosida amalga oshiriladi. Bu bilan qurilmaning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari, ishonchliligi va uzatish tezligi bir necha martaga oshadi. Foton texnologiyasini aloqa tarmoqlariga tatbiq etishda optik kommutatorlar, optik regenerators, kuchaytirgichlar, filtrlar, spektr bo'yicha zichlashtirish tizimlari qo'llaniladi.

O'tgan asrning 60-yillari boshida birinchi lazer yaratildi. Trakt sifatida yerusti atmosfera qatlami, ya'ni ochiq aloqa liniyasi ishlatilgan. Hozirda bunday tizimlar koinotda, ba'zi xorijiy mamlakatlarda ko'p qavatli baland binolarda qo'llanilmoqda.

O'zbekiston Respublikasida ham jamiyatni axborotlashtirish borasida ko'pgina ishlar amalga oshirildi va bu ishlar hozirgi kunda ham davom etmoqda. 1995–2000-yillarda OECF (Yaponiya) loyihasi doirasida 1080 km uzunlikli hududiy TOA liniyasi qurildi va foydalanishga topshirildi.

O'zbekiston telekommunikatsiya tizimining 28 ta yo'nalish bo'yicha dunyoning 180 ta mamlakatiga chiqadigan to'g'ridan to'g'ri xalqaro kanallari mavjud. Bularda ham tolali optik va, shuningdek,

sun'iy yo'ldoshli tizimlaridan foydalanilmoqda. Butun tarmoq nafaqat hozirda, balki keyinchalik ham hozirgidan ko'proq axborot o'tkazish quvvatiga ega.

Optik aloqa — bu axborot yorug'lik nuri ko'rinishida optik tola bo'ylab yoki ochiq fazo atmosferada uzatiladigan aloqadir. Axborot tola orqali uzatilsa, tolali optik aloqa (TOA) tizimi, ochiq atmosferada uzatilsa, ochiq optik aloqa (OOA) tizimi deyiladi.

OOA tizimlarida nurlanish manbalari elektromagnit to'lqinlarni ochiq fazoga nurlantiradi, bunda nurlanishning tarqalish yo'nalishi faqatgina antenaning yo'nalish diagrammasi bilan aniqlanadi. OOA tizimlarining uzatuvchi muhiti, o'z navbatida, uch turga bo'linadi: atmosfera, kosmik va suvosti aloqa muhitlari.

Atmosfera OOA tizimlarida to'lqinlarning tarqalish xarakteristikasi yetarli darajada ob-havo sharoitlariga bog'liq. Atmosfera va suvosti uzatish muhitlarining fizik bir turda emasligi va ularning tarkibidagi begona zarrachalarning uzatilayotgan nurlanish to'lqini bilan o'zaro ta'sirda bo'lishidan elektromagnit to'lqinlar buziladi. Zarracha o'lchamlarining to'lqin uzunligi bilan taqqoslanadigan darajada yoki katta bo'lishi buzilishlarni oshiradi. Shu sababli atmosfera buzilishlari optik diapazonda turli xarakterga ega. Shu tarzda uzatish muhitlarini tahlil qilish aloqa tizimlarini loyihalashtirishda yuzaga keladigan eng muhim masala hisoblanadi. To'lqinlarning tarqalish yo'nalishiga tushib qoladigan zarrachalar, asosan, optik nurlanishni yutadi va sochadi. Bu omillarning ta'sir darajasi muhit turiga (suvosti, toza havo, turbulent atmosfera va boshqalar) bog'liq. Bu tizimlarda buzilishlarni kamaytirish va talab etiladigan ishonchlilikni ta'minlash uchun retranslatsiya uchastkasi uzunligini kamaytirish kerak bo'ladi.

Kosmik OOA tizimlarida uzatish muhiti — bu atmosferadan xoli bo'lgan ochiq fazodir. Kosmik muhitda atmosfera muhitlariga xos bo'lgan buzilishlar hosil bo'lmaydi, ular barqaror bo'lib, aloqaning yuqori ishonchliligini ta'minlaydi. Kosmik muhitlarda asosiy yo'qotishlar — bu tarqalishda hosil bo'ladigan yo'qotishlar hisoblanadi. Bu yo'qotishlar signal L masofaga tarqalganda nurlanish maydoni quvvatining yo'qotish koeffitsiyenti bilan baholanadi va quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$Z_p = \frac{1}{4\pi L^2}. \quad (7.1)$$

Kosmik aloqa tizimlarini loyihalashtirishda asosiy masala uzatish va qabul qilish antennalarining o'lchamlarini mos ravishda to'g'ri tanlash orqali yo'qotishlarni bartaraf etish hisoblanadi.

OA tizimining asosiy yo'nalishi TOA tizimidir. Chunki hozirgi vaqtda yuqori darajadagi uzatish xarakteristikalariga ega bo'lgan yorug'lik uzatgichlar ishlab chiqilgan. Ammo axborotlarni ochiq fazoda, atmosferada uzatishga asoslangan OOA tizimlari ham, radioaloqa uchun ajratilgan chastotalarni to'ldiruvchi vosita sifatida qiziqishlarni namoyon etadi. TOA tizimlarida elektromagnit nurlanishlarning tarqalish yo'lini tashkil etish uchun maxsus optik yorug'lik uzatgichlar — optik tolalar qo'llaniladi. TOA tarmog'i tugunlar orasida optik aloqa liniyalari orqali bog'langan aloqa tarmog'idir.

TOAning afzalliklari, kamchiliklari va qo'llanish sohalari. Axborotni TOA liniyalari orqali uzatish mis kabellar va boshqa uzatish muhitlariga qaraganda bir qancha afzalliklarga ega. Shu afzalliklari tufayli TOA tizimidan nafaqat telefon aloqasini tashkil etishda, balki televideniya, ovoz eshittirishlarini uzatishda, hisoblash texnikasida, transport vositalarida va boshqa sohalarda keng foydalanilmoqda.

TOA tizimlarida uzatish muhiti sifatida qo'llaniladigan optik tolalarning afzalliklari quyida keltirilgan.

O'tkazish oralig'ining kengligi. Bu tashuvchi chastotasining juda yuqoriligi 10^{14} – 10^{15} Hz bilan tushuntiriladi. Bitta optik tola bo'ylab soniyaga bir necha terabit axborotlar oqimini uzatish imkoniyati mavjud. O'tkazish oralig'ining kengligi tolali optik aloqaning mis va boshqa axborot uzatish muhitlaridan ustun turuvchi eng muhim afzalligidir.

Optik tolada yorug'lik signallarining kam so'nishi. Hozirgi kunda ko'plab kompaniyalar tomonidan ishlab chiqarilayotgan optik tolalar 1 kanal kilometr hisobida 1,55 mkm to'lqin uzunligida 0,2–0,3 dB/km so'nishga ega. So'nish va dispersiya qiymatlarining kichikligi optik signallarni TOA liniyalari bo'ylab retranslatsiyasiz 100 km va undan uzoq masofalarga uzatish imkonini beradi.

Shovqin sathining kichikligi optik tolaning o'tkazish qobiliyatini oshiradi.

Shovqindan yuqori darajada himoyalanganligi. Optik tola dielektrik materiallar — kvars, ko'p tarkibli shisha, polimerlardan

tayyorlanganligi uchun u elektromagnit nurlanishni induksiyalash xususiyatiga ega atrofidagi mis kabelli tizim va elektr qurilmalarning (elektr uzatish liniyalari, elektrodvigatelli uskuna va boshqalar) tashqi elektromagnit shovqinlariga ta'sirchan emas. Shuningdek, ko'p tolali optik kabellarda ko'p juftli mis kabellarga xos elektromagnit nurlanishlarning o'zaro ta'siri kabi muammolar yuzaga kelmaydi.

Bu afzalligi tufayli optik kabellardan ishlab chiqarish korxonalarida, boshqaruv markazlarida, samolyot va kema kabi transport vositalarida foydalangan ma'quldir. Chunki shu kabi kichik joylarda ham energetik qurilmalar, ham avtomatika va teleboshqaruv tizimlari, ham ko'p sonli abonent qurilmalaridan iborat tarmoqlangan aloqa tarmoqlari joylashgan bo'ladi. Bunday holatda elektromagnit va o'zaro shovqinlar yuzaga keladi. Optik kabellarning esa bunday shovqinlarga ta'sirchan emasligini aytib o'tdik.

Yengilligi, hajmi va o'lchamlarining kichikligi. Optik kabellar mis kabellar bilan solishtirilganda ancha yengil va hajmi kichik. Masalan, 900 juftli 7,5 sm diametrli mis telefon kabeli 0,1 sm diametrli bitta optik tola bilan almashtirilishi mumkin. Agar optik tola bir necha himoya qobiqlaridan iborat va bron po'lat lenta bilan qoplangan bo'lsa, bunday tola diametri 1,5 sm ga teng bo'ladi, bu esa ko'rilayotgan mis kabel diametridan bir necha marta kichik.

Optik tolaning bu afzalligi optik kabelli liniya traktlarini qurishda ancha yengilliklar yaratadi. Yengilligi va o'lchamining kichikligi tufayli optik tolaning samolyot, vertolyot va boshqa transport vositalarida ishlatilishi tolali optik aloqaning juda muhim yutug'idir. Masalan, axborotlarni yig'ish va boshqarish vazifalarini bajarish uchun maxsus jihozlangan samolyotlarda bog'lovchi kabellar og'irligini 1 tonnadan oshiqqa kamaytiradi.

Aloqaning maxfiyligi. Tolali optik kabellar radio to'lqin diapazonida umuman nur uzatmasligi sababli, undan uzatilayotgan axborotni uzatib-qabul qilishni buzmasdan ruxsatsiz tashqi ulanishlarda eshitish juda qiyin. Optik aloqa liniyasining monitoring tizimi (uzluksiz nazorat) tolaning yuqori sezgirlik xususiyatini qo'llab, darhol ruxsatsiz tashqaridan eshitalayotgan aloqa kanalini o'chirishi va xavf (trevoga) signalini uzatishi mumkin.

Tarqaluvchi optik signallarning interferensiya effektini qo'llovchi tizimlar tebranishlarga, bosimning salgina og'ishlariga

sezuvchanligi juda yuqori. Hukumat, bank va ma'lumotlar himoyasiga yuqori talablar qo'yiladigan boshqa maxsus xizmatlarning aloqa liniyalarini tashkil etishda bunday tizimlar ayniqsa zarurdir.

Yong'indan himoyalanganligi. Optik tolada uchqun hosil bo'lmisligi kimyoviy, neftni qayta ishlovchi korxonalarda, portlash va yong'in xavfi mavjud bo'lgan binolarda xavfsizlikni oshiradi.

Iqtisodiy jihatdan samaradorligi. Optik tola kvarsdan ishlab chiqariladi. Uning asosini tabiatda keng tarqalgan kremniy ikki oksidi (SiO_2) tashkil etadi. Demak, tolali optik kabellarni ishlab chiqarish uchun noyob rangli metall sarflanmaydi. Mis va qo'rg'oshinning dunyoviy zaxiralari chegaralangan hozirgi vaqtda noyob bo'lmagan mahsulotga o'tish kabelli aloqa texnikasining kelgusi rivojlanishi uchun muhim omil hisoblanadi. Natijada optik kabellarning narxi mis kabellarga nisbatan arzonlashadi.

Tolali optik kabellar signallarni uzoq masofalarga retranslatsiyasiz uzatish imkonini beradi. Uzoq masofali TOA liniyalarida optik kabellarning qo'llanilishi retranslatorlar sonining qisqarishiga olib keladi. Buning natijasida ham sarf-xarajatlar kamayadi.

Foydalanish muddatining uzoqligi. Tola vaqt o'tgan sari eskiradi, ya'ni yotqizilgan kabellarda so'nish asta-sekin oshib boradi. Biroq optik tola ishlab chiqarish texnologiyalarining mukammallashuvi bu jarayonni sekinlashtiradi va foydalanish muddatini uzaytiradi. Tolali optik kabellardan foydalanish muddati taxminan 25 yilni tashkil etadi.

Masofaviy elektr ta'minotga ega ekanligi. Ba'zi hollarda tarmoq tugunlarining masofaviy elektr ta'minoti talab etiladi. Buni optik tola orqali amalga oshirib bo'lmaydi. Bu holda optik tola bilan birgalikda mis o'tkazish elementi bilan jihozlangan aralash kabellardan foydalanish mumkin. Bunday kabellar ko'pgina mamlakatlarda keng qo'llaniladi.

Hozirgi kunda turli vazifali va tuzilishli optik tola va kabellar ishlab chiqarilmoqda. Keng polosali uzoq aloqa tizimlari, jumladan, magistral aloqa uchun toladan faqatgina asosiy to'lqin tarqaladigan bir modali kabellarning yangi turlari ishlab chiqarilmoqda. Magistral aloqa liniyalarida signal uzatishda tolaning so'nish va dispersiya parametrlariga ham yuqori talablar qo'yiladi. Bundan tashqari, optik nurlanish qutblanishining saqlanishini ta'minlovchi tolalar ham ishlab chiqarilmoqda.

Magistral aloqada qo'llaniladigan bunday kabellarni ishlab chiqish murakkab va qimmat. Bunday kabellar qo'llanilganda lazer

nurlanish manbalaridan foydalaniladi. Lazer manbalarida ham nurlanish spektrining tozaligiga, nurlanish xarakteristikalarining barqarorligiga yuqori talablar qo'yiladi.

Tezligi 100 Mbit/s gacha bo'lgan va aloqa masofasi chegaralangan (taxminan 10 km gacha) tizimlarda nisbatan arzon va oxirgi qurilmalar bilan oson moslashadigan ko'p modali kabellardan foydalangan ma'qul. Bunda nurlanish manbayi sifatida ko'p modalarni nurlantiruvchi oddiy turdagi yarim o'tkazgich yorug'lik diodlarini ishlatish mumkin.

Yangi turdagi optik tolalarning (siljigan dispersiyasi nolga teng bo'lmagan), keng polosali kvant optik kuchaytirgichlarning yaratilishi to'liq optik tizim va optik traktlarni qurish imkoniyatini yaratmoqda. Bunday texnologiyalardan 100 va 1000 Gbit/s o'tkazish oraliqli tizimlarni yaratishda foydalaniladi.

TOA ko'plab bir qancha afzalliklarga ega bo'lishiga qaramay, kamchiliklarga ham ega. Bu TOA qurilmalarining qimmatligi va ba'zi optik texnologiyalarning mukammal darajaga yetmaganligi bilan tushuntiriladi. Bunga bog'liq holda quyidagi kamchiliklarni aytish mumkin.

Element bazasining qimmatligi. Optik uzatgich va qabul qilgichlarning narxi qimmat. Ayniqsa, lazer nurlanish manbalarining narxi baland va xizmat qilish muddati chegaralangan. Shuningdek, passiv optik qurilmalarni (multipleksor, kommutator, attenuator va boshqalar) ishlab chiqarish ham katta sarf-xarajatlarga olib keladi.

Tolali optik aloqa liniyalarini montaj qilish va xizmat ko'rsatishning murakkabligi. Elektrik kabelli tizimlarga nisbatan optik kabelli tizimlarni qurish, undan texnik foydalanish, o'lchov va montaj ishlari murakkab bo'lib, juda yuqori malakani talab etadi.

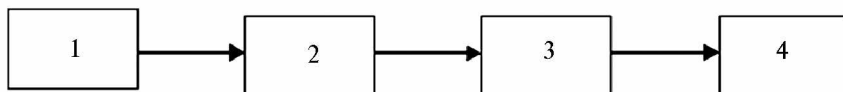
Tolani maxsus himoyalash zaruriyati. Mikrooyoriqlarda signallarning yo'qolmasligi uchun tolani ortiqcha yuklash va bukilishlardan himoyalash kerak. Maxsus himoyalashni tashkil etish, ishonchlikni oshirish maqsadida optik tolani ishlab chiqarish jarayonida tola epoksiakrilat asosidagi maxsus lak bilan qoplanadi. Shuningdek, kabel maxsus po'lat tros va shisha plastik sterjenlar hisobiga yanada mustahkamlanishi mumkin.

Bularning barchasi tolali optik kabel narxini oshiradi. Bu kamchiliklar TOA texnologiyasining kelgusi rivojlanishida qisman yoki to'liq bartaraf etiladi.

7.2. OA tizimlarining tuzilish prinsiplari

OA tizimlarining umumlashgan tuzilish sxemasi. TOA tizimlarining tuzilishi. OA da axborotlarni yorug'lik yoki optik signallar ko'rinishida uzatish va qayta ishlash amalga oshiriladi. OA uchun yorug'lik nurlanishi va to'liq uzunligi turini tanlash uzatilayotgan axborot xarakteriga, shuningdek, nurlanish hosil qilish imkoniyalariga, undan signal shakllanishiga, yorug'lik to'liqini uzatish va qayta ishlashga va nihoyat, axborotga ega signalni qabul qilishga bog'liq.

OA tizimining umumlashgan tuzilish sxemasi 7.1-rasmda keltirilgan. Sxema OAning turlari TOA va OOAg xos standart bloklardan (elementlardan) tashkil topgan.



7.1-rasm. OA tizimining umumlashgan tuzilish sxemasi:

1 – axborotlar manbayi; 2 – optik uzatgich va modulator; 3 – optik kanal; 4 – optik qabul qilgich.

Axborotlar manbayidan uzluksiz yoki raqamli signallar beriladi. So'ng signallar tashuvchi chastota (yorug'lik oqimi)ning elektromagnit tebranishlarini modulatsiyalaydi.

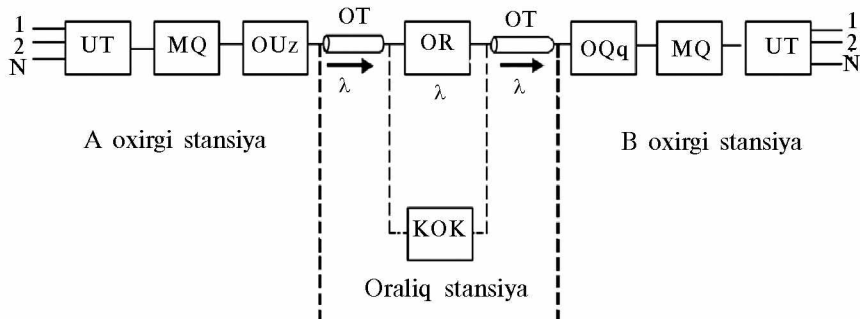
Keyin yorug'lik nuri ko'rinishidagi optik signallar uzatuvchi muhit – optik kanal orqali tarqaladi. Uzatuvchi muhit yuqorida aytib o'tilganidek, ochiq fazo, atmosfera, ya'ni OOA liniyasi yoki TOA liniyasi bo'lishi mumkin. Uzatilgan axborotlar optik qabul qilgich demodulatorida demodulatsiyalanadi. Demodulatorning asosiy elementi optik fotodetektor hisoblanadi. Signallarni uzoq masofalarga uzatishda, liniyada retranslatorlar o'rnatiladi (agar qabul qilgich kirishidagi signal/shovqin nisbati talab darajasidan past bo'lsa).

TOA tizimining tuzilish sxemasi tarkibiga quyidagilar kiradi: UT – uzatish tizimi; MQ – moslashtiruvchi qurilma; OUz – optik uzatgich; OT – optik tola; OR – optik regenerator; KOK – kvant optik kuchaytirgichi; OQq – optik qabul qilgich.

TOA tizimining tuzilish sxemasini (7.2-rasm) to'liq ko'rib chiqamiz.

UT, MQ, OUz va UT, MQ, OQq, mos ravishda, A va B oxirgi stansiyalarining uzatish va qabul qilish traktlarini tashkil

etadi. Oraliq stansiyalarda OR, KOK oʻrnatiladi. Tolali optik liniya traktiga OUz, OT, OR, KOK, OQq kiradi.



7.2-rasm. TOA tizimining tuzilish sxemasi.

7.2-rasmda koʻrsatilganidek, uzatuvchi stansiyadan N birlamchi elektrik signallar uzatish tizimiga tushadi. UT chiqishidan koʻp kanalli elektr signali moslashtiruvchi qurilmaga beriladi. MQda bu signal tolali optik liniya trakti boʻylab uzatiladigan koʻrinishga oʻzgartiriladi. Optik uzatgichda elektr signali optik tashuvchini modulatsiyalash yoʻli bilan optik signalga aylanadi. Soʻng bu optik signal optik tola boʻylab uzatiladi.

Optik signal tola boʻylab tarqalganda soʻnadi va buziladi. Optik signallarni uzoq masofalarga uzatish maqsadida maʼlum oraliqlarda signallarning buzilish darajasiga qarab regeneratorlar yoki kvant optik kuchaytirgichlar oʻrnatiladi. Regenerator kirishida optik signallar elektr signaliga, chiqishida esa elektr signaldan optik signalga aylantiriladi, yaʼni regeneratorlarda elektr signallar kuchaytiriladi, sozlanadi va boshlangʻich shakli tiklanadi. Kvant optik kuchaytirgichlari qoʻllanilganda esa soʻngan optik signallar elektr signaliga aylantirib oʻtilmasdan kuchaytiriladi.

Qabul qiluvchi B oxirgi stansiyada teskari jarayon amalga oshiriladi. OAda optik tashuvchini informatsion signal bilan modulatsiyalash uchun chastota modulatsiyasi (CHM), faza modulatsiyasi (FM), amplituda modulatsiyasi (AM), qutblangan modulatsiya (QM), intensivlik boʻyicha modulatsiyalash va modulatsiyaning boshqa turlarini qoʻllash mumkin. Optik nurlanishning intensivlik boʻyicha modulatsiyalash turi koʻproq qoʻllaniladi. Bunga sabab, bu modulatsiya turi keng chastota diapazonida optik oʻtkazgichlarda qoʻllaniladigan oddiy texnik qurilmalar yarim oʻtkazgich nurlanish manbalari (yorugʻlik diodi, lazer diodlar) uchun bajariladi. Yarim oʻtkazgich manbaning

nurlanish jadalligini boshqarish uchun modulatsiyalaydigan signal bilan mos holda injeksiya tokini o'zgartirish yetarlidir. Bu tok kuchaytirgich ko'rinishidagi elektron sxema yordamida oson amalga oshiriladi. Optik nurlanishning intensivlik bo'yicha modulatsiyasi teskari jarayon optik signalning elektr signaliga aylanish masalasini yengillashtiradi. Darhaqiqat, fotoqabul qilgich tarkibiga kiruvchi fotodetektor kvadratik asbob hisoblanib, uning chiqishidagi tok optik maydon amplitudasining kvadratika proporsional.

Intensivlik bo'yicha modulatsiyalangan optik signalni bevosita fotodetektorga berib, osongina uni boshlang'ich signal ko'rinishini saqlagan elektr signaliga aylantirish mumkin. Optik signallarni qabul qilishning bu usuli to'g'ridan to'g'ri fotodetektorlash usuli deyiladi.

Hozirgi kunda OAning oxirgi qurilmalari sifatida raqamli uzatish tizimlari (RUT)dan foydalanilmoqda. Chunki RUT analog uzatish tizimlariga qaraganda quyidagi afzalliklarga ega: shovqin bardoshliligi yuqori, signalni uzatish sifati liniya trakti uzunligiga kam bog'liq, texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari yuqori va boshqalar. Kanallari chastota bo'yicha bo'lingan analog uzatish tizimlarining bir qancha kamchiliklari tufayli, ularning OAda qo'llanilishi chegaralangan.

7.2.1. OA tizimlarining tasnifi. Raqamli va analog TOA tizimlari. Magistral, mintaqaviy va mahalliy TOA tizimlari

Qo'llaniladigan modulatsiya turiga qarab TOA tizimlari analog va raqamligiga bo'linadi.

Analog TOA tizimlarida modulatsiyaning analog usullari: intensivlik bo'yicha modulatsiyalash, amplituda, chastota va faza modulatsiyasi turlari qo'llaniladi. Optik nurlanish manbalarining yuqori nohiziqliligi va analog uzatish uchun talab etiladigan shovqin bardoshlilikni ta'minlash texnik murakkabligi sababli analog TOA tizimlaridan foydalanish chegaralangan. Shunga qaramay, bir qator sohalarida qo'llaniladi (optik kabelli televideniya, telemetriya, operativ va xizmat aloqa tizimlarida).

Raqamli TOA tizimlarida modulatsiyalashning diskret usullaridan foydalaniladi. Bunda signal tashuvchining biron-bir parametri diskret o'zgaradi, ya'ni boshlang'ich parametrning qiymatlar sohasi kvantlash sathlariga bo'linadi, har bir kvantlash sathiga mos ravishda aniq diskret signal qo'yiladi.

Vazifasi va signallarni uzatish masofasiga ko'ra TOA tizimlari magistral, mintaqaviy, mahalliy-shahar va qishloq aloqa tizimlariga

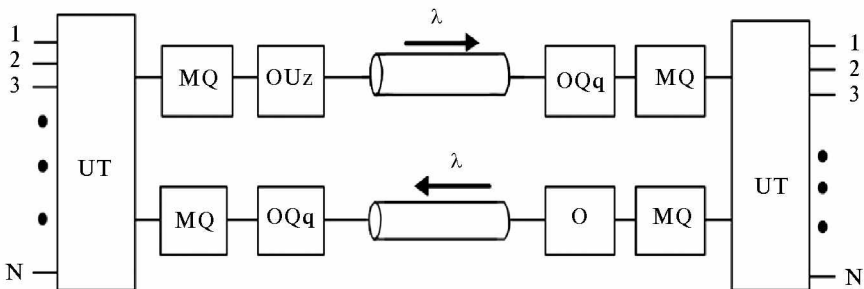
bo‘linadi. Magistral TOA tizimlari signallarni 1000 km ga, zona TOA tizimlari signallarni 600 km ga uzatish, shahar TOA tizimlari shahar telefon tarmog‘ining bog‘lovchi liniyalarini zichlashtirish uchun xizmat qiladi.

TOA tizimlari liniya trakti tuzilishiga qarab quyidagilarga bo‘linadi:

- ikki tolali, bir polosali, bir kabelli (to‘rt o‘tkazgichli, bir polosali, bir kabelli);
- bir tolali, bir polosali, bir kabelli (ikki o‘tkazgichli, bir polosali, bir kabelli);
- bir tolali, ko‘p polosali, bir kabelli yoki spektr bo‘yicha zichlashtirilgan tizimlar.

7.2-rasmda ko‘rsatilgan TOAning tuzilish sxemasi faqat uzatishning bir yo‘nalishini ko‘rsatadi.

Bunday tuzilishda optik signallarni uzatish va qabul qilish ikki tola bo‘ylab (7.3-rasm), bitta to‘lqin uzunligida amalga oshiriladi.



7.3-rasm. Ikki tolali, bir polosali, bir kabelli TOA sxemasi.

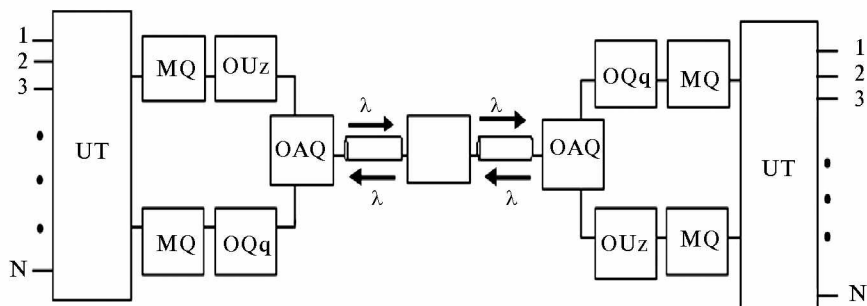
Har bir optik tola ikki simli fizik zanjirga o‘xshaydi, chunki kabelning optik tolalari orasida o‘zaro o‘tishlar bo‘lmaydi. Shuning uchun TOAning uzatish va qabul qilish traktlari bitta kabel bo‘ylab tashkil etiladi, ya‘ni TOA bir kabelli hisoblanadi. Shu tarzda, berilgan optik liniya traktini tashkil etish sxemasi ikki tolali, bir polosali, bir kabelli hisoblanadi.

Ushbu aloqa tashkil etish sxemasining afzalligi bu oxirgi va oraliq stansiyalarning uzatish va qabul qilish qurilmalarining bir turdaligidir. Kamchiligi esa optik tola (OT)ning o‘tkazish qobiliyatidan foydalanish koeffitsiyenti juda kichik.

Kabel qurilmalariga ketadigan xarajatlar optik aloqa tizimlari narxining katta qismini tashkil etishini, optik kabel narxi yetarli darajada qimmatligini hisobga olsak, optik toladan bir vaqtda katta

hajmdagi ma'lumotni uzatish hisobiga uning o'tkazish qobiliyatidan foydalanish samaradorligini oshirish masalasi yuzaga keladi. Bunga, masalan, bitta optik tola (OT) bo'ylab qarama-qarshi yo'nalishdagi signallarni uzatish hisobiga erishish mumkin.

Bir tolali, bir polosali, bir kabelli optik liniya traktining tuzilish sxemasi 7.4-rasmda ko'rsatilgan. OTning bir to'lqin uzunligida ikkala yo'nalish signallari uchun qo'llanilishi bu sxemaning xususiyati hisoblanadi.



7.4-rasm. Bir tolali, bir polosali, bir kabelli TOA sxemasi.

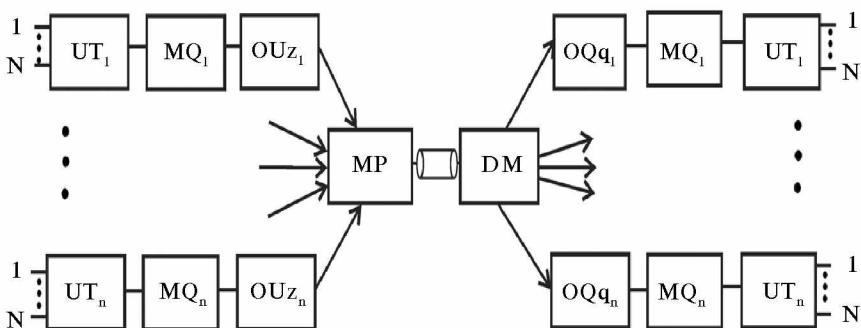
Qarama-qarshi ikki yoqlama signallarni uzatganda oqimlar orasida o'zaro o'tish shovqinlari hosil bo'ladi. O'tish shovqinlari OT va tarmoqlagichlardagi teskari yutilishdan, yorug'likning ulangan joylardan va liniya oxiridagi ajraladigan ulagichlardan qaytishi natijasida vujudga keladi.

Shovqin sathi va uning spektr tarkibi uzatilayotgan signalning uzatish tezligiga, impuls formasiga va liniya trakti parametrlari (tola so'nishi, to'lqin uzunligi, sonli apertura, sindirish ko'rsatkichi)ga bog'liq.

To'lqin uzunligi 1,55 mkm va uzatish tezligi 35 Mbit/s dan yuqori bo'lsa, bir OTdan qarama-qarshi yo'nalishli signallarni uzatuvchi TOAda o'tish shovqinlari kichik bo'lib, optimal ish rejimiga ega bo'ladi.

Spektr bo'yicha zichlashtirilgan (bir tolali, ko'p polosali, bir kabelli) TOAda bir optik tola bo'ylab bir vaqtda spektr bo'yicha ajratilgan bir necha optik tashuvchilar uzatiladi. Bunday tizimlarni tuzish qo'llaniladigan spektr oralig'ida optik kabelning so'nish koeffitsiyentining optik tashuvchi chastotasiga (yoki to'lqin uzunligiga) nisbatan kam bog'liqligiga asoslanadi. Shuning uchun bir optik tola bo'ylab, axborotlarni uzatishning natijaviy tezligini oshirib, bir necha keng oraliqli optik kanallarni tashkil etish mumkin.

Optik kanallari spektr bo'yicha ajratilgan TOAning tuzilish sxemasi 7.5-rasmda ko'rsatilgan.



7.5-rasm. Spektr bo'yicha ajratilgan TOAning tuzilish sxemasi.

Uzatuvchi stansiyaning n tizimlaridan signallar n optik uzatgich OUZ ga uzatiladi. OUZ chiqishidagi $1, 2, \dots, n$ to'liq uzunlikli turli optik tashuvchilar multipleksor (MP) yordamida bir optik tolaga kiritiladi. Qabul qiluvchi stansiyada demultipleksor (DM) yordamida $1, 2, \dots, n$ to'liq uzunlikli turli optik tashuvchilar ajratiladi va optik qabul qilgich (OQq)ga beriladi. Shu tarzda, bir optik tola orqali n spektr bo'yicha ajratilgan optik kanallar tashkil qilinadi, ya'ni o'tkazish qobiliyatidan foydalanish koeffitsiyenti boshqa an'anaviy tuzilgan optik tizimlarning liniya traktiga nisbatan n marta oshadi.

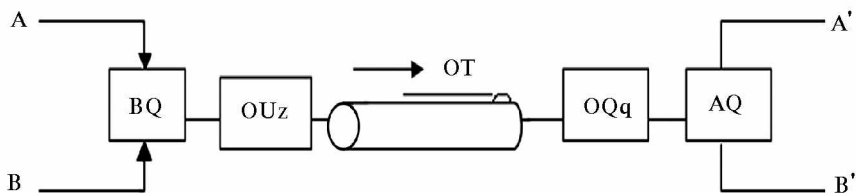
Optik tashuvchilarni birlashtirish va ajratish uchun turli optik spektral qurilmalar qo'llanilishi mumkin: multipleksor va demultipleksorlar. Ularning ishi fizik optikaning dispersiya, difraksiya va interferensiya hodisalariga asoslangan. Multipleksor va demultipleksorlarning tuzilishi asosida optik prizma, ko'p qatlamli dielektrik, difraksion panjara va boshqalar bo'lishi mumkin.

7.2.2. TOA liniyalarini zichlashtirish usullari

Tolali optik aloqa liniyalarini quyidagi zichlashtirish usullari mavjud: vaqt bo'yicha, chastota va spektr bo'yicha.

Vaqt bo'yicha zichlashtirish. Bu usulda bir necha informatsion oqimlarni bitta oqimga birlashtirish nazarda tutiladi. Birlashtirish elektrik signallar va optik signallar darajasida amalga oshirilishi mumkin.

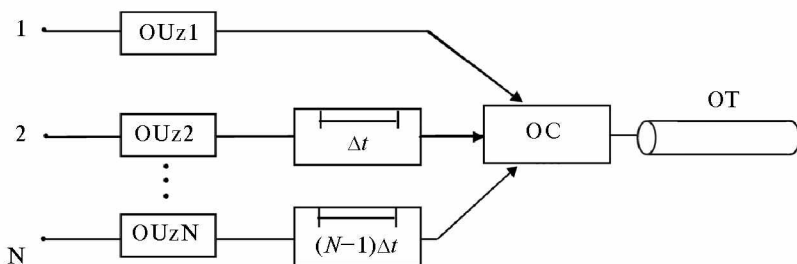
A va B kirishdan tushayotgan elektrik signallarning ikki qism impulsleri (N manba bo'lishi mumkin) birlashtiruvchi qurilma



7.6-rasm. Elektrik signallar darajasida vaqt bo'yicha zichlashtirilgan TOAning liniya trakti.

(BQ) yordamida vaqt bo'yicha aniq ketma-ketlikka ega guruhli signalga birlashtiriladi. Guruhli signal optik uzatgich OUz da optik tashuvchini modulatsiyalaydi. Optik nurlanish OT bo'ylab tarqaladi va optik qabul qilgich OQq da qaytadan elektr signaliga o'zgartiriladi. So'ng bu signal ajratuvchi qurilma (AQ) yordamida A' va B' chiqishlariga beriladigan impulsarga ajratiladi.

Optik va raqamli oqimlarni birlashtirish sxemasi 7.7-rasmda ko'rsatilgan.



7.7-rasm. Optik signallar darajasida vaqt bo'yicha zichlashtirilgan TOAning liniya trakti.

N manbadan elektrik raqamli oqimlar N optik uzatgich OUz ga tushadi. OUz da elektr signallar optik signallarga o'zgartiriladi. Optik signallarni birlashtirishdan oldin ularning Δt ; $2\Delta t$; $3\Delta t$; ... $(N-1)\Delta t$ ga kechikishi ro'y beradi. Bunday kechikishdan keyin optik siljitgich (OS) chiqishida optik impuls ketma-ketligiga ega bo'lamiz. Qabul qilishda bunga teskari jarayon amalga oshiriladi.

Vaqt bo'yicha zichlashtirishda qisqa (10^{-9} C va undan kichik) yorug'lik impulsini uzatish talab etiladi. Lekin subnanosoniyali impulsni uzatish TOA uzatib qabul qiluvchi apparaturalarining optoelektron qurilmalarining oxirgi imkoniyatiga yaqin bo'lgan tezkorligiga juda yuqori talablar qo'yadi. Bundan tashqari, optik

tolaning dispersiya xususiyatlari tufayli uzatish tezligi va o'tkazish oraliq'i ham chegaralangan.

Vaqt bo'yicha zichlashtirishning asosiy afzalligi bu OT o'tkazish qobiliyatidan foydalanish koeffitsiyentining ortishi va to'liq optik aloqa tarmoqlarini yaratish imkoniyatining mavjudligi hisoblanadi.

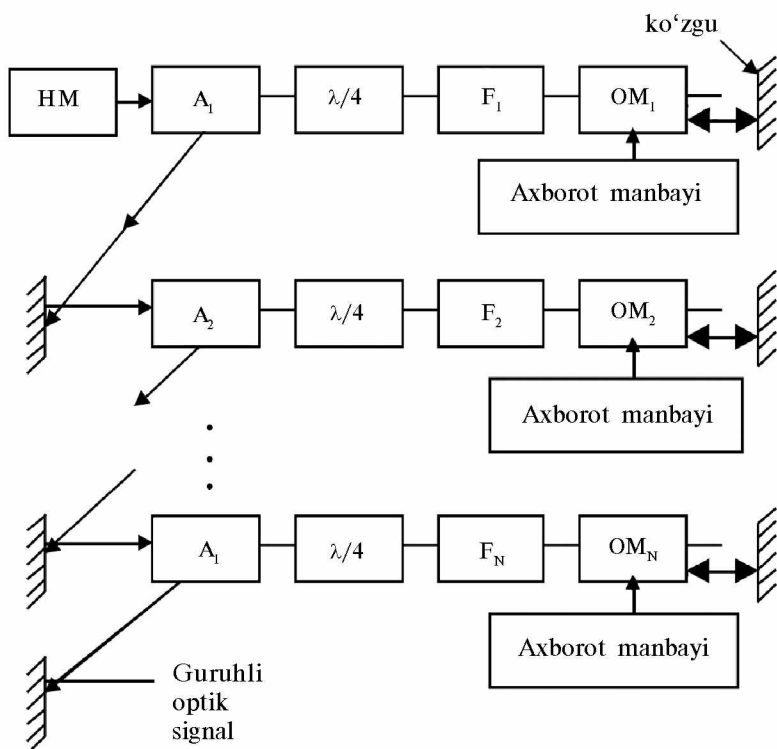
Chastota bo'yicha zichlashtirish. Chastota bo'yicha zichlashtiriladigan TOA liniyalarida turli axborot manbalarining boshlang'ich signallariga aniq chastota oraliqlari ajratiladi. Bu holda guruhli liniya signallarini hosil qilish uchun yaqin joylashgan stabil optik tashuvchilar talab qilinadi. Biroq, ayniqsa, yuqori tezlikli modulatsiyalashda yarim o'tkazgich lazerlarning nurlanish liniyalarining nostabilligi qo'shni kanallarning ishchi to'lqin uzunliklari orasida spektr bo'yicha oraliqlarining informatsion signal oraliqlaridan bir necha marta oshib ketishiga olib keladi. Shuning uchun TOAda spektral yaqin joylashgan kanallarni hosil qilish uchun turli manbalarining turli tashuvchilaridan emas, balki optik tashuvchilarni surish yordamida bitta manbaning turli tashuvchilaridan foydalaniladi.

Guruhli signallarning shakllanish sxemasi 7.8-rasmda tasvirlangan.

Qator $v_1, v_2, \dots, v_n$ tashuvchilardan iborat optik nurlanishlar lazer nurlanish manbayi (NM) chiqishidan analizator A_1 ga tushadi. So'ng chorak to'lqinli $\lambda/4$ prizmadan o'tib birinchi kanalning F_1 filtriga uzatiladi. Bu filtr birinchi kanalning v_1 optik tashuvchisini OM_1 optik modulatoriga o'tkazadi va bu yerda u axborot manbayidan berilgan signal bilan modulatsiyalanadi.

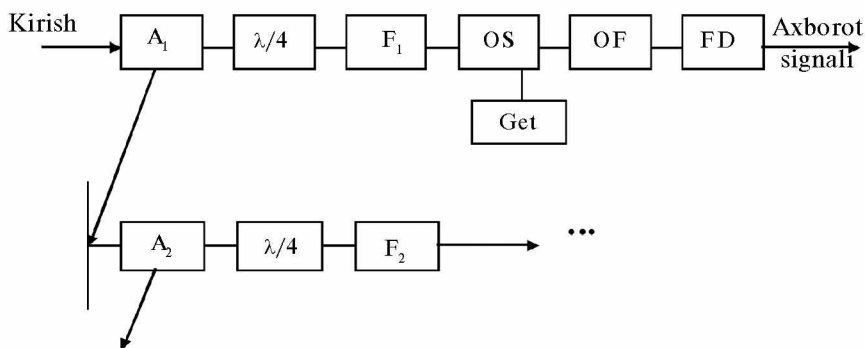
$v_2, v_3, \dots, v_n$ (v_1 dan tashqari) chastotali optik nurlanish filtrdan aks etib, u ham A_1 analizatorga qaytadi. Yo'li bo'ylab u ikkinchi marta chorak to'lqinli $\lambda/4$ prizmadan o'tib, A_2 analizatorga tushadi. OM_1 optik modulatorda informatsion signal bilan modulatsiyalangan birinchi kanalning optik tashuvchisi ko'zgudan aks etib, A_1 analizatorga qaytadi.

