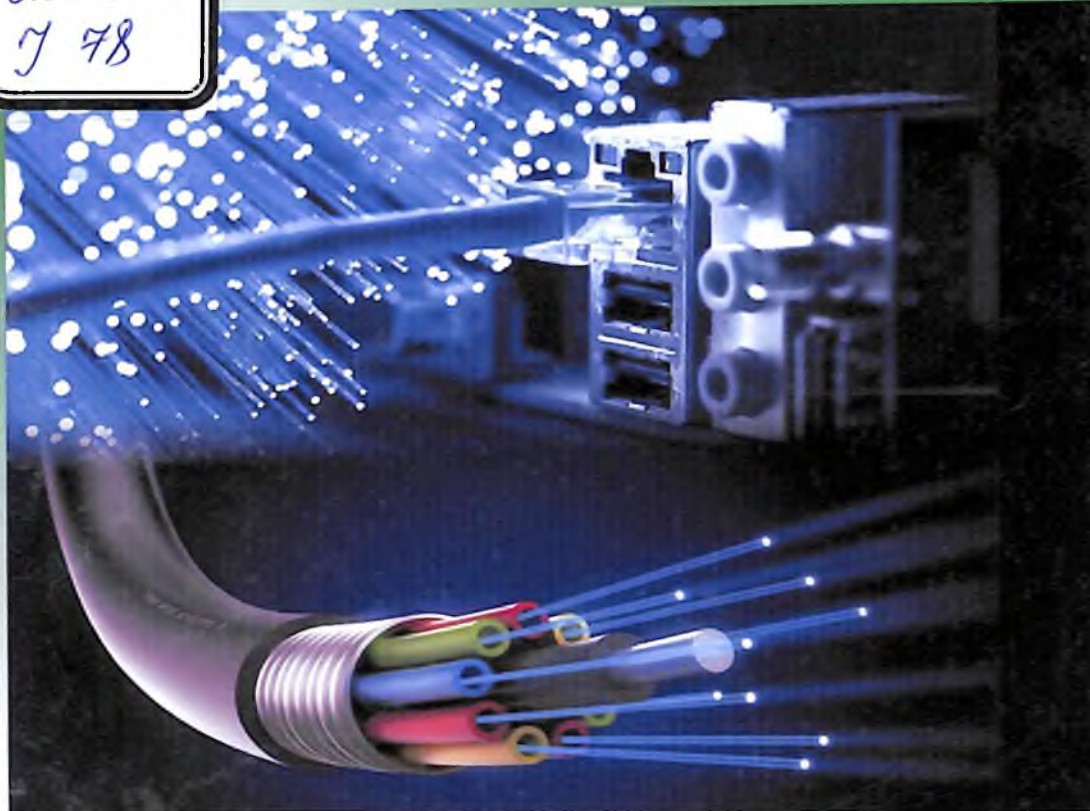


N.M. JO'RAYEV

621.391

7 78



**TOLALI OPTIK ALOQA TIZIMLARI
VA TARMOQLARIGA TEXNIK
XIZMAT KO'RSATISH**



521.391
700

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI AXBOROT TEXNOLOGIYALARI
VA KOMMUNIKASIYALARNI RIVOJLANTIRISH VAZIRLIGI

AL-NORAZMIY NOMIDAGI TOSHKENT AXBOROT
TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI

N.M. JO'RAYEV

TOLALI OPTIK ALOQA TIZIMLARI VA TARMOQLARIGA TEXNIK XIZMAT KO'RSATISH

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



Toshkent – 2017

UO‘K 621.391.31:666.189.21(075.8)

KBK 32.973.202ya73

J 96

N.M. Jo‘rayev. Tolali optik aloqa tizimlari va tarmoqlariga texnik xizmat ko‘rsatish. O‘quv qo‘llanma. T.: «Aloqachi». 2017, 278 bet.

ISBN 978–9943–5144–6–1

“Tolali optik aloqa tizimlari va tarmoqlariga texnik xizmat ko‘rsatish” o‘quv qo‘llanmasi Telekommunikatsiya texnologiyalari bakalavriatura ta‘lim yo‘nalishi talabalari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, “Optik aloqa tizimlari” fanini o‘zlashtirishda foydalanish mumkin.

O‘quv qo‘llanma ushbu fanning namunaviy o‘quv dasturida ko‘rsatilgan mavzular asosida tayyorlangan va 18 bobdan iborat, unda quyidagi mavzular bo‘yicha muhim nazariy va amaliy ma‘lumotlar keltirilgan. Optik aloqa asoslari, optik tolalar, optik aloqa tizimlarining aktiv va passiv elementlari, optik modulyatorlar, optik uzatgichlar va fotoqabul qilgichlar, tolali optik aloqa tizimlarining liniya trakti va liniya kodlari, regeneratrlar, optik kuchaytirgichlar, o‘lchov vositalari, to‘qin uzunligi bo‘yicha zichlashtirish texnologiyasi, abonent kirish optik tarmoqlari hamda ushbu tizimlarni loyihalashtirish va texnik ekspluatatsiya asoslari yoritib berilgan.

Har bir bobning so‘ngida o‘z-o‘zini tekshirish maqsadida nazorat savollari keltirilgan. Bundan tashqari o‘quv qo‘llanma kirish va foydalangan adabiyotlar ro‘yhatidan iborat.

UO‘K 621.391.31:666.189.21(075.8)

KBK 32.973.202ya73

J 96

Taqrizchi:

F.Yu.Polvonov – TATU Farg‘ona filiali dotsenti., t.f.n.

ISBN 978–9943–5144–6–1

© «Aloqachi» nashriyoti, 2017.

KIRISH

Yigirma birinchi asr – axborotlashgan jamiyat asri deb e'tirof etildi, ya'ni axborotning tez, sifatli aylanishini ta'minlash jahon taraqqiyoti va ravnaqining bosh mezoniga aylandi. Shu sababli axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasini jadal sur'atlar bilan rivojlantirish O'zbekiston iqtisodiyotida amalga oshirilayotgan tarkibiy o'zgarishlar hamda iqtisodiy islohotlarning bosh ustivor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu yo'nalish nafaqat Respublikani axborotlashgan jamiyatga aylantirish uchun xizmat qiladi, balki mamlakatni iqtisodiy rivojlangan davlatlar darajasiga ko'tarish uchun o'ziga xos yetakchi tarmoq rolini ham o'taydi.

Mustaqilligimizning dastlabki yillaridayoq O'zbekiston Respublikasining Birinchi Prezidenti I.A.Karimov “Biz yaqin yillar davomida aloqa va telekommunikatsiya sohasining rivojlanishi bo'yicha jahon standartlari darajasiga ko'tarilishimiz lozim. Rivojlangan kommunikatsiya tizimi bo'lmasa, O'zbekistonning kelajagi bo'lmaydi. Biz buni aniq his qilishimiz lozim”, deb ta'kidlab o'tgan edi.

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasini rivojlanishida tolali optik aloqa tizimlari muhim o'rin tutadi, ayniqsa, shahar bilan qishloq o'rtasidagi tafovutni kamaytirish, ya'ni qishloq aholisiga ham shaharlardagidan qolishmaydigan darajada telekommunikatsiya va internet xizmatlarini ko'rsatishda optik kabellardan foydalanish zaruriyati sezilmoqda. Shuning uchun Respublikamizda soha rivojiga jiddiy e'tibor qaratilib, qator hukumat qarorlari qabul qilindi.

Jumladan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining «O'zbekiston Respublikasining Milliy axborot-kommunikatsiya tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida» 2013-yil 27-iyundagi PQ-1989-sonli Qarori bilan “Respublika milliy axborot-kommunikatsiya tizimlarini 2013–2020-yillar mobaynida rivojlantirish kompleks dasturi” tasdiqlandi. Ushbu qaror bilan O'zbekiston Respublikasida 2013–2020-yillar mobaynida telekommunikatsiya texnologiyalari, tarmoqlari va infrastrukturasi rivojlantirish dasturi hamda «Elektron hukumat» axborot tizimi komplekslari va ma'lumotlar bazasini yaratish bo'yicha tadbirlar va loyihalar ro'yxati tasdiqlangan. Bundan tashqari, ushbu qaror bilan O'zbekiston Respublikasi Milliy axborot-kommunikatsiya tizimlarini 2013–2020-yillar mobaynida rivojlantirish kompleks dasturini amalga oshirishni muvofiqlashtiruvchi Respublika komissiyasi tashkil etildi.

O‘zbekiston Respublikasida 2013–2020-yillar mobaynida telekommunikatsiya texnologiyalari, tarmoqlari va infrastrukturasi rivojlantirish dasturida keng polosali optik tarmoqlarni kengaytirish, optik tolali aloqa liniyalarini qurish, BRAS qurilmalarini o‘rnatib, keng polosali tarmoq imkoniyatlarini kengaytirish, «UZMOBILE» mobil tarmog‘ini hududlarda rivojlantirish – 1-bosqich yuqori tezlikdagi internet xizmatlarini ko‘rsatish (EVDO texnologiyasi), «UZMOBILE» mobil tarmog‘ini hududlarda rivojlantirish – 2-bosqich yuqori tezlikdagi internet xizmatlarini ko‘rsatish (LTE texnologiyasi), 3G, 4G, LTE va boshqa mobil aloqa operatorlarini hisobga olgan holda mobil aloqa tarmoqlarini rivojlantirish, NGN texnologiyasi bo‘yicha kommunikatsiya qurilmalarini kengaytirish, kommutatsiya markazlarini modernizatsiyalash, paketli kommutatsiya halqaro markazlarini kengaytirish, O‘zbekiston Respublikasi magistral tarmoqlarining o‘tkazuvchanlik qobiliyatini kengaytirish, ma‘lumotlarni uzatish multiservis tarmoqlarini qurish, magistral optik tolali aloqa liniyalarini qurish, korporativ sektorga multimediali xizmatlarni ko‘rsatuvchi studiyalarni yaratish, axborot-ma‘lumot xizmatlari markazlarini yaratish (call-center), ma‘lumotlarni saqlash va qayta ishlash markazlarini yaratish «Data-sentr» (quyidagi shaharlarda: Toshkent, Qo‘qon, Buxoro), tez-tez foydalaniladigan ma‘lumotlarni saqlash markazlarini yaratish (keshlash markazlari), davlat va xo‘jalik boshqaruvi, mahalliy hokimiyat organlari korporativ va lokal-hisoblash tarmoqlarini yaratish va modernizatsiya qilish kabi vazifalar rejalashtirilgan.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh.Mirziyoyevning 2107-yil 7-fevral kuni “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida” gi farmonida Respublika hududlarida 2300 km optik tolali aloqa liniyalarini qurish, kommutatsiya markazlarini IMS texnologiyasi asosida modernizatsiya qilish, mobil aloqa operatorlarining 1843 ta baza stansiyalarini o‘rnatish, 66 ta yuqori quvvatli va 328 ta kam quvvatli raqamli televidenie uzatkichlarini o‘rnatish va ishga tushirish kabi vazifalar belgilangan.

Yuqorida ko‘rsatib o‘tilgan vazifalarni bajarish uchun soha mutaxassislari hamda “Telekommunikatsiya texnologiyalari” yo‘nalishi bo‘yicha tahsil olayotgan talabalar optik aloqa asoslarini mukammal bilishlari talab etiladi. Nazariy, amaliy bilim va ko‘nikmalarga ega bo‘lish uchun o‘quv-uslubiy ta‘minotning o‘rni muhim ahamiyatga ega. Optik aloqa tizimlari fanidan hozirgi kunda davlat tilidagi o‘quv adabiyotlar, ayniqsa, lotin alifbosidagi adabiyotlar etishmayotganligi

kuzatilmoqda. Ushbu kamchiliklarni bartaraf etish maqsadida “Tolali optik aloqa tizimlari va tarmoqlariga texnik xizmat ko‘rsatish” o‘quv qo‘llanmasi tayyorlandi.