Ikki martalab chorak to'lqinli $\lambda/4$ prizmadan o'tgan optik signalning qutblanish yuzasi boshlang'ich tebranishning qutblanish yuzasiga nisbatan $\pi/2$ ga buriladi. Natijada yorug'lik to'plami prizmada bir tomonga yo'naladi va undan chiqadi. So'ng umumiy signal A_2 analizatorga tushadi va jarayon qaytariladi, faqatgina farqi bunda v_2 chastotali optik nurlanish modulatsiyalanadi. Shu tarzda optik liniya traktida uzatiladigan optik guruhli signal shakllanadi.



7.8-rasm. Chastota bo'yicha (geterodinli) zichlashtirishda guruhli optik signallarning shakllanish sxemasi.

Qator modultatsiyalangan optik tashuvchilardan iborat qabul qilinadigan optik guruhli signal A_1 analizatorga kelib tushadi, so'ng esa chorak to'liqinli $\lambda/4$ prizma va birinchi kanalning F_1 filtri orqali o'tgach, optik siljitgichga (OS) beriladi (7.9-rasm), F_1 filtri ν_1 chastotali optik signallarni o'tkazadi, boshqa chastotali signallar aks etib, A_2 ga kelib tushadi. ν_1 chastotali modultatsiyalangan optik tashuvchi OS da ko'payadi, so'ng ν_{or} oraliq chastota OF oraliq filtri yordamida ajratib olinadi va FD fotodetektorga beriladi. FD chiqishida elektr axborot signali shakllanadi. Shu tariqa boshqa signallarni qabul qilish amalga oshiriladi. Chastota bo'yicha zichlashtirish usulining afzalligi shundaki, signallarni bunday qabul qilish hisobiga regeneratsiyalash uchastkasi uzunligi 200 km gacha uzayadi va optik tolaning o'tkazish qobiliyatidan foydalanish koeffitsiyenti ortadi.



7.9-rasm. Chastota bo'yicha (geterodinli) zichlashtirishda guruhli optik signallarni qabul qilish sxemasi.

Bu usulning kamchiligi shundaki, bunda qutblanishi saqlanadigan optik uzatish va qabul qilish traktlari, shuningdek, bir qator qo'shimcha qurilmalar, chastota surgichlar, optik ventillar, qutblanish nazoratgichlari, optik kuchaytirgichlar va boshqa qurilmalar talab etiladi. Bu TOAni murakkablashtiradi va narxini oshiradi.

Spektr bo'yicha zichlashtirish. Optik tolaning o'tkazish qobiliyatidan foydalanish koeffitsiyentini oshirishning istiqbolli yo'nalishlaridan biri spektr bo'yicha (to'lqin bo'yicha) zichlashtirishdir. Spektr bo'yicha zichlashtirish usuli 7.5-rasmda tasvirlangan edi. Bunda liniya kabelidagi tola narxining kamayishi hisobiga sezilarli darajada iqtisodiy samaradorlikka erishiladi. Bundan tashqari, bu usul qo'shimcha qurilish ishlarisiz tarmoq rivojlanishini ta'minlash, shuningdek, tarmoqlangan daraxtsimon va halqali tarmoqlarni yaratish imkonini beradi. Bunda har xil tezlikli va raqamli, analog turli modulatsiyali (telefon, televideniye, telemetriya, EHM boshqarish signallari) signallarni uzatish imkoniyati kengayadi. Bu esa iqtisodni tejoyvchi ko'p funksiyali aloqa tizimlarini tashkil etishni ta'minlaydi.

Optik tolaning spektral o'tkazish oralig'idan birmuncha to'liq foydalanish bu usulning eng muhim afzalliklaridan biri hisoblanadi. Hozirgi kunda 0,8...1,8 mkm diapazon oralig'i o'rganilgan. Agarda spektral kanalning kengligi 10 nm ni tashkil etsa, u holda belgilangan diapazonda 100 tagacha spektral kanallarni joylashtirish mumkin.

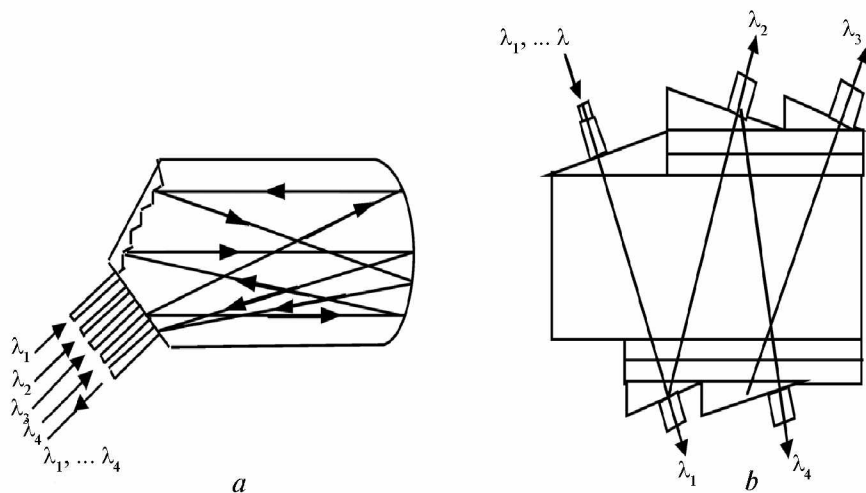
Spektr bo'yicha zichlashtirilgan TOAda so'nish va dispersiya qiymatlari kichik bir moddali optik tolalardan, quvvati yuqori

lazer nurlanish manbalaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Foydalaniladigan bir modali optik tola 1,5...1,6 mkm to'liq uzunligida ishlashi va kvars shishasidan tayyorlangan bo'lishi kerak.

Optik multipleksor va demultipleksorlar spektral sezgir bo'lib, selektiv hisoblanadi, ya'ni ularning xarakteristikalarini optik to'liq uzunligiga bog'liq. Optik multipleksorlar optik kanallarning turli to'liq uzunliklarini birlashtirib, bitta optik tolagaga kiritadi. Multipleksorlarga difraksion panjara, prizmalar, filtrlar taalluqlidir. 7.10-*a* rasmda difraksion panjarali planar to'rt kanalli multipleksorning va 7.10-*b* rasmda interferensiyali filtrlar to'rt kanalli multipleksorning tuzilishi ko'rsatilgan.

Multipleksor va demultipleksorlarning ishi to'liq uzunligiga sezgir bo'lgan uch omilga asoslangan: burchak dispersiyasi, interferensiya va selektiv yutilish.

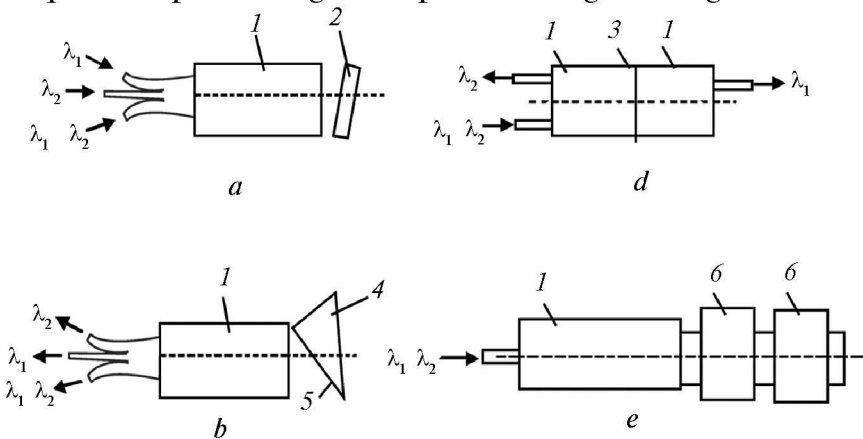
Demultipleksorlar bitta toladan kelayotgan optik signallar oqimidan turli to'liq uzunlikli optik kanallarni ajratish vazifasini bajaradi. 7.11-*a, b* rasmlarda ko'rsatilgan demultipleksorlarda kanallarni ajratish uchun mos ravishda panjaraning burchak dispersiyasi va prizma ishlatiladi. 7.11-*d* rasmda kanallar interferensiyali filtrlar yordamida ajratib olinadi. 7.11-*e* rasmda esa demultipleksor sifatida qo'llaniladigan aniq to'liq uzunlikli yorug'likni yutuvchi tuzilish ko'rsatilgan.



7.10-rasm. Multipleksorlar:

a — planar to'rt kanalli difraksion panjarali multipleksor; *b* — to'rt kanalli interferensiyali filtrlar multipleksor.

Spektr bo'yicha zichlashtiriladigan tizimlar tarkibiga kiradigan demultipleksorlarning tuzilishi, nurning teskari yo'nalishda tarqalishida spektral-sezgir multipleksorlarning tuzilishiga o'xshash.



7.11-rasm. Demultipleksorlar:

1 – gradient silindrik linza; 2 – difraksiya panjara; 3 – xromatik filtr;
4 – prizma; 5 – aks ettiruvchi qoplama; 6 – selektiv fotodiodlar.

Multipleksor va demultipleksorlar signallarning so'nishiga sezilarli ta'sir qiladi. Shuning uchun ular optik kuchaytirgichlar bilan birgalikda qo'llaniladi.

7.3. Optik yorug'lik uzatgichlar, ularning turlari

7.3.1. Optik tolaning tuzilishi

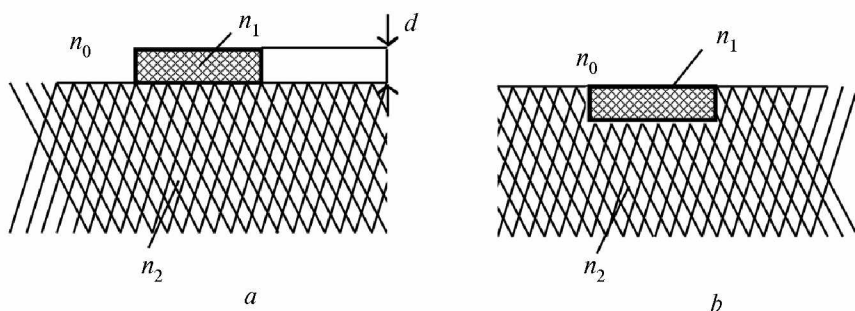
Tolali optik aloqa (TOA) tizimida optik tebranishlarning tarqalishini chegaralovchi va yorug'lik energiyasi oqimini berilgan yo'nalishda yo'naltiruvchi, uzatish va qabul qilish qismlarini bog'lab turuvchi muhit *optik yorug'lik uzatgichlar* deyiladi. Optik yorug'lik uzatgichlarning tavsiflari qisman aloqa tizimining sifatini aniqlaydi. Shuning uchun TOA tizimlarini loyihalashtirishda nurlanish tarqaladigan uzatuvchi muhit – optik yorug'lik uzatgichlarning tavsiflarini hisobga olish kerak.

TOAda maxsus optik yorug'lik uzatgichlar qo'llaniladi.

Kichik so'nish koeffitsiyentiga ega bo'lgan optik yorug'lik uzatgichlar asosida optik signallarni uzoq masofalarga uzatishni ta'minlovchi optik kabellar yaratilmoqda.

Optik yorug'lik uzatgichlar ikki turga bo'linadi: yassi optik yorug'lik uzatgichlar va yorug'lik uzatuvchi optik tolalar. Yassi

optik yorug'lik uzatgichlar, o'z navbatida, plyonkali (7.12-*a* rasm) va kanalliga (7.12-*b* rasm) bo'linadi. Yorug'lik uzatuvchi optik tolalar esa bir qatlamli (7.12-*a* rasm), ikki qatlamli (7.12-*b* rasm), uch qatlamli va h.k. bo'lishi mumkin.



7.12-rasm. Yassi optik yorug'lik uzatgichlar.

Optik yorug'lik uzatgichlarning sindirish ko'rsatkichi:

$$n = \sqrt{\varepsilon \cdot \mu}, \quad (7.2)$$

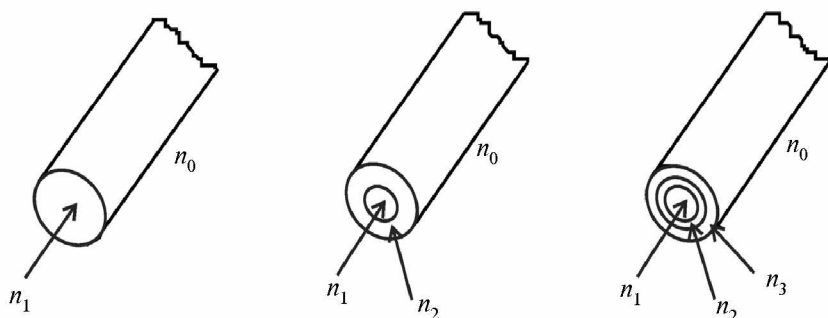
bu yerda: $\varepsilon \cdot \mu$ — mos ravishda, nisbiy dielektrik va magnit o'tkazuvchanlik. $n > n_0$ bo'lganda (n_0 — atrof-muhitning sindirish ko'rsatkichi) nur chegaradan to'liq ichki qaytadi.

Yassi optik yorug'lik uzatgichlarda (7.13-rasm) to'liq ichki qaytish bo'lishi uchun $n_1 > n_2 \geq n_0$ shart bajarilishi kerak.

Bu yerda: n_1 — plyonkaning sindirish ko'rsatkichi; n_2 — taglikning sindirish ko'rsatkichi; n_0 — tashqi muhitning sindirish ko'rsatkichi. Plyonka qalinligini tanlab, uzatiladigan to'lqinlar sonini chegaralash mumkin. Bitta asosiy to'lqinni uzatish uchun plyonka qalinligi 0,1 mkm bo'lishi kerak. Bunday plyonkani tayyorlash murrakkabdir. Sindirish ko'rsatkichlarining nisbiy farqini kamaytirib, plyonkaning qalinligini, ya'ni diametrini oshirishimiz mumkin. Ko'pgina optik qurilmalar: aktiv (generator, modulator, demodulator va boshq.) qurilmalar yassi optik yorug'lik uzatgichlarning qirqimlari asosida tayyorlanadi.

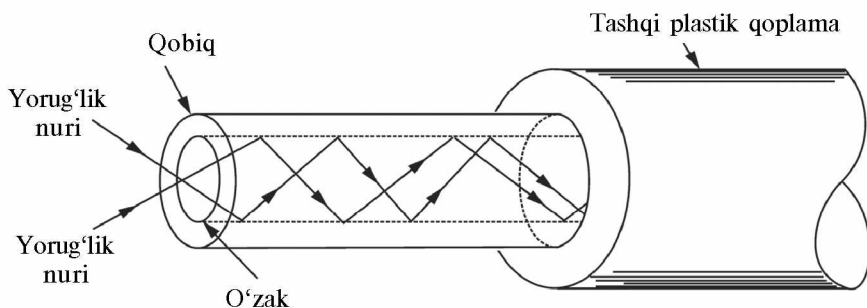
Yorug'lik uzatuvchi optik tolalar o'zak va qobiqdan iborat bo'ladi. Ular qiymat bo'yicha bir-biriga yaqin turli sindirish ko'rsatkichlariga ega. O'zak uzatuvchi muhit, qobiq esa o'zi va o'zak orasida chegara hosil qiluvchi sifatida ishlatiladi. Bu chegara yorug'likni yo'naltiruvchi fizik kanalni shakllantirib, u orqali uzatilgan signalning tashuvchisi yorug'lik nurini tarqatadi.

Yorug'lik nurining faqatgina o'zak bo'ylab tarqalishini ta'minlash uchun (7.13-rasm) $n_1 > n_2 > n_3 > n_0$ shart bajarilishi kerak. Bu yerda: n_1 — o'zakning sindirish ko'rsatkichi; n_2, n_3 — qobiqlarning sindirish ko'rsatkichlari; n_0 — tashqi muhitning sindirish ko'rsatkichi.



7.13-rasm. Yorug'lik uzatuvchi optik tolalar.

OTning tarkibiy qismlari 7.14-rasmda tasvirlangan. O'zak va qobiq uchun asosiy material kvarts shishasi (SiO_2) hisoblanadi. Kerakli sindirish ko'rsatkichlarini olish uchun kvarts shishasiga bor, germaniy va shunga o'xshash boshqa qo'shimchalar qo'shiladi. Tolaning qo'shimcha qobiqlari himoya qobig'i hisoblanadi. 7.14-rasmda tashqi plastik qoplama ko'rsatilgan.

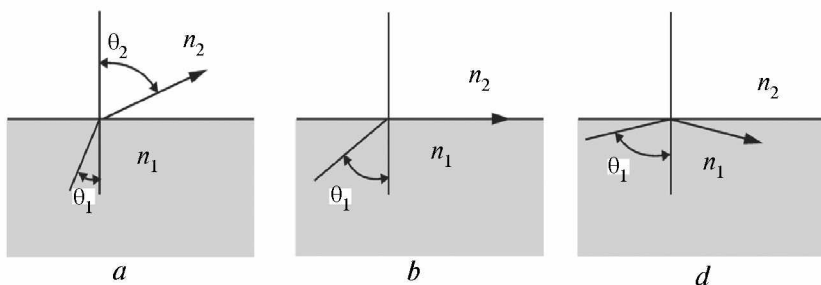


7.14-rasm. Optik tolaning tuzilishi.

7.3.2. Optik tola bo'ylab yorug'lik nurining tarqalishi. Burchak aperturasi

Optik tolada yorug'lik nurini uzatish geometrik optika qonunlariga asoslangan. Bu qonunlarga muvofiq yorug'lik nuri o'zak bo'ylab zigzagsimon liniyalar hosil qilib tarqaladi. O'zakni sindirish

ko'rsatkichi n_1 qobiqning sindirish ko'rsatkichi n_2 dan katta bo'lishi sababli optik nur faqat o'zak bo'ylab tarqaladi. Bu nur sindirish ko'rsatkichi katta muhitdan sindirish ko'rsatkichi kichik muhitga o'tganda ikki muhit chegarasida singan nurning normal nurdan og'ishi bilan tushuntiriladi. Masalan: buni nur suvdan havoga o'tganda ham kuzatish mumkin. Ikki muhit chegarasiga tushish burchagi θ_1 oshgan sari singan nurning normal nurdan og'ishi ham oshib boradi. Normal nurga nisbatan singan nur burchagi θ_2 90° ga yetgach, singan nur chegara yuzasi bo'ylab tarqala boshlaydi. 7.15-rasmda turli tushish burchaklarida nurning tarqalishi ko'rsatilgan.



7.15-rasm. Bir necha tushish burchaklari uchun nurning tarqalish yo'li, $n_1 > n_2$, bu yerda: n_1 va n_2 — ikki turli muhitlarning sindirish ko'rsatkichlari.

7.15-a rasmda tushish burchagi θ_1 kichik bo'lganda singan nur to'liq qobiqqa o'tib ketadi. 7.15-b rasmdagidek signal kritik burchak ostida tushganda singan nur chegara bo'ylab tarqaladi. 7.15-d rasmda tushish burchagi kritik tushish burchagidan oshganda to'liq ichki qaytish yuzaga kelishi tasvirlangan. «O'zak-qobiq» chegarasida signal energiyasi to'liq qaytadigan bu burchak to'liq ichki qaytish burchagi $\theta_{t.i.q.}$ deyiladi.

To'liq ichki qaytish burchagi quyidagicha aniqlanadi:

$$\theta_{t.i.k.} = \arcsin \frac{n_2}{n_1}, \quad (7.3)$$

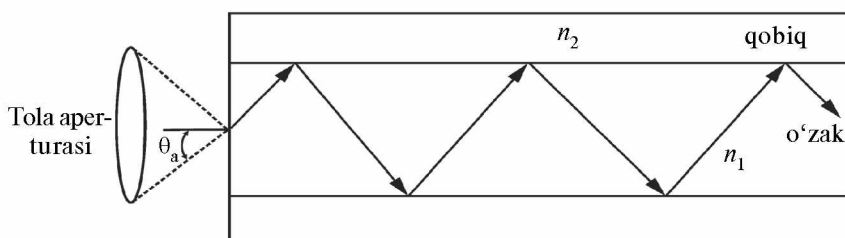
bu yerda: n_1 — o'zakning sindirish ko'rsatkichi; n_2 — qobiqning sindirish ko'rsatkichi.

O'zak va qobiq tayyorlanadigan materiallarning sindirish ko'rsatkichlari nisbatini optimal tanlash orqali yorug'lik nurining o'zak ichida to'liq ichki qaytishi ro'y beradi va nurning faqatgina optik tola o'zagi bo'ylab tarqalishi ta'minlanadi.

Uzatish uchun nur ma'lum bir burchak ostida optik tolaga kiritiladi. Yorug'lik nurining tola o'zagiga maksimal tushish burchagi burchak aperturasi θ_a deyiladi. Burchak aperturasining sinusi sonli apertura deyiladi va NA harflari bilan belgilanadi (N – number – son, A – aperture – teshik). Sonli apertura quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$NA = \sin \theta_a = n_1^2 - n_2^2. \quad (7.4)$$

Keltirilgan formuladan ko'rinib turibdiki, optik tolaning sonli aperturasi NA faqatgina o'zak va qobiqning n_1 va n_2 sindirish ko'rsatkichlariga bog'liq. Bunda har doim $n_1 > n_2$ shart bajariladi (7.16-rasm)



7.16-rasm. Optik tolada yorug'lik nurining tarqalishi. Optik tolaning sonli aperturasi.

Optik tolada nurning tarqalish tezligi o'zakning sindirish ko'rsatkichlariga bog'liq bo'lib, quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$C_m = \frac{c}{n_1}, \quad (7.5)$$

bu yerda: C – vakuumda nurning tarqalish tezligi; n_1 – o'zakning sindirish ko'rsatkichi. O'zak materialining sindirish ko'rsatkichi 1,45 – 1,55 oraliqda yotadi.

Ma'lumki, to'lqin uzunligi uchun xarakterli bo'lgan optik tolaning yana bir xususiyati bu normallashtirilgan chastota ν bo'lib, u quyidagicha aniqlanadi:

$$\nu = n_1^2 - n_2^2 \cdot \sqrt{2 \pi \alpha} \quad (7.6)$$

Bu yerda: α – o'zak radiusi; n_2 – qobiqsiz optik tola uchun 1 ga teng.

Nurning tolada tarqalish jarayonini ta'riflash uchun bir necha asosiy parametrlar qo'llaniladi. Bu muhim parametrlarga so'nish va dispersiya kiradi. So'nish va dispersiya oraliq punktlarsiz optik aloqa liniyasi uzunligini yoki oraliq punktlar orasidagi masofani qisqartirishi mumkin. Dispersiya, asosan, ikki omil tufayli yuzaga keladi. Ulardan biri material dispersiyasi, boshqasi — moda dispersiyasi. Optik tola orqali tarqala oladigan, ruxsat etilgan yorug'lik to'liqlari *modalar* (yoki *shaxsiy to'liqlar*) deyiladi.

Material dispersiyasi material sindirish ko'rsatkichining chastotaga bog'liq holda o'zgarishi bilan hosil bo'ladi. Moda dispersiyasi tola orqali bir necha modalarni uzatishdan yuzaga keladi. Tola orqali turli modalar turli faza va guruhli tezlikda uzatiladi, qabul qiluvchi punktlarga ham turli vaqtlarda yetib keladi. Natijada tolada turli modalarning har xil kechikish bilan tarqalishidan buzilishlar (dispersiya) yuzaga keladi. Modalar sonini yorug'lik uzatgich optik tolaning tuzilishi va o'lchamini o'zgartirgan holda kamaytirish mumkin. 7.6-formuladan kelib chiqadigan bo'lsak, n_2/n_1 nisbatni amaliy mumkin bo'lgan holda saqlab, o'zak radiusini kamaytirish yo'li orqali modalar sonini chegaralash mumkin.

Chastota (n)ga bog'liq holda modalar soni:

$$N = \frac{v^2}{2} . \quad (7.7)$$

Agar $v=2,405$ bo'lsa, u holda bitta moda uzatiladi. Agar $n>2,405$ bo'lsa, unda bittadan ortiq moda uzatilishi mumkin. Uzatiladigan modalar soniga qarab optik tola bir modali va ko'p modaliga bo'linadi.

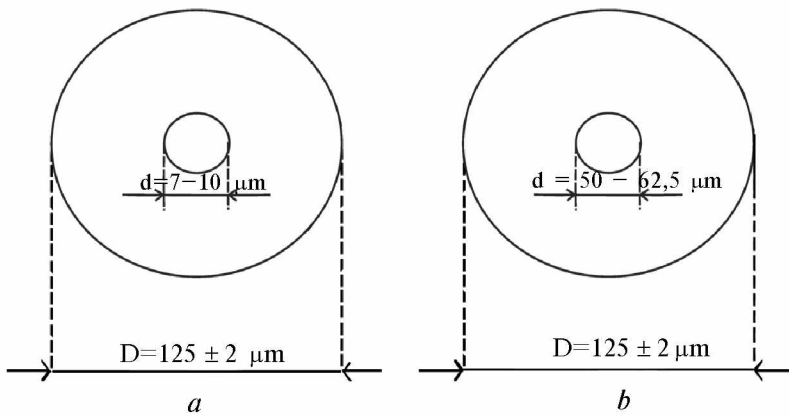
7.3.3. Optik tola turlari va ularning tavsiflari

To'liq uzunligiga nisbatan o'zak diametriga bog'liq ravishda optik tolalar bir modali va ko'p modaliga bo'linadi.

Bir modali optik tolalarda ko'pincha o'zak diametri 7–10 mkm (7.17-*a* rasm), ko'p modali optik tolalarda esa 50–62,5 mkm (7.17-*b* rasm) bo'ladi. Ikkala turda qobiq diametri 125 mkm ni tashkil etadi. Amaliyotda ko'p modali va bir modali optik tola diametrlarining boshqa qiymatlari ham mavjud. Bir modali optik toladan faqat bir moda (yorug'lik tashuvchi) uzatiladi.

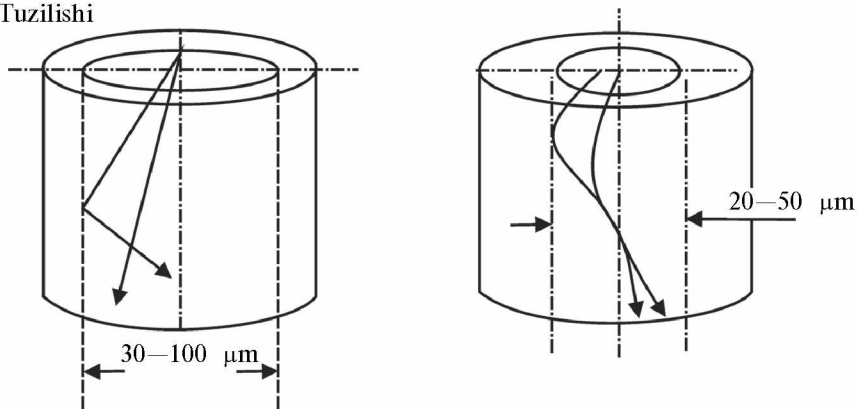
Ko'p modali optik toladan esa apertura burchagi doirasida tolag turli burchaklar ostida kiritiladigan bir necha yuzlab ruxsat etilgan modalarni bir vaqtda uzatish mumkin. Barcha ruxsat etilgan

modalar turli tarqalish yo'li va vaqtiga ega. Ko'p modali optik tolalar sindirish ko'rsatkichi n bo'yicha pog'onali (7.18-*a* rasm) va gradiyent (7.18-*b* rasm) tolalarga bo'linadi.



7.17-rasm. Bir modali (*a*) va ko'p modali (*b*) optik tolalarning ko'ndalang kesimi.

Tuzilishi



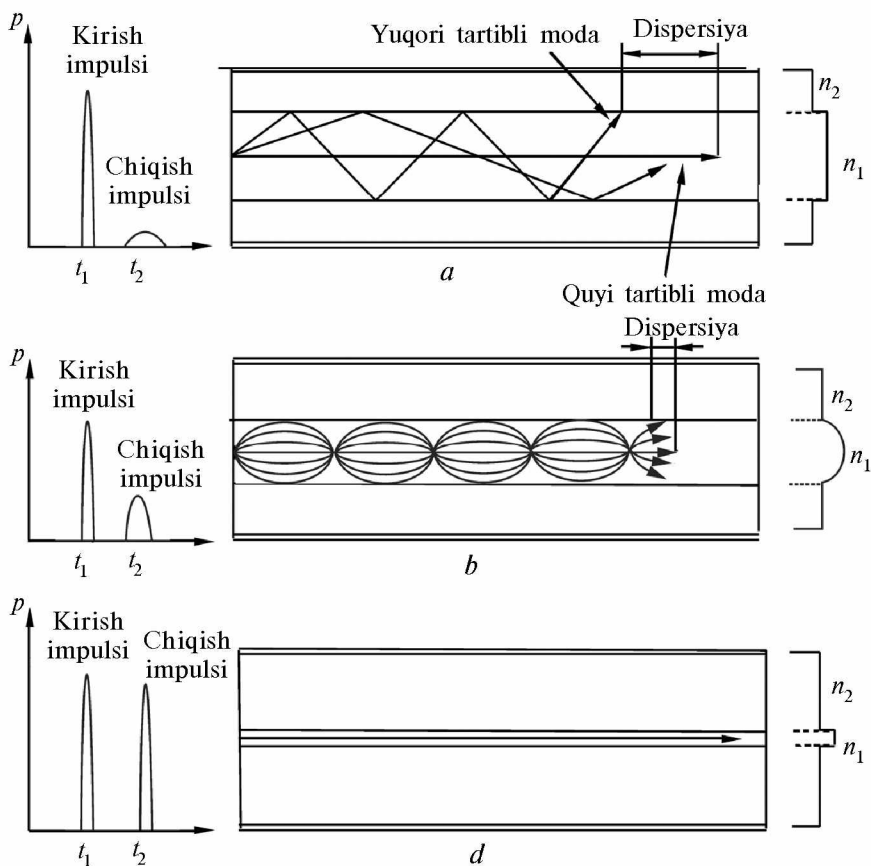
Sindirish ko'rsatkichi ko'rinishi



7.18-rasm. Pog'onali (*a*) va gradiyent (*b*) ko'p modali optik tolalarning tuzilishi va sindirish ko'rsatkichi ko'rinishlari.

Pog'onali sindirish ko'rsatkichli ko'p modali optik tolalar ikki muhit chegarasida sindirish ko'rsatkichlarining keskin (pog'ona ko'rinishida) o'zgarishi (n_1 dan n_2 ga) bilan xarakterlanadi. Pog'onali sindirish ko'rsatkichli optik tolalar o'tkazish polosasini chegaralaydi, lekin gradiyent sindirish ko'rsatkichli optik tolalarga nisbatan arzon hisoblanadi.

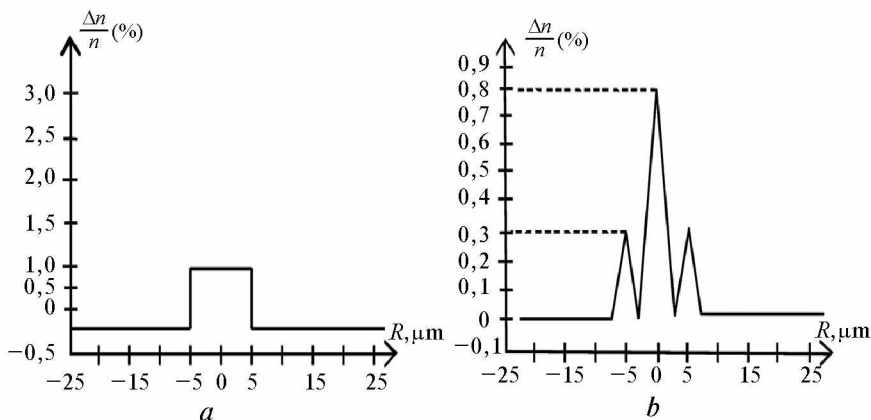
Bir modali optik tolalardan magistral aloqa tarmoqlarida foydalaniladi. Chunki bir modali optik tolalarda signallar ko'p modali rejimga qaraganda kam buzilish bilan uzatiladi. Turli tolalar bo'ylab optik signallarning tarqalishi 7.19-rasmda tasvirlangan.



7.19-rasm. Turli optik tolalardan yorug'lik nurining tarqalishi va ularning sindirish ko'rsatkichlari ko'rinishlari:

- a — ko'p modali, pog'onali sindirish ko'rsatkichli optik tola;
- b — ko'p modali, gradiyent sindirish ko'rsatkichli optik tola;
- d — bir modali, pog'onali sindirish ko'rsatkichli optik tola.

Bir modali optik tolalarda modalaro dispersiyaning yuzaga kelmasligi sababli ular yuqori o'tkazish qobiliyatiga ega. Biroq uzatuvchi qismda birmuncha qimmat bo'lgan lazer diodlardan foydalanish talab etiladi. Sindirish ko'rsatkichlariga qarab bir modali optik tolalar pog'onali (to'g'riburchakli) va maxsus turdagi uch tishli, W ko'rinishdagi tolalarga bo'linadi (7.20-rasm).



7.20-rasm. Bir modali optik tolaning sindirish ko'rsatkichlari:
 a — pog'onali sindirish ko'rsatkichli bir modali standart SF optik tola;
 b — maxsus uch tishli, W ko'rinishga ega sindirish ko'rsatkichli, dispersiyasi nolga siljigan bir modali optik tola.

7.3.4. Optik tolaning asosiy parametrlari. So'nish

Optik signal tola orqali uzatilganda yorug'lik to'lqinlarining tola muhiti bilan chiziqli va nochiziqli o'zaro ta'siri natijasida signal quvvati yo'qolishidan optik signal so'nadi. So'nish tolali optik aloqa uzatish tizimlarining regeneratsiyalash uchastkasi uzunligini aniqlovchi, optik tolaning eng muhim parametri hisoblanadi. So'nish bu tolada yorug'lik oqimlarining kuchsizlanishidir. Tola uzunligi bo'yicha so'nishning o'zgarish qonuni quyidagi umumiy ko'rinishga ega:

$$R = R_0 \exp (-\alpha \cdot L), \quad (7.8)$$

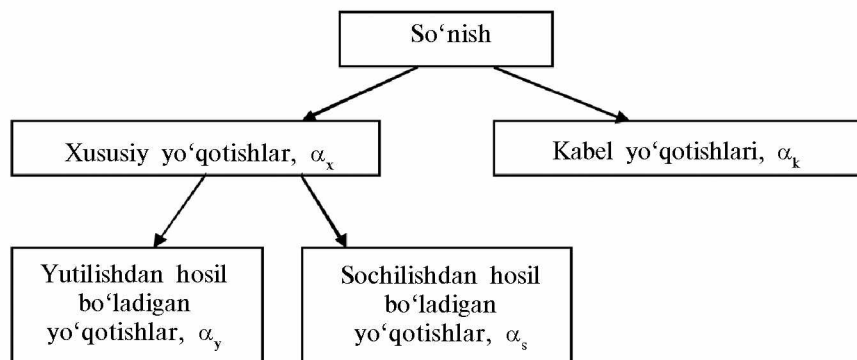
bu yerda: R_0 — tolaga kiritiladigan quvvat; L — tola uzunligi; α — so'nish koeffitsiyenti yoki toladagi yo'qotishlar.

Bu formulani qo'llab solishtirma yo'qotishlarni baholashimiz mumkin:

$$\alpha_{\text{solishtirma}} = - (10/L) \cdot \lg(P/P_0) = 4,343 \alpha. \quad (7.9)$$

Umumiy holda soʻnish signallarning sochilishi va yutilishidan hosil boʻluvchi yoʻqotishlar va kabel yoʻqotishlaridan yuzaga keladi.

Yutilish va sochilishdan hosil boʻladigan yoʻqotishlar *xususiy yoʻqotishlar*, kabel yoʻqotishlari esa *qoʻshimcha yoʻqotishlar* deyiladi.



7.21-rasm. Toladagi yoʻqotishlarning asosiy turlari.

Tola yoʻqotishlarini toʻliq ularning yigʻindisi koʻrinishida yozishimiz mumkin:

$$\alpha = \alpha_x + \alpha_k = \alpha_y + \alpha_s + \alpha_k \text{ (dB/km)}. \quad (7.10)$$

7.3.5. Tolaning xususiy va kabel yoʻqotishlari

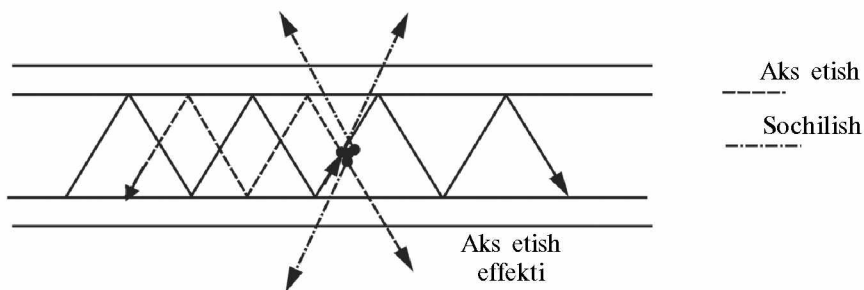
Xususiy yoʻqotishlarga yutilish va sochilishdan hosil boʻladigan yoʻqotishlar kiradi. Yutilishdan hosil boʻladigan yoʻqotishlar ichki va tashqi boʻladi. Ichki yutilish yoʻqotishlarini toza kremniy materiali hosil qilishi mumkin. Har bir material molekular tuzilishiga koʻra maʼlum toʻlqin uzunliklarida signallarni yutishi mumkin. Masalan, SiO_2 ning ultrabinafsha diapazonda $\lambda < 0,4$ mkm toʻlqin uzunligida elektron rezonanslari mavjud. Shuningdek, infraqizil diapazonda $\lambda > 7$ mkm toʻlqin uzunligida tebranuvchi rezonanslari bor. Demak, bu rezonanslar koʻrinadigan chastota diapazonida yutish polosasi koʻrinishida boʻladi. Ikkinchi va uchinchi oynalarda yutilishning bu turi 0,03 dB/km dan koʻp boʻlmagan yoʻqotishlarga olib keladi.

Tashqi yutilish yoʻqotishlari yorugʻlikning tola qoʻshimchalarida yutilishidan hosil boʻladi. Zamonaviy ishlab chiqarish texnologiyalari bu yoʻqotishlar taʼsirini juda kichik darajaga kamaytirgan. Bu yoʻqotishlar temir, mis, nikel, magniy, xrom qoʻshimchalarini tolaga qoʻshish natijasida yuzaga keladi. Zamonaviy ishlab chiqarish

jarayonida bu metallarning tarkibi bir milliard qismgacha kamaytirilgan. Shuning uchun ular umumiy tashqi yutish yoʻqotishlarining juda kichik qismini tashkil etadi. Bulardan farqli ravishda gidroksil ion (ON)lar qoldigʻining mavjudligi, yaʼni ishlab chiqarish jarayonida tolada suv qoldiqlarining qolishi tashqi yutish yoʻqotishlarini sezilarli darajada oshiradi. Optik tola tarkibida ON ionlari birning yuz milliondan kam qismini tashkil etish kerak.

Zamonaviy optik tolalarda mikroqoʻshimchalar miqdori juda kichikligi uchun tashqi yutilish shovqinlari minimal boʻlib, ularni hisobga olmasa ham boʻladi. Lekin ON konsentratsiyasi birdan million qismni tashkil etganda, 1390 nm toʻlqin uzunligida yoʻqotishlar 50 dB boʻlishi mumkin.

Nurning sochilishidan hosil boʻladigan yoʻqotishlar ichki yoʻqotishlar hisoblanib, optik tola oʻzagining defektlari: havo pufakchalari, yoriqlar, tolaning bir turda emasligi, yaʼni qoʻshimchalar qoʻshilishidan shisha zichligining tasodifiy oʻzgarishi tufayli yuzaga keladi. Bu omillar yorugʻlik oqimi yoʻnalishini oʻzgartirib, ogʻishiga olib keladi, natijada sinish burchagi oshib, yorugʻlik nuri qobiqdan tashqariga sochilib ketadi. Bundan tashqari, optik tolaning bir turda emasligi, yaʼni qoʻshimchalar mavjudligi yorugʻlik oqimi maʼlum qismining teskari tomonga aks etishiga — teskari sochilishga olib keladi (7.22-rasm). Optik tolada yorugʻlikning sochilishi va aks etishi 1550 nm toʻlqin uzunligida Releyevsk sochilishlari umumiy yoʻqotishlarning asosiysi hisoblanadi. Releyevsk sochilishi toʻlqin uzunligiga teskari proporsional boʻlib, toʻlqin uzunligi oshishi bilan yoʻqotishlar kamayadi.



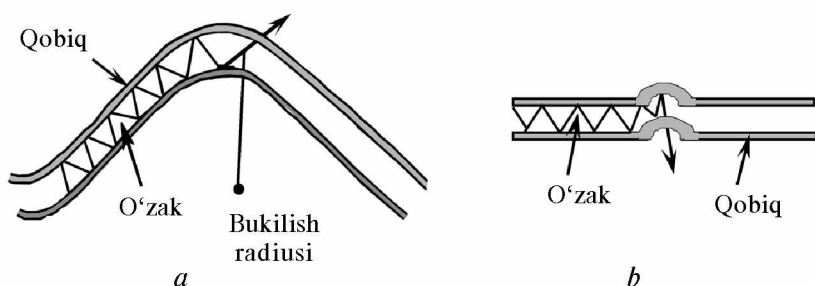
7.22-rasm. Optik tolada yorugʻlikning sochilishi va aks etishi.

Kabel yoʻqotishlari mikrobukilishlar va makrobukilishlar hisobiga hosil boʻladi.

Mikrobukilishlar. Mikrobukilish bu ishlab chiqarish jarayoni-da tola o'zagi geometriyasining mikroskopik o'zgarishi, ya'ni tolaning mukammal emasligidir. Mikrobukilishlar ishlab chiqarish jarayonida tolaning yetarli tekis bo'lmagan tashqi himoya qoplamalari bilan qoplanishi natijasida o'zakning o'q markazida joylashmasligi, o'qqa nisbatan qiyshiq joylashishidan yuzaga keladi. Mikrobukilishlar kabel yo'qotishlarini oshiradi. Bu yo'qotishlar juda katta bo'lishi va ba'zi hollarda 100 dB/km dan ham oshishi mumkin. Mikrobukilishlar 7.23-*b* rasmda ko'rsatilgan.

Makrobukilishlar. Minimal ruxsat etilgan radiusdan oshgan katta bukilishlarga makrobukilishlar deyiladi. Bir modali tolalarni bukishning ruxsat etilgan minimal radiusi 10 sm ni tashkil etadi. Bunday bukilishda yorug'lik impulslari kuchsiz buzilish bilan tarqaladi. Bukilish radiusining kamayishi, tolni ruxsat etilgandan ortiq bukish optik impulslarning tola qobig'i orqali sochilish effektini oshiradi.

Ishlab chiqaruvchilar tomonidan kabelni minimal bukish radiusi ko'rsatilgan bo'lishi kerak. Kabel (katushka) g'altakka o'ralganda, albatta, g'altak radiusi bo'yicha bukiladi. Kabel binolarda yotqizilganda uni bino burchaklarida bukish kerak bo'ladi. Kabelni yotqizuvchi bukish radiusining minimal ruxsat etilgan qiymatdan kamaytirmasligi, ortiqcha bukmasligi kerak. Tolali optik kabelni ruxsat etilgan chegaradan kuchli bukib, kabelni yaroqsiz qilishi, hattoki, kabelda tolalarning uzilishiga olib kelishi mumkin. Makrobukilishlar 7.23-*a* rasmda ko'rsatilgan.



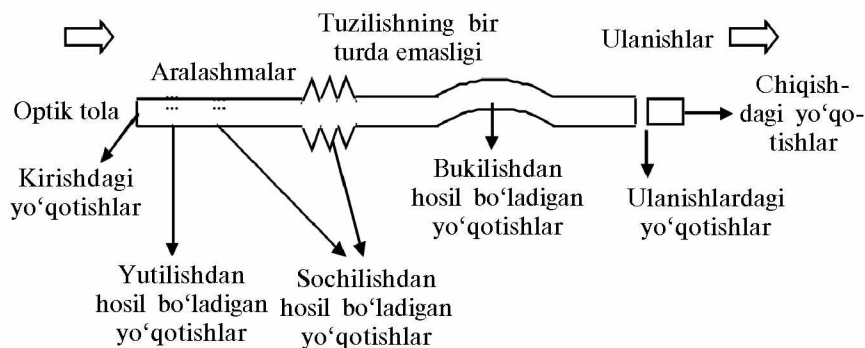
7.23-rasm. OT ning makrobukilishlari (*a*) va mikrobukilishlari (*b*).

Ishlab chiqarilgan optik tolaning mukammal emasligi, tola geometriyasining o'zgarishlari tolalarning oson, tez va sifatli payvandlanmasligiga olib keladi. Payvandlashda, tolalarni ulashda yo'qotishlarga olib keladigan sabablar quyidagilar:

- tola o'zagi o'lchamlarining moslashmaganligi;
- tolani sindirish ko'rsatkichlarining farqlanishi;
- tolalarni ulashda uzunasiga o'qlarning chatishmasligi;
- tolalar burchak aperturalarining farqlanishi;
- tolalarni zich ulamaslikdan havo pufakchalarining hosil bo'lishi.

Bu omillarning barchasi so'nishni, yo'qotishlarni oshiradi. So'nish va yo'qotishlarni kamaytirish uchun ishlab chiqarish jarayonida tola geometriyasining yuqori aniq bo'lishiga katta e'tibor berish kerak. Buning uchun ishlab chiqarishda o'zakning qobiq shishasida markazlashgan holda joylashishiga, ishlab chiqarilgan tolalar diametrlarining bir xil bo'lishiga, tolaning shaxsiy bukilishlariga katta talablar qo'yiladi.

Optik tolaning to'liq so'nish koeffitsiyentini aniqlash uchun yuqorida aytib o'tilgan barcha omillar hisobga olinishi kerak (7.24-rasm).



7.24-rasm. Optik signalni uzatish sifatiga ta'sir qiluvchi omillar.

Optik nurlanishning berilgan to'lqin uzunligi uchun so'nish koeffitsiyenti tolaga kiritiladigan optik quvvatning toladan qabul qilingan optik signal quvvatiga nisbati orqali aniqlanadi. Odatda, so'nish koeffitsiyenti detsibelda (dB) o'lchanadi va optik tola parametrlariga, shuningdek, to'lqin uzunligiga ham bog'liq.

Birinchi shaffoflik oynasi 0,8—0,9 mkm to'lqin uzunligi keng polosali yorug'lik nurlanish manbalari va qisqa to'lqinli lazerdan foydalanib, signallarni yaqin masofalarga uzatishda qo'llaniladi.

Ikkinchi shaffoflik oynasining 1,28—1,33 mkm to'lqin uzunliklari telekommunikatsiyada ko'p qo'llaniladi. Bu oyna nisbatan kam so'nish koeffitsiyentiga ega bo'lib, bu diapazonda signallarni uzatish uchun keng polosali optik nurlanish manbalari

ishlatiladi. Buning asosiy sababi ushbu diapazonda kvarts shishasi minimal xromatik dispersiya qiymatiga ega bo'lib, u arzon nurlanish manbalaridan foydalanish imkonini beradi.

Uchinchi oyna 1,525—1,575 mkm oralig'ida bo'lib, bu oynaning asosiy afzalligi so'nish koeffitsiyentining minimalligi hisoblanadi. Biroq yuqori tezlikli tizimlar oqimlarini uzatishda dispersiya qiymati oshib ketadi. Dispersiya qiymatini kamaytirish uchun dispersiyani kompensatsiya qiluvchi qurilmalarning qo'llanilishi talab etiladi, bu esa tolali optik aloqa tizimlari narxini oshiradi.

7.4. Foton texnologiyasi asosidagi telekommunikatsiyaning optik tarmoqlari

Keyingi o'n yilliklar telekommunikatsiyaning jadal sur'atlarda rivojlanishi bilan xarakterlidir, bu rivojlanish ko'p jihatdan mikroelektronika va materialshunoslikning yutuqlariga asoslangan bo'lib, axborotni samarali taqsimlash, qayta ishlash, saqlash, shuningdek, tizim va uzatish muhitining o'tkazuvchanlik qobiliyatini keskin oshirish imkonini berdi. Zamonaviy telekommunikatsiyaning bosh xususiyati — signallarni raqamli ko'rinishda uzatish va qayta ishlashdir, buning nazariy asosida analog signalni ekvivalent diskret, ya'ni raqamli signal bilan almashtirish mumkinligi haqidagi Kotelnikov (Shennon) nazariyasi yotadi. Raqamlashtirish, ularni amalga oshirish imkoniyati bo'lgunga qadar shakllantirilgan ilmiy g'oyalarni joriy etish imkonini berdi va buning natijasida, analog tizimlarga nisbatan kengaytirilgan xizmatlar spektriga ega, iqtisodiy samarali raqamli aloqa tizimlarini qurish imkoniyati tug'ildi.

Barcha telekommunikatsiya texnologiyalari, jamiyatni axborotlashtirish jarayonining jadallashishi sababli, hajmi juda tezda oshib borayotgan axborotlarni uzatish uchun yuqori tezlikli kanallarga muhtojdir. Bu axborot tarmoqlarining o'tkazuvchanlik qobiliyati va moslashuvchanligi ortishi orqali yaqqol namoyon bo'lmoqda. Bitta foydalanuvchiga nisbatan hisoblaganda o'tkazish polosasi keskin ortmoqda. Buning natijasi sifatida, Internet resurslaridan foydalanish keskin ortishi kuzatilmoqda — baholashga qaraganda axborot oqimining o'rtacha hajmi dunyoda bitta foydalanuvchiga nisbatan hisoblaganda yiliga 8 marta ortmoqda.

Uzatilayotgan axborotlar hajmining bunday ortishini faqat signallarni uzatish muhiti sifatida optik tolani jalb etish orqali hal qilish mumkin. Bu uzoq masofali telekommunikatsiya magistral-lariga, shuningdek, lokal hisoblash tarmoqlariga ham mansubdir.

Optik tola hozirgi paytda axborotni uzatish uchun eng mukammal fizik muhitdir, shuningdek, yetarlicha olis masofaga axborotlarning katta oqimlarini uzatish uchun eng istiqbolli muhit deb hisoblanadi. Tolaning afzalligi — regeneratsiya uchastkalarining uzun bo'lishiga imkon yaratuvchi so'nish va dispersiyaning kamligi, axborotni katta tezlikda uzatish imkonini beruvchi yuqori to'sqinbardoshlik va o'tkazish polosasining kengligidir.

Bugunda optik tola amalda axborotni uzatish bilan bog'liq bo'lgan hamma sohada qo'llanilmoqda. Agar shaxsiy kompyuter darajasida optik tolali interfeys simli aloqa bilan endigina yakkahol kurashayotgan bo'lsa, magistral tarmoqlarni qurishda esa optik tolaning simsiz hokimligi allaqachon fakt bo'lib qolgan. Optik tolaning tijorat aspektlari ham uning foydasiga gapirmoqda — tola kvarsdan, ya'ni qum asosida tayyorlanadi, qumning zaxirasi esa juda ko'pdir.

Hozirgi paytda butun dunyo bo'yicha aloqa xizmatlarining hamma taqdimotchilari bir yilda bir necha o'n ming kilometrli optik tolali kabellarni yer ostiga, okeanlar, dengizlar, daryolar tubiga, tonnellarga, LEP bo'yicha va kollektorlarga yotqizmoqda. Juda katta kompaniyalar, jumladan, IBM, Lucent Technologies, Nortel, Corning, Alcoa Fujikura, Siemens, Pirelli kompaniyalari optik tolali texnologiyalar sohasida jadal tadqiqotlar olib borishmoqda. Eng progressiv texnologiyalar qatorida zich spektrli multipleksorlashni DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) va nol bo'lmagan aralash dispersiyali tolani TrueWave (Lucent Technologies) yoki DWDM signalini uzatish uchun maxsus mo'ljallangan SMF-LS (Corning)ni ko'rsatish mumkin.

1985-yil DWDM bo'yicha ish boshlanib, Bell laboratoriyasi va AT&T tadqiqotlar markazida bir-birlaridan 1,3 nm uzoqlikda yotgan, har biri 2 Gbit/s bo'lgan 10 ta kanallarni multipleksorlashga muvaffaq bo'lindi. Bu tadqiqotlarning natijasida 1996-yilda bitta tolada 55 ta DWDM kanallarini multipleksorlashga erishildi, bunda bitta kanalning uzatish tezligi 20 Gbit/s bo'lib, yig'indi natijasida 1,1 Tbit/s tezlikka erishildi.

Hozirda mavjud bo'lgan tizimlar 100 dan ortiq kanallarni qo'llashi, natijada bir necha o'nlab gigabit soniya o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ega bo'lishi mumkin.

Rivojlanishning keyingi bosqichi fotonikaning rivojlanishi bo'ldi. Bu yo'nalishning imkoniyatlari tolaning «suvli kirlanishi»ni

yo'qotish va DWDM texnologiyalarini qo'llash, shuningdek, signallarni regeneratsiyalashning eng muhim funksiyalarini va raqamli oqimlarni kommutatsiyalashni optik signallarni elektrik signallarga o'zgartirmasdan bevosita optik diapazonda amalga oshirish hisobiga tolada qo'llanilayotgan chastota polosasini kengaytirish va uzatish tezligini 300 Tbit/s gacha oshirish bilan bog'liqdir.

Zich multipleksorlash usuli paydo bo'lishi bilan, shuningdek, trafikni shakllantirish, xizmat ko'rsatish va uzatish bo'yicha hamma funksiyalarni bajarish imkonini beruvchi qurilmalarning ishlab chiqilishi va bu hol to'liq optik muhitda bo'lishi uchun optik tarmoqlar, shuningdek, ular asosida qurilgan global tarmoqlar mustaqil texnologiya sifatida e'tirof etildi.

Global tarmoqlar (Wide Area Networks — WAN), ular, shuningdek, hududiy, kompyuter tarmoqlari deb ham ataladi, katta maydonlarga viloyat, hudud, mamlakat, qit'a yoki yer sharining hamma joyiga tarqalgan abonentlarning katta soniga o'zining servislarini taqdim etishga xizmat qiladi.

Telekommunikatsiyaning rivojlanish evolyutsion jarayonining oxirgi maqsadi — Global axborot infratuzilmasini yaratishdir, u foydalanuvchilarga xizmatlar to'plamini taqsimlaydigan, ochiq ilovalar to'plamini ta'minlovchi, axborotning hamma turlarini qamrovchi va uni istalgan joyda, istalgan vaqtda maqbul narxda va sifatli qilib olish imkonini ta'minlaydi.

Aloqa kanallarining juda uzunligi sababli global tarmoqlarni qurish juda katta xarajatlarni talab qiladi, unga kabellarning narxi va ularni yotqizish bo'yicha ishlar, kommutatsion uskunalar va kanalning zaruriy o'tkazish polosasini ta'minlovchi oraliq apparaturalarga xarajatlar, shuningdek, katta hududlarga taqsimlangan telekommunikatsiya tarmoqlari apparaturalarini ishlash holatida saqlash uchun ekspluatatsion xarajatlar kiradi. Global kompyuter tarmoqlarining tipik abonentlari, turli shahar va mamlakatlarda joylashgan, o'zaro ma'lumotlar almashinish zarurati bo'lgan, korxonalarning lokal tarmoqlaridir. Global tarmoqlar, odatda, yirik telekommunikatsiya kompaniyalari tomonidan abonentlarga pullik xizmat ko'rsatish uchun yaratiladi. Global hisoblash tarmoqlaridan tashqari axborotlarni uzatish hududiy tarmoqlarning boshqa turlari ham mavjuddir. Birinchi navbatda, bular bir necha o'nlab yillar davomida ishlab kelayotgan telefon va telegraf tarmoqlari, shuningdek, teleks aloqasidir.

Global tarmoqlarning narxi o'ta yuqoriligi sababli yagona global tarmoqni yaratish uzoq vaqtli tendensiyasi mavjud, bu tarmoq

istalgan turdagi ma'lumotlarni uzatishi mumkin: kompyuter ma'lumotlari, telefon so'zlashishlari, fakslar, telegrammalar, televizion tasvirlar, teleteks (ikkita terminallar orasida ma'lumotlar uzatish), videoteks (tarmoqda saqlanayotgan ma'lumotlarni o'z terminaliga olish) va boshqalar. Telekommunikatsiya xizmatlarini integratsiyalash uchun dastlabki texnologiya ISDN o'tgan asrning 70-yillarida rivojlana boshladi. Hozircha tarmoqlarning har bir turi alohida ishlab turibdi va ularning eng yuqori integratsiyasi umumiy birlamchi tarmoqlar — PDH va SDH tarmoqlardan foydalanish sohasida amalga oshirilgan, bugungi kunda ularning yordamida kommutatsiyalanuvchi tarmoqlarda doimiy kanallar tuzilmoqda. Texnologiyalar rivojlanishining yangi bosqichida integratsiyalangan tarmoqlarni yaratish, yangi Broadband ISDN (B-ISDN meros nom bilan) nomi davom etmoqda, ya'ni keng polosali (yuqori tezlikli) xizmatlari integratsiyalangan tarmoqlardir. B-ISDN tarmoqlar universal transport sifatida ATM texnologiyalariga asoslanadi va tarmoqning oxirgi foydalanuvchilariga turli shakldagi axborotlarni — kompyuter ma'lumotlari, audio va video axborotlarni tarqatish uchun yuqori sathdagi turli xizmatlarni, shuningdek, foydalanuvchilarning interfaol o'zaro bog'lanishini qo'llaydi.

Bu o'ta katta hajmdagi axborotlarni uzatish faqat telekommunikatsiyaning optik tarmoqlari asosida bo'lishi mumkin.

Telekommunikatsiya optik tarmoqlarini rivojlantirish narxi pastligini va mavjud tarmoq texnologiyalari bilan moslashtirish osonligini, shuningdek, o'tkazish kengligining amalda cheklanmaganligini hisobga olganda, yaqin vaqtlarda telekommunikatsiyaning global va magistral tarmoqlari to'liq optik tarmoqlarga o'tishini kutish mumkin.

Telekommunikatsiyaning keng polosali optik tolali tarmoqlari o'zaro bog'lanishi elektron muhitning yangi shakllarini, biznes-yechimlar, o'qitish bo'yicha takliflarni, shuningdek, axborot-kommunikatsion texnologiyalar rivojlanishining yangi bosqichi — grid-kompyutingni amalga oshirish uchun imkoniyat ochmoqda.

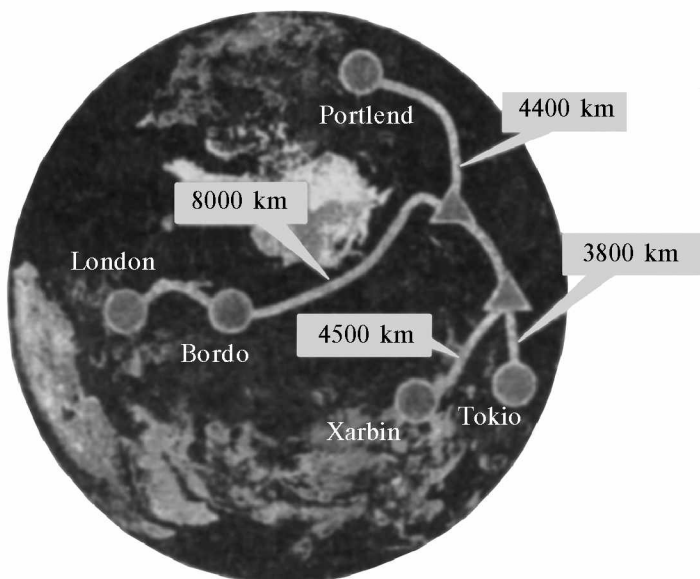
1998-yil kiritilgan atamaga mos ravishda Grid-kompyuting (hisoblash tarmog'i) — dasturiy-apparat infratuzilmasidir, u dunyoning istalgan nuqtasidan yuqori samarali hisoblash resurslariga ishonchli, kelishilgan va «uncha qimmat bo'lmagan» kirishni ta'minlaydi.

Grid-kompyuting sohasida ilmiy izlanishlar o'tgan asrning 90-yillaridan boshlab AQSH, Yaponiya, Xitoy va Yevropa

mamlakatlarida olib borilmoqda. Ideal grid tizimi geografik taqsimlangan bo'lishi va dunyodagi hamma kompyuterlarni, ular orasidagi masofadan qat'i nazar birlashtirishi kerak. Hozirgi kunda ulkan taqsimlangan tarmoqni tuzish mumkin, lekin uchastkalar orasida ma'lumotlarni almashtirish murakkab bo'ladi, ularni foydalanilayotgan ma'lumotlar uzatish tarmog'i asosida yagona resursga birlashtirish esa hozircha mumkin emas. Bu katta hajmdagi axborotlarni, katta ma'lumotlar bazasining (MB) qo'shimcha hisoblash resurslarini talab qiladigan hisoblashlarni bajarish uchun kontinentlar orasida tezkor almashtirishga imkon beradi.

Bu muammolarni yechish uchun ayrim mamlakatlarda Grid loyihalar amalga oshirilmoqda.

Hozirda Rossiya muhim «Polarnet-grid» loyahasini taklif etgan. 7.25-rasmda Polarnet suvosti optik-tolali aloqa liniyalarining (OTAL) uzunliklari keltirilgan.



7.25-rasm. Polarnet suvosti OTAL uzunliklari.

Kabelli optik magistral Southern Cross Avstraliya, Yangi Zelandiya, Gavayi orollari va AKD 1 ni bog'laydi; PC-1 (Pacific Crossing-1) optik-tolali uzunligi 21000 kilometrli halqali tarmoq AKD 1 va Osiyoni bog'laydi.

Nazorat savollari

1. Optik aloqa haqida asosiy ta'riflarni keltiring.
2. Optik aloqa afzalliklari va qo'llanish sohalarini tushuntiring.
3. OA tizimlarining tuzilish prinsiplari nimadan iborat?
4. OA tizimlarining tasnifi va ikki tomonlama TOAni tuzish usullarini keltiring.
5. TOA liniyalarini zichlashtirishning qanday usullarini bilasiz?
6. Qanday optik aloqa uzatish kanallarini bilasiz?
7. Optik yorug'lik o'tkazgichlar va ularning turlarini keltiring.
8. Optik tola bo'ylab yorug'lik nurining tarqalish xususiyatlarini bayon eting.
9. Optik tola turlari va ularning tavsiflarini keltiring.
10. Optik tolaning asosiy parametrlarini keltiring.
11. Tolaning shaxsiy yo'qotishlari va kabel yo'qotishlarini ta'riflang.

8.1. Asosiy tushuncha va ta'riflar

Ishonchlilik nazariyasi bilan uzatish tizimi murakkab dinamik tizimdan, ya'ni aniq funksional o'zaro aloqa asosida ishlab chiqarish vazifalarini bajarish jarayonida o'zaro hamkorlik qiluvchi texnik qurilmalar yoki elementlar majmuyidan tashkil topgan. Uzatish tizimining o'ziga xos xususiyati murakkab dinamik tizim kabi katta hududlarda ularning uskuna va apparaturalarining tarqoq joylashishidan iborat.

Ishonchlilik nazariyasida obyekt asosiy tushuncha bo'lib, loyihalash, sinov va foydalanish davrida aniq maqsadli buyum hisoblanadi. Obyektlarga ko'p kanalli uzatish tizimi, ularning apparaturasi va uskunasi, qurilmalari, tugunlari, bloklari va elementlari kiradi.

Tizim — bu elementlar majmuyidan iborat bo'lgan obyektidir. «Tizim» va «element» tushunchalari esa nisbiy hisoblanadi. Obyekt bir xil tadqiqotlarda tizim bo'lib hisoblanadi, agar katta masshtabdagi obyekt o'rganilayotgan bo'lsa, unda element sifatida ko'rib chiqilishi mumkin. Ustun uning olinadigan bloki, uzatish tizimi (UT)ning elementlari bo'lib hisoblanadi va hokazo.

UT ishonchliligi deb, normativ-texnik hujjatlarda (NTH) belgilangan chegaralarda kanallar va traktlarning parametrlarini vaqt bo'yicha saqlagan holda abonentlar o'rtasida belgilangan foydalanish sharoitlarida axborot uzatilishini ta'minlaydigan xususiyatiga aytiladi. Ishonchlilik, UT va uning elementlaridan texnik foydalanishni barcha tomonlama qamrab oladi va ularning samarali ishlashini belgilaydi.

Element ishonchliligi, element uchun belgilangan barcha parametrlarni vaqt bo'yicha saqlagan holda, axborotni uzatishda belgilangan funksiyalarni, jumladan, foydalanish va berilgan ishlash muddati davri davomida elementlarga xizmat ko'rsatishni amalga oshiradigan xususiyatidir.

UT ishonchliligi va uning elementlari kompleks xususiyat bo'lib hisoblanadi va foydalanish sharoitlariga hamda vazifasiga ko'ra,

buzilmasdan ishlash, saqlanuvchanlik, ta'mirga yaroqlilik va ko'pga chidamlilik bilan tavsiflanadi.

Ishonchlilik nazariyasida ko'rib chiqiladigan barcha tizimlar *qayta tiklanadigan* va *qayta tiklanmaydigan* turlarga bo'linadi. Qayta tiklanadigan tizimlarda buzilishlar yuzaga kelgandan keyin buzilgan elementlar almashtiriladi va tizim ishini davom ettiradi. Qayta tiklanmaydigan tizimlarda buzilishlar yuzaga kelgandan keyin buzilgan elementlarni almashtirish amalga oshmaydi.

UT, uning apparaturasini va uskunasi hosil qiluvchi birlamchi (elektr radio elementlar — ERE) elementlarga va birlamchi elementlardan tashkil topgan bloklar, panellar va boshqalarga bo'linadi. UT apparaturasi va uskunasi qayta tiklanuvchi tizimlarga, birlamchi elementlar esa qayta tiklanmaydigan tizimlarga kiradi.

Uzatish tizimi, ularning elementlari soz va nosoz holatda bo'lishi mumkin. *Soz holat* — bu UT yoki uning elementlari NTH bilan belgilangan barcha talablarga mos keladigan holat. *Nosoz holat* — bu UT yoki uning elementlari NTH talablaridan hech bo'lmaganda biriga mos kelmaydigan holat. Nosoz holat obyektlarning berilgan funksiyalarni bajarishi mumkin emasligini bildirmaydi.

*UT apparaturasi va uskunasi*ning ishlash qobiliyatligi, NTH bilan belgilangan chegaralardagi kanallar va traktlarning asosiy parametrlarining qiymatlarini belgilagan holda xabarlarini uzatish bo'yicha berilgan funksiyalarni bajaradigan holati bilan tavsiflanadi. Agar UTning hech bo'lmaganda biror parametri qiymati, UT va uning elementini tavsiflovchi berilgan funksiyani bajarsa, lekin NTH talablariga mos kelmasa, unda uskuna ishga yaroqsiz holatda bo'ladi. UT uskunasi ishga yaroqli yoki ishga yaroqsizligi to'liq yoki qisman bo'lishi mumkin. To'liq ishga yaroqli UT uskunasi kanal va traktlarining sozlagan parametrlarining foydalanish me'yorlariga muvofiqligi maksimal o'tkazish imkoniyatini ta'minlaydi. Qisman ishga yaroqli UT yoki uning elementlari, UT uskunasi funksionallashtiruvchi ma'lum bir sharoit uchun belgilangan, mumkin bo'lgan chegarada joylashgan eng kam samaradorlik, ya'ni kanal va traktlar parametrlarining yomonlashuvi bilan tavsiflanadi. Qisman ishga yaroqsiz UT uskunasi ishlashi mumkin, lekin samaradorlik darajasi past bo'ladi.

Ishga yaroqli UT apparaturasi soz bo'lgan uskunadan NTH talablarini qanoatlantirishi bilan farq qiladi. NTH talablarining

bajarilishi abonentlar o'rtasidagi axborotning me'yorda uzatilishini ta'minlaydi. Bunda tashqi ustun ko'rinishi yomonlashishi, ularning majmuasi to'liq bo'lmasligi, mexanik shikastlanishlar yuzaga kelishi, signal zanjirlarining ishi yomonlashishi, uskunaning ayrim parametrlari hujjatdagi normalardan og'ishi mumkin. Ishga yaroqli obyekt nosoz bo'lishi mumkin, biroq NTH talabalaridan og'ishi uning me'yorda ishlash holatining buzilishiga olib kelmaydi. Bartaraf etilmagan shikastlanishlar sababli vazifasi bo'yicha keyinchalik qo'llash mumkin bo'lmaydigan yoki belgilangan chegaralarda berilgan parametrlarning og'ishi, foydalanish xarajatlarining belgilangandan og'ishi yoki kapital ta'mirlashlarni o'tkazish zaruriyati tufayli yuzaga kelgan UT va uning elementlarining holati chegaraviy deb ataladi. Chegaraviy holatlarning mezonlari aniq uskuna va UT apparaturasining NTHlari bilan belgilanadi. Foydalanish jarayonida UT uskunasi soz holatdan nosoz holatga o'tishi mumkin. Bunday o'tishlar UT uskunasi va elementlarining shikastlanishi yoki ishlamay qolishi sababli yuzaga keladi.

Shikastlanish — bu ishga yaroqlilikni saqlagan holdagi UT uskunasi soz holatining buzilish hodisasidir. Shikastlanish ahamiyatli va ahamiyatsiz bo'lishi mumkin. Ahamiyatli shikastlanishlarni o'z vaqtida bartaraf etmaslik ishlash holatining buzilishiga olib kelishi mumkin. UT uskunasi, kanallar va traktlar ishlash holatining buzilishi *ishlamay qolish* (rad etish) deb ataladi. Ishlamay qolganda UT uskunasi xabarlarini uzatish bo'yicha funksiyalarni bajara olmaydi.

Farq qiluvchi belgi yoki bir nechta belgilar majmuasi ishlamay qolish yuzaga kelgandagi omillar bilan belgilanadi va *ishlamay qolish* mezoni deb ataladi. Ishlamay qolish mezoni UTning aniq elementi yoki kanal (trakt)ning parametri uchun NTH bilan belgilanadi. Kanal (trakt)ning ishlamay qolishi deganda, me'yorlashtirilgan elektrik parametrlarning belgilangan chegaradan og'ishi tushuniladi. Ishlamay qolishlar tabiati turlicha bo'ladi va texnik qurilmalarining buzilishlari bilan bog'liq bo'lmaydi. UT uskunalarining ishlamay qolishi, kanal va traktlar parametrlarining o'zgarish xususiyatiga ko'ra, tasodifiy yoki asta-sekinlik bilan ishlamay qolishlarga bo'linadi. Tasodifiy ishlamay qolish UT uskunalarining yoki kanal va traktlarning ishga qobiliyatlilikini belgilovchi parametrlarning NTH talablariga mos kelmasligi bilan tavsiflanadi. Tasodifiy ishlamay qolish tasodifiy hodisa hisoblanib, asta-sekinlik bilan nosozlik va buzilishlarning yig'ilishi tufayli yuzaga keladi. Asta-

sekinlik bilan ishdan chiqish UT uskunalari yoki kanal va trakt-larning bir yoki bir nechta asosiy parametrlari qiymatlarining asta-sekin o'zgarishi bilan tavsiflanadi. UT uskunasi foydalanish jarayonida asta-sekin ishlamay qolishga olib keladigan parametrlar (qoldiq so'nishi, shovqinlar quvvati va boshqalar)ning o'zgarish qonuniyatini o'rnatish va uning ishlamay qolishining o'z vaqtida oldini olish uchun ishlatish lozim.

O'zaro bog'langan ishlamay qolishlar quyidagi turlarga bo'linadi:

- mustaqil ishlamay qolish UT uskunasi, kanal yoki trakt elementlarining ishlamay qolishi, boshqa elementlarning shikastlanishi va ishlamay qolishiga olib kelmaydi;

- bog'liq bo'lgan ishlamay qolish UT uskunasi, kanal yoki trakt elementlarining ishlamay qolishi, boshqa elementlarning shikastlanishi yoki ularning ishlamay qolishiga olib keladi.

Ishlamay qolish yuzaga kelganda foydalanilayotgan obyekt imkoniyati bo'yicha quyidagilarga bo'linadi:

- to'liq ishlamay qolish — ishlamay qolish holati yuzaga kelgandan keyin obyektidan vazifasi bo'yicha foydalanish mumkin, ammo bir yoki bir nechta asosiy parametrlarning qiymatlari mumkin bo'lmagan chegaralarda joylashadi, ya'ni obyektning ishlash qobiliyati pasayadi. Oddiy tizimlar, birlamchi elementlarning to'liq ishlamay qolishi, uning to'liq ishg'a qobiliyatligini yo'qotadi;

- qisman ishlamay qolish, bu holda uskuna vazifasi bo'yicha ishlashi mumkin, ammo samaradorligi kamayadi. Qisman ishlamay qolish holati UT uskunasi uchun tavsiflidir.

Tashqi holatlar bo'yicha qo'shimcha o'lchash asboblari, o'lchashlardan foydalanmasdan aniqlangan aniq ishlamay qolishga hamda tashqi belgilarga ega bo'lmagan, o'lchash va sinash yo'li bilan aniqlanadigan aniq bo'lmagan ishlamay qolishlarga bo'linadi.

Yuzaga kelish sabablariga ko'ra quyidagi ishlamay qolishlar mavjud:

- konstruktiv, konstruktor xatoligi yoki konstruktorlik usullarining takomillashmagani, loyihalashning belgilangan me'yor va qoidalari buzilganligi natijasida yuzaga keladi;

- ishlab chiqarish UT apparaturasi yoki butunlovchi qismlarni ishlab chiqarish texnologik jarayonining buzilganligi yoki takomillashmaganligi natijasida yuzaga keladi.

To'xtamasdan ishlash — UT yoki uning elementlarining

ishlash muddati davomida yoki bir qancha vaqt davomida ishlash imkoniyatini uzluksiz saqlash xususiyatidir.

*UT apparaturasi va uskunasi*ning saqlanganligi deb saqlash va transportda tashish davomida soz va ishga yaroqli holatini saqlash xususiyatiga aytiladi.

Uzoq vaqt mustahkamlik — bu UT apparaturasi va uskunasi NTHda belgilangan texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash uchun zarur uzilishlar bilan chegaraviy holatgacha ishlash qobiliyatini saqlash xususiyatidir.

Obyekt xususiyatlarini miqdoriy belgilovchi, uning ishonchliligini tashkil qiluvchi texnik tavsiflar majmuyi *ishonchlilik ko'rsatkichi* deb ataladi. Ishonchlilik ko'rsatkichlari uchun ikki shakl qo'llaniladi: ehtimoliy va statistik. Ehtimoliy shakl ishonchlilik ko'rsatkichlarini analitik hisoblashda, statistik shakl esa eksperimental tadqiqotlarda ancha qulaydir.

8.2. Obyektning ishonchlilik ko'rsatkichlari

Ishonchlilik ko'rsatkichlari qayta tiklanadigan va qayta tiklanmaydigan obyektlar uchun qarab chiqiladi. Ishonchlilik ko'rsatkichlarini aniqlashni, qayta tiklanmaydigan obyekt, birlamchi elementlardan boshlaymiz. Bunda buzilmasdan ishlash ehtimolligi ishonchlilikning asosiy miqdoriy ko'rsatkichlari bo'lib hisoblanadi, ya'ni UT yoki uning elementlarida 0 dan t_0 gacha berilgan vaqt oralig'ida ishlamay qolish yuzaga keladi:

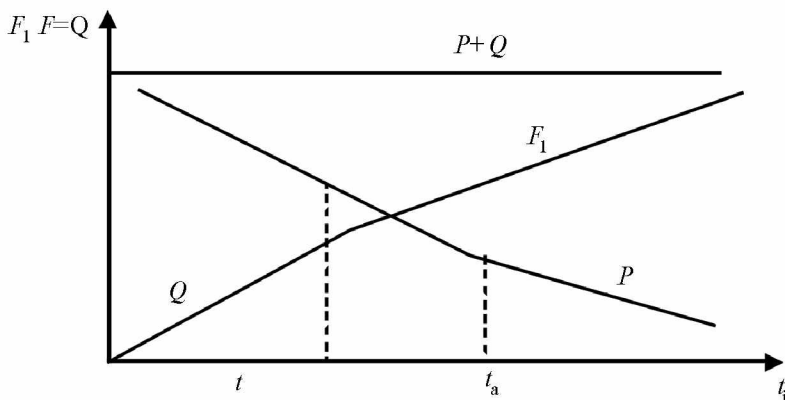
$$P(t_0) = P(0, t_0) = P\{\xi_1 \geq t_0\} = 1 - F_1(t_0); \quad (8.1)$$

bu yerda: ξ_1 — UT uskunalari va elementlarining birinchi buzilishgacha tasodifiy ishlash muddati; $F_1(t_0) = P\{\xi \leq t_0\}$ — birinchi buzilishgacha vaqtni taqsimlash yoki buzilmasdan ishlash vaqtini taqsimlash funksiyasi; $F_1(t_0)$ — t vaqt davomida ishlamay qolishning paydo bo'lish ehtimolligi.

Ishlash muddati UT apparatura va elementlarining ishlash davomiyligi yoki hajmini belgilaydi.

$P(t)$ — ishonchlilik funksiyasi; $Q(t_0)$ — ishlamay qolish ehtimolligi va $F(t)$ — to'xtamasdan ishlash vaqtini taqsimlash.

Obyektdan foydalanish jarayonida ishonchlilik asta-sekin kamaya boradi. Shuning uchun $P(t)$ funksiyasi kamayishi mumkin, $F_1(t)$ funksiyasi esa osha boradi.



8.1-rasm. UT apparatura va elementlari ishonchlik ko'rsatkichlarining vaqtga bog'lanish grafigi.

Uzatish tizimlarining uskunalari, kanallari va traktlari qayta tiklanuvchi hisoblanadi, ya'ni ulardan foydalanishni to'xtash va ishga qobiliyatli oraliqlarning navbatma-navbat almashishi deb faraz qilish mumkin. To'xtash vaqtida ish qobiliyatining tiklanishi sodir bo'ladi va qayta tiklangan UT uskunasi buzilishgacha yana ishini davom ettiradi.

Buzilgan lahzada UT uskunasi, buzilishlar oqimi parametrlari $K(t)$ ni tavsiflaydigan buzilishlar oqimini shakllantiradi. Buzilishlar parametri tushunchasi blokka, ustunga, kanalga yoki traktga tegishlidir. Radiotexnik majmualarning buzilish oqimi oddiy, ya'ni quyidagi shartlarni qanoatlantiradi:

- ordinar, ya'ni bir vaqtning o'zida ikki va undan ortiq buzilishlarning yuzaga kelish ehtimolligi kam;
- statsionar, ya'ni k buzilishlarning yuzaga kelish ehtimolligi vaqtga bog'liq emas, lekin kuzatish oralig'i davomiyligi (Δt) va k buzilishlar soni (k)ning funksiyalari bo'lib hisoblanadi.
- natijalarning mavjud emasligi, ya'ni ikkita Δt_1 va Δt_2 kuzatish oralig'ining birortasidagi buzilishlar soni boshqasida yuzaga kelgan buzilishlar soniga bog'liq emas.

Qayta tiklanadigan obyektning muhim ko'rsatkichlaridan biri, bu uning tiklanish vaqti (T_{tik})dir. Ushbu ko'rsatkich UT uskunasi yoki uzatish liniyasining o'rtacha tiklanish vaqtini tavsiflaydi va aloqaning o'rtacha tiklanish vaqtiga, shikastlanish joyiga ehtiyot qismlarni o'rtacha yetkazish vaqtiga bog'liq. Ushbu vaqt izlash va

buzilishlarni bartaraf qilish bo'yicha qabul qilingan dastur bilan aniqlanadi.

Tayyorlik koeffitsiyenti belgilangan foydalanish jarayonida UTni soz holatda bo'lishining nisbiy vaqti bilan tavsiflanadi. K_t kattalik buzilishgacha ishlash vaqtining oshishi va xuddi shunday tiklanishning o'rtacha vaqti qisqartirishi hisobiga oshishi mumkin.

Kanal va trakt uskunalarining tayyorligini baholash uchun texnik foydalanish amaliyotida soz ishlash koeffitsiyentidan keng foydalaniladi:

$$K_{si} = (T_{ft} - T_t) / T_{ft}, \quad (8.2)$$

bu yerda: T_{ft} – foydalanish taqvimii sikli; T_t – baholayotgan davr uchun kanal, trakt yoki UT uskunasi to'xtashlarining yig'indi vaqti.

Soz holatlar koeffitsiyenti tayyorlik koeffitsiyenti bilan o'xshash; ularning farqi shundaki, nafaqat texnikaning buzilishlari sababli yuzaga keluvchi to'xtashlarni, balki xizmat ko'rsatuvchi xodimlarning hamda texnik xizmat ko'rsatishni tashkil qilish xatoliklarini ham hisobga oladi.

Ko'rib chiqilayotgan ishonchlilik ko'rsatkichlari, UTlarining uskunalaridan foydalanish xususiyatlarini baholashda asosiy hisoblanadi va texnik shartlar (TSH) yoki xususiy texnik shartlar (XTSH) bilan belgilanadi, foydalanish jarayonida nazorat qilinadi va qo'llab-quvvatlanadi, shuningdek, uning samaradorligini baholashda muhim ahamiyatga ega.

8.3. Ishonchlilikni oshirish usuli

UT uskunalarining ishonchlilik ko'rsatkichlari kanal va traktlarga qo'yiladigan talablarga har doim ham mos kelavermaydi, bu ishlab chiqaruvchilarni, tayyorlovchilarni va xizmat ko'rsatuvchi xodimlarni, ishonchlilikni oshirish usullarini va yo'llarini izlashni talab qiladi. Masalan:

- foydalaniladigan elektr radio elementlarning sifati va soni, elektrik, issiqlik va tebranish yuklamalariga nisbatan ularning ishlash rejimi;
- uzatish tizimining oxirgi va oraliq stansiyalari apparaturalarining tugunlari, bloklari va elementlarini standartlashtirish va takomillashtirish;
- berilgan ko'rsatkichlarini ta'minlash maqsadida, ta'mirga yaroqliligini ko'zdan kechirish va ta'mirlash uchun UT apparatu-

rasining tugunlari va bloklariga kira olish, ya'ni buzilishlar va shikastlanishlarning oldini olish va aniqlash, ishlash imkoniyati, tiklanishi hamda texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash jarayonida sozligiga uskunaning moslashishi;

- uskuna ishlash imkoniyatining funksional avtomatlash-tirilgan nazoratini ta'minlash.

UT apparaturasini loyihalash bosqichida taxminiy, dastlabki va oxirgi ishonchlik hisoblari amalga oshiriladi.