O‘quv qo‘llanma kirish qismi va 18 bobdan iborat bo‘lib, unda asosan, quyidagi mavzular bo‘yicha muhim nazariy va amaliy ma’lumotlar berilgan. Jumladan, optik aloqa asoslari; optik tolalar; optik aloqa tizimlarining aktiv va passiv elementlari, nurlanish manbalari; optik modulyatorlar; optik uzatgichlar va fotoqabul qilgichlar; tolali optik aloqa tizimlarining liniya trakti, liniya kodlari; regeneratorlar va optik kuchaytirgichlar; to‘lqin uzunligi bo‘yicha zichlashtirish texnologiyasi; o‘lchov vositalari; tolali optik aloqa tizimlarini loyihalashtirish va texnik ekspluatatsiya asoslari bayon qilingan.

Optik aloqaning asosiy tushunchalari, tasnifi, aloqa tizimining tuzilishi, yorug‘lik nurining xususiyatlari, muhitda tarqalishi, nurning tushish, qaytish va sinish qonunlarining optik tolada amal qilish jarayonlari keng yoritilgan. Tolali optik aloqa tizimlarining rivojlanish tarixi, uning tarmoqlari, ma’lumotlarni uzatish va qabul qilishdagi afzalliklari, shuningdek, ayrim kamchiliklari, kamchiliklarni bartaraf qilish yo‘llari ko‘rsatib o‘tilgan.

Ushbu o‘quv qo‘llanma “Telekommunikatsiya texnologiyalari” bakalavriatura yo‘nalishi “Optik aloqa tizimlari” fanini o‘zlashtirish uchun mo‘ljallangan. Bundan tashqari, “Telekommunikatsiya tarmoqlari”, “Telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish asoslari”, “Keng polosali tarmoqlar”, “Keyingi avlod kanvergent tarmoqlar” va “Aloqa tizimlarini modellashtirish va simulyasiyalash” kabi fanlarini o‘zlashtirish uchun ham qo‘llanilishi mumkin.

“Tolali optik aloqa tizimlari va tarmoqlariga texnik xizmat ko‘rsatish” o‘quv qo‘llanmasi axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasida faoliyat olib borayotgan mutaxassislar va “Telekommunikatsiya texnologiyalari” yo‘nalishida ta’lim olayotgan talabalar uchun mo‘ljallangan.

1-BOB. OPTIK ALOQA TIZIMLARI. ASOSIY TA'RIF VA TUSHUNCHALAR

1.1. Asosiy ta'rif va tushunchalar. Optik aloqa tizimlarining tuzilish prinsiplari. Ochiq optik aloqa tizimlari va tolali optik aloqa tizimlari

Optik aloqa (OA) bu axborot yorug'lik nuri ko'rinishida optik tola bo'ylab yoki ochiq fazo atmosferada uzatiladigan aloqadir.

Optik to'lqin va signallar yordamida axborotlarni ma'lum masofalarga uzatishga mo'ljallangan, boshqacha qilib aytganda, optik signallarni shakllantirishni, qayta ishlashni, uzatishni ta'minlovchi optik qurilmalar va optik uzatish liniyasi yig'indisiga optik aloqa tizimi (OAT) deb ataladi.

Axborot tolali optik uzatish muhiti orqali uzatilsa, tolali optik aloqa (TOA) tizimi, ochiq atmosferada uzatilsa, ochiq optik aloqa (OOA) tizimi deyiladi.

Istalgan aloqa tizimining asosiy vazifasi axborotlarni bir punktdan boshqasiga uzatish hisoblanadi. Odatda, axborotlarni uzatish mos keluvchi axborot signallari bilan modulyatsiyalangan elektromagnit tebranishlar yordamida amalga oshiriladi. So'ng modulyatsiyalangan signal uzatish muhitida tarqaladi va qabul qiluvchi qurilmaga tushadi. Qabul qilgichda signal demodulyatsiyalanadi va axborotlar ajratib olinadi. Aloqa tizimlari ko'pincha elektromagnit tebranishlar, tashuvchi chastota signallari egallagan diapazon bilan tasniflanadi (1.1-rasm).

Spektral diapazonga mos holda radiodiapazon, o'ta yuqori chastota, millimetrli va optik diapazon tizimlari farqlanadi.

Optik aloqa tizimlarida tashuvchi chastota tebranishlari spektrning optik diapazonini egallaydi. Optik diapazon 5 TGs (100 mm) dan boshlanib, unga infraqizil, ko'rinuvchi va ultrabinafsha diapazonlar kiradi.

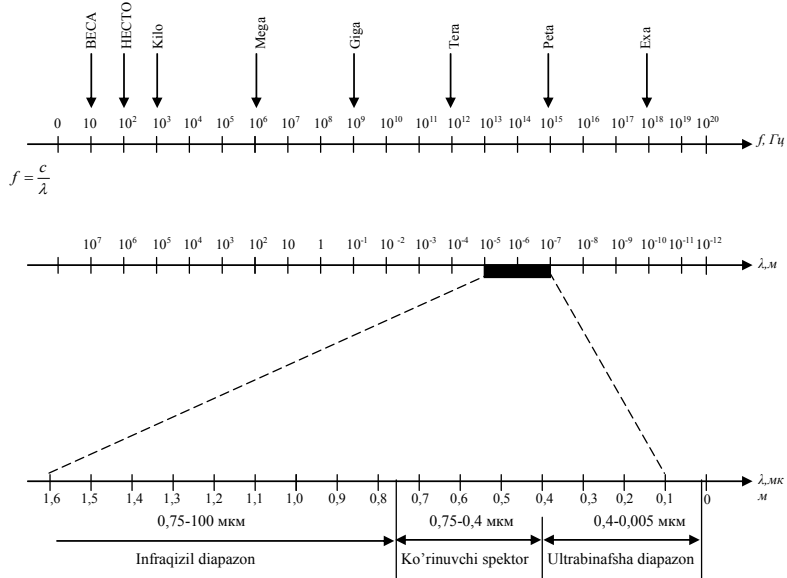
Infraqizil diapazon $3 \cdot 10^{12}$ dan $4 \cdot 10^{14}$ Gs doirasida joylashib, 100-0,75 mkm to'lqin uzunligiga mos keladi.

Ko'rinuvchi spektr $4 \cdot 10^{14}$ dan $0,75 \cdot 10^{15}$ Gs (0,75-0,4 mkm) sohani egallaydi. Demak, inson ko'zi 0,4-0,75 mkm spektrdagi nurlarga sezgir. Quyosh spektri 0,3 dan 1,5 mkm diapazonda joylashadi.

Tashuvchi chastotaning oshishi aloqa tizimining o'tkazish polosasini oshiradi.

OOA tizimlarida nurlanish manbalari elektromagnit to'lqinlarni

ochiq fazoga nurlantiradi, bunda nurlanishni tarqalish yoʻnalishi faqatgina antenaning yoʻnalish diagrammasi bilan aniqlanadi. OOA tizimlarining uzatuvchi muhiti oʻz navbatida uch turga boʻlinadi: atmosfera, kosmik va suv osti aloqa muhitlari.



1.1- rasm. Elektromagnit toʻlqinlar spektri.

Atmosfera OOA tizimlarida toʻlqinlarni tarqalish xarakteristikasi yetarli darajada ob-havo sharoitlariga bogʻliq. Atmosfera va suv osti uzatish muhitlarining fizik bir turda emasligi va ularning tarkibidagi begona zarrachalarni uzatilayotgan nurlanish toʻlqini bilan oʻzaro taʼsirda boʻlishidan elektromagnit toʻlqinlar buziladi. Zarracha oʻlchamlarining toʻlqin uzunligi bilan taqqoslanadigan darajada yoki katta boʻlishi 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. Toʻlqinlarni tarqalish yoʻnalishiga tushib qoladigan zarrachalar asosan, optik nurlanishni yutadi va sochadi. Bu omillarni taʼsir darajasi muhit turiga (suv osti, toza havo, turbulent atmosfera va boshqalar) bogʻliq. Bu tizimlarda buzilishlarni kamaytirish

va talab etiladigan ishonchlilikni ta'minlash uchun retranslyatsiya 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 ishonchligini 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:

$$Z_p = \frac{1}{4\pi L^2}. \quad (1.1)$$

Kosmik aloqa tizimlarini loyihalashtirishda asosiy masala bu 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 tizimi hisoblanadi. 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 nurlanishlarni tarqalish yo'lini tashkil etish uchun maxsus optik yorug'lik uzatgichlar-optik tolalar qo'llaniladi.

TOA tarmog'i bu tugunlar orasi optik aloqa liniyalari orqali bog'langan aloqa tarmog'idir.

Optik diapazonda axborotlarni uzatuvchi chastota polosasi radiodiapazonga qaraganda 10^5 marta katta. Bu optik aloqa tizimining eng muhim afzalligi bo'lib, katta hajmdagi axborotlarni qisqa vaqt ichida uzatish imkonini beradi. Bundan tashqari uzatgichning xamma quvvatini foydali elektromagnit nurlanishlarni uzatishga qaratish imkoniyati tashuvchi chastota o'sishi bilan ortadi. Shuningdek, yuqori tashuvchi chastotani qo'llash foydali signalning katta zichligiga olib keladi, o'z navbatida aloqa tizimining samaradorligi oshadi. Bu ikki xususiyat mutaxassislarining optik aloqa tizimlariga qiziqishlarini aniqlaydi.

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 televideniada, ovoz eshittirishlarini uzatishda, hisoblash texnikasida, transport vositalarida va boshqa sohalarda keng foydalanilmoqda.

Tolali optik aloqaning afzalliklari quyida keltirilgan:

O'tkazish oralig'ining kengligi. Bu tashuvchi chastotasining juda yuqoriligi $10^{14} - 10^{15}$ Gs bilan tushuntiriladi. Bitta optik tola bo'ylab sekundiga 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 retranslyatsiyasiz 100 km va undan uzoq masofalarga uzatish imkonini beradi.

Shovqin sathini 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 [1].

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 [2]. 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 0,1sm 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 [2].

Aloqaning maxfiyligi. Tolali optik kabellar radio to'lqin diapazonida umuman nur uzatmasligi sababli, undan uzatilayotgan axborotni uzatib-qabul qilishni buzmasdan ruhsatsiz tashqi ulanishlarda eshitish juda qiyin. Optik aloqa liniyasining monitoring tizimi (uzluksiz nazorat) tolaning yuqori sezgirlik xususiyatini qo'llab, darhol ruhsatsiz tashqaridan eshitalayotgan aloqa kanalini o'chirishi va xavf (trevoga) signalini uzatishi mumkin.

Tarqaluvchi optik signallarning interferensiya effektini qo'llovchi tizimlar tebranishlarga, bosimni ozgina 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 [1].

Yong'indan himoyalanganligi. Optik tolada uchqun hosil bo'lmasligi kimyoviy, neftni qayta ishlovchi korxonalarda, portlash va yong'in xavfi mavjud bo'lgan binolarda xavfsizlikni oshiradi.