Taxminiy hisobda, UT uskunasi yoki apparaturasini loyihalash uchun texnik topshiriqni ishlab chiqish yoki texnik loyihalash bosqichida apparaturani qurish vositalarini qiyosiy baholash amalga oshadi. Ishonchlik ko'rsatkichlarining taxminiy hisobi UT uskunasi har bir tuguni, bloki, ustuni uchun bajariladi va quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- prinsipial sxemaning oxirgi variantlari asosida bir turdagi birlamchi ERE (tranzistorlar, diodlar, mikroshemalar, rezistorlar, kondensatorlar, transformatorlar, drossellar, rele va boshq.) soni;

- har bir EREning tavsiya qilingan buzilishlar jadalligi;

- blok, tugun, ustun qayta tiklanishining o'rtacha vaqti (T_{qt}), buzilishgacha ishlash muddatining o'rtacha vaqti (T_0);

- berilgan vaqt oralig'i uchun buzilishsiz ishlash ehtimolligi ($P(t)$) va tayyorlik koeffitsiyenti (K_t).

Ishonchlikning taxminiy hisoblari quyidagi hollarda bajariladi:

- eksponensial qonun bo'yicha buzilishlarning yuzaga kelish vaqti;

- ERElarning buzilishlari natijasida yuzaga keluvchi, tugunlar va bloklarning to'satdan buzilishi;

- birlamchi ERE buzilishlari bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda yuzaga keladi va ularning jadalligi apparaturadan butun foydalanish davri davomida doimiy bo'ladi;

- har qanday EREning buzilishi ustunning buzilishiga olib keladi.

Alohida ustunlarning ishonchlik ko'rsatkichlari bo'yicha oxirgi yoki oraliq stansiyalar uskunalarining tuzilish sxemalari tuzilgandan keyin UTning ishonchlik ko'rsatkichlari aniqlanadi.

8.4. Uzatish tizimlariga texnik xizmat ko'rsatish

Uzatish tizimlaridan foydalanish jarayonida ularning ishonchlikligini loyihalash darajasini tutib turishga qaratilgan maxsus

tadbirlar o'tkazilishi zarur. Bu tadbirlarning amalga oshirilishi *texnik xizmat ko'rsatish* (TXK) deb ataladi.

TXK foydalanilayotgan tizimning tarkibiy qismi hisoblanadi. Uzatish tizimlarining sifat ko'rsatkichlarini loyihalash qiymatlarini tutib turish maqsadida ishlarning tashkil qilinishini va tartibini belgilovchi o'zaro bog'langan vositalar va hujjatlar yig'indisi *texnik xizmat ko'rsatish tizimi* deyiladi.

TXKni tashkil qilish uzatish tizimlarining o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Ulardan asosiylari quyidagilar:

- UTning katta masofalarga tarqalganligi;
- liniya trakti tuzilishining turtiligi (kuchaytiruvchi va regeneratsiyalovchi punktlar o'rtasidagi masofaning har xilligi, ularning tuzilishi va o'lchov vositalari bilan jihozlanganligidagi farq va boshqalar);
- uzatish liniyalarining turli xilligi (turli modifikatsiyadagi tolali optik; elektrik-simmetrik va koaksial kabellar);
- bir-biridan chastotalar spektrining kengligi (kanallari chastota bo'yicha ajratilgan UT) va signallarni uzatish tezligi (kanallari vaqt bo'yicha bo'lingan UT) bilan farq qiladigan guruhli traktlarning mavjudligi. Natijada uzatish kanallari va traktlarining ishlash qobiliyati hamda sifat holatini tekshirish uchun turli xil o'lchov apparatura va vositalariga bo'lgan ehtiyoj tug'iladi.

TXK operatsiyasi boshqalardan o'zining xususiyatlari bilan, masalan, axborotni uzatish tizimlarining tarqoqligi bilan farq qiladi.

TXK quyidagi tadbirlarni o'ziga birlashtirgan:

- UTdagi ishlamay qolishlar va nosozliklarning oldini olish hamda bartaraf etishni (apparaturaning ishonchliligi past bo'lgan elementlari va tugunlarini almashtirish, kabelli liniya trassalarining holati ustidan muntazam texnik kuzatishni amalga oshirish va h.k.);
- uzatish kanallari va traktlarining asosiy sifat ko'rsatkichlarini belgilangan chegarada saqlab turishni;
- apparatura va kabeillarda yuzaga keladigan ishlamay qolishlar, nosozliklar hamda shikastlanishlarni bartaraf qilish orqali UTning ishlash qobiliyatini tiklashni;
- normativ-texnik hujjatlarda ko'rsatilgan loyihalash qiymatlariga yetkazish uchun apparatura yoki uning tugunlarining parametrlarini hamda uzatish kanallari va traktlarining tavsiflarini sozlash va rostdash (to'g'rilash)ni;

- apparaturani zaxira elementlar, tugunlar va jihozlar bilan ta'minlashni;

- UTning texnik holatini nazorat qilishni;

- texnik xizmat ko'rsatishni rejalashtirish bilan bog'liq tadbirlarni o'z ichiga oladi. Yuqorida keltirilganlardan TXK, UTning texnik holatini boshqarish bo'yicha ishlar majmuasini o'zida ifodalaydi.

Apparatura, kabel, uzatish kanallari va traktlarining texnik va sifat holatlarini nazorat qilish jarayonida olinadigan ma'lumotlar, UTning holati hamda ta'mirlash ishlarini olib borish zarurligi to'g'risidagi obyektiv qaror qabul qilish, shuningdek, tavsiflarning loyihalash qiymatlaridan jiddiy chetga chiqishlarini va ishlamay qolishlarini bashoratlash imkonini beradi. Bashorat natijalari bo'yicha TXK operatsiyalarini o'tkazish muddatlarini to'g'rilash mumkin. Buning uchun u yoki bu ishlarni olib borishga oldindan tayyorgarlik qilish lozim, bu esa UTning bekor turib qolish va yomonlashgan sifat ko'rsatkichlari bilan ishlash vaqtini qisqartirish imkonini beradi.

TXKni optimallashtirish muhim vazifa hisoblanadi, uning hal qilinishi esa samaradorlikning oshishiga ko'maklashadi. Bu vazifaning hal etilish ahamiyati, mehnat hajmi kattaligi tufayli yuqori, binobarin, UTning o'ziga xos xususiyatlari (uzoq masofalarga tarqalganligi, har xil turdaligi va h.k.) bilan bog'liq bo'lgan TXK narxi ham yuqoridir.

Shuniyam ta'kidlash joizki, UTga texnik xizmat ko'rsatishning an'anaviy tizimi evristik asosga binoan qurilgan. U ko'rsatilgan talablarni ma'lum bir darajada qondiradi. Biroq TXKning an'anaviy prinsip bo'yicha tashkil qilinishi turli ishlarning ko'pligi tufayli, qator hollarda ular hajmining davomiyligining va qiymatining asossiz ravishda oshib ketishiga olib keladi. Shuning uchun zamonaviy UTga xos bo'lgan ishonchlilikni, mikroprotessorli texnikaning mavjudligini va yetarli darajada ishlab chiqilgan murakkab tizimlarning xizmat ko'rsatish nazariyasini hisobga olgan holda, talab qilingan samaradorlik darajasida uning funksionalligini saqlagan holda, UTga texnik xizmat ko'rsatishda sarflanadigan mehnatni qisqartirishga erishishga harakat qilinadi. Bu maqsadga erishish va TXKni optimallashtirish vazifalarini hal qilish uchun xizmat ko'rsatish jarayonlarining matematik modellari aniqlanadi. Modellar UT mumkin bo'lgan holatlarini hamda undan foydalanishning o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda tuziladi.

Umumiy xususiyatlarga ega bo'lgan turli UTning mavjudligidan foydalangan va ularga umumiy talablar qo'ygan holda, namunaviy vaziyatlar aniqlanadi. Ular matematik modellar ishlab chiqish asosini tashkil qiladi.

Odatda, UTning matematik modeli, uning beqarorlashtiruvchi omillari kabi (ta'minot kuchlanishining, atrof-muhit haroratining o'zgarishi, elementlarning eskirishi, xalaqitlarning ta'siri va boshqalar), texnik xodimning ta'siri natijasida ham bir holatdan boshqasiga o'tish jarayonini tavsiflaydi. Masalan, bartaraf qilinadigan ishlaymay qolishlar va yuzaga keluvchi oqimlarga nisbatan UTning umumiy matematik modelini quyidagi ko'rinishda tasavvur etish mumkin: faraz qilamiz, ishlaymay qolishlar orasidagi vaqt oraliqlari, $F(t)$ taqsimlash funksiyaga bog'liq bo'lmagan tasodifiy miqdor va TXK davrlari orasidagi oraliqlar ham, shuningdek, bog'liq emas, lekin $G(t)$ taqsimlash funksiyasiga ega. U holda bir xil taqsimlangan miqdor, ishlaymay qolishlarni bartaraf qilish yoki qator nosozliklarning oldini olishga qaratilgan TXK operatsiyalarini o'tkazish orqali UTni tiklash oraliqlarining taqsimlanishi $B(t)=1 - [1 - (t)][1 - F(t)]$ bilan ifodalanadi.

TXKni optimallashtirish vazifasining mohiyati belgilangan cheklashlarni hisobga olgan holda, UTning qandaydir sifat ko'rsatkichining ekstremumini topishdan iborat. Masalan, vazifa shundan iborat bo'lishi mumkinki, $G(t)$ taqsimlanish qonunini aniqlashda, UTning sifat ko'rsatkichi maksimal qiymatga ega bo'lsin.

Texnik xizmat ko'rsatish usullari. Dastlabki uzatish tizimlarini yaratish va foydalanish davrida, amalda yuzaga kelgan buzilishlarni zudlik bilan bartaraf qilish prinsipiga asoslangan, xizmat ko'rsatishni qayta tiklash usullaridan keng qo'llanilgan. TXKning bunday usulining kamchiligi: texnik xodimlarning mehnatga sarf qilinadigan katta ehtiyoji; yuqori malakali texnik xodimlarning stansiyalarda navbatchilik qilish zaruriyati; liniya traktlaridagi buzilishlarni (kabelning shikastlanishi, xizmat ko'rsatilmaydigan punktlarda apparaturaning ishlaymay qolishi va boshqalar) bartaraf qilishning uzoq davom etishi. Bunday jiddiy kamchiliklarning mavjudligi yanada ilg'or profilaktik usullarga o'tish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Umumiy ma'noda profilaktik xizmat ko'rsatish (yoki profilaktika) deganda UTdagi buzilishlarning oldini olishga va uning buzilmasdan ishlash vaqtini uzaytirishga qaratilgan tadbirlar yig'indisi tushuniladi.

Aniqroq qilib aytganda, profilaktik xizmat ko'rsatish, apparaturaning ayrim tugunlarini, uzatish liniyalari uchastkalarini, chiqish parametrlarini nazorat qilish va rostdlash, talabga javob bermaydigan ayrim elementlarni soz elementlar bilan almash-tirishni talab qiladigan ogohlantiruvchi kuzatishlar yig'indisidan iborat.

UTga texnik xizmat ko'rsatishning profilaktik usuli uzatish tizimi to'g'risidagi obyektiv ma'lumotlarni, ya'ni buzilmasdan ishlash va ta'mirlashga yaroqlilik ko'rsatkichlarini, uning spetsifik xususiyatlarini (tuzilishi, buzilishlar indikatoridan olinadigan axborotning mazmuni, liniya traktlarining turi: elektrik yoki optik ekanligi) hamda foydalanish sharoitlarini hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Profilaktik xizmat ko'rsatishning asosiy vazifalaridan biri buzilishlar paydo bo'lishiga olib keluvchi sabablarni tahlil qilish hisoblanadi. Buzilish (nosozlik)larning yuzaga kelish qonuniyat-larini bilish, ilmiy asoslangan tarzda xizmat ko'rsatish va buzilishlarning oldini olish imkonini beradi. Jumladan, buzi-lishlarni oldindan bilish va bartaraf qilish jihatidan asta-sekin buziladigan va to'satdan yuzaga keladigan buzilishlarga bo'lish mumkin. Asta-sekin yuzaga keladigan buzilishlarni funksional blok yoki umuman apparatura parametrlaridan birining vaqt bo'yicha o'zgarishini kuzatish orqali bashorat qilish mumkin. Masalan, lazerli nurlanish manbalarining asosiy tavsiflaridan biri bo'lgan nurlanish quvvati vaqt o'tishi bilan degradatsiya natijasida kamayadi. Bu pirovardida uning buzilishiga olib keladi. Chiqishdagi nurlanish quvvatining o'zgarish tavsifini (chiqish tezligining kamayishini) bilish, amaliy maqbul aniqlik bilan nurlanish manbasini almashtirish vaqtini aniqlash imkonini beradi. To'satdan yuzaga keladigan buzilishlarni ham ularning yuzaga kelish qonuniyatlarini aniqlash imkonini beradigan ma'lumotlar asosida bartaraf qilish mumkin.

Profilaktik xizmat ko'rsatishda bashoratlovchi parametrlar ma'lum bo'lsa, asta-sekin va to'satdan yuzaga keladigan buzilishlarni bartaraf etish imkoniyati mavjud. Shuningdek, profilaktik xizmat ko'rsatish jarayonida, ilgari saqlangan vaqtda yoki ishlash jarayonida paydo bo'lgan shikastlanish va nuqsonlar ham bartaraf qilinadi. Albatta, UTga profilaktik xizmat ko'rsatishda asta-sekin yuzaga keladigan buzilishlarning oldini olish osonroq, chunki nazorat qurilmalari indikatorining ma'lumotlari bo'yicha bashoratlovchi

parametrlarning o'zgarishini vizual asboblarda yordamida kuzatish mumkin.

Profilaktik xizmat ko'rsatish samaradorligi ($E_{p.x}$) ni aniqlashning bir necha variantlari mavjud. Ulardan biri, foydalaniladigan obyektning profilaktikagacha va undan keyin buzilmasdan ishlash ehtimolligining nisbatini hisoblab chiqishdir.

$$E_{p.x} = \frac{P(t_{p.x} + \tau_{p.x})}{P(t_{p.x})} \quad \text{yoki} \quad E_{p.x} = \frac{\prod_{i=1}^m P_1(t_{p.x} + \tau_{p.x})}{\prod_{i=1}^m P(t_{p.x})}; \quad (8.3)$$

bu yerda: $t_{p.x}$ – profilaktik xizmat ko'rsatish o'tkaziladigan vaqt (profilaktikaning davomiyligi); $\tau_{p.x}$ – profilaktik xizmat ko'rsatish davomiyligi; m – foydalaniladigan obyektlarning elementlari soni.

Kabelli liniyalar bo'yicha ishlaydigan uzatish tizimlarida turli profilaktik ishlar olib boriladi. Ularning to'liq ro'yxati tegishli texnik foydalanish yo'riqnomalari va qoidalarida keltiriladi. Misol sifatida texnik xodimlar tomonidan olib boriladigan quyidagi ishlarni ko'rsatish mumkin:

- apparatura va umumstansiyaviy qurilmalarni (kuchlanish bilan ta'minlanuvchi signalizatsiya zanjiri, zaxira apparaturalar va ehtiyot bloklarning chastota beruvchi generatori, xizmat talab qilmaydigan kuchaytirgich punktlarining apparaturasi va h.k.) sozligini davriy tekshirish;

- foydalanish jarayonida yuzaga keluvchi, elektrik parametrlarning belgilangan me'yorlardan chetga chiqishlarini aniqlash va bartaraf etish maqsadida liniya inshootlarining elektr o'lchovlarini nazorat qilish;

- UTlarining kabelli liniyalari va oraliq punktlar (stansiyalar)ining me'yordagi holatini ta'minlash yuzasidan ishlar.

Profilaktik xizmat ko'rsatish bo'yicha barcha ishlar yoki operatsiyalar rejali-oldini olish tavsifiga ega, chunki ular UTning tayyorlik koeffitsiyentining maksimal qiymatini ta'minlash maqsadida olib boriladi.

Foydalanish xususiyatlariga va UTning ishonchlilik va sifat ko'rsatkichlariga qo'yiladigan talablarning qat'iylik darajasiga bog'liq holda profilaktik xizmat ko'rsatish uchun u yoki bu prinsip aniqlanadi, hozirgi vaqtda amalda profilaktik xizmat ko'rsatishning quyidagi prinsiplari qo'llaniladi:

· *taqvimiy*, bunda ishlar ma'lum kun, hafta, oy oralatib olib boriladi;

· *ishlash muddati bo'yicha* ishlar, apparatura yoki umuman UT, ko'rsatilgan soatlarda ifodalanadigan ishlash muddatiga erishilgandan keyin o'tkaziladi (bunday prinsip, asosan, to'zish va eskirish natijasida buzilishlar yuz beradigan obyektlarga xizmat ko'rsatishda foydalaniladi);

· *aralashgan*, bunda ishlarning bir qismi ma'lum bir taqvimli vaqt oraliqlaridan keyin, boshqa bir qismi esa, foydalanilayotgan obyektning ishlash muddatiga muvofiq amalga oshiriladi.

Profilaktik xizmat ko'rsatishning taqvimiy prinsipi obyektning ishlash muddatini va undan foydalanishning jadalligini hisobga olmagan holda amalga oshiriladi. Prinsipning ijobiy tomoniga ishlarni rejalashtirishning soddaligi, ishlash prinsipining kamchiligiga esa qo'llanilayotgan obyektдан foydalanish jadalligini hisobga olishning yo'qligida va ishlarni rejalashtirishning murakkabligi kiradi.

Aralashgan prinsip birmuncha moslashuvchanroq. Unda dastlabki ikki prinsipning kamchiliklari kamroq darajada namoyon bo'ladi, shu vaqtning o'zida u ularning afzalliklarini o'zida mujassamlaydi.

Profilaktik xizmat ko'rsatishning asosiy ko'rsatkichlariga quyidagilar kiradi: bajarishning davriyligi — t'_n ; barcha operatsiyalarning davomiyligi yig'indisi — t'_{nx} ; mehnat hajmi — Q_{nx} , xizmat ko'rsatish operatsiyalarining ma'lum bir soniga sarflanadigan mehnat hajmi; profilaktik xizmat ko'rsatish (profilaktika) narxi — S_{px} .

UT ishonchliligining yuqori darajasini ta'minlash nuqtayi nazaridan, profilaktik xizmat ko'rsatishni iloji boricha kamroq o'tkazish kerak, ya'ni t'_n ning qiymati katta, xizmat ko'rsatishning barcha operatsiyalari davomiyligining yig'indisi esa imkon qadar qisqa bo'lishi kerak. Bunda Q_{nx} va S_{px} ning qiymatlari ham imkon qadar kichik bo'lgani ma'qul. Bu holda UTdan foydalanish koeffitsiyenti birga yaqin bo'ladi. Biroq t_{px} katta bo'lganda, UTning ishonchlilik ko'rsatkichlarining qiymatlari yo'l qo'yiladigan chegaradan tashqariga chiqishi, t_{nx} davomiyligi kam bo'lganda, mavjud nuqsonlarning aniqlanmaslik ehtimolligi ortishi hisobiga xizmat ko'rsatish sifati yomonlashishi mumkin. Bundan tashqari, UTning keng tarqalganligi (xizmat talab qilmaydigan kuchaytirgich punktlari va xizmat talab qilmaydigan regeneratsiyalash punktlarining

mavjudligi va ular orasidagi masofaning kattaligi) mehnat hajmi va xizmat ko'rsatish narxining oshishiga ko'maklashadi.

UTdan foydalanish koeffitsiyentini oshirish va bir vaqtning o'zida ishonchliligining zarur darajasini saqlab turish ancha ziddiyatli masala. Albatta, yuqorida ko'rsatilgan holatlardan t_n va t_{nx} ning optimal qiymatlarini topish mumkin. Biroq ular juda kam nisbiy tavsifda bo'ladi, negaki UTga profilaktik xizmat ko'rsatishning mehnat hajmi va qiymati ko'rsatkichlarning yuqori qiymatlari bilan tavsiflanadi.

Profilaktik xizmat ko'rsatish usulini qo'llash tajribasi shuni ko'rsatdiki, uning ishlarini olib borishga UT ishlash vaqtining 3 foizi sarflanar ekan; uning operatsiyalarini bajarishda qo'l mehnatiga katta xarajat talab qilinadi va nihoyat u, texnik xodim mehnat unumdorligining oshishiga yetarli darajada ko'maklashmaydi. Lekin, shunga qaramay, profilaktik xizmat ko'rsatishning qator operatsiyalari, ayniqsa, (apparatura va kabelda) nuqsonlarni erta aniqlash hamda buzilishlarning oldini olish eng katta e'tiborga loyiq.

Iqtisodiy va mehnat unumdorligini oshirish nuqtayi nazaridan texnik xizmat ko'rsatishning nazorat-tuzatish usuli eng ilg'or hisoblanadi. Bu usulning joriy qilinishi UTning holatini aks ettirishi hamda texnik xodimga real vaqt masshtabida axborot berishi mumkin bo'lgan, avtomatik va avtomatlashtirilgan nazorat-o'lchov vositalarini qo'llashni talab qiladi. Nazorat-tuzatish usulining umumiy konsepsiyasi quyidagi asosiy qoidalarga asoslangan:

- nazorat vositalari aralashuvi lozimligi to'g'risidagi signalni bergunga qadar, texnik xodim apparatura, uzatish kanallari, traktlarining parametrlari va tavsiflarini to'g'rilash yoki nosozliklarni bartaraf qilish maqsadida UT ishiga aralashmasligi;

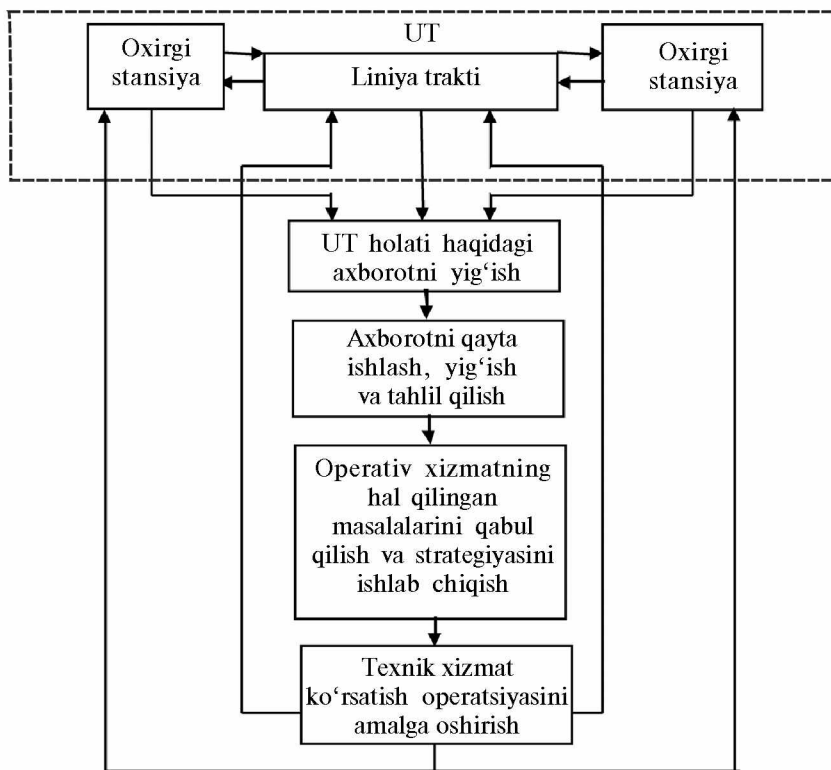
- sifat ko'rsatkichlari joriy qiymatlarining belgilangan me'yorlarga mosligini aniqlash maqsadida, uskunalar va uzatish inshootlari, traktlari va kanallarining sifat holatini muntazam nazorat qilish.

Buzilish va shikastlanishlar, shuningdek, apparaturaning, uzatish kanallari va traktlarining sifat holati to'g'risidagi axborot turli guruhlariga bo'linadi, ulardan tipik bo'lganlari quyidagilar: avariya holati signallari; guruhli uskunalarining ishlashi va liniya inshootlarining holati to'g'risidagi ma'lumotlar; turli ko'rinishdagi xabarlarini uzatuvchi signallarning sifati to'g'risidagi ma'lumotlar; texnik xizmat ko'rsatish sifati to'g'risidagi ma'lumotlar. Bunday

axborotlarni olish mos keluvchi nazorat datchiklarida avtomatik tarzda uzluksiz yoki ma'lum bir vaqt oralig'ida ta'minlanadi. Nazorat signallarini qayta ishlash va tahlil qilish uchun hisoblash texnikasi vositalari, birinchi navbatda, mikroprotessorlar, mini va mikro EHMLar keng qo'llaniladi.

EHMLarning qo'llanilishi, apparatura ayrim bloklarining ishlash qobiliyati, resurs hamda UT kanallari va traktlari bo'ylab signallarni uzatish sifati to'g'risidagi ma'lumotlarni tez va operativ tarzda yig'ish, to'plash va tahlil qilish imkonini beradi. Olinadigan axborot asosida texnik xodim UT holati va ishlashini yaxshilash bo'yicha operativ tarzda zarur choralar imkoniyatiga ega bo'ladi.

Nazorat-tuzatish usulidan foydalangan holda, UTga texnik xizmat ko'rsatishning umumiy sxemasi 8.2-rasmda ko'rsatilgan.



8.2-rasm. Nazorat-tuzatish usulidan foydalangan holda UTga texnik xizmat ko'rsatishning umumiy sxemasi.

Qaror qabul qilish, ma'muriy xizmat ko'rsatish strategiyasi va taktikasini ishlab chiqish, xizmat ko'rsatishning mo'ljallangan operatsiyalarini bajarish nafaqat texnik xodim tomonidan, balki hisoblash texnikasi va avtomatik vositalar yordamida ham bajariladi.

Profilaktik xizmat ko'rsatish usulidan farqli ravishda, nazorat-tuzatish usulida, apparatura va kabeldagi nuqsonlarni aniqlash bo'yicha ishlar bajarilmaydi. Hozirgi vaqtda profilaktika usuli magistral va zona aloqa tarmoqlarining UTga texnik xizmat ko'rsatishning asosiy usuli hisoblanadi. Aloqaning ayrim yo'nalishlarida nazorat-tuzatish usulining elementlaridan ham foydalanilmoqda

Texnik xizmat ko'rsatish ishlari quyidagicha amalga oshirilishi mumkin:

- *markazlashtirilgan holda*, texnik xodim tomonidan va birlamchi tarmoq korxonalarining birorta bo'linmalarining vositalari yordamida;

- *markazlashtirilmagan holda*, texnik xodim tomonidan va birlamchi tarmoq korxonalarining bir nechta bo'linmalarining vositalari yordamida.

U yoki bu usul qo'llanilishining maqsadga muvofiqligi har bir usul texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarining aniq hisob-kitobi asosida belgilanadi. Markazlashtirilgan usuldan uncha uzun bo'lmagan (500 – 600 km gacha) aloqa magistrallarida, markazlashtirilmagan usuldan esa, katta uzunlikdagi (600 km dan ortiq) magistralda foydalanish qulayligini hissiy tarzda faraz qilish mumkin.

8.5. O'zbekiston Respublikasining telekommunikatsiya tarmog'i rivojlanish holati va istiqbollari

O'zbekiston Respublikasida telekommunikatsiya xizmatlarini yirik operator «O'zbektelekom» aksiyadorlik kompaniyasi (AK) amalga oshiradi. «O'zbektelekom» (AK)ning telekommunikatsiya tarmoqlari O'zbekiston Respublikasining hamma hududini egallaydi.

Kompaniya quyidagi xizmatlarni taqdim etadi: o'zgarmas va mobil aloqa operatorlari hamda provayderlariga kanallarni ijaraga beradi, xalqaro va shaharlararo aloqani amalga oshiradi, tovushli aloqa va ma'lumotlar uzatish barcha xizmatlarini, Internet tar-

mog'iga kirishni, videokonferens aloqani, CDMA-450 standartida mobil va statsionar aloqani, televizion va radioeshittirish dasturlarini uzatish uchun kanallar tashkil etadi.

Kompaniya xizmatlarni telekommunikatsiya bozorida uchta savdo markasi – UZTELECOM, UZMOBILE va UZONLINE ostida taqdim etadi.

Kompaniya tarkibida 22 ta filial ishlaydi, jumladan, 14 regional, 8 maxsuslashtirilgan va 3 quyi korxonalar mavjud.

Yuqoridagidan ko'rinib turibdiki, O'zbekiston Respublikasida telekommunikatsiya tarmoqlari holati, uning rivojlanish istiqboli «O'zbektelekom» aksiyadorlik kompaniyasining faoliyatiga bevosita bog'liqdir.

Hozirgi kunda O'zbekiston Respublikasining telekommunikatsiya tarmog'i holatini quyidagicha tavsiflash mumkin.

O'zbekiston Respublikasi telekommunikatsiya tarmog'i; xalqaro telefon kommutatsiya markazi – 4 ta, shaharlararo telefon stansiyalari – 13 ta, xalqaro paketli kommutatsiya markazi – 1 ta, transport-telekommunikatsiya tarmog'i va mahalliy telekommunikatsiya tarmog'idan tashkil topgan.

Kompaniyaning mahalliy telekommunikatsiya tarmog'ida sig'imi 1,9 mln raqamdan ortiq 2 mingdan ziyod telefon stansiyalari (ATS) mavjud. Ularning 95 foizini raqamli telefon stansiyalari tashkil etadi.

Shahar va tuman telekommunikatsiya tarmog'ida 485 ta ATS mavjud bo'lib, ularning umumiy montaj sig'imi 1,7 mln dan ziyod raqamni tashkil etadi. Respublika shahar va tuman markazlarini raqamli telekommunikatsiya tarmog'i bilan qamrab olish darajasi 100 foizga etdi.

Qishloq telekommunikatsiya tarmog'ida 1556 dan ziyod ATS mavjud. Ularning umumiy montaj sig'imi – 359,6 ming raqamni tashkil etadi. Qishloq aholi punktlarida telekommunikatsiya tarmoqlarini raqamli texnologiyalar bilan qamrab olish darajasi 42 foizni tashkil etmoqda. Kompaniya tarmog'ida shaharlararo telefon stansiyalarining soni 13 tani tashkil etib, ularning umumiy sig'imi 95 ming portni tashkil qiladi, shundan 85 foizi ishlatilmoqda.

Kompaniya transport telekommunikatsiya tarmog'ida respublikaning barcha viloyat markazlarigacha 10 Gbit/s tezlikni ta'minlovchi DWDM rusumdagi uzatish tizimlari o'rnatgan.

Kompaniya tomonidan ikki bosqichli «Xalqaro paketli kommutatsiya markazini kengaytirish va modernizatsiya qilish» loyihalari amalga oshirilayotgan bo'lib, loyihaning birinchi bosqichida 2,5 Gbit/s tezlikni ta'minlovchi uskunalar o'rnatildi. Loyihaning ikkinchi bosqichida 10 Gbit/s tezlikni ta'minlovchi uskunalar o'rnatish to'g'risidagi tegishli choralar ko'rmoqda. Hozirda xalqaro paketli kommutatsiya markazining sig'imi qariyb ikki barobarga oshirilib, 2,8 Gbit/s ni tashkil etdi.

2010-yil davomida «O'zbektelekom» AK xalqaro paketli kommutatsiya markaziga ulangan Internet kanallarining tezligi qo'shimcha 1240 Mbit/s ga oshirildi va yil yakuniga kelib, xalqaro Internet kanallarining umumiy tezligi 2510 Mbit/s ni tashkil etdi.

O'zbekiston Respublikasining telekommunikatsiya tarmog'ini rivojlantirish borasida yaqin orada quyidagi dolzarb vazifalar bajarilishi lozim:

1. Milliy tarmoq «Elektron ta'lim»ni yaratish loyihasi.
2. Shaharlararo va xalqaro telekommunikatsiya tarmoqlariga chiqish uchun «8» va «8 – 10» kodlaridan «0» va «00» kodlariga o'tish.
3. xDSL, FTTx va PON texnologiyalarini qo'llab keng polosali kirish abonentlar sonini 100 minggacha yetkazish.
4. FTTB asosida telekommunikatsiya tarmoqlarini modernizatsiyalash va rivojlantirish.
5. Keng polosali kirish tarmoqlari asosida IPTV xizmatlarini joriy etish.
6. CDMA-450 standartidagi mobil aloqa tarmog'ini kengaytirish va EV-DO texnologiyalari bazasida xizmatlarni rivojlantirish.
7. NGN texnologiyalari bazasida xalqaro paketli kommutatsiya markazini rekonstruksiyalash loyihasini amalga oshirish.
8. Magistral zona ichi tarmoqlarini modernizatsiyalash, kengaytirish va zaxirasini ta'minlash, shuningdek, FTTx texnologiyalarini joriy etish loyihalari doirasida umumiy uzunligi 950 km bo'lgan optik tolali aloqa liniyasini qurish.

O'zbekistonda tarmoqlangan raqamli transport tarmog'ining yaratilganligi, hamma tabaqa foydalanuvchilarining ma'lumotlar uzatish xizmatlariga, shu jumladan, Internet tarmog'i xizmatlariga

talablarini to'laqonli qondirish maqsadida, ma'lumotlar uzatish zamonaviy texnologiyalarini va yangi multimedia xizmatlarini joriy etish uchun platforma yaratdi. Bir so'z bilan aytganda, O'zbekiston Respublikasining telekommunikatsiya tarmoqlari va vositalari — bu sohaning rivojlanayotgan majmuasidir.

Nazorat savollari

1. Telekommunikatsiya uzatish tizimlarida ekspluatatsiya va texnik xizmat ko'rsatish deganda nimani tushunasiz?

2. Uzatish tizimlarida tizim ishonchliligini oshirish usullarini keltiring.

3. Uzatish tizimlariga texnik xizmat ko'rsatish ko'rsatkichlarini keltiring.

4. O'zbekiston Respublikasining telekommunikatsiya tarmog'i rivojlanish holati va istiqbollarini ta'riflang.

Bugungi kunda global kompyuter tarmog'i ko'plab birlashgan korporativ va lokal tarmoqlarni tashkil qiladi. Shunga qaramay, aloqa sohasida ishlovchi barcha mutaxassislarga ma'lumki, oxirgi paytda axborotning uzatish hajmining oshishi, mavjud bo'lgan imkoniyatli kanallarning o'tkazuvchanlik qobiliyatining yetishmasligiga olib kelmoqda. Bu, asosan, Internet, video, videokonferensiya, elektron pochta va boshqa xizmatlarning yuzaga kelishi bilan bog'liq. Korporativ tarmoqlarda bu muammolarni yuqori chastotali uzatish kanallarini ijaraga berish yo'li bilan hal qilish mumkin, lekin xonadon va kichik biznes sektorida bu muammolarni hal qilish qiyinlashadi. Bunday muammolarni hal qilishda hozirgi paytda nafaqat global telekommunikatsiya tarmoqlarida, balki abonent liniyalarida ham yangi texnologiyalarni qo'llash yo'lga qo'yilmoqda. Jamiyatni kompyuterlashtirish hisobiga hozirgi kunda hayotimizning barcha sohalarida o'zgarishlar sodir bo'lmoqda.

Oxirgi o'n yillikda fan va texnikada dunyoda erishilgan yutuqlar telekommunikatsiyalar sohasida yangi texnologiyalarning yuzaga kelishiga sabab bo'ldi, ayniqsa, infokommunikatsion texnologiyalarning shiddat bilan inson hayotining barcha jabhalariga kirib kelishi texnik va texnologik rivojlanishning quyidagi asosiy yo'nalishlarini belgilab berdi:

- telekommutatsiya uzatish tizimlari va tarmoqlarida raqamli uzatish tizimlarini keng joriy etish;
- «transport tarmog'i — kirish tarmog'i» konsepsiyasining rivojlanishi;
- transport tarmog'ida yuqori tezlikli optik-tolali uzatish tizimlarini joriy etish;
- transport tarmog'ida xabarni uzatish asinxron usulini (ATM) va sinxron raqamli iyerarxiyani (SDH) joriy etish;
- simli abonent liniyalari (mis va optik kabellar) va radio-liniyalardan (soatli va yo'ldoshli aloqa) kombinatsiyalashgan holda foydalanish;
- intellektual va multiservisli tarmoqlarni yaratish;
- keyingi avlod tarmoqlarini ishlab chiqish va joriy etish;

- ma'lumotlarni uzatuvchi transport tarmog'ining rivojlanishi xabarlarini IKM bilan uzatishni tashkil etishning yangi texnologiyalarini joriy etish.

Yuqorida keltirilgan rivojlanish yo'nalishlari yangi texnik vositalar, qurilmalar va yangi texnologiyalarni qo'llashni taqozo etadi.

Shularni nazarda tutgan holda ushbu darslik, telekommunikatsiyaning rivojlanish tendensiyasi, telekommunikatsiya uzatish tizimlari texnikasining asosiy vazifalari va ularni aloqa tarmoqlarida tutgan o'rni, telekommunikatsiya tizimlari orqali uzatiladigan signallarning turlari va ularning tavsiflari, kanallarni chastota bo'yicha ajratishga mo'ljallangan analog uzatish tizimlari (AUT), shu tizimlar orqali standart guruhlarining shakllanishi, analog uzatish tizimlarining asosiy tugunlari va ularning vazifasi, liniyada yuzaga keluvchi buzilishlar va shovqinlar, ular bilan kurashish usullari, sathni avtomatik boshqarish, raqamli uzatish tizimlari (RUT), raqamli signallarni hosil qilish usullari, raqamli modulatsiya turlari, raqamli uzatish tizimlari siklining tuzilishi, plezioxron (PRI) va sinxron (SRI) raqamli iyerarxiya uzatish tizimlari, raqamli oqimlarni birlashtirish usullari, plezioxron va sinxron raqamli iyerarxiyaning funksional elementlari va topologiyalari, raqamli uzatish tizimlarida vaqtli guruhlashtirishni tashkil etish prinsiplari, sinxronizatsiya tizimi, taktli, siklli va yuqori siklli sinxronizatsiyalar, sinxronizatsiya tizimining parametrlari, raqamli uzatish tizimining liniya trakti, raqamli uzatish tizimlarining liniyaviy kodlari, simvollararo shovqinlar, shaxsiy shovqinlar, elektrik va optik kabellardan foydalanib raqamli liniya traktini tashkil etish xususiyatlari, raqamli liniya traktida signallarni regeneratsiyalash, telekommunikatsiya tarmoqlarining magistral, regional va mahalliy uchastkalari uchun raqamli uzatish tizimlari apparaturalari, shuningdek, aloqa tarmoqlari bo'yicha axborotni uzatuvchi, mavjud bo'lgan va kelgusidagi texnologiyalarni amalda tahlil qilish, IKMli raqamli uzatish tizimlarining iyerarxiyasi, raqamli oqimlarni birlashtirish va ajratish savollarini o'z ichiga olgan. Shuningdek, SDH tizimlari asosidagi telekommunikatsiya tarmoqlarining tuzilishi, signallarning shakllanishi, SDH ning bazaviy elementlari va topologiyalari, sinxronizatsiya va tarmoqni

boshqarish masalalari, WDM va DWDM texnologiyalari asosida tarmoqni tashkil qilish, abonent liniyalarining o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirishda qo'llaniladigan xDSL texnologiyalari, telekommunikatsiya uzatish tizim texnologiyalarini qo'llash, abonent kirish tarmoqlari texnologiyalari, jumladan, ISDN, DSL, PON, multiservis tarmoqlari, NGN – keyingi avlod tarmoqlari haqida qisqa ma'lumotlar berilgan. Telekommunikatsiya uzatish tizimlarida optik tolali tizimlarning qo'llanilishi, ularning tuzilish prinsiplari va foton texnologiyalari to'g'risida hamda telekommunikatsiya uzatish tizimlariga texnik xizmat ko'rsatish masalalari ko'rib chiqilgan, O'zbekiston Respublikasining telekommunikatsiya tarmog'i rivojlanish holati va istiqbollari yoritilgan.

ILOVALAR

1-ilova

ALOQA SOHASIGA OID QABUL QILINGAN QONUNLAR

Hozirgi kunda yurtimizda aloqa sohasiga oid quyidagi qonunlar qabul qilingan:

1. «Aloqa to'g'risida»gi O'zbekiston Respublikasining Qonuni. 13.01.1992-yilda qabul qilingan, 15 moddadan iborat.

2. «Axborotlashtirish to'g'risida»gi O'zbekiston Respublikasi Qonuni. 11.12.2003-yilda qabul qilingan, 23 moddadan iborat.

3. «Elektron tijorat to'g'risida»gi O'zbekiston Respublikasi Qonuni. 29.04.2004-yilda qabul qilingan, 14 moddadan iborat.

4. «Pochta aloqasi to'g'risida»gi O'zbekiston Respublikasi Qonuni. 31.08.2000-yilda qabul qilingan, 31 moddadan iborat.

5. «Mahsulotlar va xizmatlarni sertifikatlashtirish to'g'risida»gi O'zbekiston Respublikasi Qonuni. 28.12.1993-yilda qabul qilingan, 23 moddadan iborat.

6. «Telekommunikatsiyalar to'g'risida»gi O'zbekiston Respublikasi Qonuni. 20.08.1999-yilda qabul qilingan, 28 moddadan iborat.

7. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining «Kompyuterlashtirishni yanada rivojlantirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida»gi qarori. 06.06.2002-yilda qabul qilingan.

8. «Elektron raqamli imzo to'g'risida»gi O'zbekiston Respublikasi Qonuni. 11.12.2003-yilda qabul qilingan, 22 moddadan iborat.

9. «Elektron hujjat aylanishi to'g'risida»gi O'zbekiston Respublikasi Qonuni. 29.04.2004-yilda qabul qilingan, 22 moddadan iborat.

10. «Metrologiya to'g'risida»gi O'zbekiston Respublikasi Qonuni. 28.12.1993-yilda qabul qilingan, 21 moddadan iborat.

**«TELEKOMMUNIKATSIYA UZATISH TIZIMLARI»
FANIDAN TEST SAVOLLARI**

1. Elektr aloqa tarmog'ining xususiyatlarini keltiring.

A. *Elektr aloqa tarmog'i o'z ichiga abonent terminallari, liniyalar (kanallar), kommutatsiya tizimlari, uzatish tizimlari va boshqa texnik vositalarni oladi.