Iqtisodiy jihatdan samaradorligi. Optik tola kvardsdan ishlab chiqariladi. Uning asosini tabiatda keng tarqalgan kremniy ikki oksidi SiO₂ tashkil etadi. Demak, tolali optik kabellarni ishlab chiqarish uchun noyob rangli metal sarflanmaydi. Mis va qo'rg'oshinning dunyoviy zaxiralari chegaralangan hozirgi vaqtda noyob bo'lmagan maxsulotga 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 retranslyatsiyasiz uzatish imkonini beradi. Uzoq masofali TOA liniyalarida optik kabellarning qo'llanilishi retranslyatorlar sonini qisqarishiga olib keladi. Buning natijasida ham sarf harajatlar kamayadi.

Foydalanish muddatining uzoqligi. Tola vaqt o'tgan sari eskiradi, ya'ni yotkazilgan kabellarda so'nish asta sekin oshib boradi. Biroq optik tola ishlab chiqarishning zamonaviy 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 xollarda 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 [1].

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 moddali 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 qutblanishini 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 manbalariga ham nurlanish spektrining tozaligiga, nurlanish xarakteristikalarining barqarorligiga yuqori talablar qo'yiladi.

Tezligi 100 Mbit/s gacha bo'lgan va aloqa masofasi chegaralangan (tahminan 10 km gacha) tizimlarda nisbatan arzon va oxirgi qurilmalar bilan oson moslashadigan ko'p modali kabellardan foydalangan ma'qul. Bunda nurlanish manbai 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 etmaganligi 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 qimmat va xizmat qilish muddati chegaralangan. Shuningdek,

passiv optik qurilmalarni (multipleksor, kommutator, attenyuator va boshqalar) ishlab chiqarish ham katta sarf-harajatlarga 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;

- **tashqari tolani maxsus himoyalash zaruriyati.** Mikroyoriq-larda signallarni yo'qolmasligi uchun tolani ortiqcha yuklash va bukilishlardan himoyalash kerak. Maxsus himoyalashni tashkil etish, ishonchlilikni oshirish maqsadida optik tolani ishlab chiqarish jarayonida tola epoksiakrilad asosidagi maxsus lak bilan qoplanadi. Bundan kabel maxsus po'lat tross va shisha plastik sterjenlar hisobiga yanada mustahkamlanishi mumkin [1].

Bularning barchasi tolali optik kabel narxini oshiradi. Bu kamchiliklar TOA texnologiyasining kelgusi rivojlanishida qisman yoki to'liq bartaraf etiladi.

Tolali optik aloqa tizimlarining tuzilishi, ish prinsipi

OA tizimlarida axborotlarni yorug'lik yoki optik signallar ko'rinishida uzatish va qayta ishlash amalga oshiriladi. OA tizimlari uchun yorug'lik nurlanishi va to'lqin uzunligi turini tanlash uzatilayotgan axborot xarakteriga, shuningdek, nurlanish hosil qilish imkoniyalariga, undan signal shakllanishiga, yorug'lik to'lqinini uzatish va qayta ishlashga va nihoyat, axborotga ega signalni qabul qilishga bog'liq.

Sxema OA tizimining turlari TOA va OOA tizimlariga xos standart qurilmalardan (elementlardan) tashkil topgan.

OA tizimining umumlashgan tuzilish sxemasi tarkibiga quyidagi texnik vositalar kiradi:

1) Uzatish traktining kanal hosil qiluvchi uskuna (KHQU), u standart o'tkazish polosali yoki uzatish tezlikli aniq tipli kanal yoki tipli guruhli traktlar sonini shakllanishini ta'minlaydi.

2) Traktning muvofiqlashtiruvchi qurilmasi (MvQ), u KHQU chiqishidagi ko'p kanalli signal parametrlarini optik uzatgich parametrlari bilan muvofiqlashtirish uchun zarur.

3) Optik uzatgich (OUz), elektr signalini optik signalga aylantirishni ta'minlaydi.

OA tizimining umumlashgan tuzilish sxemasi 1.2-rasmda keltirilgan.

Ouz tarkibiga quyidagilar kiradi:

1. Optik nurlanish manbayi (ONM), u optik tashuvchiga ega bo'lib, optik tashuvchining bir yoki bir necha parametrlari MvQ dan tushgan ko'p kanalli elektr signali bilan modulyatsiyalanadi.

2. Moslashtiruvchi qurilma (MQ), u optik nurlanishni optik uzatish muhitiga minimal mumkin bo'lgan yo'qotishlar bilan kiritish vazifasini bajaradi.

3. Optik nurlanish manbai va moslashtiruvchi qurilma uzatuvchi optik modul (UzOM) deb ataladigan bitta blokka kiradi.

4. Optik uzatish muhiti (OUM), optik nurlanishni uzatish vazifasini bajaradi; OOA tizimida bu atmosfera, kosmik va suv osti aloqa muhitlari bo'lishi mumkin, TOA tizimida esa optik toladir.

5. Optik retranslyator (OR), signalning optik uzatish muhiti bo'ylab tarqalgandagi so'nishini kompensatsiya qiladi va turli buzilishlarni korreksiyalaydi; optik retranslyatorlar xizmat ko'rsatadigan va xizmat ko'rsatmaydigan bo'lishi mumkin, ular retranslyatsiya uchastkalari deb ataladigan ma'lum masofalar oralig'ida o'rnatiladi; optik retranslyatorlarda optik signalni elektr signalga aylantirish yo'li bilan elektr signalni qayta ishlash (kuchaytirish, korreksiyalash, regeneratsiyalash va b.q.) amalga oshiriladi, so'ng bu regeneratsiyalangan elektr signal qaytadan optik signalga aylantiriladi; optik retranslyatorlarda shuningdek, optik signallar ham qayta ishlanadi, ya'ni optik kvant kuchaytirgichlar yordamida kuchaytiriladi.

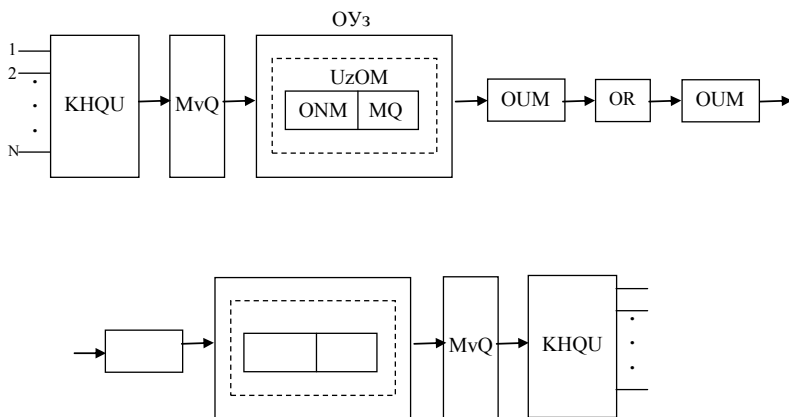
6. Optik qabul qilgich (OQq), optik nurlanishni qabul qilish va elektr signalga aylantirishni ta'minlaydi, optik qabul qilgich moslashtiruvchi qurilma (MQ) va optik nurlanish qabul qilgichi (ONQq) dan iborat; moslashtiruvchi qurilma optik nurlanishni uzatuvchi muhitdan minimal yo'qotishlar bilan qabul qilish uchun kerak; moslashtiruvchi qurilma va optik nurlanish qabul qilgichi qabul qiluvchi optik modul (QqOM) ni tashkil etadi.

7. Qabul qilish qurilmasining muvofiqlashtiruvchikurilmasi (MvQ), u QqOM chiqishida signalni KHQUga mos keluvchi ko'p kanalli signalga aylantiradi.

8. Qabul qilish traktining kanal hosil qiluvchi uskunasi (KHQU), teskari aylantirish, ko'p kanalli signalni alohida tipli kanal va trakt signallariga ajratishni amalga oshiradi.

OA tizimida optik tashuvchini ko'p kanalli elektr signal bilan

modulyatsiyalash uchun chastota modulyatsiyasi (CHM), faza modulyatsiyasi (FM), amplituda modulyatsiyasi (AM), qutblangan modulyatsiya (QM), intensivlik bo'yicha modulyatsiyalash va modulyatsiyaning boshqa turlarini qo'llash mumkin. Optik nurlanishning intensivlik bo'yicha modulyatsiyalash turi ko'proq qo'llaniladi. Bunga sabab, modulyatsiyaning bu turi keng chastota diapazonida oddiy texnik qurilmalar yarim o'tkazgich nurlanish manbalari (yorug'lik diodi, lazer diodlar) uchun bajariladi. Yarim o'tkazgich manbaning nurlanish intensivligini boshqarish uchun modulyatsiyalaydigan elektr signal bilan mos holda injeksiya tokini o'zgartirish etarlidir. Bu tok kuchaytirgich ko'rinishidagi elektron sxema yordamida oson amalga oshiriladi. Optik nurlanishning intensivlik bo'yicha modulyatsiyasi teskari jarayon optik signalni elektr signaliga aylanish masalasini yengillashtiradi. Darhaqiqat, fotoqabul qilgich tarkibiga kiruvchi fotodetektor kvadratik asbob hisoblanib, uning chiqishidagi tok optik maydon amplitudasining kvadratiga proporsional.



1.2 -rasm. OA tizimining umumlashgan tuzilish sxemasi:

- a) OUz – OA tizimi uzatish traktining tuzilish sxemasi;
- b) OQq – OA tizimi qabul qilish traktining tuzilish sxemasi.

Intensivlik bo'yicha modulyatsiyalangan 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.

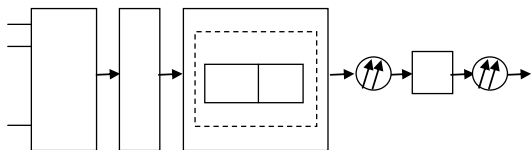
OOA tizimining uzatuvchi muhitlari yuqorida aytib o‘tilgandek atmosfera, kosmik va suv osti aloqa muhitlari bo‘lishi mumkin.

Kosmik aloqa tizimlarini loyihalashtirishda asosiy masala bu uzatish va qabul qilish antennalarining o‘lchamlarini mos ravishda to‘g‘ri tanlash orqali yo‘qotishlarni bartaraf etish hisoblanadi.

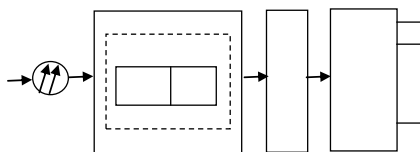
OOA tizimlarining uzatish va qabul qilish antennalarini aniq yo‘naltirishga qaratilgan yuqori talablar, optik nurlanish manbalarining foydali ish koeffitsiyentining kichikligi, qabul qilishda shovqin sathining yuqoriligi, atmosfera xarakteristikalarining aloqa sifatiga ta‘siri kabi bir qator kamchiliklari sababli ular telekommunikatsiya tarmoqlari va umumiy foydalanish tizimlarida qo‘llanilmayapti.

Tolali optik aloqa tizimining tuzilishi

TOA tizimining tuzilish sxemasi (1.3-rasm) ham OA tizimiga xos standart qurilmalardan iborat. Faqatgina optik signallarni tarqalishini ta‘minlash uchun uzatish muhiti sifatida optik kabel tolasi ishlatiladi.



a) TOA tizimi uzatish traktining tuzilish sxemasi



b) TOA tizimi qabul qilish traktining tuzilish sxemasi

1.3-rasm. TOA tizimining tuzilish sxemasi.

TOA tizimining tuzilish sxemasi tarkibiga quyidagilar kiradi:
 KHQU – kanal hosil qiluvchi uskuna;
 MvQ – muvofiqshtiruvchi qurilma;
 OUz – optik uzatgich;

ONM - optik nurlanish manbai;
MQ – moslashtiruvchi qurilma;
UzOM – uzatuvchi optik modul;
OT – optik tola;
OR – optik retranslyator;
OQq – optik qabul qilgich;
QqOM – qabul qiluvchi optik modul;
ONQq – optik nurlanish qabul qilgich.

Hozirgi kunda OA ning 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 OA da qo‘llanilishi chegaralangan.

Tolali optik aloqa tizimlari: pleziokron ierarxiyaning aloqa tizimlari, sinxron raqamli ierarxiyaning optik aloqa tizimlari

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 hisoblangan. Bunday 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 holdabu oqimning tezligi 1544 kbit/s ga etdi. U keyingi standartlashga asoslangan holda, oldin AQSHda raqamli telefonlashtirish tizimlari uchun multipleksorlashning birinchi sathi deb qabul qilingan va mashhur *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 EHMLarning uchinchi avlodini (IBM System 360, 1963 god) 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 keng tarqalishiga olib keldi, shuningdek, 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 beri shaxsiy kompyuterlar tarmog'iga birlashish uchun qo'llanilib kelinmoqda. Aloqa tarmoqlarini boshqarish bo'yicha yuqori 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 oxirgi paytgacha rivojlandi. Global tarmoq texnologiyalari asosan ovozni uzatish uchun qo'llaniladigan raqamli telefon tarmoqlarini rivojlantirishga yo'naltirildi. Lokal tarmoq texnologiyalari—uning teskarisi, asosan ma'lumotlarni uzatish uchun qo'llanildi.

Raqamli telefon tarmoqlarining rivojlanishi kanallarni liniya bo'yicha zichlashtirish bo'yicha ketdi. BuT1 past tezlikli birlamchi kanallarni multipleksorlash hisobiga amalga oshgani kabi, anchagina samarali bo'lgan modulyatsiyalash 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 standartlashgan: DS2 yoki T2/E2, DS3 yoki TZ/EZ, DS4 yoki T4/E4.turli sathlarga ega (davlatlarning turli guruhlar uchun) uchta raqamli ierarxiyani yuzaga keltirdi. **Pleziaxron**(xuddi sinxron kabi) deb atalgan, PDH (PRI) raqamli ierarxiya keng qo'llanildi va hozirgacha raqamli telefonlashtirishdagi kabi ma'lumotlarni uzatishda ham qo'llanilib kelinmoqda.

Oxirgi yillarda, PDH asosidagi tezlikli telekommunikatsiya texnologiyalarining rivojlanishi, yetarli darajada yangi bo'lgan ikkita raqamli texnologiyalar: **sinxron optik tarmoqlar SONET** va **sinxron raqamli ierarxiya SDH**ni paydo bo'lishiga olib keldi, buuzatish tezligining diapazonini 40 Gbit/s gacha kengaytirish imkonini beradi. Bu texnologiyaning uzatish muhiti sifatida tolali optik kabellarni qo'llash mo'ljallangan.

SDH tizimlari shunchalik tez rivojlandiki, oxirgi yillarda ularning nafaqat namenklaturasi, balki tarmoqni himoyalashni tashkillashtirishda bir qator yondashishlar va ularni WDM texnologiyasi asosida optik tarmoqlar bilan o'zaro bog'lanishi ham o'zgarib boshladi.

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

Va nihoyat oxirgi yillarda SDH/WDM tarmoqlarida optik funksional elementlar: optik kuchaytirgichlar, kirish-chiqishli optik multipleksorlar, optik modulyatorlar, optik kommutatorlar va marshrutizatorlar keng qo'llanila boshladi. Bunday texnologiyalarni 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, ularni analog uzatish tizimlariga nisbatan juda ko'p afzalliklari bilan bog'liq ekan, masalan: yuqori shovqinbardoshlik, signalni uzatish sifatining aloqa liniyasi uzanligiga kam bog'liqligi, aloqa kanallarining elektrik parametrlarini mo'tadilligi, diskret xabarlarini uzatishda o'tkazuvchanlik qobiliyatidan samarali foydalanish va hokazolar.

Nazorat savollari

1. Optik aloqa va uzatish tizimi deb nimaga aytiladi?
2. Optik signallarning qanday xususiyatlarini bilasiz?
3. Optik aloqani qo'llanish sohasini tushuntiring.
4. OA tizimlari elektrik tizimlardan qanday xususiyatlari bilan farqlanadi?
5. OA tizimlarining tuzilish prinsipini tushuntiring.
6. TOA tizimlari qanday tuzilgan?
7. Optik tarmoqlarda qanday optik uzatish tizimlaridan foydalaniladi?

2-BOB. OPTIK ALOQA TIZIMLARINING TASNIFI

2.1. Optik aloqa tizimlarining tasnifi. Raqamli va analog tolali optik aloqa tizimlari. Halqaro, magistral, regional, mahalliy va abonent ulanish optik aloqa tizimlari

Qoʻllaniladigan modulyatsiya turiga koʻra tolali optik aloqa (TOA) tizimlari analog va raqamli boʻlinadi.

Analog TOA tizimlarida modulyatsiyaning analog usullari: intensivlik boʻyicha modulyatsiyalash, amplituda, chastota va faza modulyatsiyasi turlari koʻllaniladi. Optik nurlanish manbalarining yuqori noxizizqliligi va analog uzatish uchun talab etiladigan shovqin bardoshlilikni taʼminlash texnik murakkabligi sababli analog TOA tizimlaridan foydalanish chegaralangan. Shunga qaramay bir qator sohalarda qoʻllaniladi (optik kabelli televidenie, telemetriya, operativ va xizmat aloqa tizimlarida).

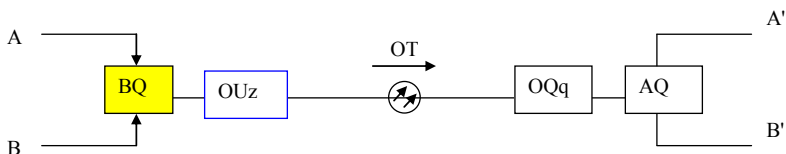
Raqamli TOA tizimlarida modulyatsiyalashning diskret usullaridan foydalaniladi. Bunda signal tashuvchining biron-bir parametri diskret oʻzgaradi, yaʼni boshlangʻich parametrlarning qiymatlar sohasi kvantlash sathlariga boʻlinadi, har bir kvantlash sathiga mos ravishda aniq diskret signal qoʻyiladi.

Signallarni uzatish masofasi va vazifasi koʻra TOA tizimlari magistral, mintaqaviy, mahalliy-shahar va qishloq aloqa tizimlariga boʻlinadi. Magistral TOA tizimlari signallarni 1000 km ga, zona TOA tizimlari signallarning 600 km ga uzatish, shahar TOA tizimlari shahar telefon tarmogʻining bogʻlovchi liniyalarini zichlashtirish uchun xizmat qiladi.

Tolali optik aloqa tizimlarining optik kanallarini zichlashtirish usullari

TOAT liniyalarini quyidagi zichlashtirish usullari mavjud: vaqt, chastota va toʻlqin uzunligi boʻyicha.

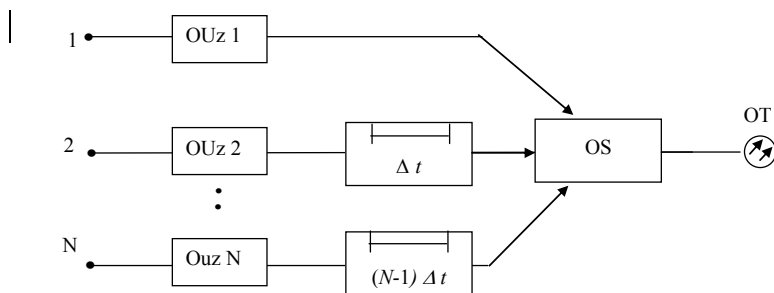
Vaqt boʻyicha zichlashtirish. Bu usulda bir necha informatsion oqimlarni bitta oqimga birlashtirish nazarda tutiladi. Birlashtirish elektrik signallar va optik signallar darajasida amalga oshirilishi mumkin. Elektrik signallar darajasida vaqt boʻyicha zichlashtirilgan TOAT liniya traktining tuzilish sxemasi 2.1-rasmda koʻrsatilgan .



2.1-rasm. Elektrik signallar darajasida vaqt bo'yicha zichlashtirilgan TOA tizimining liniya trakti.

A va V kirishdan tushayotgan elektr signallarning ikki qism impulslari (N manba bo'lishi mumkin) birlashtiruvchi qurilma (BQ) yordamida vaqt bo'yicha aniq ketma-ketlikka ega guruhli signalga birlashtiriladi. Guruhli signal optik uzatgich OUzda optik tashuvchini modulyatsiyalaydi. 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^1 va V^1 chiqishlariga beriladigan impulslarga ajratiladi.

Optik va raqamli oqimlarni birlashtirish sxemasi 2.2-rasmda ko'rsatilgan.



2.2-rasm. Optik signallar darajasida vaqt bo'yicha zichlashtirilgan TOA tizimining liniya trakti.

N manbadan elektr raqamli oqimlar N optik uzatgich OUzga tushadi. OUzda elektr signallar optik signallarga o'zgartiriladi. Optik signallarni birlashtirishdan oldin ularni $\Delta t; 2\Delta t; 3\Delta t; \dots (N-1)\Delta t$ ga kechikishi ro'y beradi. Bunday kechikishdan keyin optik siljtgich (OS) chiqishida optik impulslar ketma-ketligiga ega bo'lamiz. Qabyl qilishda bunga teskari jarayon amalga oshiriladi.

Vaqt bo'yicha zichlashtirishda qisqa (10^{-9} S va undan kichik) yorug'lik impulslarini uzatish talab etiladi. Lekin subnanosekundli impulsni uzatish TOAT uzatib qabul qiluvchi apparaturalarining optoelektron qurilmalarining oxirgi imkoniyatiga yaqin bo'lgan tezkorligiga juda yuqori talablar qo'yadi. Bundan tashqari optik tolaniq dispersiya xususiyatlari tufayli uzatish tezligi, o'tkazish oralig'i ham chegaralangan.

Vaqt bo'yicha zichlashtirishning asosiy afzalligi bu OT o'tkazish qobiliyatidan samarali 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 modulyatsiyalashda yarim o'tkazgich lazerlarning nurlanish liniyalarining nostabilligi qo'shni kanallarning ishchi to'lqin uzunliklari orasida spektr bo'yicha oraliqlarini informatsion signal oraliqlaridan bir necha marta oshib ketishiga olib keladi. Shuning uchun TOA tizimida spektral yaqin joylashgan kanallarni hosil qilish uchun turli manbalarning turli tashuvchilaridan emas, balki optik tashuvchilarni surish yordamida bitta manbaning turli tashuvchilaridan foydalaniladi.