B. Elektr aloqa tarmog'i o'z ichiga abonent terminallari, liniyalar (kanallar), kommutatsiya tizimlari va boshqa texnik vositalarni oladi.

D. Elektr aloqa tarmog'i o'z ichiga liniyalar (kanallar), kommutatsiya tizimlari, uzatish tizimlari va boshqa texnik vositalarni oladi.

E. Elektr aloqa tarmog'i o'z ichiga abonent terminallari, kommutatsiya tizimlari, uzatish tizimlari va boshqa texnik vositalarni oladi.

2. N kanalli telekommunikatsiya uzatish tizimi deb nimaga aytiladi?

A. *Bitta aloqa zanjiri bo'yicha bir vaqtda va bir-biriga xalaqit bermaydigan holda N kanallarni uzatish tizimiga.

B. Bitta aloqa zanjiri bo'ylab har qanday vaqtda N xabarlarini uzatuvchi tizimga.

D. Turli aloqa zanjirlari bo'ylab N kanallarni bo'lib uzatuvchi tizimga.

E. N kanal signallarini shakllantiruvchi tizimga.

3. Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan usulda zanjirga ...

A. *Davriy takrorlanuvchi juda qisqa impulslar ketma-ketligi uzatiladi.

B. Sinusoidal signal uzatiladi.

D. AIM signal uzatiladi.

E. Birinchi kanal impulsleri uzatiladi.

4. Telefon kanallari uchun diskretlashtirish chastotasi necha kHz ga teng?

A. *8 kHz.

B. 6,8 kHz.

- D. 3,4 kHz.
- E. 9 kHz.

5. Analog signaldan raqamli signalga o'tish uchun nechta operatsiya bajariladi?

- A. *3 ta.
- B. 4 ta.
- D. 10 ta.
- E. 2 ta.

6. Raqamli uzatish tizimlarida qaysi modulatsiya turidan foydalaniladi?

- A. *IKM.
- B. SHIM.
- D. FIM.
- E. AIM.

7. STM-1 ning uzatish tezligi qanday?

- A. *155 Mbit/s.
- B. 140 Mbit/s.
- D. 64 kbit/s.
- E. 2 Mbit/s

8. «Halqa» topologiyasidagi SDH multipleksorlari qanday rejimda ishlashi mumkin?

- A. *Multipleksorlash, regeneratsiyalash, kommutatsiyalash.
- B. Multipleksorlash.
- D. Regeneratsiyalash.
- E. Kommutatsiyalash.

9. STM-1 sikli...

- A. *270 ustun, 9 qatordan tashkil topgan.
- B. 9 ustun, 270 qatordan tashkil topgan.
- D. 9 ustun, 9 qatordan tashkil topgan.
- E. 8 ustun, 9 qatordan tashkil topgan.

10. STM-N freymi qanday tashkil topgan?

- A. *Seksiya sarlavhasi, ko'rsatkich va STM-N ning foydali yuklamasidan.

- B. Ko'rsatkich va STM-N ning foydali yuklamasidan.
- D. Seksiya sarlavhasi va STM-N ning foydali yuklamasidan.
- E. STM-N ning foydali yuklamasidan.

11. SDH tizimlarining afzalligi nimada?

- A. *Barcha javoblar to'g'ri.
- B. Sinxron tarmoqda bitta kirish/chiqishli multipleksorni qo'llashda.
- D. Ishonchlilik va tarmoqni qayta tiklashda.
- E. Boshqariladigan tarmoqlarning o'ta chidamliligida.

12. SDH tarmoqlari qanday funksional modullardan tashkil topgan?

- A. *Multipleksor, regenerator, kommutator va konsentratordardan.
- B. Kirish/chiqishli va terminal multipleksordan.
- D. Multipleksor va regeneratordan.
- E. Regenerator va konsentratordan.

13. SDH tizimlarini himoyalash rejimining xususiyati nimada?

- A. *Javoblarning barchasi to'g'ri.
- B. Tarmoqni himoyalash.
- D. Qurilmalarni himoyalash.
- E. Boshqarish tizimlarini himoyalash.

14. SDH tizimlarida sinxronizatsiyaning buzilishi nimalarga olib keladi?

- A. *Barcha javoblar to'g'ri.
- B. Ko'rsatkichlarning surilishiga.
- D. Xatoliklarning yuzaga kelishiga.
- E. Axborotlarning yo'qolishiga.

15. SDH tarmoqlarini me'yordagi sinxronizatsiya bilan ta'minlash uchun birlamchi etalon taymer aniqligi:

- A. 10^{-11} bo'lishi lozim.
- B. 10^{-12} bo'lishi lozim.
- D. 10^{-9} bo'lishi lozim.
- E. 10^{-5} bo'lishi lozim.

16. Tarmoqda sinxronizatsiyaga erishish uchun qaysi sinxronizatsiya turidan foydalaniladi?

- A. *Taktli sinxronizatsiya.
- B. Yuqori siklli sinxronizatsiya.
- D. Siklli sinxronizatsiya.
- E. Axborotni uzatishning o'zi yetarli.

17. Tarmoqni boshqarish nechta sathdan iborat?

- A. *5 sathdan.
- B. 4 sathdan.
- D. 1 sathdan.
- E. To'g'ri javob yo'q.

18. WDM texnologiyalarida signallarni uzatish nimaga asoslangan?

- A. *To'liqlik va chastotaviy zichlashtirishga.
- B. Vaqtli zichlashtirishga.
- D. Chastotaviy zichlashtirishga.
- E. Kanallarni zichlashtirishga.

19. WDM texnologiyasining afzalligi nimada?

- A. *Barcha javoblar to'g'ri.
- B. Kanallarning o'tkazuvchanlik qobiliyatining va ma'lumotlarning o'tkazuvchanlik tezligining yuqoriligi.
- D. Bir tola orqali trafiklarni ikki tomonlama uzatish va tor oraliqli yarim o'tkazgichli lazerlarni qo'llash imkoniyati.
- E. Qurilmalarning arzonligi.

20. Yuqori tezlikli abonent liniyalarini hosil qilish uchun:

- A. *Mavjud bo'lgan mis simli abonent liniyalaridan foydalaniladi.
- B. Tolali optik kabellardan foydalaniladi.
- D. Maxsus qurilmalardan foydalaniladi.
- E. Maxsus kabellardan foydalaniladi.

21. Yuqori tezlikli abonent liniyalari nechta kanal hosil qiladi?

- A. *Yuqori tezlikli 3 kanal.
- B. Faqat bitta telefon kanali.
- D. Yuqori tezlikli N kanal.
- E. Ikkita turli tezlikli kanal.

22. SDH tizimlarida signallarni uzatish uchun qaysi to'liq uzunliklaridan foydalaniladi?

- A. *1,55 mkm; 1,3 mkm.
- B. 1,8 mkm; 1,3 mkm.
- D. 1,55 mkm; 1,6 mkm.
- E. 2 mkm; 125 mkm.

23. Optik liniya traktidagi regeneratoring vazifasi nimadan iborat?

- A. *Optik signalni elektrik signalga aylantirish, signalni barcha parametrlari bo'yicha qayta tiklash va qayta optik signalga aylantirib optik liniya traktiga uzatishdan.
- B. Signalni kuchaytirish va xatoliklarini aniqlashdan.
- D. Signalni uzatishdan.
- E. Signalni qabul qilib xatolarini aniqlashdan.

24. SDH ning qaysi topologiyasi tarmoqda keng tarqalgan?

- A. * «Halqa».
- B. «Nuqta-nuqta».
- D. Yacheykali.
- E. «Yulduzsimon».

25. 2 Mbit/s li raqamli oqimlar qaysi uzatish tizimida hosil qilinadi?

- A. *IKM-30.
- B. STM-1.
- D. IKM-120.
- E. STM-64.

26. Yuqori tezlikli abonent liniyalarida qaysi texnologiya keng tarqalgan?

- A. *ADSL.
- B. SDSL.
- D. VDSL.
- E. RADSL.

27. Birlamchi raqamli uzatish tizimlarining sikli nechta kanal intervalidan iborat?

- A. *32.
- B. 30.

- D. 64.
- E. 2.

28. Asosiy raqamli kanalning tezligini aniqlang:

- A. *64 kbit/s.
- B. 32 kbit/s.
- D. 16 kbit/s.
- E. 8 kbit/s.

29. Raqamli uzatish tizimlarida raqamli oqimlar:

- A. *Razryad bo'yicha birlashtiriladi.
- B. Tizim bo'yicha birlashtiriladi.
- D. Kanal bo'yicha birlashtiriladi.
- E. Sikl bo'yicha birlashtiriladi.

30. Uzatish siklining davomiyligi nimaga bog'liq?

- A. *Faqatgina uzatishning maksimal chastotasiga.
- B. Faqat signalning amplitudasiga.
- D. Signalning shovqindan himoyalanganligiga.
- E. Kanaldagi razryadlar soniga.

31. WDM — bu...

- A. *To'liqinli zichlashtiruvchi texnologiya.
- B. Vaqt bo'yicha zichlashtiruvchi texnologiya.
- D. Chastota bo'yicha zichlashtiruvchi texnologiya.
- E. Barcha javoblar to'g'ri.

32. IKM-30 raqamli uzatish tizimining tezligi ...

- A. *2 Mbit/s ga teng.
- B. 64 Kbit/s ga teng.
- D. 155 Mbit/s ga teng.
- E. 8 Kbit/s ga teng.

33. Virtual konteyner — bu:

- A. *Logik obyekt hisoblanadi.
- B. Fizik obyekt hisoblanadi.
- D. SDH tribi hisoblanadi.
- E. Komponent signal hisoblanadi.

34. Komponent signal...

- A. *Ko'rsatkich yordamida aniqlanadi.
- B. Asosiy axborotli yuklama yordamida aniqlanadi.
- D. Trakt sarlavhasi yordamida aniqlanadi.
- E. Trakt sifatini nazorat qiladi.

35. VC da boshlang'ich axborotlardan tashqari:

A. *Traktning sifatini nazorat qiluvchi, avariya va foydalanishni ta'minlovchi trakt sarlavhasi (POH) ham shakllanadi.

B. Traktning sifatini nazorat qiluvchi, avariya va foydalanishni ta'minlovchi seksiya sarlavhasi (SOH) ham shakllanadi.

- D. Axborotli oqimlarning monitoringi amalga oshadi.
- E. To'g'ri javob yo'q.

36. STM-1 nima?

- A. *Sinxron transport moduli.
- B. Sinxron raqamli iyerarxiya.
- D. Foydali yuklama.
- E. Kirish/chiqishli multipleksor.

37. STM-16 ning tezligi qaysi qatorda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A. *2,5 Gbit/s.
- B. 10 Gbit/s.
- D. 155 Mbit/s.
- E. 64 kbit/s.

38. STM-64 ning tezligi qaysi qatorda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A. *10 Gbit/s.
- B. 34 Mbit/s.
- D. 8 Mbit/s.
- E. 155 Mbit/s.

39. STM-256 ning tezligi qaysi qatorda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A. *40 Gbit/s.
- B. 10 Gbit/s.
- D. 64 kbit/s.
- E. 155 Mbit/s.

40. SDH iyerarxiyasi kirish signallari sifatida...
- A. *Faqat RDH va SDH triblarini qo'llab-quvvatlaydi.
 - B. Faqat RDH triblarini qo'llab-quvvatlaydi.
 - D. Faqat SDH triblarini qo'llab-quvvatlaydi.
 - E. Faqat konteyner sarlavhasini qo'llab-quvvatlaydi.
41. SOH-seksiya sarlavhasi:
- A. *Regeneratsiyalash seksiyasi sarlavhasi, multipleksorlash seksiyasi sarlavhasi va AU-4 ko'rsatkichidan iborat.
 - B. Trakt sarlavhasi (POH)dan iborat.
 - D. Asosiy axborotli oqimlar yuklamasidan iborat.
 - E. Barcha javoblar to'g'ri.
42. STM-N freymi:
- A. *Seksiya sarlavhasidan, ko'rsatkichdan, STM-N ning foydali yuklamasidan tashkil topgan.
 - B. Regeneratsiyalash va multipleksorlash seksiyasi sarlavhasidan tashkil topgan.
 - D. Foydali yuklamadan tashkil topgan.
 - E. To'g'ri javob yo'q.
43. Kirish/chiqishli (ADM) multipleksori...
- A. *Oraliq punktlarda oqimlarni kiritish va chiqarishni amalga oshiradi.
 - B. Oqimlarni taqsimlaydi.
 - D. Virtual konteynerlarni tarmoqning bir segmentidan ikkinchi segmentiga o'tkazadi.
 - E. Signallar shakli va amplitudasini qayta tiklaydi.
44. Terminal multipleksor (TM)lar:
- A. *Kelayotgan oqimlarni yig'ish, ularni multipleksorlash va tarmoqdan uzatishni amalga oshiradi.
 - B. Kelayotgan oqimlarni to'plab uzatadi.
 - D. Kanallarni kiritish va chiqarishni amalga oshiradi.
 - E. Kanal signallarini qayta tiklaydi.
45. Konsentrator deb nimaga aytiladi?
- A. *B va D javoblar to'g'ri.
 - B. Tarmoq tugunlaridan kelayotgan bir turdagi oqimlarning bir nechtasini SDH ning taqsimlovchi tuguniga birlashtirib beruvchi multipleksorga.

D. Asosiy transport tarmoqqa ulangan kanallar sonini kamaytirish imkonini beruvchi qurilmaga.

E. SDH tarmoqlarining virtual konteynerlari sathida marshrutlashtirishni amalga oshiruvchi qurilmaga.

46. «Nuqta-nuqta» topologiyasi:

A. * D va E javoblar to'g'ri.

B. Mahalliy liniyalarda qo'llaniladi.

D. Yuqori iyerarxiyadagi yangi SDH tezliklariga o'tishda, sinov uchun qo'llaniladi.

E. Magistral (raqamli telefon trafiklariga xizmat ko'rsatadigan okeanlararo) liniyalarda qo'llaniladi.

47. SOH-seksiya sarlavhasi:

A. *81 baytdan iborat.

B. 270 baytdan iborat.

D. 2430 baytdan iborat.

E. 81 bitdan iborat.

48. Multipleksor nima?

A. *Vaqtli guruhlashtirish yordamida kirishdagi bir nechta past tezlikli raqamli oqimlarni bitta tarkibiy raqamli oqimga birlashtiruvchi qurilma

B. Vaqtli guruhlashtirish yordamida kirishdagi bir nechta past tezlikli raqamli oqimlarni bitta tarkibiy raqamli oqimdan ajratuvchi qurilma.

D. Kanallarni ulovchi qurilma.

E. Signallarni kuchaytiruvchi va shaklini tiklovchi qurilma.

49. Sinxronizatsiya turlari qaysi qatorda to'g'ri ko'rsatilgan?

A. *Taktli siklli, yuqori siklli.

B. Taktli siklli.

D. Siklli yuqori siklli.

E. To'g'ri javob yo'q.

50. Sinxrosignal manbalarining asosiy parametrlari qaysi qatorda to'g'ri ko'rsatilgan?

A. *Generator chastotasining aniqligi va mo'tadilligi.

B. Generator chastotasi.

- D. Generatorning nominal chastotasi.
- E. Generator qurilmasida ishlab chiqilgan chastotaning (f_a) nominal chastota (f_0)dan nisbiy og'ishi.

51. xDSL texnologiyasi sinflari qaysi qatorda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A. *HDSL, SDSL, ADSL, VDSL.
- B. ADSL, VDSL, PON, GPON.
- D. HDSL, SDSL, STM-1, IKM-30.
- E. PON, GPON, STM-1, IKM-30.

52. Optik multipleksor va demultipleksorlar:

- A. *Passiv qurilmalar hisoblanadi.
- B. Aktiv qurilmalar hisoblanadi.
- D. Reaktiv qurilmalar hisoblanadi.
- E. Barcha javoblar to'g'ri.

53. DWDM texnologiyasi yordamida bitta optik tola orqali:

- A. *2 Gbit/s li 10 ta kanalni zichlash mumkin.
- B. 10 Gbit/s li 10 ta kanalni zichlash mumkin.
- D. 2 Gbit/s li 100 ta kanalni zichlash mumkin.
- E. 10 Gbit/s li 2 ta kanalni zichlash mumkin.

54. CWDM texnologiyasi:

- A. *B va E javoblar to'g'ri.
- B. Mahalliy tarmoqlarda qo'llaniladi.
- D. Magistral tarmoqlarda qo'llaniladi.
- E. Shahar tarmoqlarida qo'llaniladi.

55. CWDM texnologiyasining asosiy maqsadi:

- A. *Optik aloqa liniyasining axborot sig'imini talab darajasida (juda arzon narxda) kengaytirish.
- B. Kanallar sonini oshirish.
- D. Shaffoflik darchasini kamaytirish.
- E. Optik aloqa liniyasining axborot sig'imini kamaytirish.

56. PON texnologiyasining asosiy vazifasi:

- A. *Barcha javoblar to'g'ri.
- B. Abonent tugunlarini ulash, shuningdek, daraxtsimon topologiyali to'liq passiv optik tarmoqni yaratishga asoslangan.

D. Oraliq tugunlarda birlashtirgichlar va splitterlarni joylashtirishga asoslangan.

E. Markaziy tugunlar orasidagi magistralni yaratishga asoslangan.

57. PON tarmog'ining bitta segmenti nechta abonentga xizmat qilishi mumkin?

A. *32 abonentga.

B. 20 abonentga.

D. 132 abonentga.

E. 1 abonentga.

58. PON texnologiyasining qanday sinflari mavjud?

A. *A-PON, E-PON, B-PON, G-PON.

B. R-PON, V-PON, F-PON, D-PON.

D. A-PON, F-PON, D-PON, E-PON.

E. G-PON, F-PON, R-PON, A-PON.

59. Telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish nechta sathdan iborat?

A. *Biznes menejment; servis menejment; tarmoq menejmenti; element menejment; tarmoq elementlari sathlaridan.

B. Lokal, magistral, regional, mahalliy tarmoq sathlaridan.

D. Monitoring qiluvchi, boshqaruvchi, guruhli, signal sathlaridan.

E. Servis, tarmoq, umumiy stansiyalararo sathlardan.

60. STM-1 ning tezligini aniqlash formulasi qaysi qatorda to'g'ri ko'rsatilgan?

A. * $270 \times 9 \times 8 \times 8$.

B. $261 \times 9 \times 8 \times 8$.

D. $32 \times 8 \times 8$.

E. 290×64 .

61. Demultipleksorlash nima?

A. * Bitta tarkibiy raqamli oqimni boshlang'ich past tezlikli oqimga ajratish jarayoni.

B. Analog signalni raqamli signalga o'zgartirish jarayoni.

D. Komponent oqimlarni tashkil qilish jarayoni.

E. Raqamli oqimlarni vaqtli birlashtirish jarayoni.

62. LOS signali nima?

A. *Taktli sinxronizatsiya signalining yo'qolganligi haqidagi signalizatsiya.

B. Fazaviy sinxronizatsiya signalining yo'qolganligi haqidagi signalizatsiya.

D. Vaqtli sinxronizatsiya signalining yo'qolganligi haqidagi signalizatsiya.

E. ATSlar orasidagi boshqaruvchi va bog'lanuvchi signal.

63. Trib (TU) va administrativ (AU) bloklarning ko'rsatkichlari nima uchun qo'llaniladi?

A. *SDH konteynerlarida yuklamani dinamik joylashtirish uchun.

B. Kommutatorlarga yuklash uchun.

D. Trakt qatlamlarini sozlash uchun.

E. Virtual konteynerlarni dinamik bo'shatish uchun.

64. SDH ga raqamli oqimlarni yuklash jarayonida tezliklarni tenglashtirish qanday usulda amalga oshadi?

A. *Bitli staffing usulida.

B. Kanallarni chastota bo'yicha ajratish usulida.

D. Kanallarni vaqt bo'yicha birlashtirish usulida.

E. Virtual konteynerlarni guruhli birlashtirish usulida.

65. SOH-seksiya sarlavhasi nima uchun qo'llaniladi?

A. *Barcha javoblar to'g'ri.

B. SDH tarmoqlarida kanallarni boshqarishni amalga oshirish uchun; Servis funksiyalarini amalga oshirish uchun.

D. Zaxiralash va boshqarishni avtomatik zaxiraga ulashni amalga oshirish uchun; Maxsus vazifali ma'lumotlarni uzatish kanallarini yaratish uchun.

E. Tarmoqqa xizmat ko'rsatish funksiyasini ta'minlash uchun; Sifatni monitoring qilish uchun.

66. Taktli sinxronizatsiya nima uchun zarur?

A. *Uzatuvchi va qabul qiluvchi stansiyalardagi generator qurilmalarining bir vaqtda ishlashini ta'minlash uchun.

B. ATSlar o'rtasida boshqaruvchi va moslashtiruvchi signallarni ajratish uchun.

D. Ikkilik kodlarni kvaziuchlik kodlarga o'zgartirish uchun.

E. Siklli sinxrosignalni ajratish uchun.

67. PDH ning kamchiligi nimada?

A. *Barcha javoblar to'g'ri.

B. Boshqarish va sinxronizatsiya muammolari.

D. Raqamli oqimlarni ajratish va birlashtirishning qiyinligi.

E. Tarmoqni avtomatik nazorat qilish va boshqarishning yo'qligi.

68. PDH triblari deganda nimani tushunasiz?

A. *Uzatish tezligi belgilangan qatorga mos keluvchi, ulanuvchi kanallarning raqamli signalini.

B. Virtual konteynerlarning guruhda birlashishini.

D. Past sathdagi konteynerlarni yuqori sathli konteynerlarning zarur yuklamasi sifatida qo'llashni.

E. Konteyner holatining mumkin bo'lgan o'zgarishini.

69. SDH triblari deganda nimani tushunasiz?

A. *Uzatish tezligi SDH tezligiga mos keluvchi standart qator signallarini.

B. Eng katta o'lchamdagi konteynerni.

D. Virtual konteyner holatini qayta ishlashni.

E. Barcha javoblar to'g'ri.

70. SDH da raqamli oqimlarni birlashtirish qaysi qurilmada amalga oshadi?

A. *Multipleksorlarda.

B. Regeneratorlarda.

D. Birlashtiruvchi qurilmada.

E. Konsentratorlarda.

71. Qachon virtual konteyner TU yuklama blokiga aylanadi?

A. *1 bayt (PTR) ko'rsatkichining qo'shilishi natijasida.

B. POH marshrut sarlavhasining qo'shilishi natijasida.

D. SOH seksiya sarlavhasi qo'shilishi natijasida.

E. B va D javoblar to'g'ri.

72. SDH multipleksorlarining oddiy PDH multipleksorlaridan farqi:

A. *O'zining multipleksorlash funksiyasidan tashqari, ulanuvchi terminal qurilma funksiyasini bajaradi.

B. Universalligida.

D. Multipleksorlashdan tashqari kuchaytirishni amalga oshiradi.

E. B va D javoblar to'g'ri.

73. 1,3 mkm to'liq uzunligida optik regeneratorlar necha km dan joylashtiriladi?

A. $40 \div 60$ km.

B. $80 \div 100$ km.

D. 40—50 km.

E. 90—100 km.

74. 1,55 mkm to'liq uzunligida optik regeneratorlar necha km dan joylashtiriladi?

A. $80 \div 100$ km.

B. $40 \div 60$ km.

D. 100—150 km.

E. 500—600 km.

75. Yacheykali topologiyaning afzalligi nimada?

A. *Barcha javoblar to'g'ri.

B. Har bir yo'nalishda o'zining yuklamasi va uzatish tezligi nazarda tutiladi.

D. Biror yoki bir necha yo'nalishda uzilish ro'y bergan taqdirda ham mos keluvchi punktlar orasida aloqa uzilmaydi.

E. Aloqa qancha katta bo'lsa, ishonchlilik shuncha yuqori bo'ladi.

76. Fazali titrash — bu...

A. *Taktli chastotaning nomotadilligi.

B. Elektromagnit interferensiya.

D. Qabul qilgichdagi sinxronizatsiya zanjiriga ta'sir qiluvchi shovqinlar.

E. Saqlovchi axborotlarning o'z vaqtida tushmasligi.

77. Chastota nomotadilligining asosiy algoritmik sababi — bu...

A. *Bitli yoki baytli usulni qo'llaganda tezliklarni tenglashtirish rejimi.

B. Trakt uzunligining o'zgarishi.

D. Sinxronizatsiya zanjiriga ta'sir qiluvchi shovqinlar.

E. Barcha javoblar to'g'ri.

78. Sinxron raqamli tarmoqlarda...

- A. *Taktli sinxronizatsiyaning barcha turlari qo'llaniladi.
- B. O'zaro bog'langan turlari qo'llaniladi.
- D. Avtonom turlari qo'llaniladi.
- E. Majburiy turlari qo'llaniladi.

79. Telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish arxitekturasida qanday funksional bloklardan tashkil topgan?

- A. *NE, MD, WS, OS, QA.
- B. NEF, MP, WSF, QSF, QAF.
- D. Q, NEF, ME, QAF, OSF, WSF.
- E. To'g'ri javob yo'q.

80. Jitter nima?

- A. *Fazalar titrash.
- B. Fazalarning asta-sekinlik bilan harakatlanishi.
- D. Moslashtiruvchi qurilma.
- E. Signal sathini o'lchovchi qurilma.

81. Vander nima?

- A. *Fazalarning asta-sekinlik bilan harakatlanishi.
- B. Fazalar titrashi.
- D. Moslashtiruvchi qurilma.
- E. Nazorat-o'lchov qurilmasi.

82. STM-1 da marshrut sarlavhasining hajmi ...

- A. *1 baytga teng.
- B. 1 bitga teng.
- D. 2 Mbit/s ga teng.
- E. 270 baytga teng.

83. TU-12 yuklama modulining hajmi...

- A. *36 baytga teng.
- B. 81 baytga teng.
- D. 270 baytga teng.
- E. 10 baytga teng.

84. STM-N qanday shakllanadi?

- A. *STM-1 ning N oqimini multipleksorlash hisobiga.
- B. Chastotalarni ko'p marta o'zgartirish hisobiga.
- D. Sinxrosignallarni uzatish hisobiga.
- E. Optik kuchaytirgichning kuchaytirishi hisobiga.

85. STM-1 ning V-4 virtual konteyneri nechta oqimdan hosil qilinadi?

- A. *63 ta E1 oqimidan.
- B. 2 ta E2 oqimidan.
- D. 20 ta E3 oqimidan.
- E. 21 ta E4 oqimidan.

86. ADSL modemi...

- A. *Tarmoqdan kompyuterga yuqori tezlikli kanalni tashkil qilishi mumkin.
- B. Kompyuterdan tarmoqqa yuqori tezlikli kanalni tashkil qilish uchun.
- D. Odatdagi telefon kanalini tashkil qilish uchun.
- E. To'g'ri javob yo'q.

87. Keng polosali xizmatlarga ulanish uchun ADSL nechta modem talab qiladi?

- A. *Ikki modem.
- B. Bir modem.
- D. Uch modem.
- E. Besh modem.

88. ADSL da uzatiladigan va qabul qilinadigan oqimlarni ajratishda...

- A. *Kanallarni chastota bo'yicha ajratish va elektrik aks sadoni kompensatsiyalash usuli qo'llaniladi.
- B. Kanallarni vaqt bo'yicha ajratish va elektrik aks sadoni kompensatsiyalash usuli qo'llaniladi.
- D. Kanallarni chastota bo'yicha ajratish usuli va PON qo'llaniladi.
- E. Kanallarni chastota bo'yicha ajratish usuli va to'liqinli zichlashtirish usuli qo'llaniladi.

89. Splitter nima?

- A. *B va D javoblar to'g'ri.
- B. Ta'minot va xizmatni talab qilmaydigan passiv optik tarmoqlagich.
- D. Kompakt qurilma.
- E. Xizmatlarni ajratuvchi qurilma.

90. Passiv optik tarmoqni qurish uchun ...
A. *«Nuqta-ko‘p nuqta» topologiyasi qo‘llaniladi.
B. «Halqa» topologiyasi qo‘llaniladi.
D. «Shina» topologiyasi qo‘llaniladi.
E. «Yulduz» topologiyasi qo‘llaniladi.
91. Raqamli oqimlarni birlashtirishning qanday usullarini bilasiz?
A. *Simvol bo‘yicha; Kanal bo‘yicha; Sikl bo‘yicha.
B. Bayt bo‘yicha; Bit bo‘yicha.
D. Faza bo‘yicha; Amplituda bo‘yicha.
E. Bir chastota bo‘yicha; Ko‘p chastota bo‘yicha.
92. Regeneratsiyalash seksiyasi sarlavhasi necha baytdan iborat?
A. *27 baytdan.
B. 270 baytdan.
D. 80 baytdan.
E. 9 baytdan.
93. STM-1 siklini tuzishda baytlar qanday uzatiladi?
A. *Chapdan o‘ngga; Yuqoridan pastga.
B. O‘ngdan chapga; Pastdan yuqoriga.
D. O‘ngdan pastga; Pastdan yuqoriga.
E. Yuqoridan pastga; Chapdan yuqoriga.
94. Multipleksorlash seksiyasi sarlavhasi qancha hajmga ega?
A. *45 bayt.
B. 27 bayt.
D. 270 bayt.
E. 81 bayt.
95. Raqamli oqimlarni birlashtirish qayerda amalga oshadi?
A. *Guruhli birlashtirish yoki multipleksorlash qurilmasida.
B. Analog raqamli qurilmada.
D. Liniya trakti qurilmasida.
E. Raqamli analog o‘zgartirgichda.
96. Guruhli raqamli oqimlarni kanal bo‘yicha birlashtirish — bu...
A. *Kodli guruhlar uchun ajratilgan vaqt intervallarining siqilish jarayoni.

- B. Sinxron transport modulini hosil qilish jarayoni.
- D. Kodli guruhlar uchun ajratilgan vaqt intervallarining yo'qolish jarayoni.
- E. A va B javoblar to'g'ri.

97. Qaysi shart bajarilganda axborotning bir qismi yo'qoladi?

- A. * $f_1 > f_2$. Bu yerda: f_1 — kelayotgan signaldan ajratib olingan taktli chastota; f_2 — mahalliy generator chastotasi.
- B. $f_1 < f_2$. Bu yerda: f_1 — kelayotgan signaldan ajratib olingan taktli chastota; f_2 — mahalliy generator chastotasi.
- D. $f_1 \neq f_2$. Bu yerda: f_1 — kelayotgan signaldan ajratib olingan taktli chastota; f_2 — mahalliy generator chastotasi.
- E. $f_1 \leq f_2$. Bu yerda: f_1 — kelayotgan signaldan ajratib olingan taktli chastota; f_2 — mahalliy generator chastotasi.

98. Siklning takrorlanish davri ...

- A. *125 mks.
- B. 10 mks.
- D. 250 mks.
- E. 500 mks.

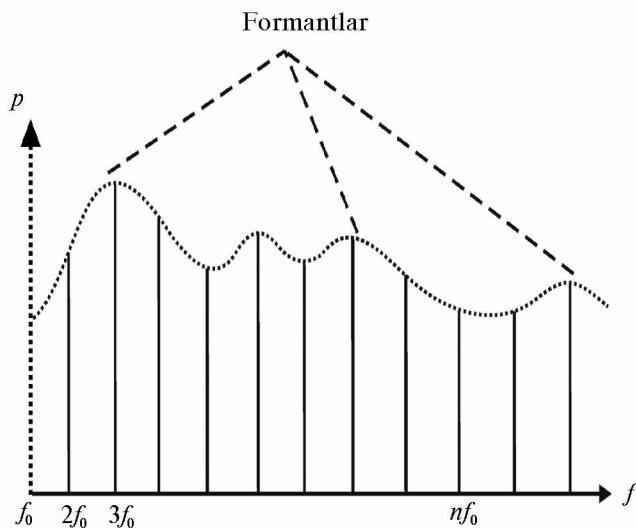
99. Optik signallarni regeneratsiyalash faqat ...

- A. *Elektrik shaklda amalga oshadi.
- B. Optoelektrik shaklda amalga oshadi.
- D. Virtual shaklda amalga oshadi.
- E. Optik shaklda amalga oshadi.

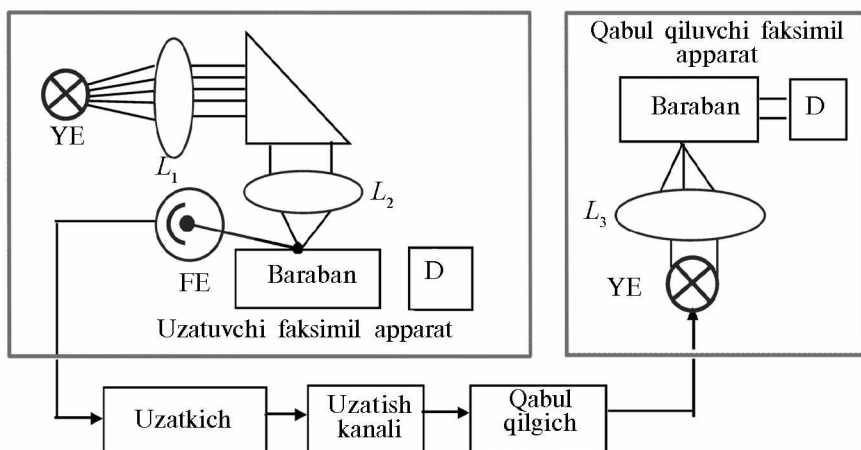
100. Sinxrosignalni qayta tiklash qonunini ko'rsating.

- A. *Barcha javoblar to'g'ri.
- B. Sinxrosignal berk halqasining hosil bo'lishidan saqlanish.
- D. Ancha yuqori sath taymeri uchun taktli generator etalon sifatida xizmat qilmasligi lozim; Alternativ generatorlar — taymerlar iloji boricha kam bo'lishi kerak.
- E. Tarmoqning har bir elementi shaxsiy ichki taktli generatorga nisbatan ancha yuqori sifatli manbadan sinxronizatsiyalanishi lozim.

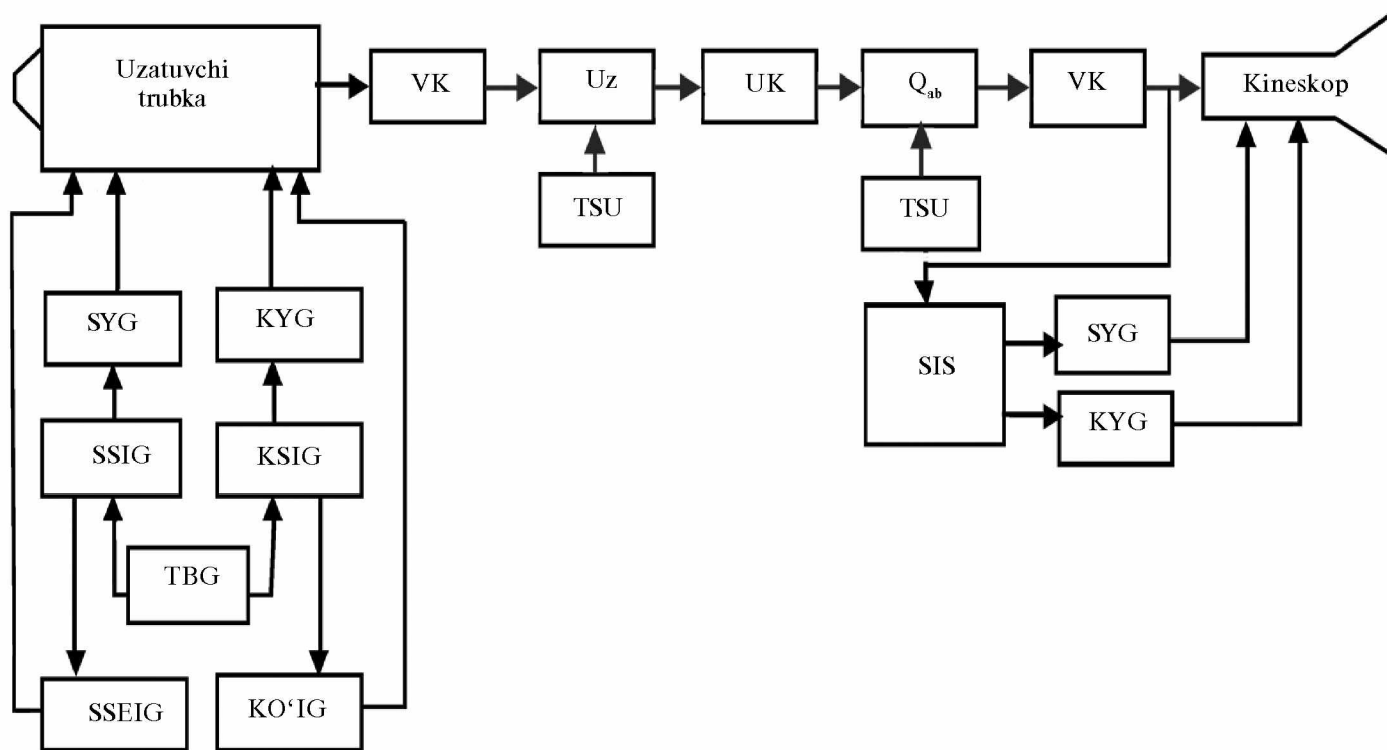
**«TELEKOMMUNIKATSIYA UZATISH TIZIMLARI»
FANIDAN
TARQATMA MATERIALLAR**



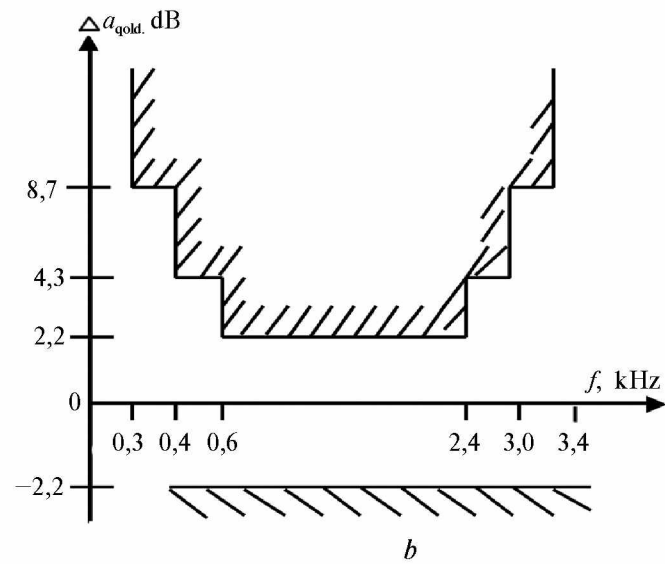
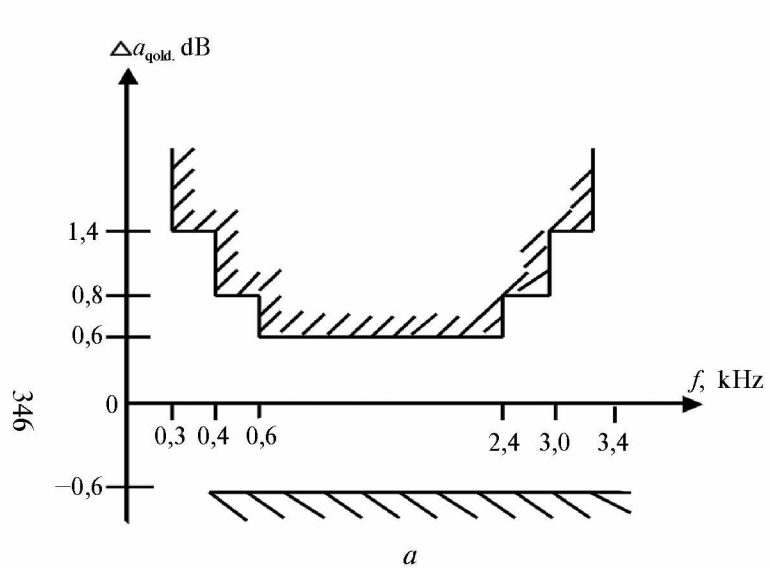
1-rasm. Tovushni shakllantirish spektri.



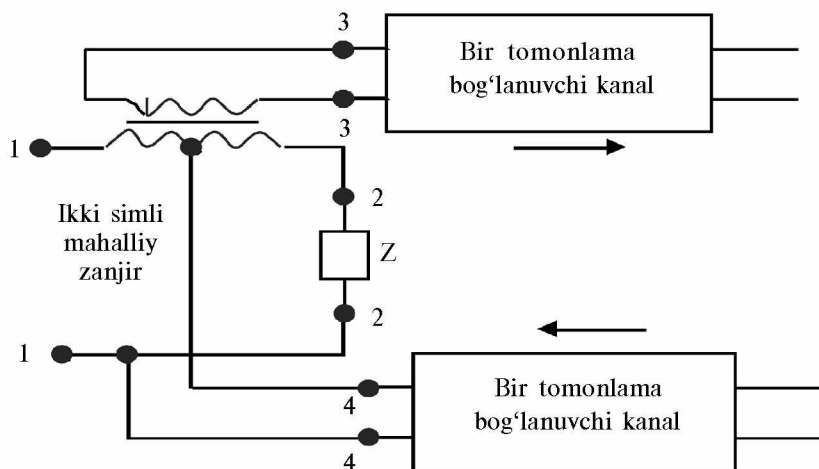
2-rasm. Faksimil signalni shakllantirish va uzatishning tuzilish sxemasi.



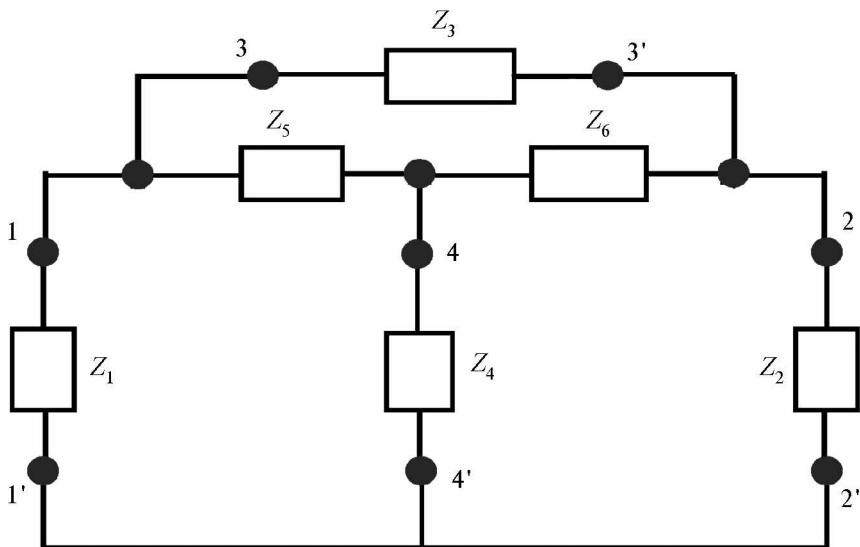
3-rasm. Televizion signalni shakllantirishning umumiy tuzilish sxemasi.



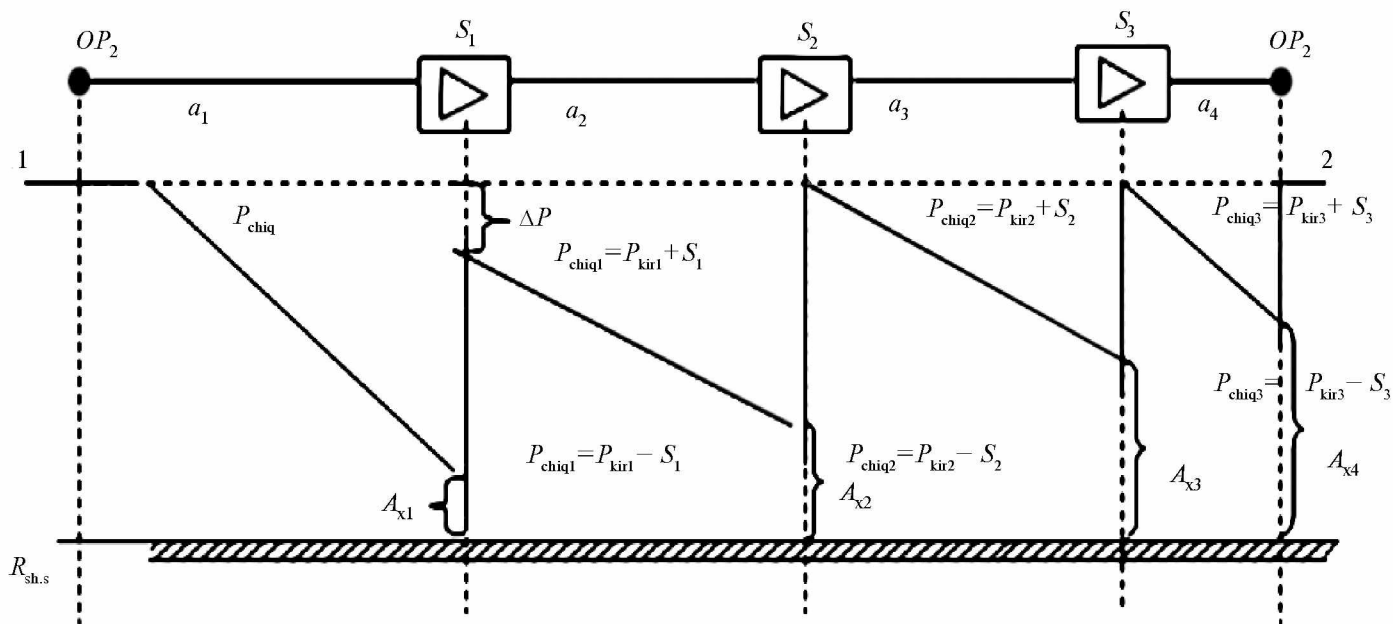
4-*a, b* rasm. Kanalning ACHX si me'yori.



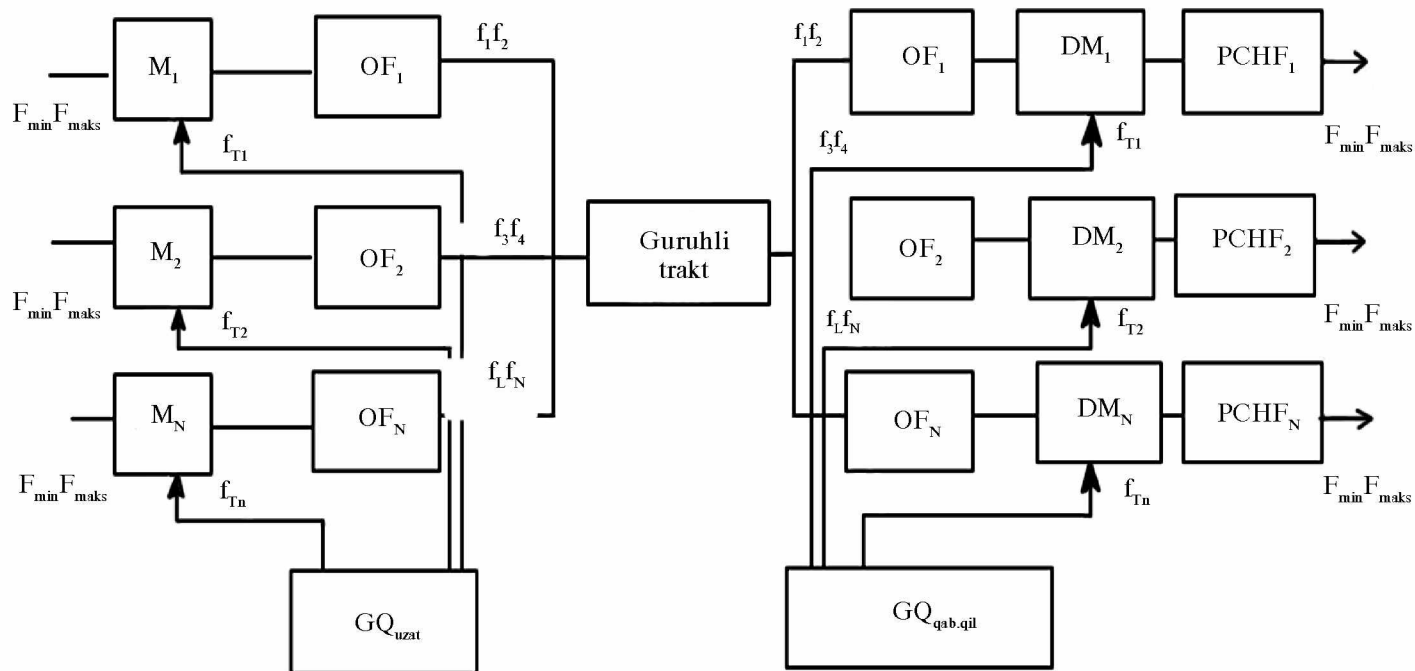
5-rasm. Transformatorli differensial tizim.



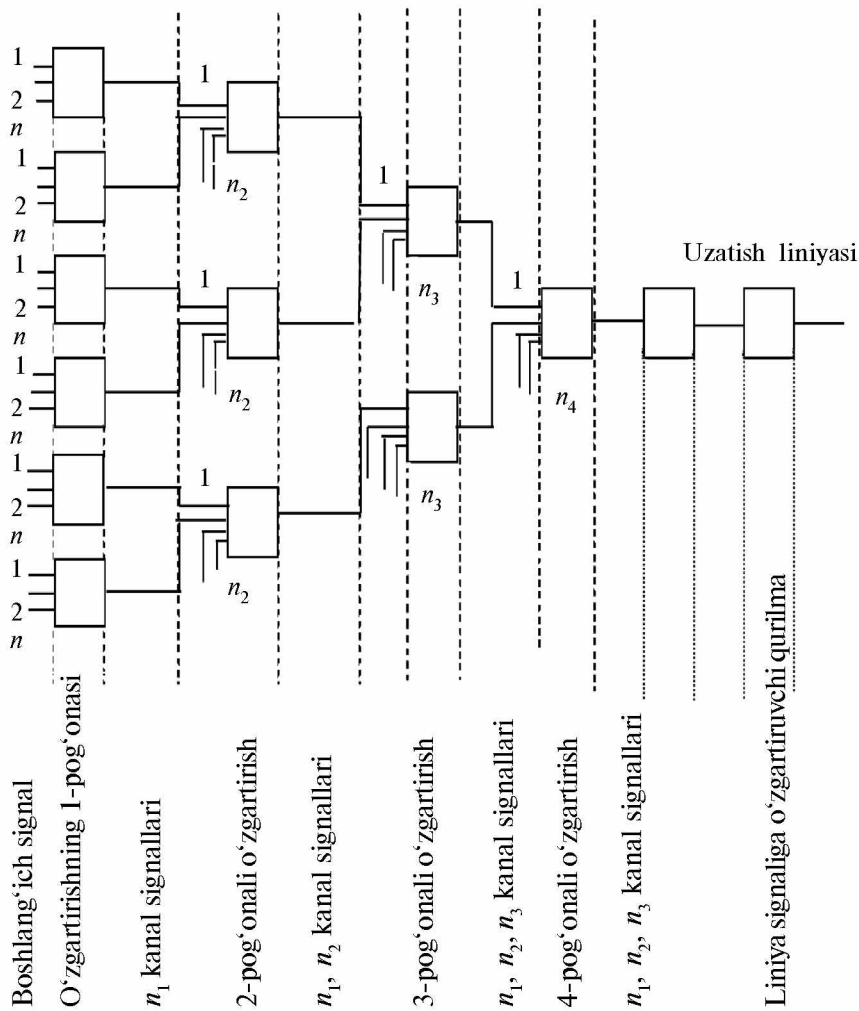
6-rasm. Rezistorli DQ.



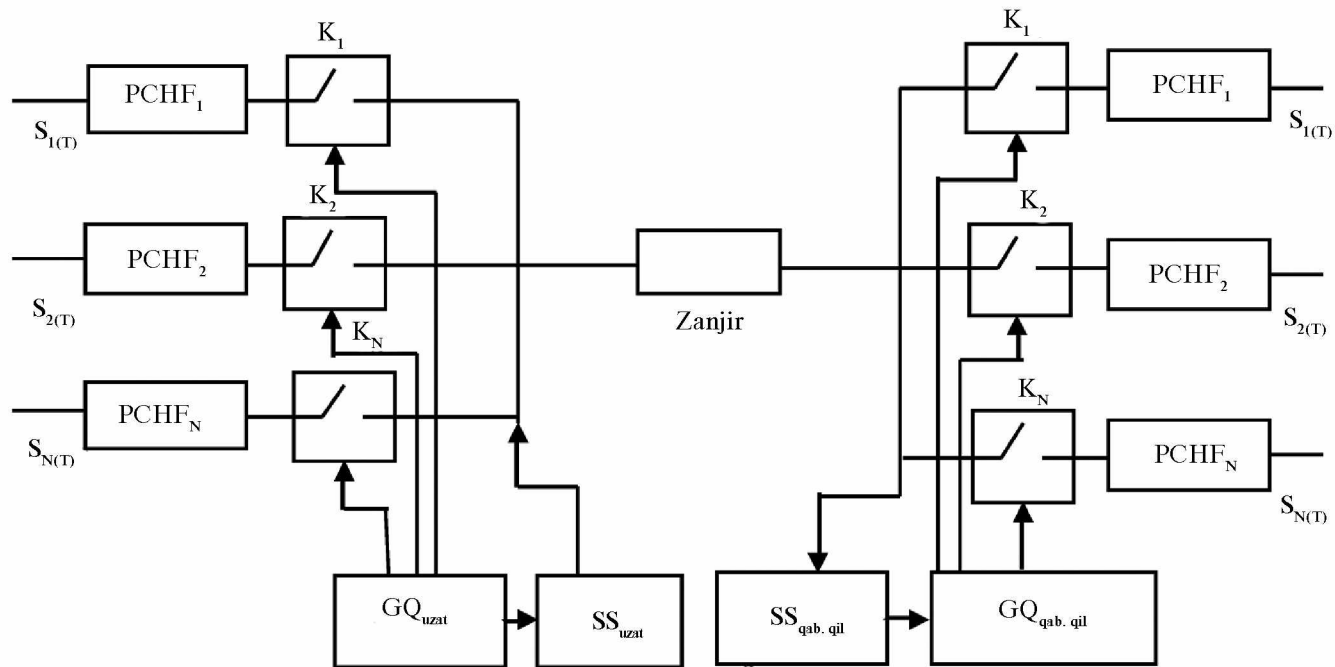
7-rasm. Sath diagrammasi.



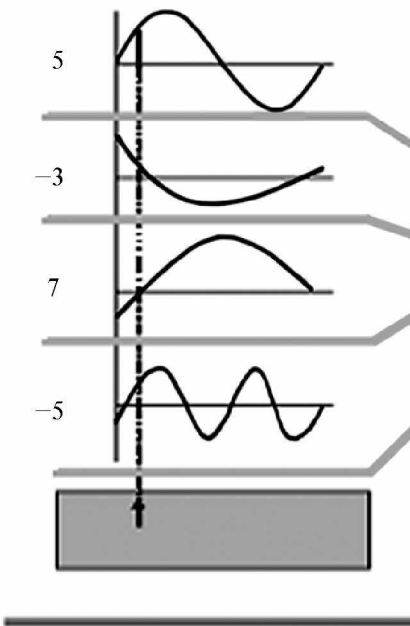
8-rasm. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizimlarining tuzilish chizmasi.

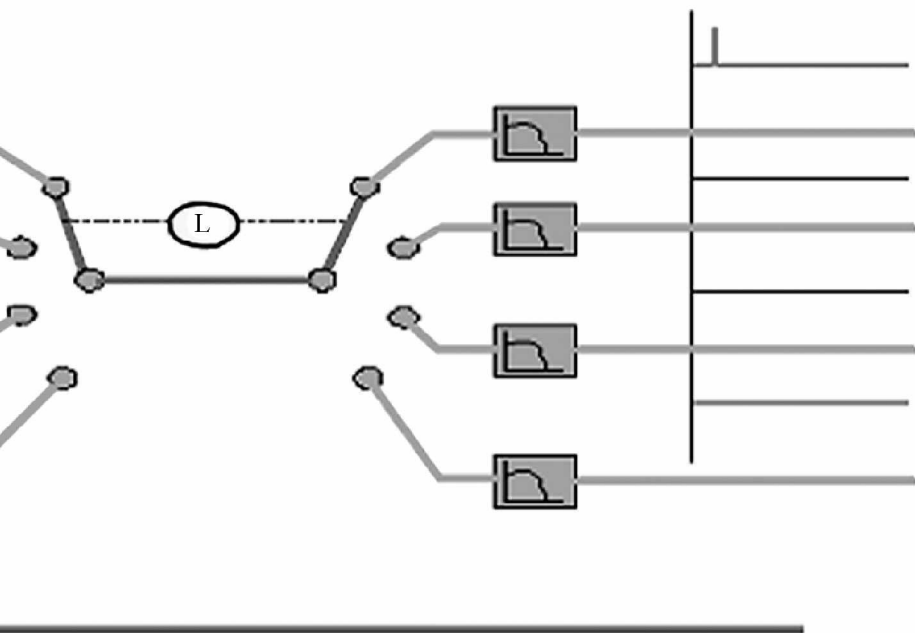


9-rasm. Ko'p kanalli uzatish tizimlarining guruhli usulda tuzilishi.

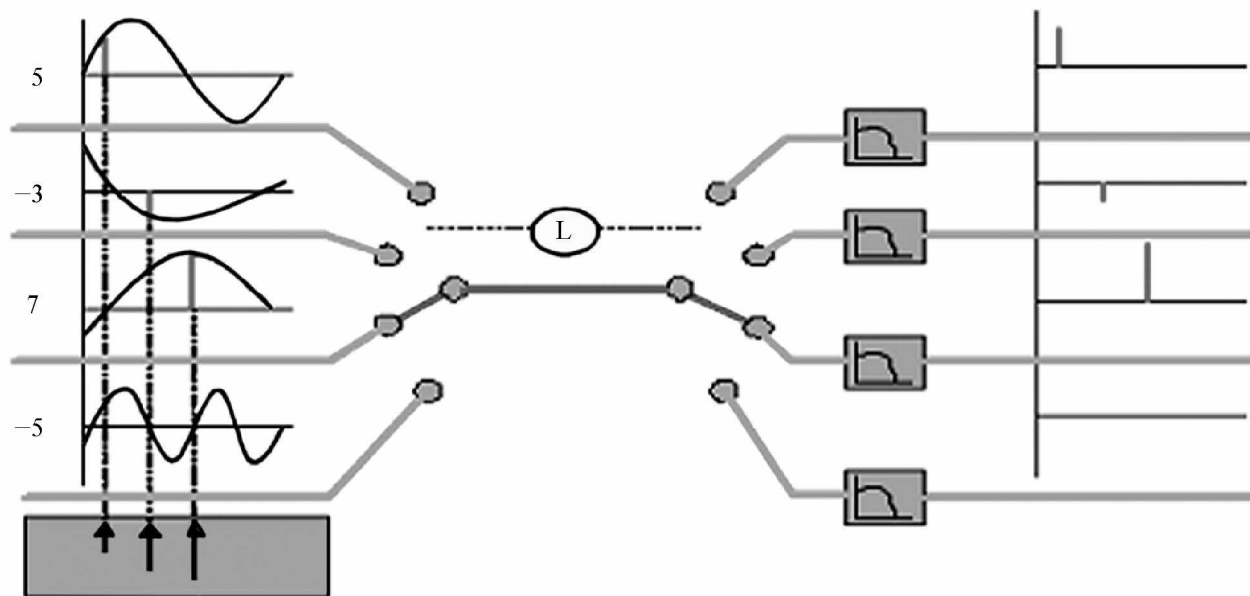


10-rasm. Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizimlarining soddalashtirilgan tuzilish sxemasi.

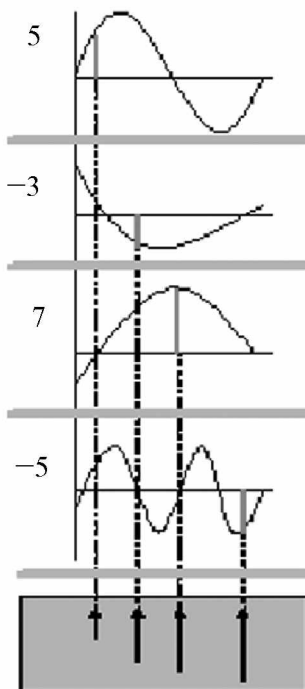


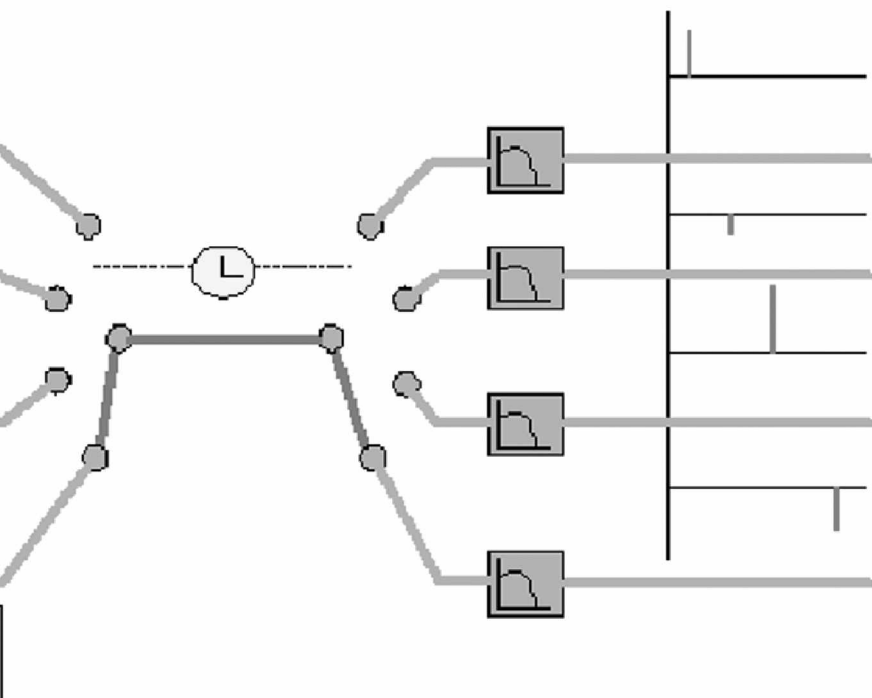


11-rasm. Vaqtli guruhlashtirish sxemasi.

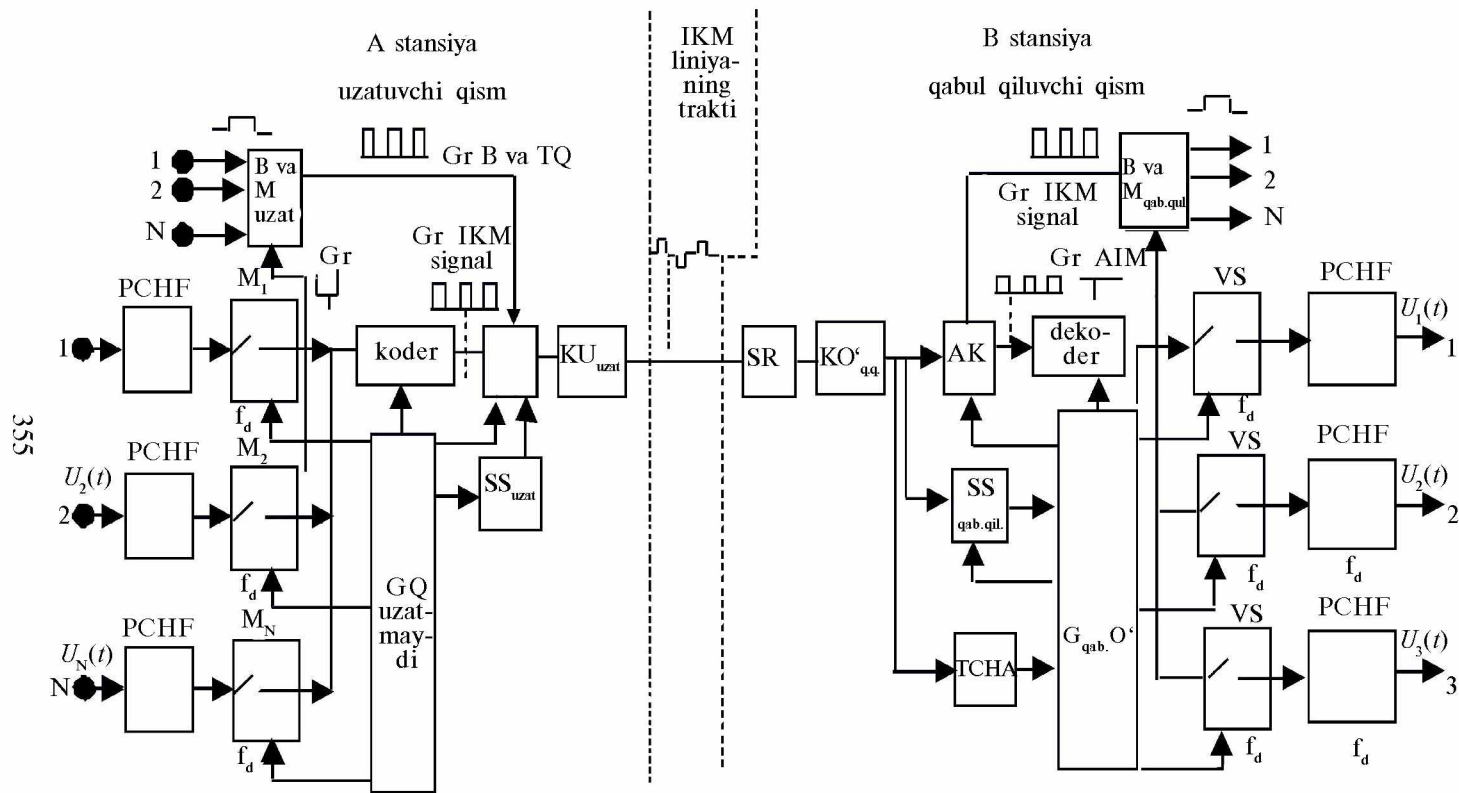


12-rasm. Vaqtli guruhlashtirish sxemasi.

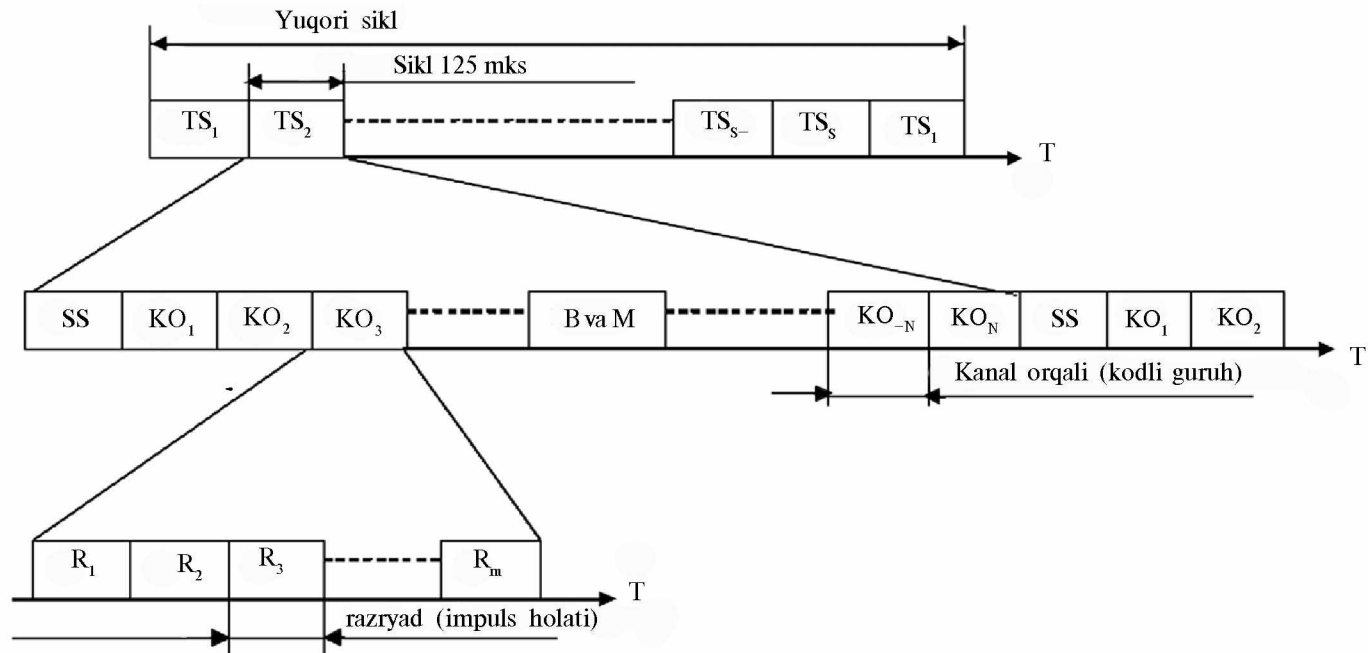




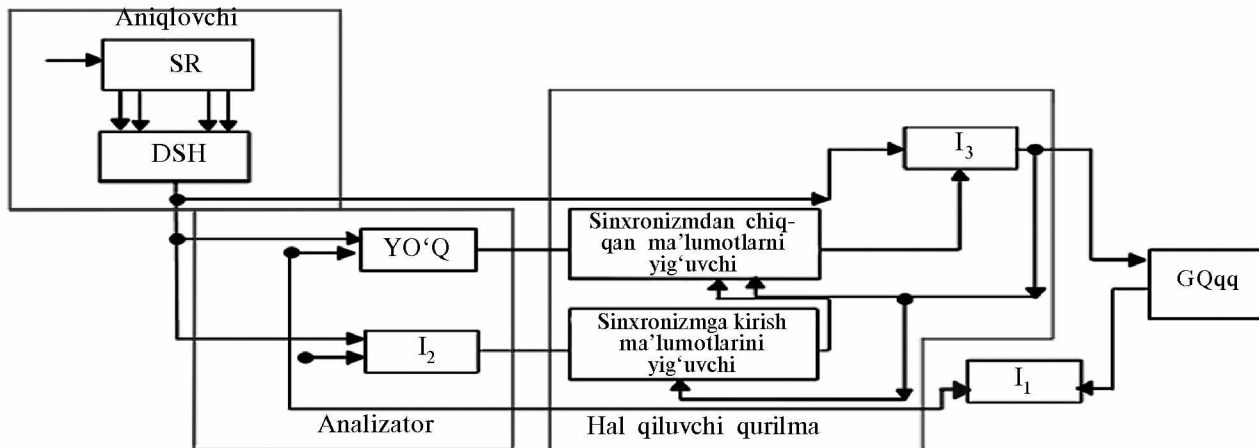
13-rasm. Vaqtli guruhlashtirish sxemasi.



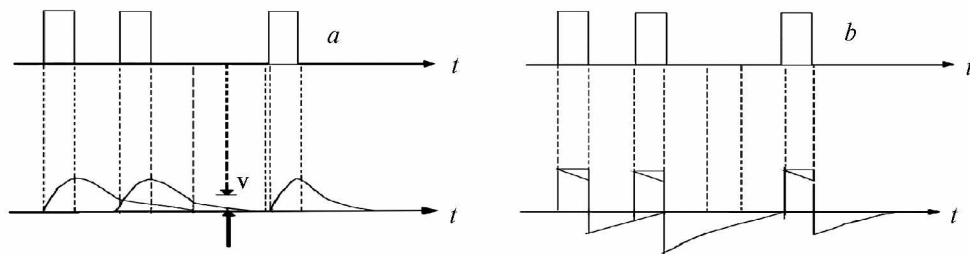
14-rasm. IKMli uzatish tizimlari oxirgi stansiyalarining tuzilishi.



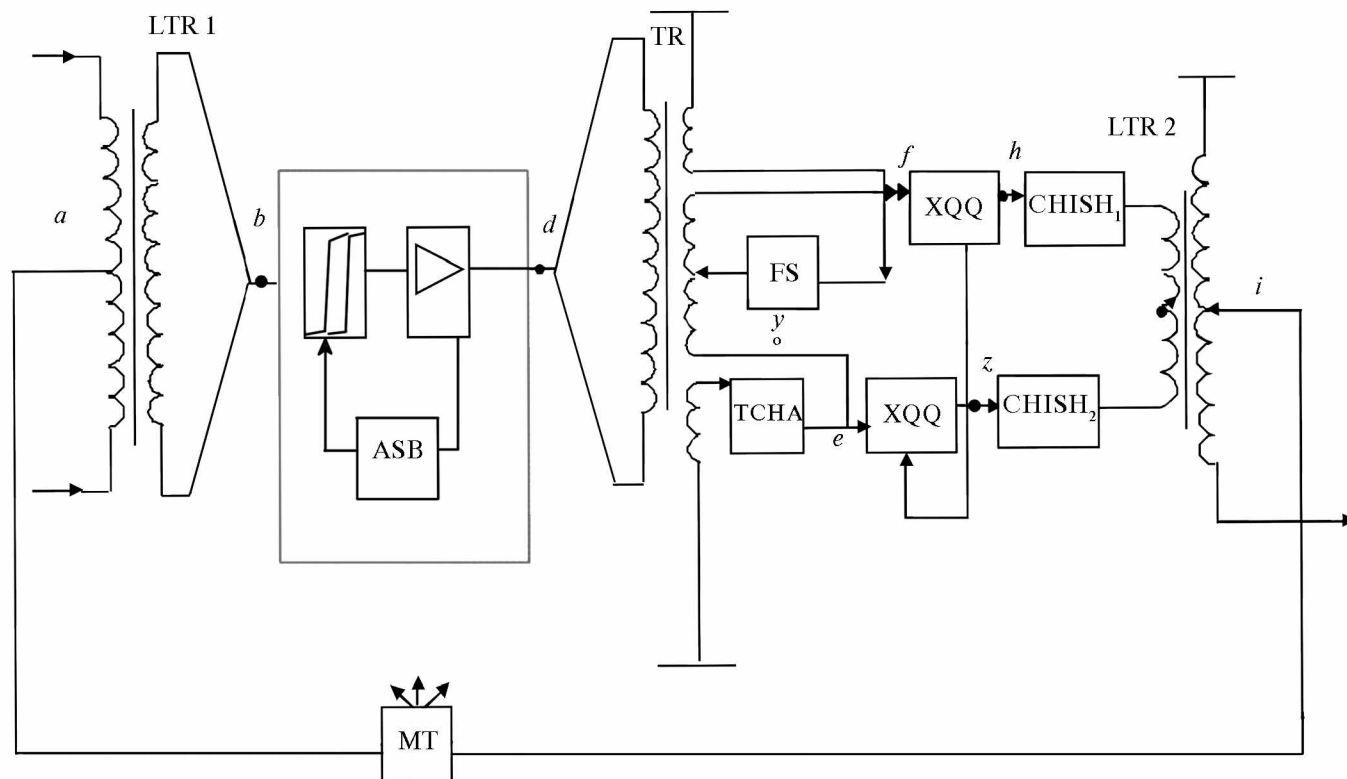
15-rasm. Raqamli uzatish tizimlarining sikli va yuqori siklining tuzilishi diagrammasi.



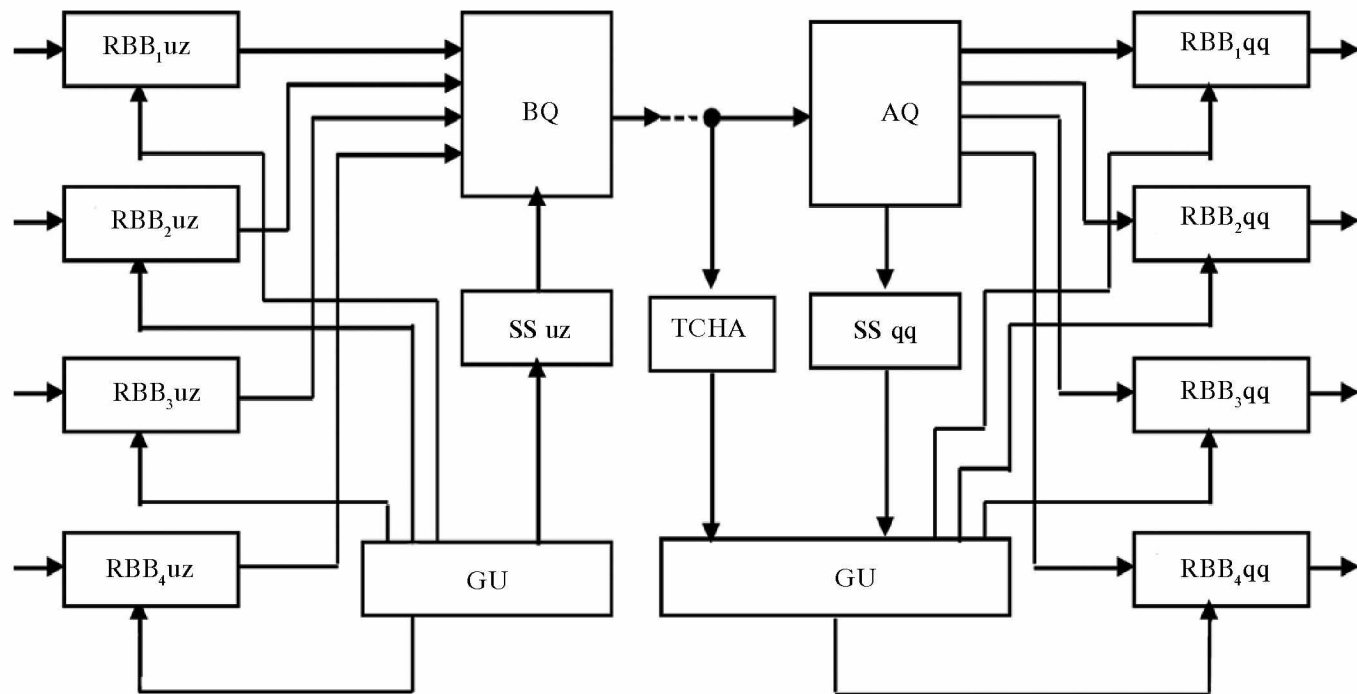
Sikli sinxrosignal qabul qilgichining tuzilish sxemasi



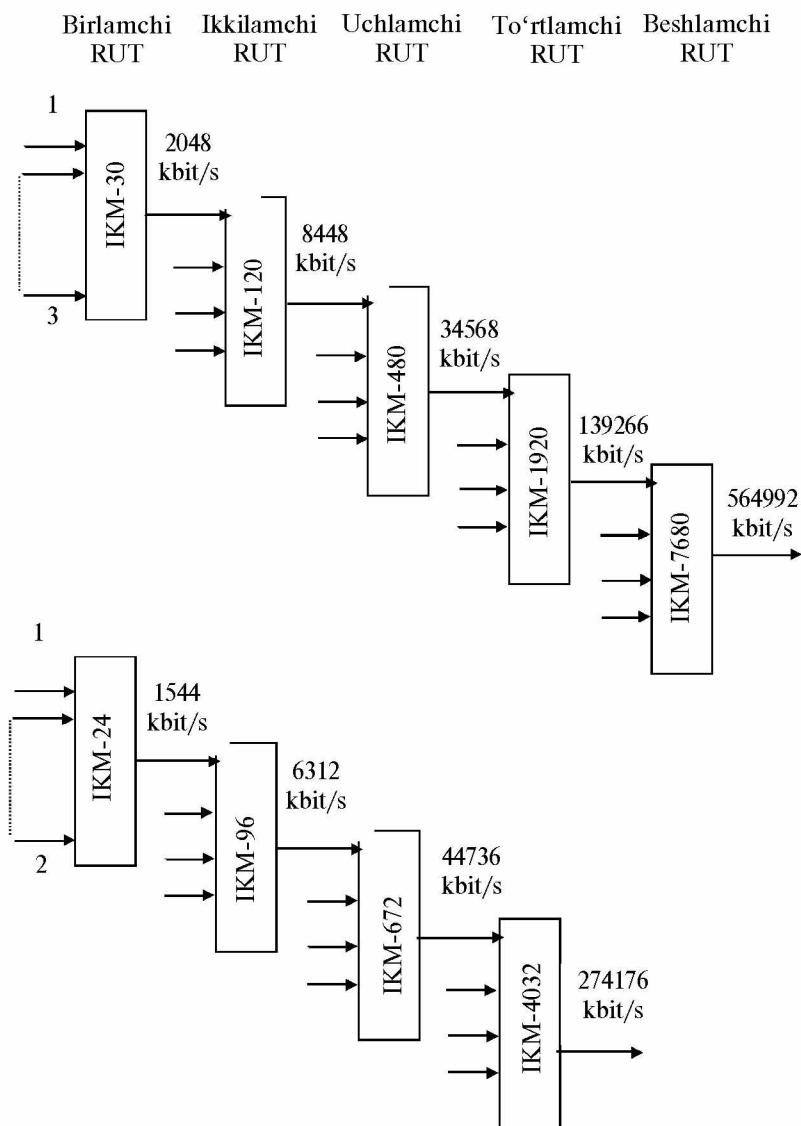
16-rasm. Liniya traktida ikkilik raqamli signal shakliga oraliq chastota chegaralanishining ta'siri.



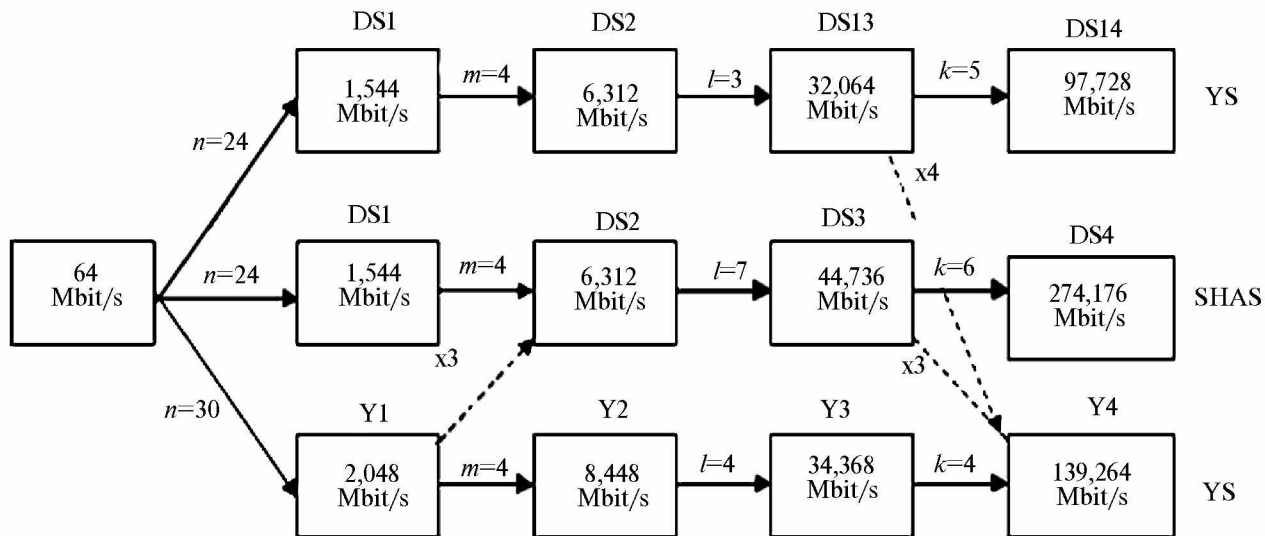
17-rasm. Regeneratorning tuzilish sxemasi.