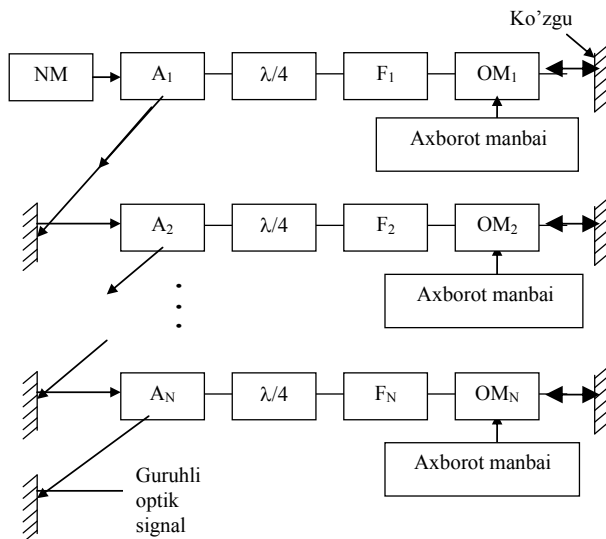
Guruhli signallarni shakllanish sxemasi 2.3-rasmda tasvirlangan.

Qator f_1, f_2, \dots, f_n tashuvchilardan iborat optik nurlanishlar lazer nurlanish manbai (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 f_1 optik tashuvchisini OM_1 optik modulyatoriga o'tkazadi va bu yerda u axborot manбайдan berilgan signal bilan modulyatsiyalanadi.

f_1, f_2, \dots, f_n (f_1 , dan tashqari) chastotali optik nurlanish filtdan 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 modulyatorida informatsion signal bilan modulyatsiyalangan birinchi kanalning optik tashuvchisi ko'zgdan 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.

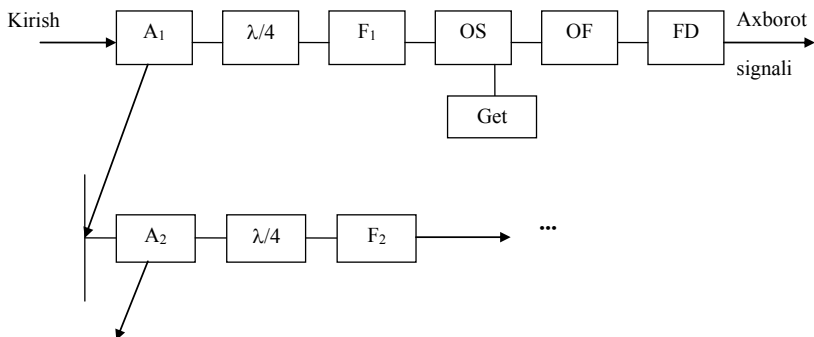


2.3-rasm Chastota bo'yicha (geterodinli) zichlashtirishda guruhli optik signallarning shakllanish sxemasi.

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 f_2 chastotali optik nurlanish modulyatsiyalanadi. Shu tarzda optik liniya traktida uzatiladigan optik guruhli signal shakllanadi.

Qator modulyatsiyalangan optik tashuvchilardan iborat qabul qilinadigan optik guruhli signal, A_1 analizatorga kelib tushadi, so'ng esa chorak to'liqini $\lambda/4$ prizma va birinchi kanalning F_1 filtri orqali o'tgach optik siljitgichga (OS) beriladi (2.4-rasm), F_1 filtri f_1 chastotali optik signallarni o'tkazadi, boshqa chastotali signallar aks etib, A_2 ga kelib tushadi. f_1 chastotali modulyatsiyalangan optik tashuvchi OS da ko'payadi, so'ng f_{or} oraliq chastota OF oraliq filtri yordamida ajratib olinadi va FD fotodetektorga beriladi. FD chiqishida elektr axborot signali shakllanadi. Shu tarzda boshqa signallarni qabul qilish amalga oshiriladi.

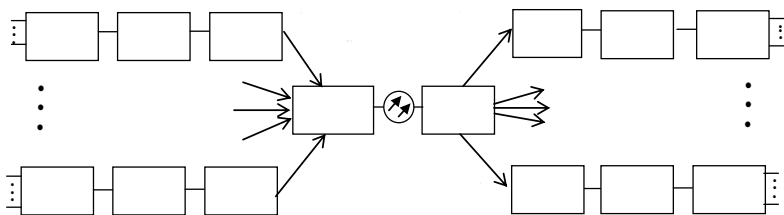
Chastota bo'yicha zichlashtirish usulining afzalligi shundaki, signallarni bunday qabul qilish hisobiga regeneratsiyalash uchastkasi uzunligi 200 km gacha uzayadi va optik tolaning o'tkazish qobiliyatidan samarali foydalanish koeffitsiyenti ortadi.



2.4-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 TOATni murakkablashtiradi va narxini oshiradi.

To'liq uzunligi bo'yicha zichlashtirish. Optik tolaning o'tkazish qobiliyatidan samarali foydalanish koeffitsiyentini oshirishning istiqbolli yo'nalishlaridan biri to'liq uzunligi bo'yicha zichlashtirishdir. To'liq uzunligi bo'yicha zichlashtirish usuli 2.5-rasmda tasvirlangan.



2.5-rasm. To'liq uzunligi bo'yicha zichlashtirish usuli.

Bunda liniya kabelidagi bir optik tola orqali ko'plab axborotlarni uzatish hisobiga sezilarli darajada iqtisodiy samaradorlikka erishiladi. Bundan tashqari, bu usul qo'shimcha qurilish ishlarisiz tarmoq rivojlanishini ta'minlash, shuningdek, tarmoqlangan daraxtsimon va

halqali tarmoqlarni tuzish imkonini beradi. Bunda har xil tezlikli, raqamli va analog turli modulyatsiyali (telefon, televidenie, telemektriya, 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 bir muncha 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.

To'lqin uzunligi bo'yicha zichlashtirilgan TOA tizimlarida so'nish va dispersiya qiymatlari kichik bir modali optik tolalardan, quvvati yuqori lazer nurlanish manbalaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Foydalaniladigan bir modali optik tola 1,5...1,6 mkm to'lqin uzunligida ishlashi va kvars shishasidan tayyorlangan bo'lishi kerak.

To'lqin uzunligi bo'yicha zichlashtirilgan TOATda uzatishda optik kanallarni birlashtirish uchun optik multipleksor va qabul qilishda optik kanallarni ajratish uchun optik demultipleksor ishlatiladi.

Optik multipleksor va demultipleksorlar spektral sezgir bo'lib, selektiv hisoblanadi, ya'ni ularning xarakteristikalari optik to'lqin uzunligiga bog'liq.

Nazorat savollari

1. OA tizimlari qanday tasniflanadi?
2. TOAT liniyalarini qanday asosiy zichlashtirish usullarni bilasiz?
3. TOAT liniyalarini vaqt bo'yicha zichlashtirish usulini tushuntiring.
4. TOAT liniyalarini chastota bo'yicha zichlashtirish usulini tushuntiring.
5. To'lqin uzunligi bo'yicha zichlashtirish usulini tushuntiring.
6. TOAT liniyalarini zichlashtirish usullaridan qaysi biri maksimal axborot sig'imiga ega?

3-BOB. OPTIK TOLA BO‘YLAB SIGNALLARNI TARQALISHI VA OPTIK TOLA TURLARI. OPTIK TOLANING ASOSIY UZATISH PARAMETRLARI

3.1. Optik tola bo‘ylab signallarni tarqalish xususiyatlari

Tolali optik aloqa tizimida optik tebranishlarning tarqalishini chegaralovchi va yorug‘lik energiyasi oqimini berilgan yo‘nalishda yo‘naltiruvchi, uzatish va qabul qilish traktlarini bog‘lab turuvchi muhit optik tola deyiladi.

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 nuri tarqaladi.

yorug‘lik nurining faqatgina o‘zak bo‘ylab tarqalishini ta‘minlash uchun

$$n_1 > n_2,$$

shart bajarilishi kerak. Mos ravishda bu yerda:

n_1 -o‘zakning sindirish ko‘rsatkichi,
 n_2 , -qobiqlarning sindirish ko‘rsatkichlari.

Sindirish ko‘rsatkichi n , yorug‘likning vakumdagi tezligini (s) materialdagi yorug‘lik tezligiga (s_m) nisbati orqali ifodalanadi:

$$n = s / s_m.$$

Turli moddalardan yorug‘lik turli tezliklarda tarqaladi. OT uchun asosiy material juda toza va tiniq *kvars shishasi, kremniy ikki oksidi* (SiO_2) hisoblanadi.

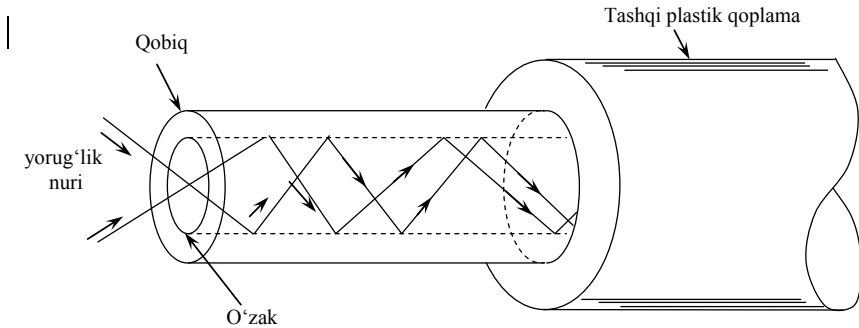
Agar dengiz suvi shunchalik tiniq bo‘lganda, u holda Tinch okeanida joylashgan 33,177 futli Mariana cho‘kmasining eng chuqur joyini ko‘rish mumkin bo‘lardi [2].

Turli materiallarning sindirish ko'rsatkichlari

Materiallar nomi	Sindirish ko'rsatkichlari, n	yorug'likning turli materiallardagi tezligi, s_m km/sek.
Vakuum	1,0	300 000
Havo	1,0003(1)	300 000
Suv	1,33	225 000
Kvars	1,46	205 000
SHisha	1,5	200 000
Olmos	2,5	120 000

O'zak va qobiqning kerakli sindirish ko'rsatkichlarini olish uchun kvars shishasiga qo'shimchalar qo'shiladi. Masalan, germaniy va fosfor sindirish ko'rsatkichini oshiradi, bor va fluor esa aksincha uni kamaytiradi.

Tolaning qo'shimcha qobiqlari himoya qobig'i hisoblanadi. 3.1-rasmda tashqi plastik qoplama ko'rsatilgan [14]. Tashqi plastik qoplama optik tolaning xususiyatlariga ta'sir etuvchi mexanik va atrof-muhit ta'sirlaridan uni himoya qiladi.



3.1-rasm. Optik tolaning tuzilishi.

3.1.1. Yorug'likning sinish jarayoni

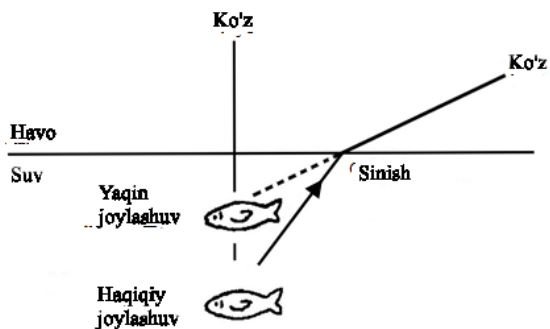
Optika qonuniyatlari yorug'lik nurining to'g'ri chiziqli tarqalishiga, tola muhiti bilan o'zaro ta'sirlashuviga va izotropik xususiyatiga –

muhitda barcha yoʻnalishlarda yorugʻlikning bir xil tarqalishiga (shisha bir turdagi va izotropi muhit hisoblanadi) asoslangan. Bu qonuniyatlarga **yorugʻlikning qaytish/sinish qonunlari** va ularga asoslangan hodisalar taʼlluqli.

yorugʻlik bir materialdan boshqasiga oʻtganda uning tarqalish tezligi oʻzgaradi, yaʼni toʻlqin nazariyasi nuqtaidan bu xarakat yoʻnalishining oʻzgarishiga olib keladi. Bu hodisa – yorugʻlikning toʻgʻri yoʻnalishdan ogʻishi **sinish** deb ataladi.