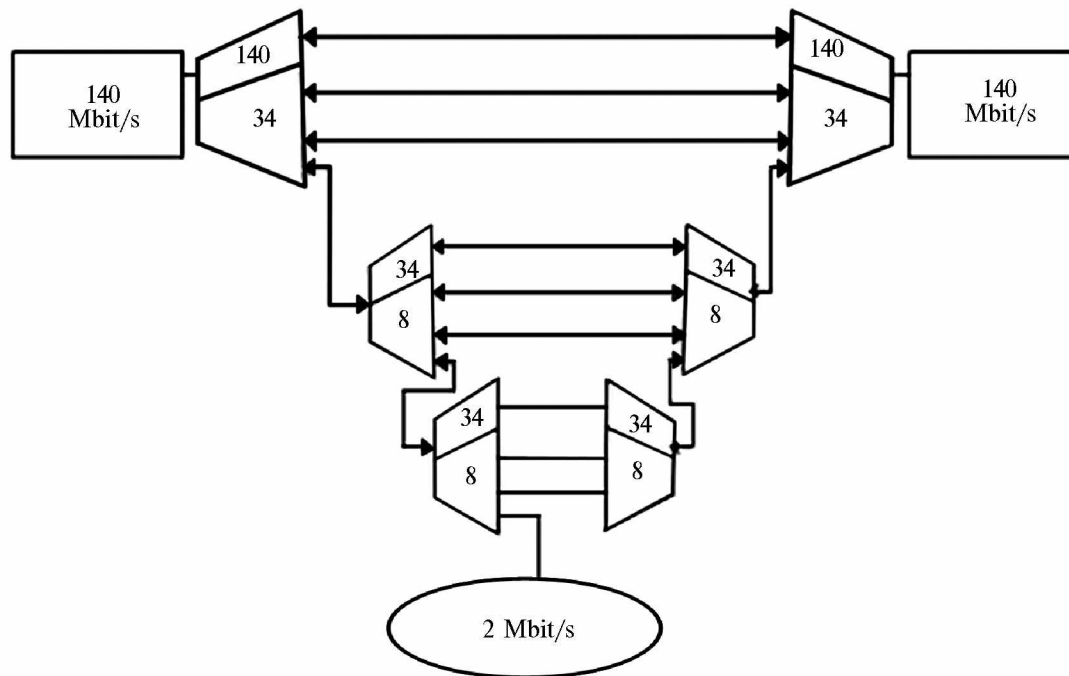
18-rasm. Vaqt davomida guruh hosil qiluvchi—multipleksorlovchi uskunaning tuzilish prinsipi.



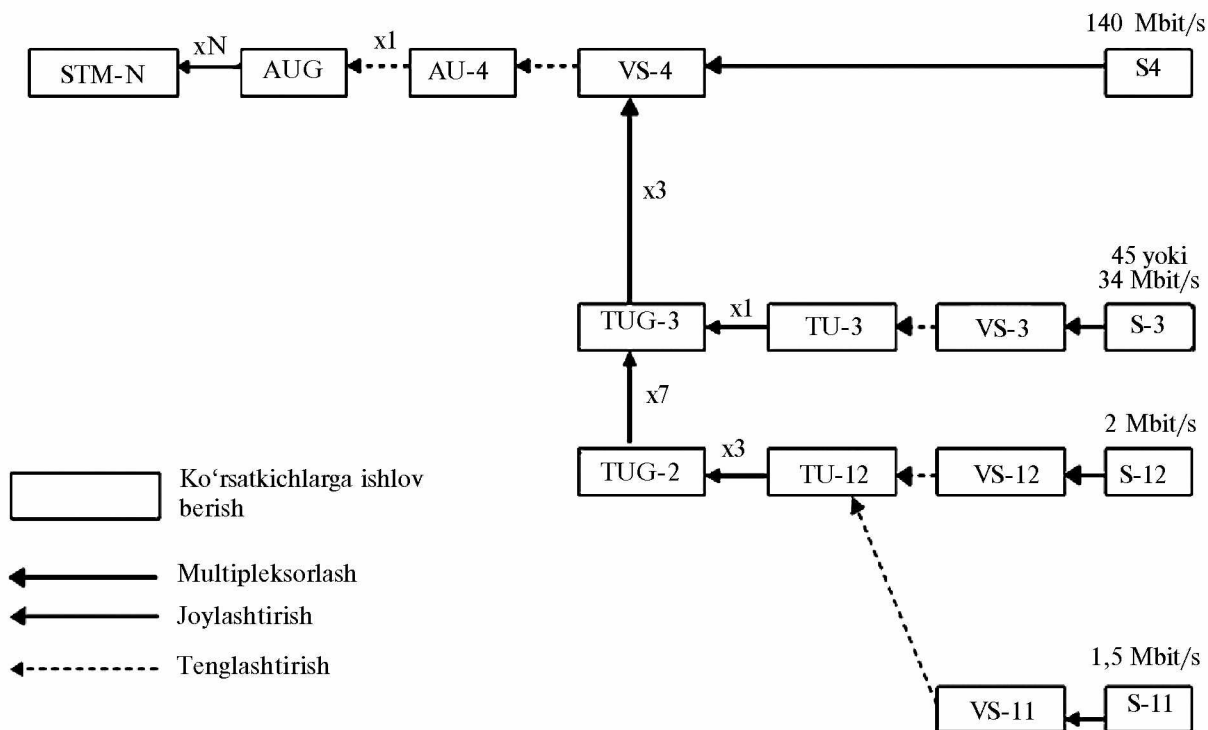
19-rasm. RUT iyerarxiyasining turlari.



20-rasm. Turli standartdagi PRI raqamdagi oqimlarni multipleksorlash sxemasi.



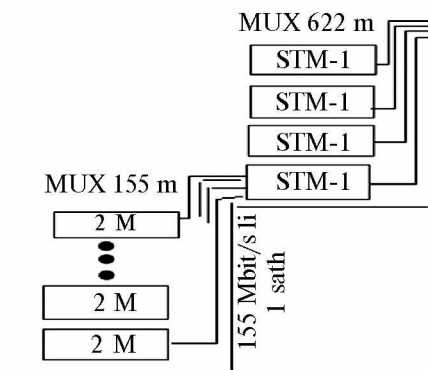
21-rasm. PDH asosidagi sxemada 140 Mbit/s tezlikli raqamli oqimdan 2 Mbit/s tezlikli raqamli oqimni ajratish usuli.

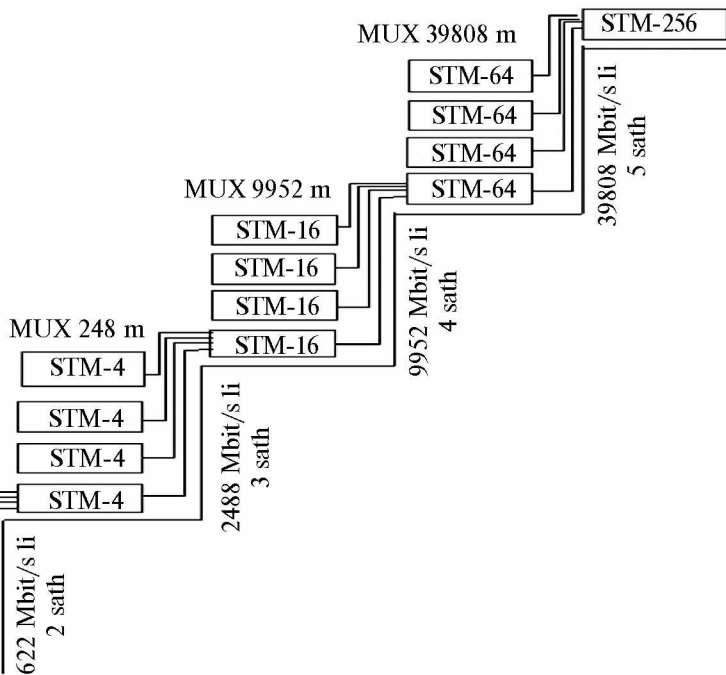


22-rasm. Sinxron raqamli iyerarxiyada multipleksorlash sxemasi.

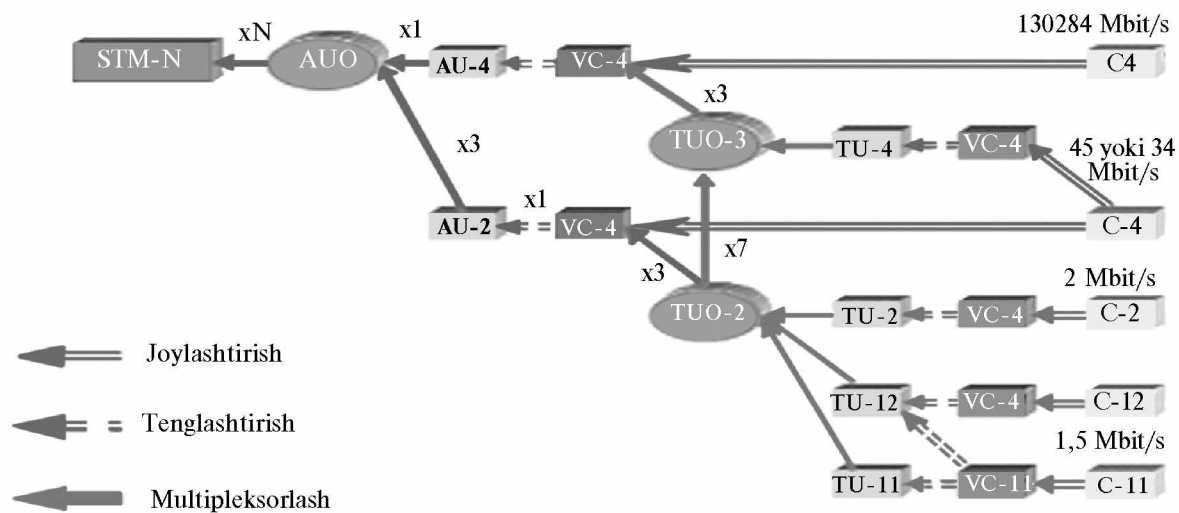
YEVROPA 64 kbit/s 2,048 kbit/s 8,448 kbit/s 34,368 kbit/s 139,264 kbit/s	AQSH 64 kbit/s 1,544 kbit/s 6,312 kbit/s 44,376 kbit/s	YAPONIYA 64 kbit/s 1,544 kbit/s 6,312 kbit/s 32,064 kbit/s 139,264 kbit/s
STM-1 155,520 Mbit/s		
STM-4 622,080 Mbit/s		
STM-16 2488,320 Mbit/s		
STM-64 9953,280 Mbit/s		

23-rasm. PDH va SDH ning turli iyerarxiyalarini solishtirish.

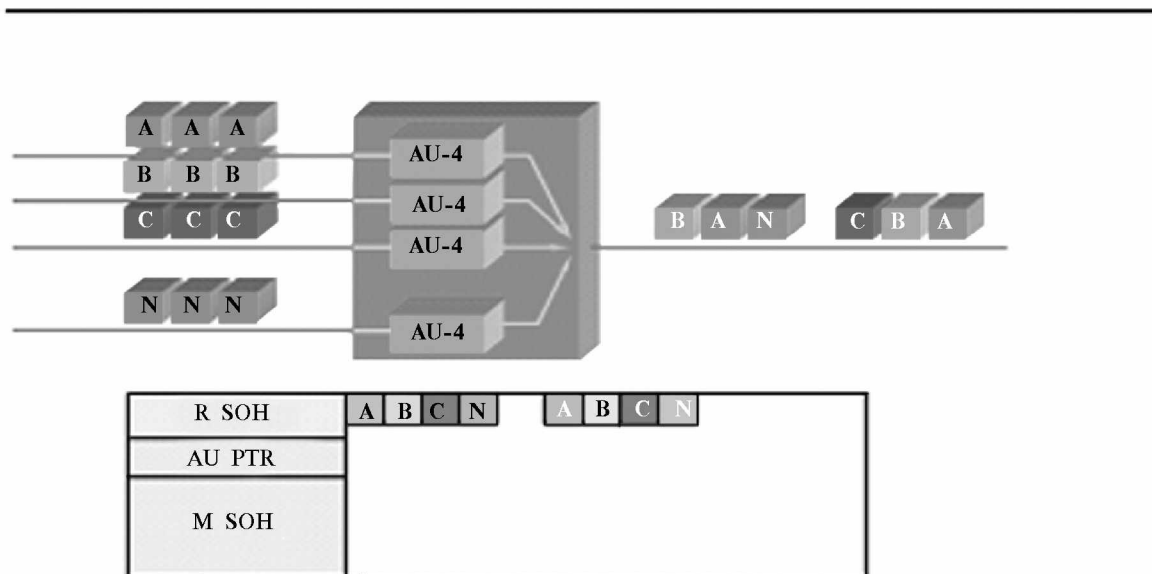




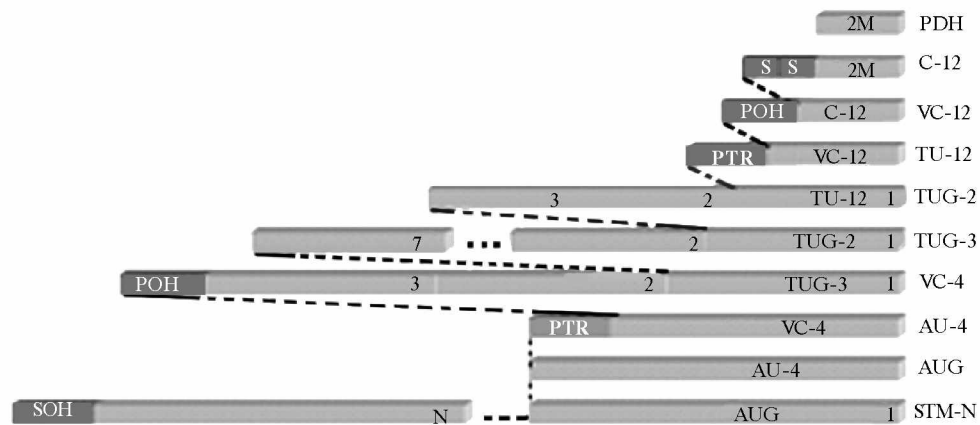
24-rasm. Sinxron raqamli oqimning tarkibiy tuzilishi.



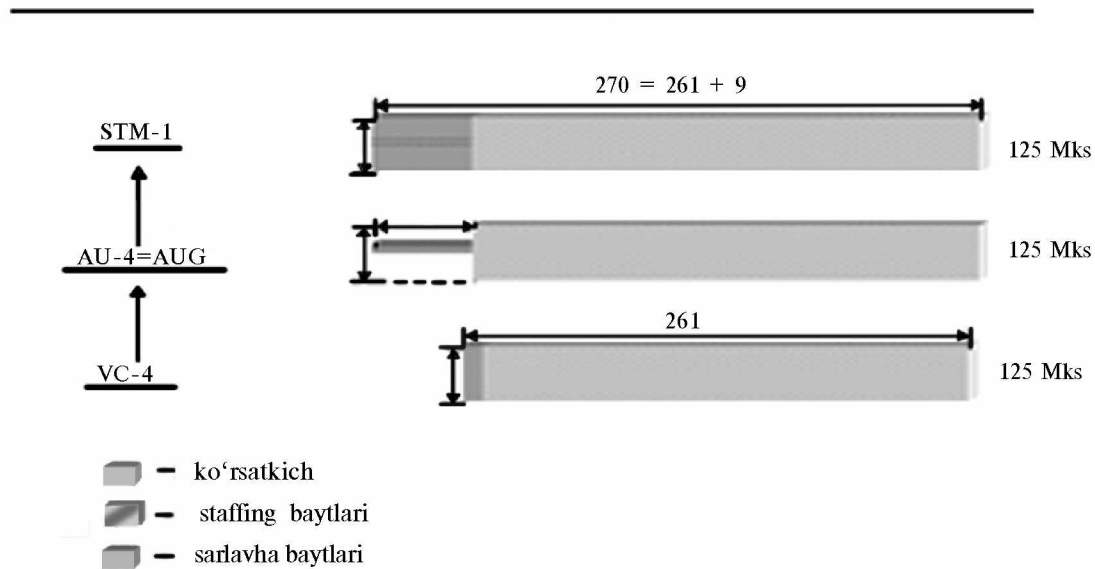
25-rasm. Trib signallaridan N-sathdagi sinxron transport modulining shakllanishi.



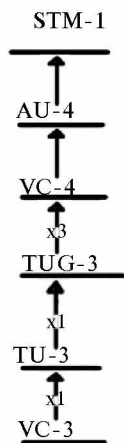
26-rasm. STM ning shakllanishi.



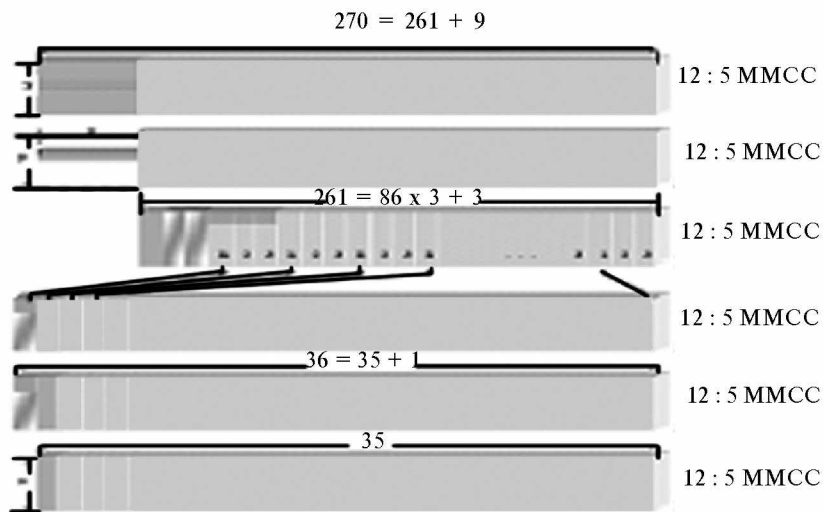
27-rasm. 2 Mbit/s oqimni multipleksorlash.



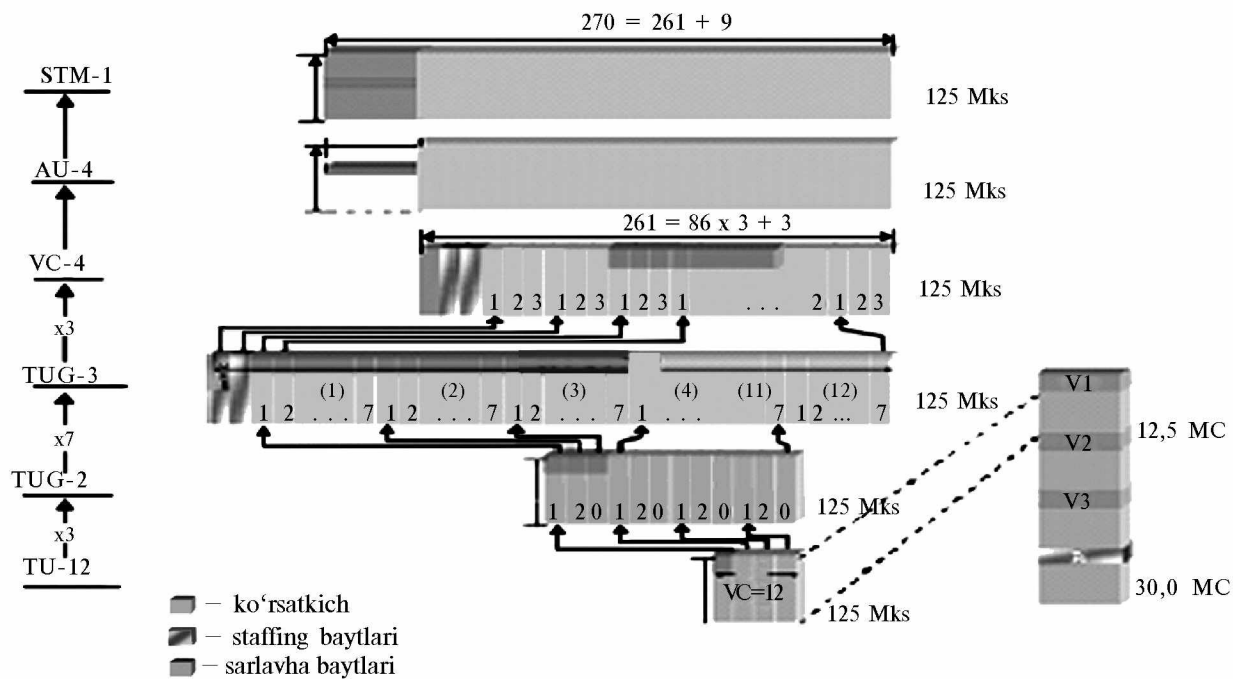
28-rasm. VC-4 (140 Mbit/s) STM-1 da.



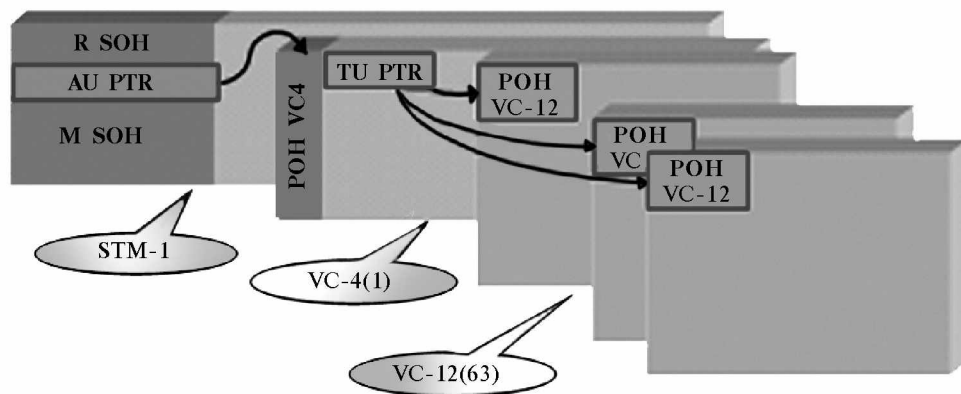
-  - ko'rsatkich
-  - staffing baytlari
-  - sarlavha baytlari



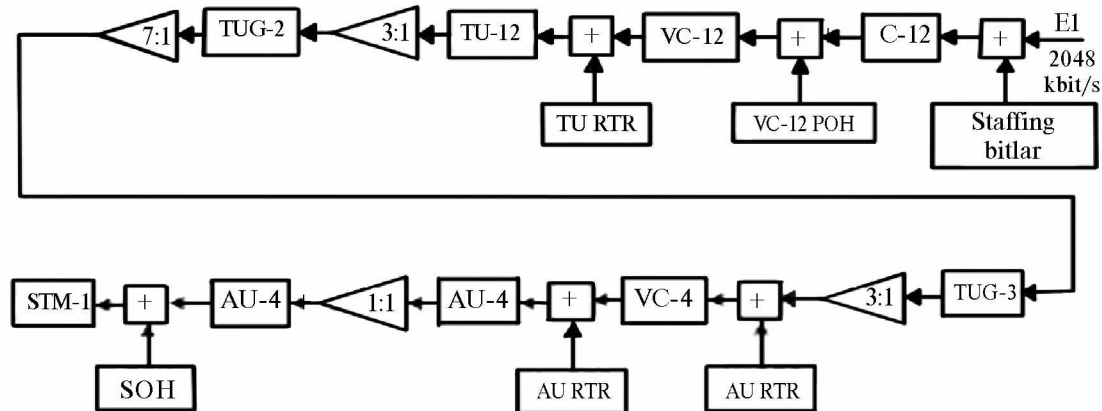
29-rasm. VC-3 (34 Mbit/s) STM-1 da.



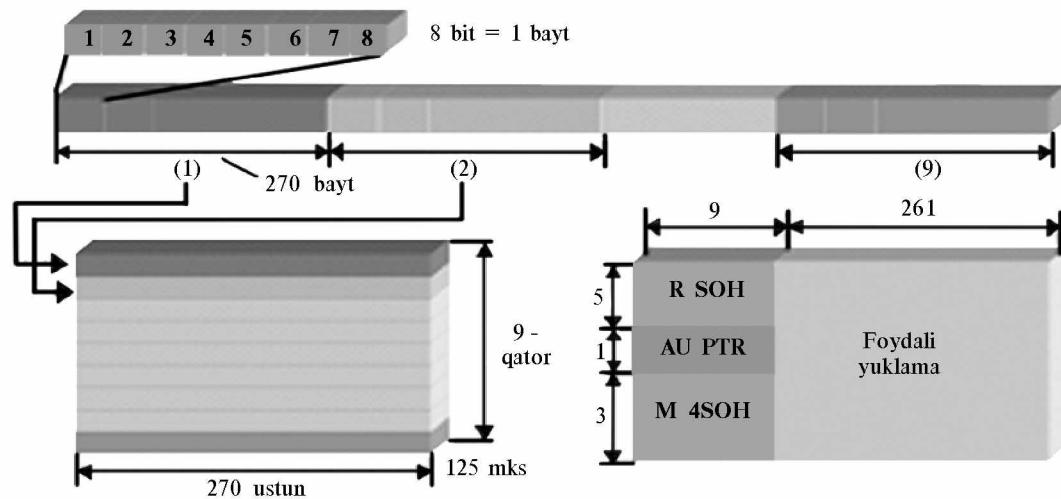
30-rasm. VC-12 (2 Mbit/s) STM-1 da.



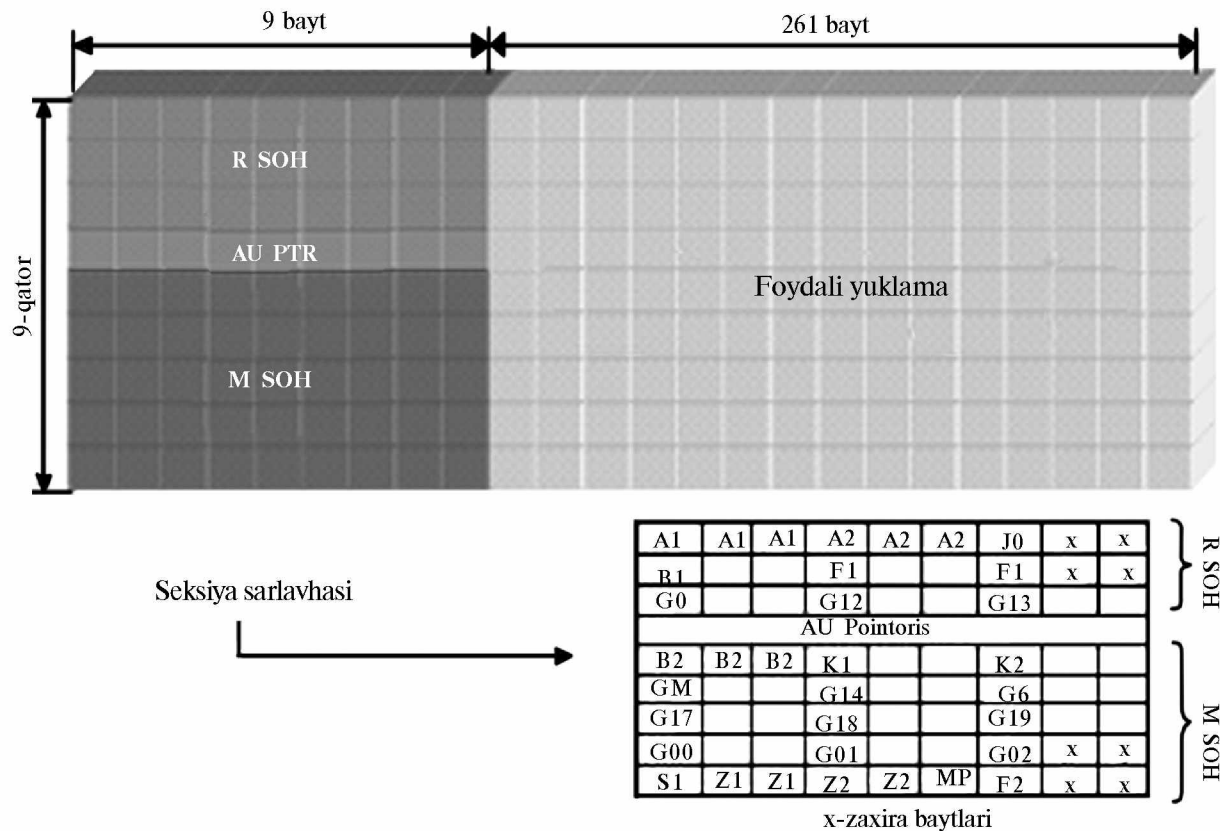
31-rasm. Koʻrsatkichlarning vazifasi.



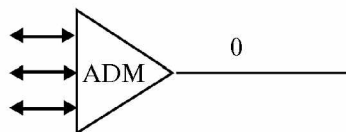
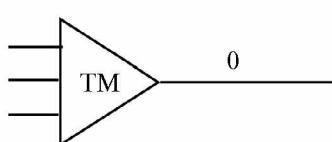
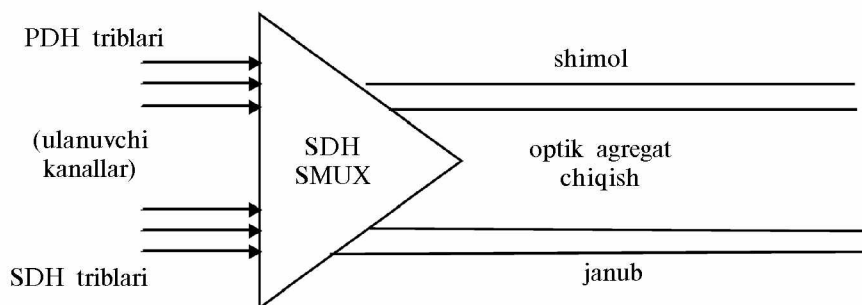
32-rasm. Y-1 yuklama oqimidan STM-1 sinxron transport modulining shakllanishi.



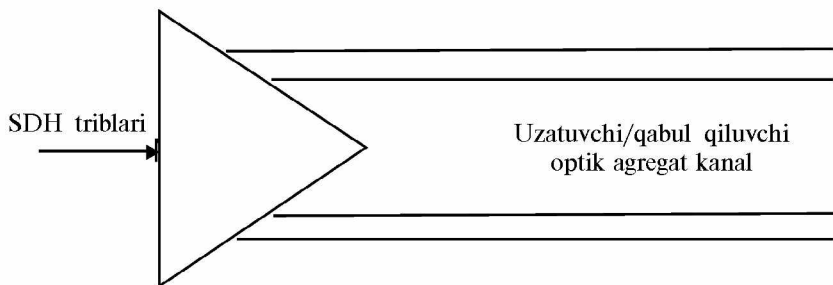
33-rasm. STM-1 siklining ikki o'lchamli tasviri.



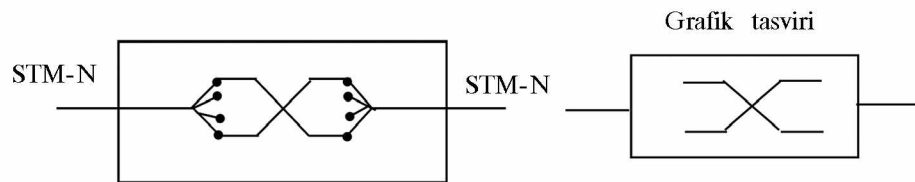
34-rasm. STM-1 freymi (sikli) va seksiya sarlavhasining tuzilishi.



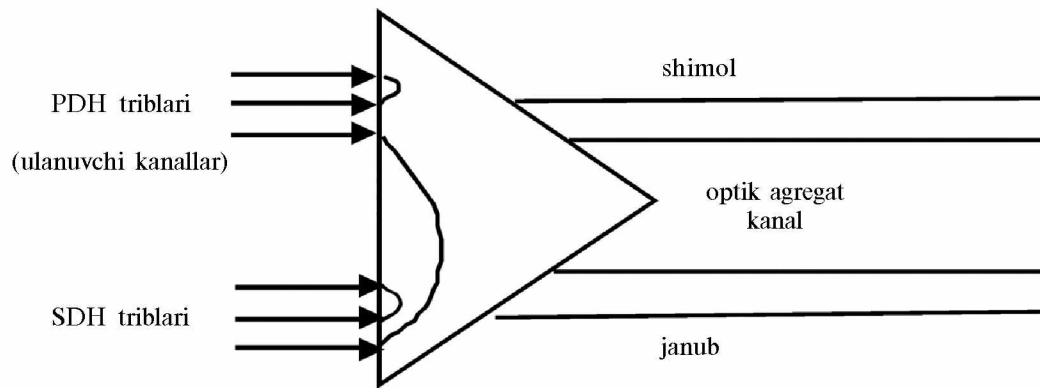
35-rasm. Sinxron multipleksor (SMUX); terminal multipleksor (TM) yoki kirish/chiqishli multipleksor (ADM).



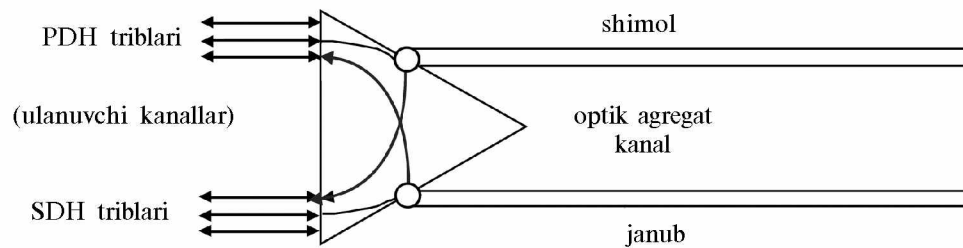
36-rasm. Regenerator rejimidagi multipleksor.



a — ichki kommutatorlash rejimidagi kirish/chiqishli multipleksor;

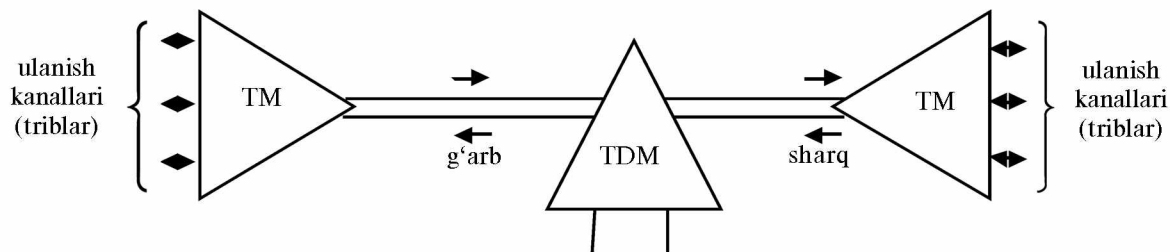


b — lokal kommutator rejimidagi kirish/chiqishli multipleksor;

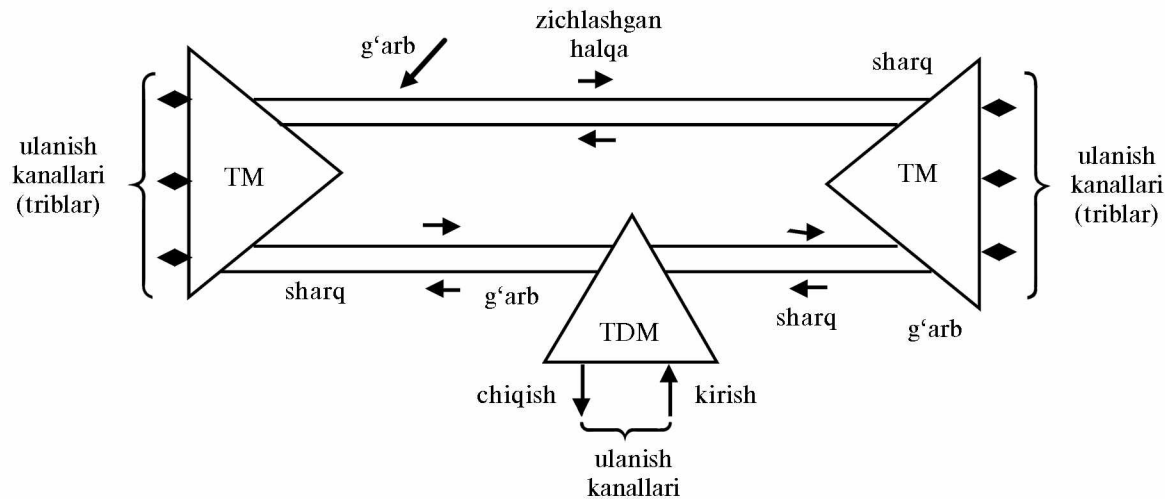


d — ichki kommutatsiyalash rejimidagi kirish/chiqishli multipleksor.

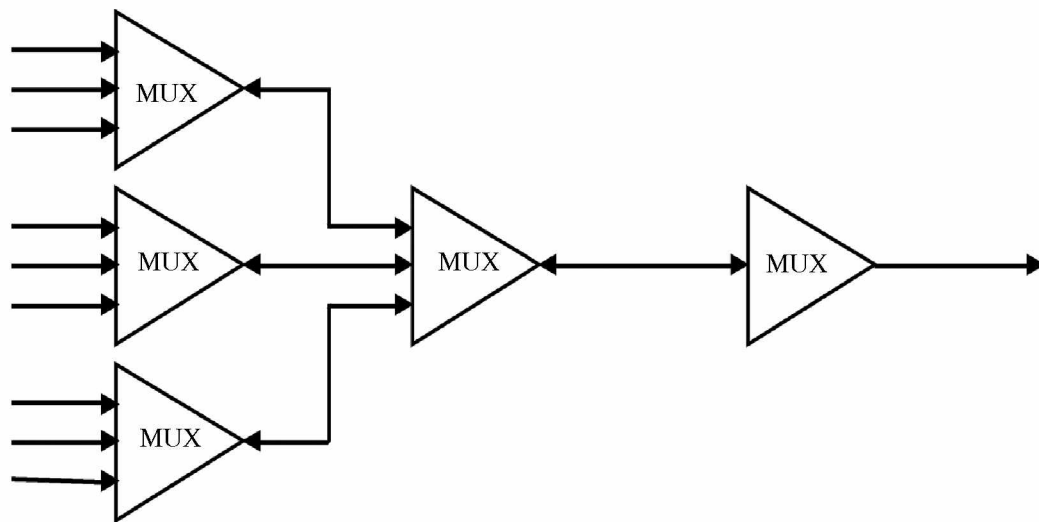
37-rasm. Kommutator rejimidagi sinxron raqamli multipleksorning turlari.



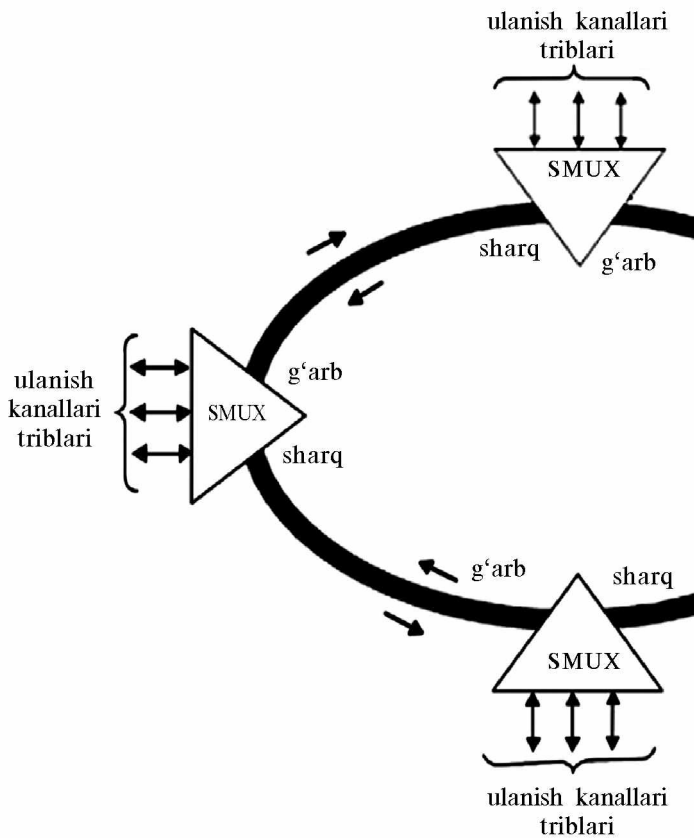
38-rasm. «Ketma-ket liniya zanjiri» topologiyasi.

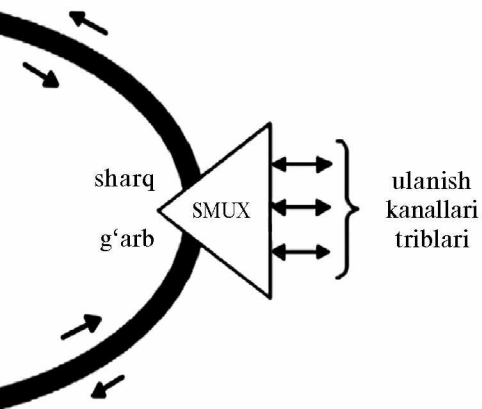


39-rasm. 1+1 turidagi himoyaga ega bo'lgan «ketma-ket liniya zanjiri» topologiyasi.