Sinish hodisasini misollarda koʻrib chiqamiz.

Sinish hodisasiga baliq ovlashda ham duch kelinadi. Suv ostidagi baliqni koʻrganimizda, uning haqiqiy joylashuvini emas, balki unga yaqin joylashuvini koʻramiz (3.2-rasm).



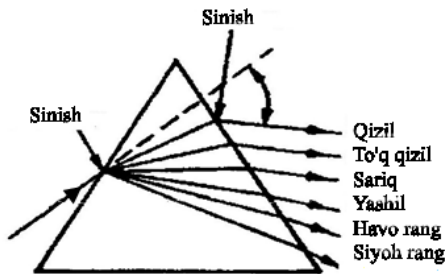
3.2-rasm. Yorugʻlikning sinishi.

Agar baliqqa pastga vertikal qarasak, yorugʻlikning sinishi roʻy bermaydi va baliqning asl joylashgan joyini koʻramiz. Agar unga burchak ostidan qarasak, sinish hisobiga asl joylashgan joyini koʻrmaymiz, bunda baliq nazarimizdagi koʻrinishdan chuqurroqda joylashgan boʻladi [2].

Sinish hodisasini prizmada ham koʻrish mumkin (3.3-rasm).

Prizmaga oq yorugʻlik tushirilganda, prizma bu yorugʻlikni sindiradi va kamalakning turli ranglariga ajraladi. Qizil rang eng kuchli ogʻadi va kichik tarqalish tezligiga ega. Sinish prizma kirishida boʻlganidek, chiqishida ham hosil boʻladi [2].

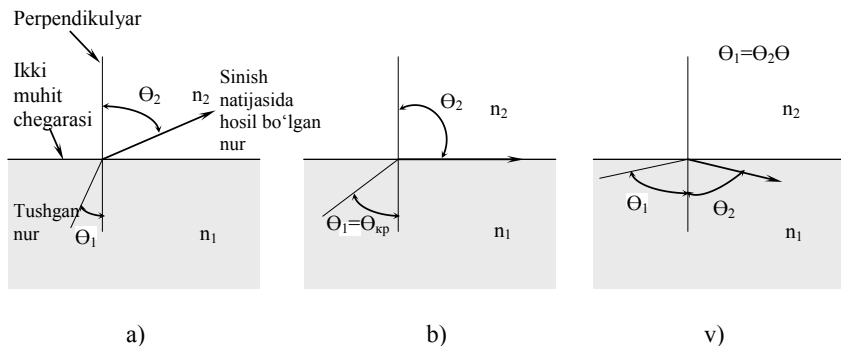
Optik toladan signallarning uzatilishida ham yuqorida koʻrib chiqilgan sinish hodisasi roʻy beradi. Bu quyida batafsil tushintirilgan.



3.3-rasm. Prizmada yorug'likning sinishi.

3.1.2. To'liq ichki qaytish

yorug'lik nuri sindirish ko'rsatkichi katta muhitdan sindirish ko'rsatkichi kichik muhitga o'tganda, ikki muhit chegarasida nur 3.4-rasmدا tasvirlangandek perpendikulyardan og'adi. Tushish burchagi Θ_1 kichik bo'lganda (3.4,a-rasm) singan nur to'liq qobiqqa o'tib ketadi. Tushish burchagini oshirgan sari sinish burchagi Θ_2 90° ga intiladi. Sinish burchagi $\Theta_2 = 90^\circ$ ga teng bo'lgan xoldagi tushish burchagi – kritik burchak Θ_{kr} deyiladi. Yorug'lik nuri kritik burchak Θ_{kr} ostida tushganda singan nur ikki muhit chegarasi bo'ylab tarqaladi (3.4,b-rasm). Yorug'lik nuri kritik burchakdan katta burchak ostida tushganda, nur ikkinchi muhitga o'tmasdan, ikki muhit chegarasidan to'liq qaytadi (3.4,v-rasm). Bunda tushish burchagini sinish burchagiga teng $\Theta_1 = \Theta_2$ bo'ladi.



3.4-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.

Snellius qonuni bo'yicha tushgan va qaytgan nurlar o'rtasidagi munosabat:

$$n_1 \sin \Theta_1 = n_2 \sin \Theta_2.$$

$\Theta_2 = 90^\circ$ da kritik tushish burchagi quyidagiga teng:

$$\Theta_{kr} = \arcsin (n_2 / n_1) \quad (3.1)$$

Θ_{kr} dan katta burchak ostida tushgan nurlar to'liq qaytadi.

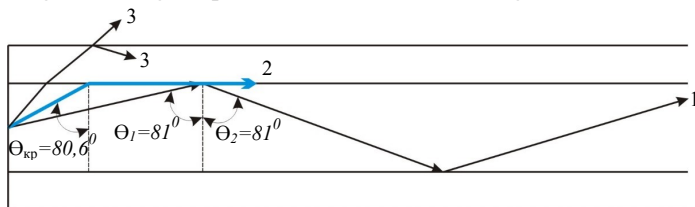
Bu jarayon, ya'ni yorug'lik energiyasining turli sindirish ko'rsatkichli ikki muhit chegarasidan to'liq qaytishi **to'liq ichki qaytish** (TIQ) hodisasi deyiladi. TIQ hodisasi yorug'lik uzatgich bo'ylab optik signallarni tarqalishining fizik asosi hisoblanadi. Uni amalga oshirish uchun optik tola o'zagining sindirish ko'rsatkichi n_1 qobiqning sindirish ko'rsatkichi n_2 dan katta bo'lishi kerak.

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 nurni faqatgina optik tola o'zagi bo'ylab zigzagsimon tarqalishi ta'minlanadi.

Masalan, optik tola uchun xos bo'lgan $n_1=1,48$, $n_2=1,46$ bo'lsa, u holda (3.1) qo'llab, kritik tushish burchagini aniqlash mumkin:

$$\Theta_{kr} = \arcsin (1,46 / 1,48) = \arcsin (0,9864) = 80,6^\circ.$$

Shunday sindirish ko'rsatkichlari nisbatiga ega, kritik tushish burchagi $\Theta_{kr}=80,6^\circ$ ga teng, tushish burchagi Θ_2 esa $\Theta_{kr}=80,6^\circ$ dan katta, masalan $\Theta_2=81^\circ$ bo'lganda, nur ikkinchi muhitga o'tmay, boshlang'ich muhitda to'liq ichki qaytadi. Optik tola bo'ylab signallarning tarqalishi ana Shu prinsipga asoslangan. Ana shunday sindirish ko'rsatkichlari, kritik chastota va tushish burchagi qiymatlariga ega optik tola orqali optik signallarning tarqalishi 3.5-rasmda ko'rsatilgan.



3.5-rasm. Optik tolada to'liq ichki qaytish jarayoni.

3.5-rasmda kritik burchakdan katta burchak ostida $\Theta > \Theta_{kr}$ o'zak-

qobiq chegarasiga tushgan nurlar (nur 1) chegarada to'liq ichki qaytadi. Tushish va sinish burchaklari teng $\Theta_1 = \Theta_2$ bo'lgani uchun, nur 1 takroriy qaytishlarga uchrab, o'zak muhiti bo'ylab zigzaksimon tarqaladi.

Ideal holda yorug'likning sochilishi va nolinci dispersiya bo'lmaganda nur 1 o'zak bo'ylab istalgan masofaga tarqalishi mumkin.

Nur 1 yo'naluvchi nur (moda) deyiladi.

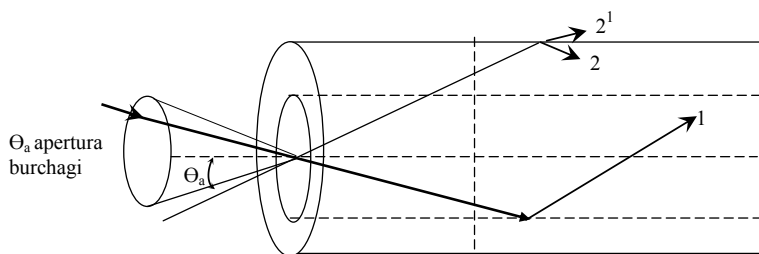
Nur 2 Θ_{kr} burchak ostida tushib, sinadi va o'zak-qobiq chegarasi bo'ylab tarqaladi.

$\Theta < \Theta_{kr}$ ostida tushgan nur 3 sinadi va qobiq chegarasiga tushib, qobiq bo'ylab tarqalishida so'nadi yoki qobiqdan tashqariga chiqib ketadi. Ular nurlanuvchi nurlar deyiladi.

3.1.3. Burchak aperturasi

Optik tolaga bir emas, bir necha yorug'lik nurlarining yig'masi kirish konusini hosil qilib tushadi va faqat kritik burchakdan katta burchak ostida tushgan nurlargina OT o'zagi bo'ylab tarqaladi. Nurlarni tola o'zagiga maksimal tushish konusining yarim burchagi apertura burchagi – θ_a , kirish konusi $2\theta_a$ esa sonli apertura deyiladi (3.6-rasm). Sonli apertura NA bilan belgilanadi (inglizchadan Numerical Aperture) va o'zak, qobiq sindirish ko'rsatkichlari orqali quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$NA_0 = \sin \theta_a = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} = n_1 \sqrt{2\Delta_n}$	yoki (3.2)
$NA_1 = k\sqrt{(n_1^2 - n_2^2)}$	



3.6-rasm. Optik tolaning apertura burchagi.

(3.2) da adabiyotlarda uchrashi mumkin bo'lgan, sonli aperturani

hisoblashning ikki formulasi berilgan. Ular sonli aperturaga yaqin qiymatlarini beradi. Birinchi formula nazariy, ikkinchisi esa amaliy hisoblashlar uchun ishlatiladi. Bu yerda o'lchash usullariga bog'liq holda $k=0,98$ yoki $k=0,94$ (EIA-455-29 yoki EIA-455-44 standartlari bo'yicha mos ravishda). Yuqoridagi 2.9-rasm uchun berilgan $n_1=1,48$, $n_2=1,46$ qiymatlar uchun, (2.3) formula bo'yicha sonli apertura qiymatlari: 0,242487 (nazariy) va 0,237637 ($k=0,98$) va 0,227938 ($k=0,94$) (amaliy) [1].

Sindirish ko'rsatkichlarining nisbiy farqi Δ_n quyidagiga teng:

$$\Delta_n = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1}.$$

$\theta \leq \theta_a$ burchak ostida, ya'ni apertura burchagi doirasida tushgan nurlar (3.6-rasmdagi nur 1 mos keladi) to'liq ichki qaytib, optik tola o'zagi bo'ylab uzatiladi. $\theta > \theta_a$ apertura burchagi doirasidan katta burchak ostida tushgan nurlar sinib, o'zakdan qobiqqa o'tadi. Bu nurlar qobiq bo'ylab tarqalib, asta sekin so'na boshlaydi yoki qobiqdan chiqib ketadi (3.6-rasmdagi mos ravishda nur 2 va 2¹).

Apertura doirasiga mos keluvchi nurlar yo'naluvchi (nur 1), aperturadan tashqaridagi nurlar nurlanuvchi (nur 2 va 2¹) nurlar deyiladi. Aperturadan tashqaridagi qobiq bo'ylab tarqaladigan nurlar qobiq bo'ylab uzatiluvchi nurlar deyiladi [1].