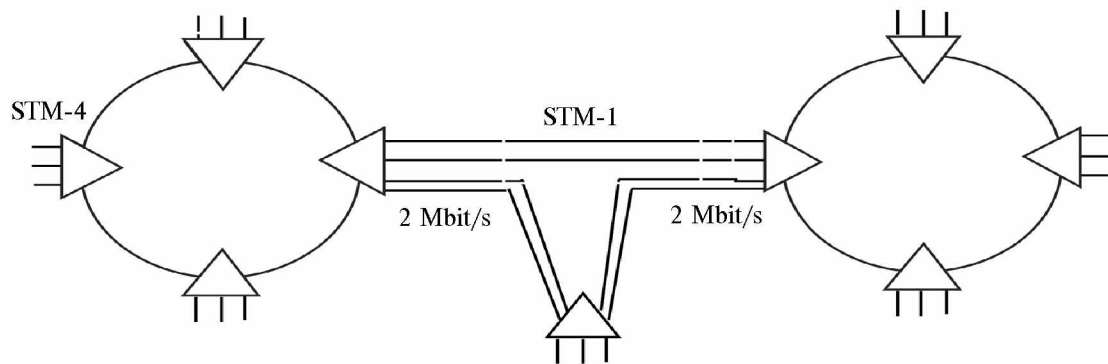


40-rasm. Konsentrator funksiyasini bajaruvchi «yulduzcha» topologiyasi.

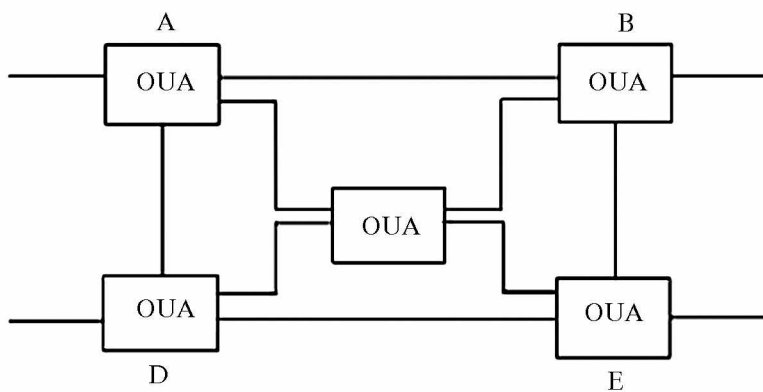




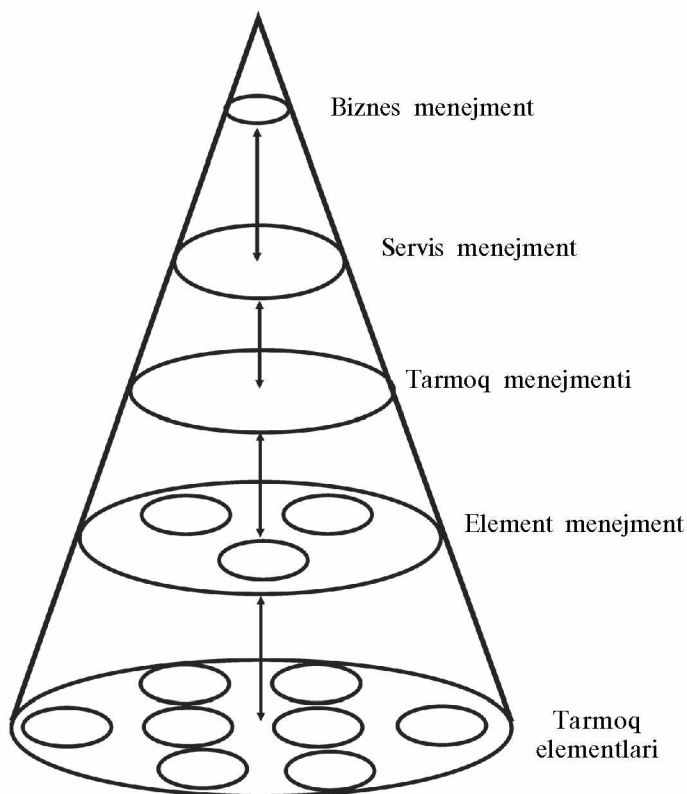
41-rasm. TU-n trib bloklari darajasida 1+1 himoyaga ega bo'lgan halqa.



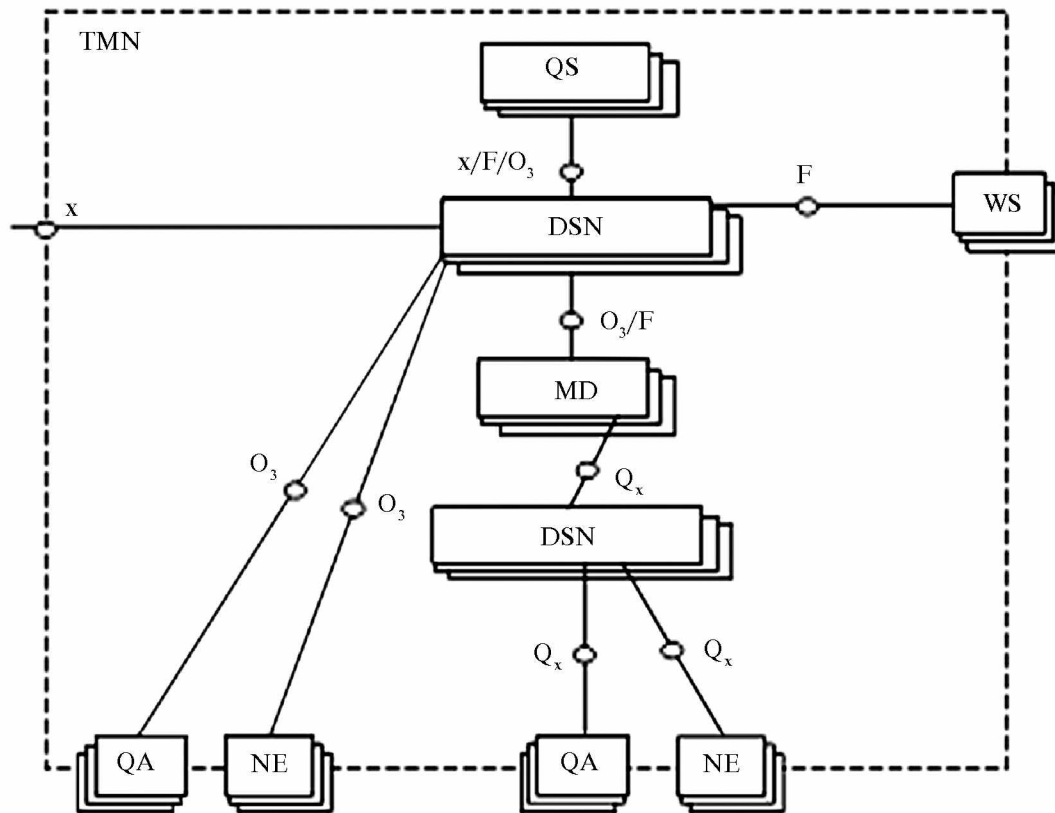
42-rasm. Interfeys portlari yordamidagi bir sathda (STM-4) joylashgan ikki halqa orasidagi aloqa sxemasi.



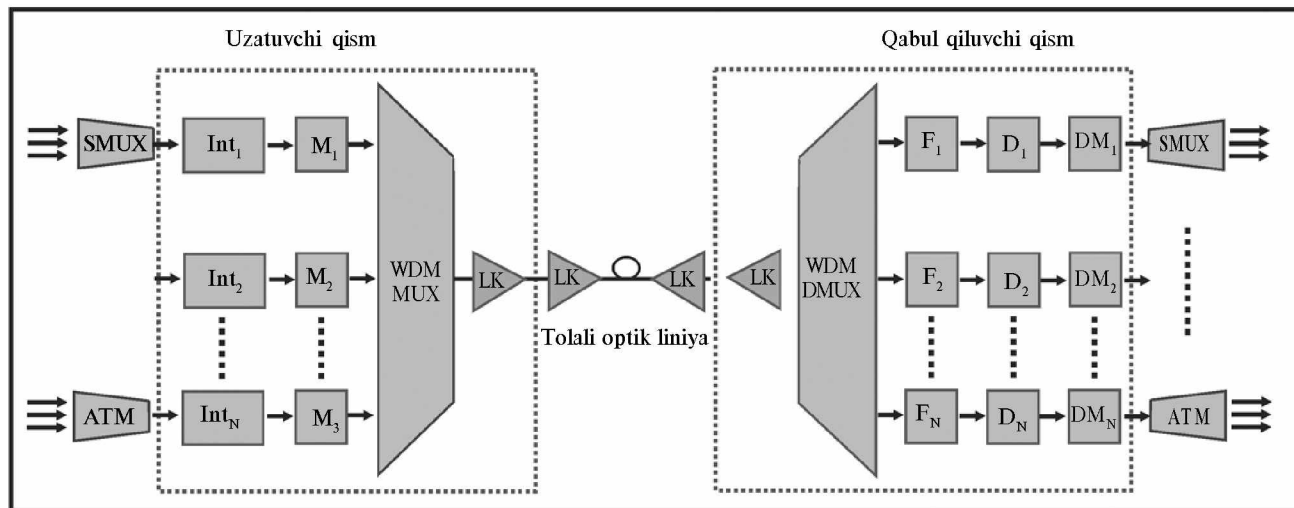
43-rasm. «Yacheykali» topologiya.



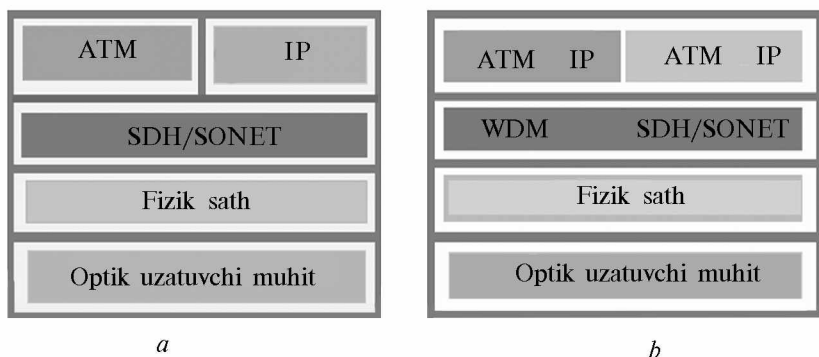
44-rasm. Tarmoq tizimining funktsiya va sathlari.



45-rasm. Tarmoq arxitekturasining tuzilishi. TMN arxitekturasini.

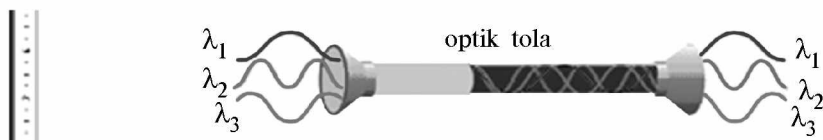


46-rasm. WDM tizimining tuzilish sxemasi.

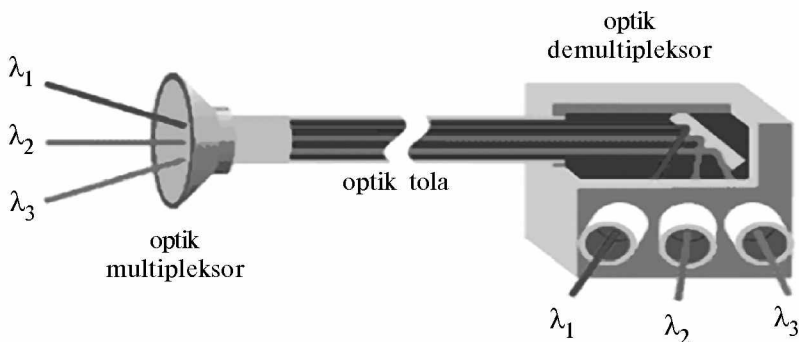


47-rasm. Asosiy transport texnologiyalari modelining o‘zaro bog‘lanishi:

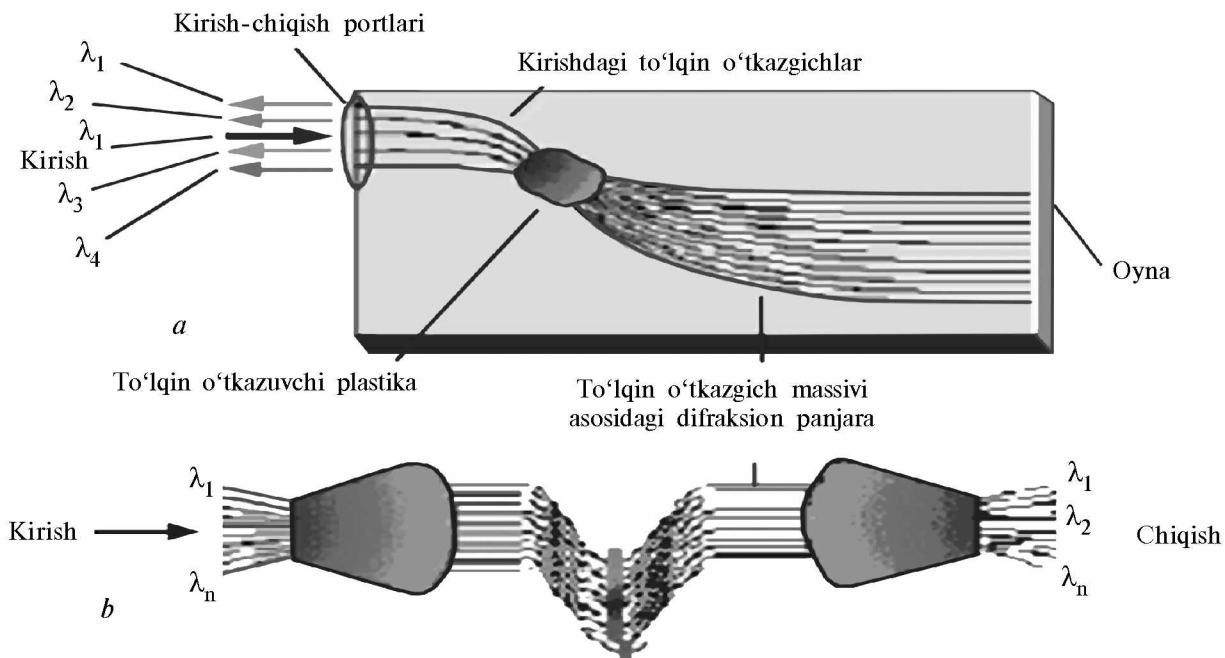
- a* — WDM texnologiyasi yaratilgunga qadar;
b — WDM texnologiyasi yaratilgandan keyin.



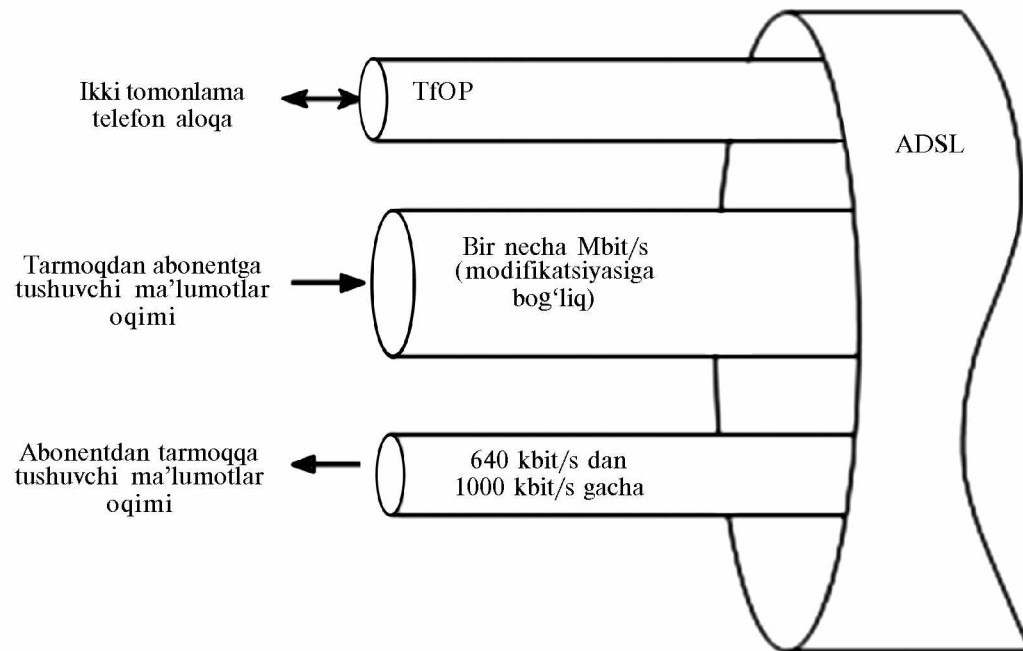
DWDM ning prinsipial sxemasi juda oddiy. Bunday texnologiyada bir tola orqali SDH ning bir nechta optik kanalini uzatish uchun bunday signallarning optik to‘lqin uzunligini o‘zgartiradi. Multipleksor yordamida ular aralashtiriladi va optik liniyaga beriladi. Qabul qiluvchi punktda teskari jarayon amalga oshadi.



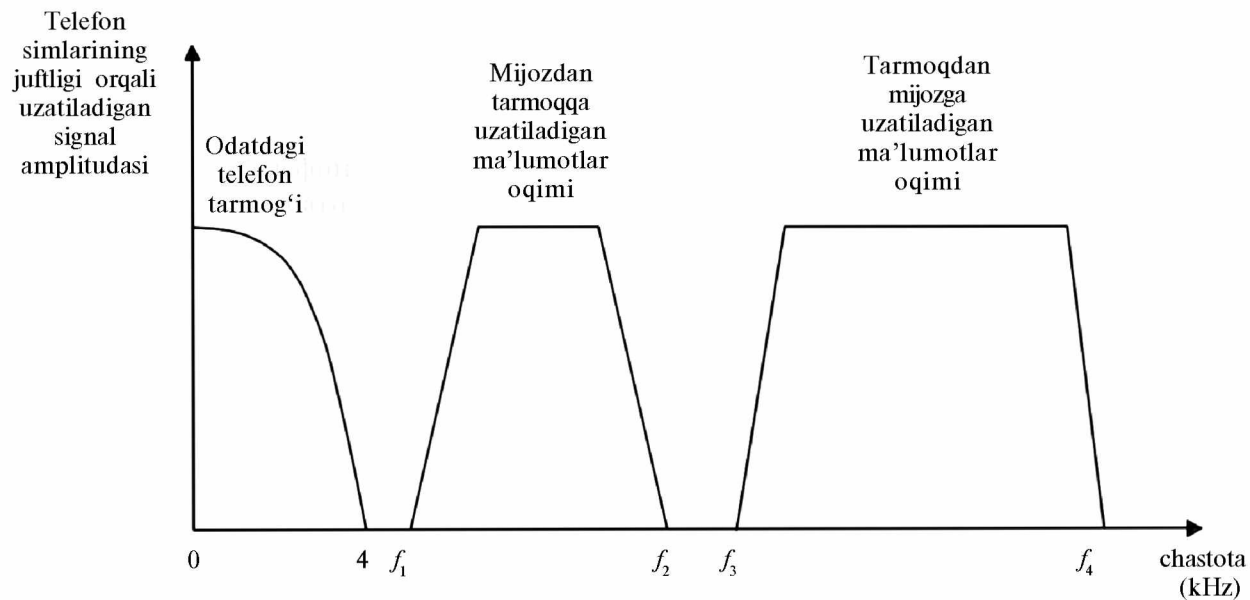
48-rasm. Optik multipleksor va optik demultipleksor.



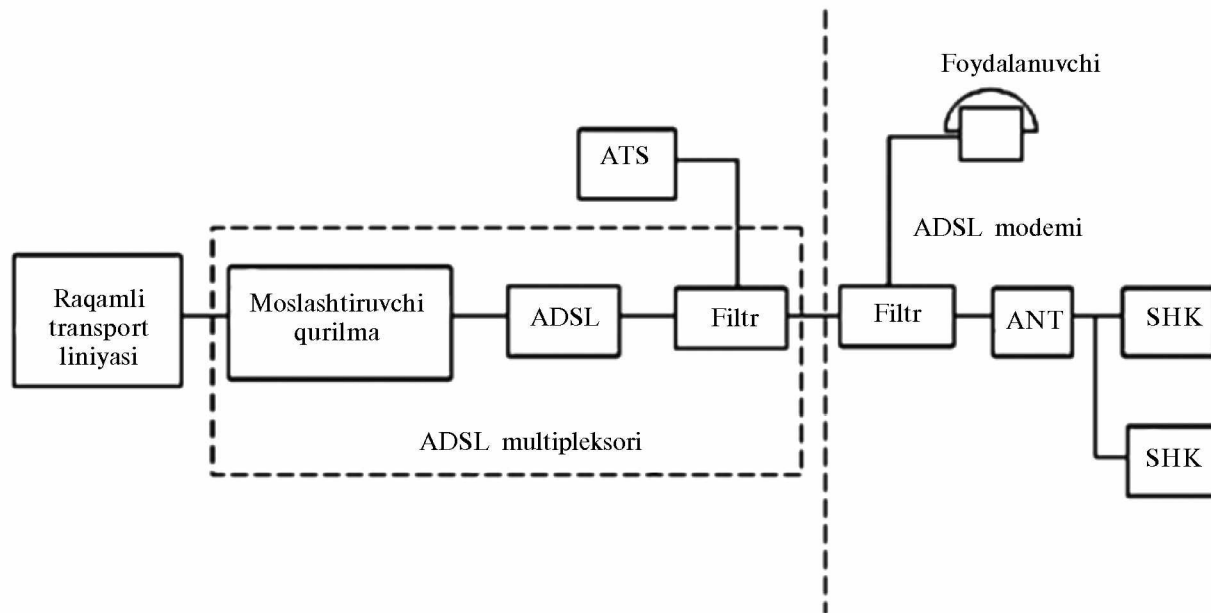
49-rasm. WDM da multipleksorlash jarayoni.



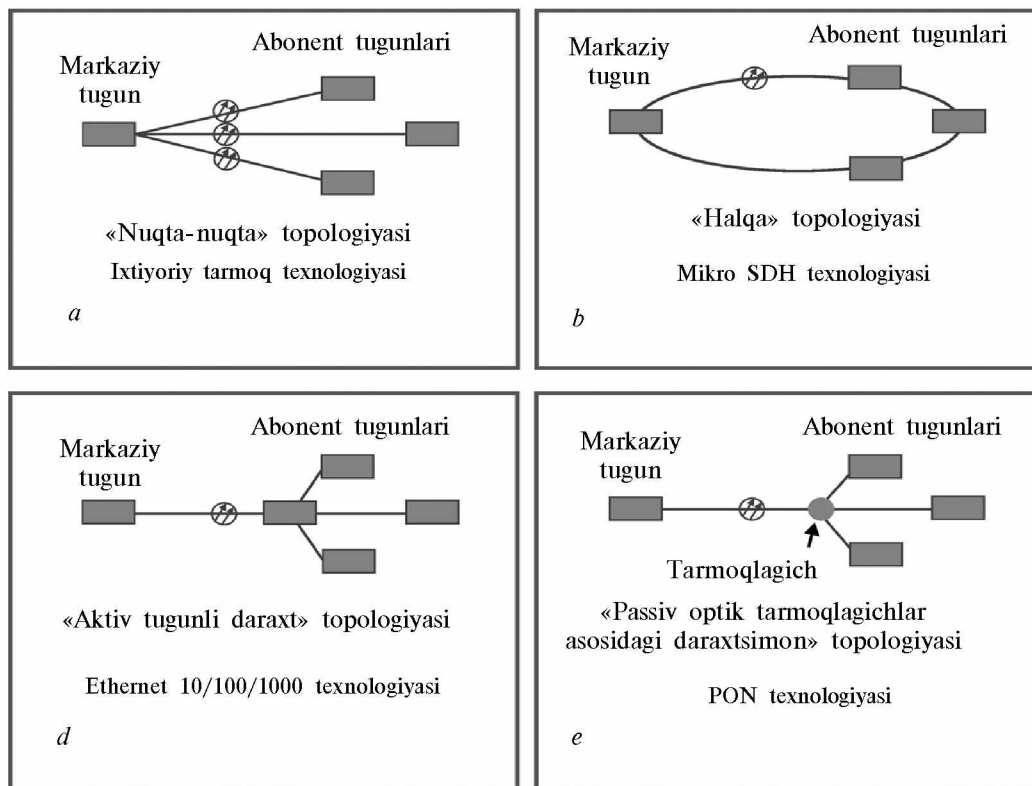
50-rasm. ADSL texnologiyasi qo'llanilgan abonent liniyasi.



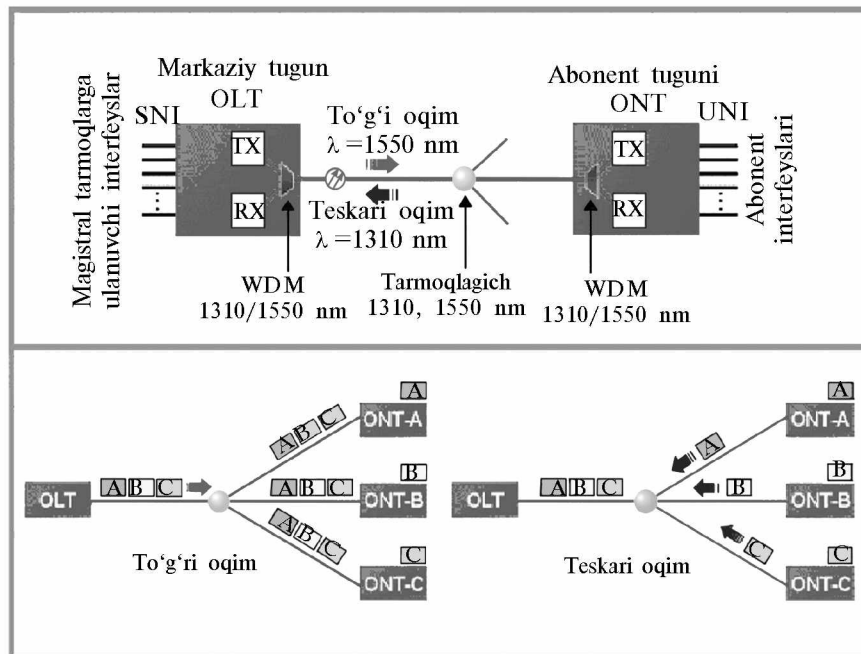
51-rasm. Mavjud bo'lgan mis simlari orqali tashkil qilingan ADSL liniyasining tuzilishi.



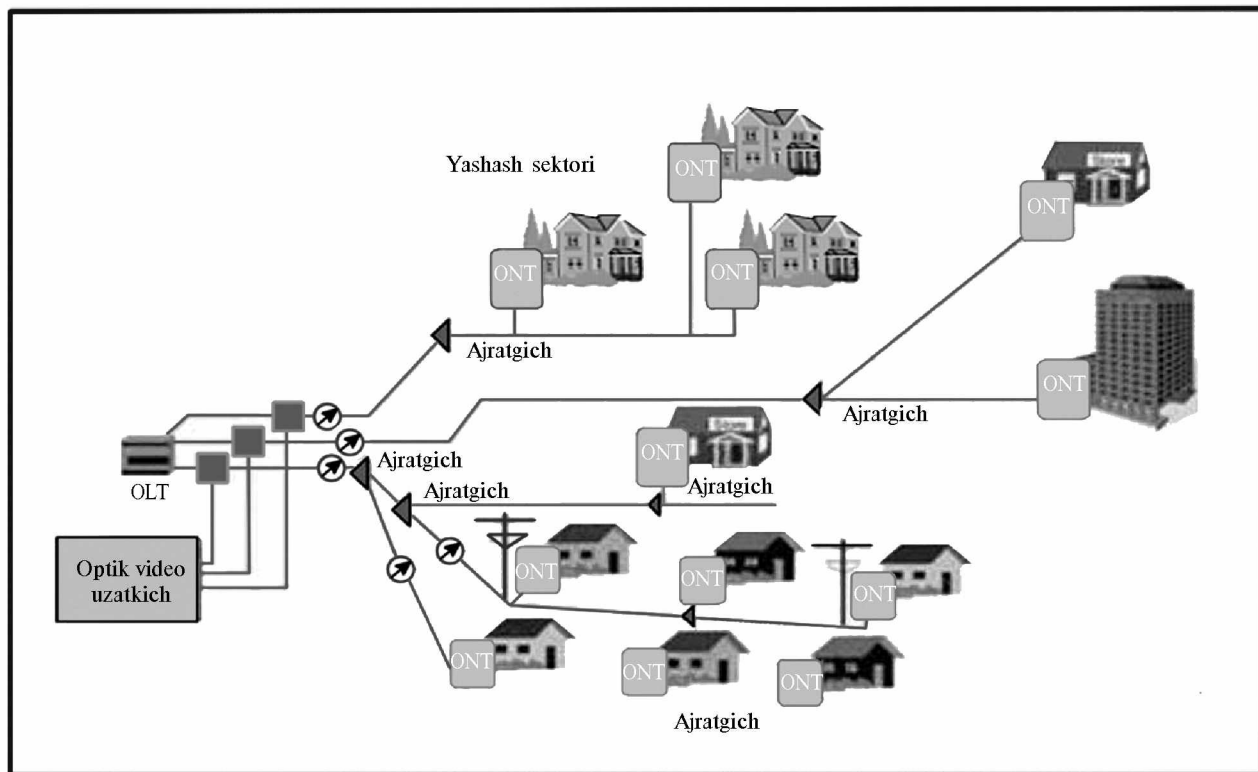
52-rasm. Raqamli asimmetrik abonent liniyasini tashkil qilish.



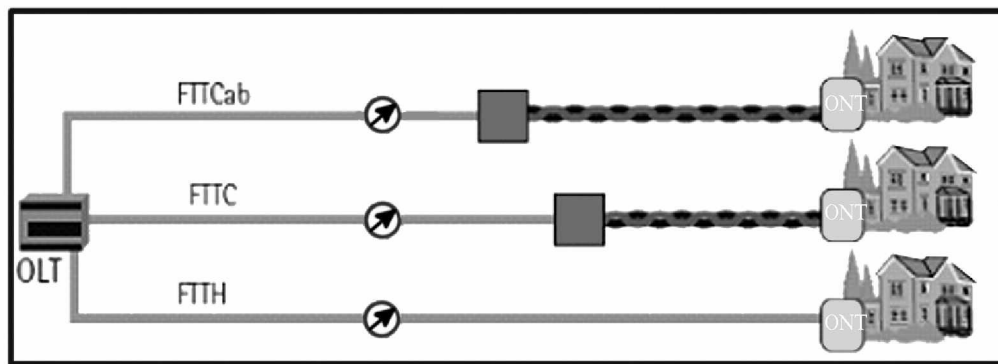
53-rasm. Ulanuvchi tarmoqda mantiqiy ulanishning fundamental topologiyalari.



54-rasm. PON arxitekturasining asosiy elementlari va ishlash prinsipi.



55-rasm. O'tkazish qobiliyati yuqori bo'lgan passiv optik tarmoq bo'yicha «bittada uchta» xizmatlarini uzatish.



56-rasm. Odatiy FTTx tarmog'i.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

Asosiy adabiyotlar

1. *Иванов В.И., Гордиенко В.Н., Попов Т.Н., Исаев Р.И. и др.* Цифровые и аналоговые СП. Учебник для вузов / Под ред. В.И. Иванова. 2-е изд. — М.: «Горячая Линия — Телеком», 2003.

2. *Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н., Моченов А.Д. и др.* Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: 0 — 75. Учебник для вузов / Под ред. В. Н. Гордиенко и В. В. Крухмалева. — М.: «Горячая линия — Телеком», 2004.

3. *Гордиенко В. Н., Тверецкий М. С.* Многоканальные телекоммуникационные системы. Учебник для вузов. — М.: «Горячая Линия — Телеком», 2005.

4. *Isayev R.I., Atametov R.K., Axmedova G.D.* Telekommunikatsiya uzatish tizimlari. O'quv qo'llanma, 1-qism. — T., 2007.

5. *Баева Н.Н., Гордиенко В.Н., Курицин С.А. и др.* Многоканальные системы передачи. Учебник для вузов / Под ред. Баевой Н.Н. и Гордиенко В.Н. — М.: «Радио и связь», 1996.

6. *Гордиенко В.Н., Баева Н.Н.* Многоканальные системы передачи. — М.: «Радио и связь», 1997.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasining «Telekommunikatsiyalar to'g'risida»gi Qonuni. 20.08.1999. — 822-I son.

2. *Слепов Н.Н.* Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (ATM, PDH, SDH, SONET и WDM). — М.: «Радио и связь», 2000.

3. *Убайдуллаев Р.Р.* Волоконно-оптические сети. — М.: «Эко-Трендз», 2000.

4. *Бакланов И.Г.* Технологии измерений в современных телекоммуникациях. — М.: «Эко-Трендз», 1998.

5. *Иванов А.Б.* Волоконная оптика: компоненты, СП, измерения. — М.: Компания «Сайрус системс», 1999.

6. Волоконно-оптическая техника: Современное состояние и перспективы. 2-е изд., перераб. и доп./ сб. статей

под ред. Дмитриева С. А. и Слепова Н. Н. —М.: ООО «Волоконно-оптическая техника», 2005.

7. *Парфенов Ю. А., Мирошников Д. Г.* Цифровые сети доступа. Медные кабели и оборудования. — М.: «Эко-Трендз», 2005.

8. *Фримен Р.* Волоконно-оптические системы связи. — М.: «Техносфера», 2003.

9. *Власов И.И., Птичников М.М.* Измерение в цифровых сетях связи. —М.: «Постмеркет», 2004.

Internet saytlari

1. [http: //www.telecomsystems.ru](http://www.telecomsystems.ru)
2. [http: //www.nnz-telecom.ru](http://www.nnz-telecom.ru)
3. [http: //www.comnews.ru](http://www.comnews.ru)
4. [http: //www.e.rus.ru](http://www.e.rus.ru)
5. [http: //www.db.icsti.ru](http://www.db.icsti.ru)
6. [http: //www.ukrintell.com.ua](http://www.ukrintell.com.ua)
7. [http: //www.istc.ru](http://www.istc.ru)

MUNDARIJA

So'zboshi.....	3
Kirish.....	7

1-BOB. TELEKOMMUNIKATSIYA UZATISH TIZIMLARINING ASOSIY VAZIFALARI, TA'RIF VA TUSHUNCHALAR

1.1. Asosiy ta'rif va tushunchalar, ularning tasnifi.....	12
1.2. Ma'lumotlarni uzatuvchi transport tarmog'ining rivojlanishi.....	27
1.3. Telekommunikatsiya tarmoqlari tarkibi va tuzilishi.....	50
1.4. Tarmoqlarning istiqbolli rivojlanishi.....	56
1.5. Ma'lumotlarni uzatishda foydalaniladigan signallarning logarifmik birliklari.....	68

2-BOB. UZATISH TIZIMLARINING UMUMIY TUZILISH PRINSIPLARI

2.1. Uzatish tizimlarining tuzilish prinsipi.....	71
2.2. Birlamchi signallar va ularning fizik tavsiflari.....	77
2.3. Uzatish tizimlari arxitekturasini va axborot taqsimoti.....	88
2.4. Uzatish kanallari va ularning tavsifi.....	90

3-BOB. KANALLARI CHASTOTA BO'YICHA AJRATILGAN UZATISH TIZIMLARINING TUZILISH PRINSIPI

3.1. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlarining tuzilish prinsipi. Ko'p kanalli uzatish tizimlarining tuzilish prinsipi.....	98
3.2. Kanal signallarini shakllantirish tamoyillari.....	100
3.3. Chastotalarni ko'p marta o'zgartirish prinsipi.....	102
3.4. Kanal va traktlardagi shovqinlar.....	105

4-BOB. TELEKOMMUNIKATSIYA UZATISH TIZIMLARIDA RAQAMLI UZATISH TIZIMLARINING TUZILISH PRINSIPI

4.1. Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlarining tuzilish prinsipi.....	107
4.2. Analog signaldan raqamli signalga o'tish. AIM signalining xususiyatlari va AIM signallarning turlari.....	111
4.3. IKM bilan uzatishni tashkil etish tamoyillari. Birlamchi raqamli kanaldagi signallar tuzilmasi (Y-1 oqimi).....	120
4.4. Birlamchi raqamli kanalning signallar tuzilmasi.....	126

4.5. Kvantlash va kodlash jarayonlari.....	129
4.6. IKM-30 oxirgi stansiyasining tuzilishi.....	140
4.6.1. Raqamli uzatish tizimlarida sikllash va sinxronlash prinsiplari.....	142
4.6.2. Sinxrosignal qabul qilgichi.....	145
4.7. Raqamli liniya trakti tuzilishining prinsiplari.....	148
4.7.1. Signallarni regeneratsiyalash. Regeneratorlarning tuzilish sxemasi. Taktli chastotani ajratish.....	151
4.8. Raqamli uzatish tizimlarida qo'llaniladigan liniyaviy kodlar.....	154
4.8.1. QNNO' kodlarining shakllantirish sxemasi.....	156
4.8.2. Birlari yuqori zichlashtirilgan kodlarning afzalligi.....	159

5-BOB. RAQAMLI UZATISH TIZIMIDA RAQAMLI OQIMLARNI BIRLASHTIRISH USULLARI

5.1. IKM asosida tashkil qilingan raqamli uzatish tizimi iyerarxiyasi.....	161
5.2. Plezioxron raqamli iyerarxiyada raqamli oqimlarni birlashtirish.....	165
5.2.1. PDH tizimlarining kamchiliklari.....	169
5.2.2. PDH da sinxronizatsiya va boshqarish muammolari.....	170
5.3. Raqamli oqimlarni sinxron raqamli iyerarxiyada birlashtirish.....	172
5.3.1. Sinxron raqamli iyerarxiyaning afzalliklari.....	174
5.3.2. Sinxron raqamli iyerarxiya (SDH)ning tuzilish xususiyatlari.....	177
5.3.3. Sinxron raqamli iyerarxiyaning raqamli uzatish tizimlari.....	179
5.3.4. SDH da umumiy multipleksorlash sxemasi. STM-N ning shakllanishi.....	180
5.3.5. SDH sinxron raqamli iyerarxiya qurilmalari.....	191
5.4. Sinxron raqamli iyerarxiyaning asosiy (bazaviy) topologiyalari.....	196
5.5. SDH tarmoqlarida sinxronizatsiya.....	204

6-BOB. TELEKOMMUNIKATSIYA UZATISH TIZIMLARIDA ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALARNI QO'LLASH

6.1. Abonent kirish tarmoqlari texnologiyalari ISDN, DSL, PON.....	214
6.2. Multiservis tarmoqlar.....	218
6.2.1. NGN — keyingi avlod tarmoqlari.....	219
6.3. Aloqa tarmoqlarida qo'llaniladigan zamonaviy texnologiyalar.....	221

6.3.1. WDM texnologiyalarining qo'llanilishi.....	221
6.3.2. DWDM texnologiyasi.....	228
6.3.3. CWDM texnologiyasi.....	231
6.4. Abonent tarmoqlarida qo'llaniladigan texnologiyalarning turlari (xDSL texnologiyasi sinflari, passiv optik texnologiya).....	234
6.5. Abonent tarmoqlarining passiv optik texnologiyalari.....	241

7-BOB. TELEKOMMUNIKATSIYA UZATISH TIZIMLARIDA TOLA OPTIK TIZIMLARNING QO'LLANILISHI

7.1. Optik aloqaga oid asosiy tushunchalar. Optik aloqa va tolali optik aloqa tizimlari.....	266
7.2. OA tizimlarining tuzilish prinsiplari.....	272
7.2.1. OA tizimlarining tasnifi. Raqamli va analog TOA tizimlari. Magistral, mintaqaviy va mahalliy TOA tizimlari.....	274
7.2.2. TOA liniyalarini zichlashtirish usullari.....	277
7.3. Optik yorug'lik uzatgichlar, ularning turlari.....	283
7.3.1. Optik tolaning tuzilishi.....	283
7.3.2. Optik tola bo'ylab yorug'lik nurining tarqalishi. Burchak aperturasi.....	285
7.3.3. Optik tola turlari va ularning tavsiflari.....	288
7.3.4. Optik tolaning asosiy parametrlari. So'nish.....	291
7.3.5. Tolaning xususiy va kabel yo'qotishlari.....	292
7.4. Foton texnologiyasi asosidagi telekommunikatsiyaning optik tarmoqlari.....	296

8-BOB. TELEKOMMUNIKATSIYA UZATISH TIZIMLARIGA TEXNIK XIZMAT KO'RSATISH

8.1. Asosiy tushuncha va ta'riflar.....	302
8.2. Obyektning ishonchlilik ko'rsatkichlari.....	306
8.3. Ishonchlilikni oshirish usuli.....	308
8.4. Uzatish tizimlariga texnik xizmat ko'rsatish.....	309
8.5. O'zbekiston Respublikasining telekommunikatsiya tarmog'i rivojlanish holati va istiqbollari.....	318
Xulosa.....	322
Ilovalar.....	325
Foydalanilgan adabiyotlar.....	395

SH 61 **Shin A. va boshq. Telekommunikatsiya uzatish tizimlari.** Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma — Toshkent: «ILM ZIYO», 2016. — 400 b.

UO'K 621.377.037.3(075)
KBK 32.949

ISBN 978-9943-16-213-6

AGRIPPINA VASILYEVNA SHIN, NODIR XODJAYEV

TELEKOMMUNIKATSIYA UZATISH TIZIMLARI

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

Toshkent — «ILM ZIYO» — 2016

Muharrir *T. Mirzayev*
Badiiy muharrir *M. Burxonov*
Texnik muharrir *F. Samadov*
Musahhih *Z. Gulomova*

Noshirlik litsenziyasi AI № 275, 15.07.2015-y.

2016-yil 9-fevralda chop etishga ruxsat berildi. Bichimi 60×90 ¹/₁₆.
«Tayms» harfida terilib, ofset usulida chop etildi. Bosma tabog'i 25,0.
Nashr tabog'i 23,0. 156 nusxa. Buyurtma № .

«ILM ZIYO» nashriyot uyi, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30-uy.

«PAPER MAX» xususiy korxonasida chop etildi.
Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30-uy.