Eng ko'p tarqalgan optik tolalarning parametrlarini tipik qiymatlari 3.2-jadvalda keltirilgan [15].

3.2-jadval

OT turi (kvars shishasi)	O'zak diametri, mkm	NA	Tola o'zagiga maksimal tushish burchagi, grad.	Δ_n
Ko'p modal OT	50 – 200	0,25 – 0,5	20 – 30	0,005 – 0,02
Bir modal OT	5 – 12	0,12 – 0,25	5 - 8	0,002 – 0,01

NA optik tolaning muhim xususiyati hisoblanib, yorug'lik nuri tolaga qanday kiritilishi va tarqalishini ko'rsatadi.

NA qiymati katta bo'lgan OT yorug'likni yaxshi qabul qiladi, NA kichik qiymatli optik tolalarga faqatgina tor yo'naltirilgan yorug'lik to'plamini kiritish mumkin.

Yuqori o'tkazish polosali OT kichik NA qiymatiga ega. Shu tarzda, ularda modalar soni kam, dispersiya kichik va ishchi o'tkazish polosasi keng bo'ladi.

NA katta qiymatga ega optik tolalarda mumkin bo'lgan yorug'lik yo'nalishlari, ya'ni modalar sonining ko'pligi natijasida modalararo dispersiya yuqori bo'ladi [2].

3.2. Tolaning xususiy yo'qotishlari

Xususiy yo'qotishlarga yutilish va sochilishdan hosil bo'ladigan yo'qotishlar kiradi. Yutilishdan hosil bo'ladigan yo'qotishlar ichki va tashqi bo'ladi. Ichki yutilish yo'qotishlarini toza kremniy materiali hosil qilishi mumkin. Har bir material molekulyar tuzilishiga ko'ra ma'lum to'lqin uzunliklarida signallarni yutishi mumkin. Masalan, SiO₂ ni ultra binafsha diapazonda $\lambda < 0,4$ mkm to'lqin uzunligida elektron rezonanslari mavjud. Shuningdek, infraqizil diapazonda $\lambda > 7$ mkm to'lqin uzunligida tebranuvchi rezonanslari mavjud. Demak, bu rezonanslar ko'rinadigan chastota diapazonida yutish polosasi ko'rinishida bo'ladi. Ikkinchi va uchinchi oynalarda yutilishning bu turi 0,03 dB/km dan ko'p bo'lmagan yo'qotishlarga olib keladi.

Tashqi yutilish yo'qotishlari yorug'likni tola qo'shimchalarida yutilishidan hosil bo'ladi. Zamonaviy ishlab chiqarish texnologiyalari bu yo'qotishlar ta'sirini juda kichik darajaga kamaytirgan. Bu yo'qotishlar temir, mis, nikel, magniy, xrom qo'shimchalarini tolaga qo'shish natijasida hosil bo'ladi. Zamonaviy ishlab chiqarish jarayonida bu metallarni tarkibi bir milliard qismgacha kamaytirilgan. Shuning uchun ular umumiy tashqi yutish yo'qotishlarining juda kichik qismini tashkil etadi. Bulardan farqli ravishda gidroksil ion (OH) lar qoldig'ini mavjudligi, ya'ni ishlab chiqarish jarayonida tolada suv qoldiqlarini qolishi tashqi yutish yo'qotishlarini sezilarli darajada oshiradi. Optik tola tarkibida OH ionlari birni yuz milliondan kam qismini tashkil etish kerak.

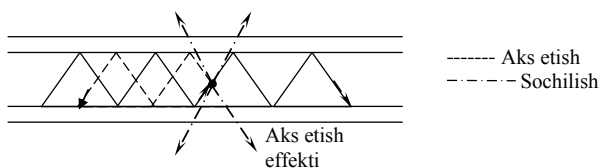
Zamonaviy optik tolalarda mikroqo'shimchalar miqdori juda kichikligi uchun tashqi yutilish shovqinlari minimal bo'lib, ularni hisobga olmasa ham bo'ladi. Lekin OH konsentratsiyasi birdan million qismni tashkil etganda, 1390 nm to'lqin uzunligida yo'qotishlar 50 dB bo'lishi mumkin.

Nurni sochilishidan hosil bo'ladigan yo'qotishlar ichki yo'qotishlar hisoblanib, optik tola o'zagining defektlari: havo puffakchalari, yoriqlar,

tolani bir turda emasligi, ya'ni qo'shimchalar qo'shilishidan shisha zichligini tasodifiy o'zgarishi tufayli yuzaga keladi. Bu omillar yorug'lik oqimi yo'nalishini o'zgartirib, og'ishiga olib keladi, natijada sinish burchagi oshib, yorug'lik nuri qobiqdan tashqariga sochilib ketadi.

Bundan tashkari optik tolani bir turda emasligi, ya'ni qo'shimchalar mavjudligi yorug'lik oqimini ma'lum qismini teskari tomonga aks etishiga – teskari sochilishga olib keladi (3.7 - rasm) [7].

1550 nm to'lqin uzunligida Releevsk sochilishlari umumiy yo'qotishlarning asosiysi hisoblanadi. Releevsk sochilishi to'lqin uzunligiga teskari proporsional bo'lib, to'lqin uzunligi oshishi bilan yo'qotishlar kamayadi.



3.7-rasm. Optik tolada yorug'likning sochilishi va aks etishi.

3.3. Kabel yo'qotishlari. Mikro va makrobukilishlar

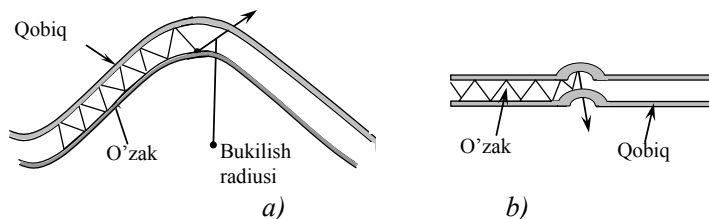
Kabel yo'qotishlari *mikrobukilishlar* va *makrobukilishlar* hisobiga hosil bo'ladi.

Mikrobukilishlar. Mikrobukilish bu ishlab chiqarish jarayonida tola o'zagi geometriyasining mikroskopik o'zgarishi, ya'ni tolani mukammal emasligidir. Mikrobukilishlar ishlab chiqarish jarayonida tolani yetarli tekis bo'lmagan tashqi himoya qoplamalari bilan qoplanishi natijasida o'zakni o'qmarkazida joylashmasligi, o'qqa nisbatan qiyshiqjoylashishidan 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 3.8, b-rasmda ko'rsatilgan.

Makrobukilishlar. Minimal ruxsat etilgan radiusdan oshgan katta bukilishlarga makrobukilishlar deyiladi. Bir modali tolalarni bukishni ruxsat etilgan minimal radiusi 10 sm ni tashkil etadi. Bunday bukilishda yorug'lik impulslari kuchsiz buzilish bilan tarqaladi. Bukilish radiusini kamayishi, tolani ruxsat etilgandan ortiq bukish optik impulslarni tola

qobiqʻi orkali sochilish effektini oshiradi.

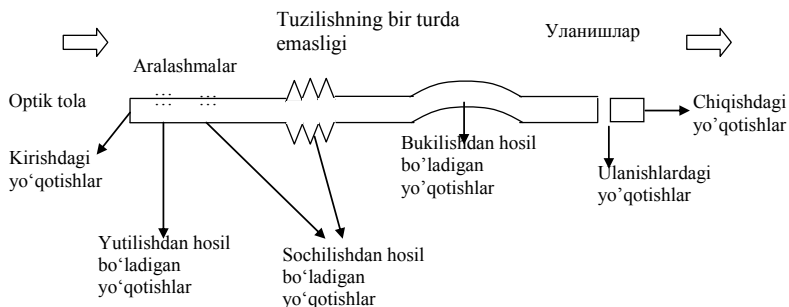
Ishlab chiqaruvchilar tomonidan kabelni minimal bukish radiusi koʻrsatilgan boʻlishi kerak. Kabel (katushka) gʻaltakka oʻralganda, albatta gʻaltak radiusi boʻyicha bukiladi. Kabel binolarda yotkazilganda, uni bino burchaklarida bukish kerak boʻladi. Kabelni yotkazuvchi bukish radiusini minial ruxsat etilgan qiymatdan kamaytirmasligi, ortiqcha bukmasligi kerak. Tolali optik kabelni ruxsat etilgan chegaradan kuchli bukib, kabelni yaroqsiz qilishi, hattoki, kabelda tolalarni uzilishiga olib kelishi mumkin. Makrobukilishlar 3.8,a-rasmda koʻrsatilgan[6].



3.8–rasm. Optik tolaning makrobukilishlari (a) va mikrobukilishlari (b).

Ishlab chiqarilgan optik tolni mukammal emasligi, tola geometriyasining oʻzgarishlari tolalarni oson, tez va sifatli payvandlanmasligiga olib keladi. Payvandlashda, tolalarni ulashda yoʻqotishlarga olib olib keladigan sabablar quyidagilar:

- tola oʻzagini oʻlchamlarini moslashmaganligi;
- tolni sindirish koʻrsatkichlarini farqlanishi;
- tolalarni ulashda uzunasiga oʻqlarni chatishmasligi;
- tolalarni burchak aperturalarini farqlanishi;
- tolalarni zich ulamaslikdan havo puffakchalarini hosil boʻlishi.



3.9 - rasm. Optik signalni uzatish sifatiga taʼsir qiluvchi omillar.

Bu omillarni barchasi soʻnishni, yoʻqotishlarni oshiradi. Soʻnish va yoʻqotishlarni kamaytirish uchun ishlab chiqarish jarayonida tola geometriyasining yuqori aniqboʻlishiga katta eʼtibor berish kerak. Buning uchun ishlab chiqarishda oʻzakni qobiqshishasida markazlashgan holda joylashishiga, ishlab chiqarilgan tolalarni diametrlarini bir xil boʻlishiga, tolani shaxsiy bukilishlariga katta talablar qoʻyiladi.

Optik tolaning toʻliq soʻnish koeffitsiyentini aniqlash uchun yuqorida aytib oʻtilgan barcha omillar hisobga olinishi kerak (3.9 - rasm) [7].

Optik nurlanishni berilgan toʻlqin uzunligi uchun soʻnish koeffitsiyenti tolaga kiritiladigan optik quvvatni toladan qabul qilingan optik signal quvvatiga nisbati orqali aniqlanadi. Odatda, soʻnish koeffitsiyenti detsibelda (dB) oʻlchanadi va optik tola parametrlariga, shuningdek, toʻlqin uzunligiga ham bogʻliq. Soʻnishni toʻlqin uzunligiga bogʻliqligi noxiziqlik xarakterga ega boʻlib, bu bogʻlanish grafigi 3.10-rasmda koʻrsatilgan edi. Soʻnish koeffitsiyenti toʻlqin uzunligiga bogʻliqboʻlib, turli toʻlqin uzunliklari uchun soʻnish qiymati 4.1-jadvalda berilgan.

Birinchi shaffoflik oynasi 0,8-0,9 mkm toʻlqin uzunligi keng polosali yorugʻlik nurlanish manbalari va qisqa toʻlqinli lazerdan foydalanib, signallarni yaqin masofalarga uzatishda qoʻllaniladi.

Ikkinchi shaffoflik oynasining 1,28-1,33 mkm toʻlqin uzunliklari telekommunikatsiyada koʻp qoʻllaniladi. Bu oyna nisbatan kam soʻnish koeffitsiyentiga ega boʻlib, bu diapazonda signallarni uzatish uchun keng polosali optik nurlanish manbalari ishlatiladi. Buning asosiy sababi ushbu diapazonda kvars shishasi minimal xromatik dispersiya qiymatiga ega boʻlib, u arzon nurlanish manbalaridan foydalanish imkonini beradi.

4.1-jadval

Turli toʻlqin uzunliklari uchun soʻnish qiymatlari

Shaffoflik oynalari	Toʻlqin uzunligi λ , mkm	Soʻnish α , dB/km
1	0,85	2-3
2	1,3	0,4–1,0
3	1,55	0,2–0,3

Uchinchi oyna 1,525–1,575 mkm oralig'ida bo'lib, bu oynaning asosiy afzalligi so'nish koeffitsiyentini minimalligi hisoblanadi. Biroq yuqori tezlikli tizimlarni oqimlarini uzatishda dispersiya qiymati oshib ketadi. Dispersiya qiymatini kamaytirish uchun dispersiyani kompensatsiya qiluvchi qurilmalarni qo'llanilishi talab etiladi, bu esa tolali optik aloqa tizimlarini narxini oshiradi [7].

3.4. Tolali optik kabelning ishonchliligi

Optik tolalarning mexanik tafsilot lariga asosiy parametrlardan hisoblanadi va u orqali optik-tolali aloqa liniyalarini qurish va montaj jarayonida kabellarni yotqizish, ularni montaj, ta'mirlash va ularga texnik xizmat ko'rsatish kabi jarayonlarning effektivligini aniqlab beradi. Bu tafsilot lar optik kabellarni va o'z navbatida aloqa liniyalarini ko'p yillar davomida ekspluatatsion ishonchlik kabi muammolarni echish uchun lozim bo'ladi.

Potensial jihatdan qaraydigan bo'lsak optik tola juda ham yuqori mustahkamlikka ega. Bizga ma'lumki defektsiz bo'lgan optik tolaning mustahkamligi xuddi shunday yuzaga ega bo'lgan po'lat simdan yuqori. Ammo amaliyotda ega aloqa liniyalarda qo'llanuvchi optik tolalarga bir muncha miqdorda bo'lgan ikkala hisobiga uzilishlar hosil bo'lib turadi. Shishadagi mikro yorilishlar va defektlar optik tolaning mustahkamligini bir necha o'nlab marotaba mustahkamligini kamaytiradi, chunki tollarning cho'zilishi, namgarchilik va yuqori harorat mikro yorilishlarni normal sharoitida tezda oshib ketishga olib keladi va bir necha yil yoki bir necha oy ichida uzilishlar soni oshib ketishga olib keladi.

SHunday qilib, optik tolaning uzoq vaqt mobaynida mexanik asosiy faktor bo'lib, u o'z navbatida ekspluatatsiya jarayonida optik tolaning mexanik mustahkamligini ta'minlab beradi. Optik tolaning uzoq vaqt mobaynida ushlab turish statistik charchash parametri n orqali aniqlanib u o'z navbatida o'lchov birligi so'z bo'lgan parametrdir. Bu parametr yorilishlarni o'sish sonini tolaning cho'zilishini o'zaro bog'laydi. n -qiymati qanchalik katta bo'lsa, optik tolaning mustahkamligi shunchalik yuqori bo'ladi. n -parametrining qiymati eksperiment natijasida aniqlanadi va har doim optik tolaning pasportida ko'rsatilishi kerak. standart tolalar uchun n -qiymati 20 bo'lsa, maxsus mustahkamlikka ega bo'lgan tolalar uchun $n=25$ qadar etib boradi.

Tolaning boshlang'ich inert mustahkamligi optik tolaning

ekspluatatsion mustahkamligini baholashda ikkinchi faktor bo'lib hisoblanadi. Bu parametr butun uzunlikdagi tolada ko'plab ravishdagi defektlar o'lchovi orqali aniqlanadi. Bunday eng bo'sh bo'lgan zvenoni aniqlash uchun tola tayyorlash protsessida yuklama ostida qayta o'raladi (proof-test) qurilish uzunligidagi tolani qayta o'ralishda lozim bo'ladigan tortish kuchi tayinlab qo'yiladi. Qayta o'ralishdagi tortilish kuchi GPa o'lchov birligiga yoki tolani uzayishi % orqali ko'rsatiladi.

Uzunligi 100 km bo'lgan liniyani 25 yil mobaynida buzilish ehtimolligi 0.001 juda ham kichik qiymatdagi liniyani avariyasiz xizmat ko'rsatish muddatini garantiyalash uchun tortib qayta o'rashni ekspluatatsiyaga bo'lgan nisbati qayta o'rash zaxirasi deb ataladi va uning qiymati 3–4 bo'ladi. bunday holda optik tolani yuklama ostida qayta o'ralish jarayoni tolani mustahkamligini o'zgarishi va o'z navbatida yomonlashuvini taqsimlanishi e'tiborga olish kerak.

Ishlab chiqarish amaliyotida ko'pchilik tolalar uchun qayta o'ralish holatidagi tortilish kuch qiymati 0.7 GPa bo'lsa, suv osti kabellari uchun qo'llanuvchi tolalar uchun esa tortilish kuchi 1.4 GPa bo'ladi. odatda bu qiymatlar tola uchun berilgan pasportda ko'rsatiladi.

Ekspluatatsion jarayonida tolani cho'zilishi uchun faktor bo'lib hisoblanadi va u orqali ekspluatatsion mexanik ishonchlilik aniqlanadi. kabel ichidagi optik tolaning kuchlanganlik holati o'z navbatida mexanik ishonchliligini kamayishiga olib keladi va turli sabablar hisobiga bo'ladi, bular: optik kabel tayyorlash texnologiyasi buzilish, ya'ni lozim bo'lgan tola uzunligini to'g'ri tanlamaslik yoki kabel tayyorlovchi uskunani ishlashidagi turli to'xtashlar, kabel yotqizilish texnologiyasini buzilishi, yer ko'chishlari kabi seysmik o'zgarishlar, ekspluatatsiya jarayonida osilgan kabellarni muzlashi va x.k.

Yuqorida keltirilgan ma'lumotdan shuni xulosa qilish mumkinki, kabel ichida va yotqizilgan liniyalarda optik tolalarni cho'zilishi nazorati asosiy parametr bo'lib hisoblanadi. Kabel ichidagi tolalarni cho'zilish bo'yicha hozirgi zamon diagnostikasi uchun tolalar ichida yorug'lik nurini spektrlarni brilliyen sochilishini analiziga asoslangandir. Bunday usul yordamida tolalarni cho'zilishini baholashda liniyalarni mustahkam bo'lmagan uchastkalari aniqlandi va u yordamida ekspluatatsiya jarayonida tolalarni mexanik mustahkamligi baholanadi.

Liniyadagi optik tolalarni cho'zilish chegaralarini baholashda 100 kmm liniya 25 yil mobaynida uzilish ehtimolligi 0.001 bo'lgan qiymat uchun liniyaning ekspluatatsion mustahkamligini kafolatlash uchun uning nisbiy cho'zilishi yoki ruxsat etiladigan cho'zilish qiymati

0.2...0.25% dan oshmasligi kerak. bu qiymat tolani ruxsat etiladigan cho'zilish kritariya bo'lib, u brilliyen reflektometri yordamida aloqa liniyalarining mustahkam bo'lmagan uchastkalarini o'lchov natijasida aniqlash imkonini beradi.

Tola ustidagi muhofazalovchi qoplamini tozalash kuchi ham tolaning mexanik tafsilot lariga taaluqli bo'lib, aloqa liniyalarida qo'llanuvchi optik tolani aloqa liniyalarini qurilishi, ta'mirlab qayta tiklash ishlari hamda aloqa liniyalariga texnik xizmat ko'rsatish jarayonida bunday ishlarni bajarishni bir muncha yengilroq va effektiv bo'lishini ko'rsatuvchi bo'lib hisoblanadi. Yuqorida qayd etilgan ishlarni bajarishda optik tolalarni oson ravishda ochib tashlash, optik tolalarni payvandlab ulashda hamda ulanuvchi tolalarni tekis ravishda kesish ishlaridan tashkil topadi.

Optik tolani muhofazalovchi qoplamini tozalash kuch qiymati optik tolalarning pasportida ko'rsatiladi. Bunday kuch qiymati quruq va namgarchilik atmosferasi ostida bo'lgan tolalar uchun bir xil qiymatli.

Nazorat savollari

1. Optik tolaning optik aloqa tizimidagi o'rniga tafsiv bering.
2. Optik tola qanday tuzilgan?
3. Optik tola qanday materiallardan tayyorlanadi?
4. Tolali optik aloqa tizimida qo'llaniladigan optik tolalarning qanday turlari mavjud? Ularga tafsiv bering.
5. Tolali optik aloqa tizimlarida optik tolalarning qanday standartlaridan keng foydalaniladi? Ularga tafsiv bering.
6. Qaysi holatda yorug'lik nuri faqatgina o'zak bo'ylab tarqaladi?
7. Ikki muhit chegarasidagi tekislikka tushgan yorug'lik nurining tushish va sinish burchaklari orasidagi bog'lanishni ifodalovchi Snellius qonuni qanday munosabat bilan aniqlanadi?
8. Optik tolaning muhim parametrlaridan biri – sindirish ko'rsatkichining nisbiy farqi qanday munosabat bilan aniqlanadi?
9. yorug'lik nurining to'liq ichki qaytish burchagi uchun miqdoriy munosabatni yozing va uni tafsivlang.
10. Sonli apertura va burchak aperturasi tushunchalarini ta'riflang.
11. Ko'p modali va bir modali tolalarni farqi nimada?
12. Ko'p modali tolalarning qanday turlarini bilasiz?

13. Dispersiya bo'yicha bir modali optik tolalar standart bo'yicha qanday turlarga bo'linadi va ularni qo'llanish sohalarini tushuntiring.
14. Dispersiyasi siljigan tolalar qanday hosil qilinadi?
15. Tolali optik kabellar vazifasi, tuzilishi, tayyorlangan materialiga bog'liq ravishda qanday turlarga bo'linadi?
16. Optik tolaning so'nish bo'yicha baholanishi nimaga bog'liq?
17. Toladagi yo'qotishlar qanday omillar tufayli yuzaga keladi?
18. Optik tolaning xususiy yo'qotishlari qanday hosil bo'ladi?
19. Optik tolaning kabel yo'qotishlari qanday hosil bo'ladi?
20. Optik signalni uzatish sifatiga qanday omillar ta'sir qiladi?
21. Optik tolaning dispersiya bo'yicha baholanishi nimaga bog'liq?
22. Dispersiya tushunchasini ta'riflang.
23. Dispersiyani qanday turlarini bilasiz? Ularni ta'riflang.
24. Modalararo dispersiyani ta'riflang.
25. Xromatik dispersiyani ta'riflang.
26. Qutblangan moda dispersiyasini ta'riflang.
27. Dispersiyani kamaytirish maqsadida qaysi usullardan foydalaniladi?

4-BOB. OPTIK ALOQA TIZIMLARINING AKTIV ELEMENTLARI. OPTIK ALOQA TIZIMLARINING NURLANISH MANBALARI

4.1. Nurlanish manbalari. Optik nurlanish manbalariga qo'yiladigan talablar

OA tizimlari nurlanish manbalariga qo'yiladigan umumiy talablar quyidagilar:

- nurlanish manbasining to'liq uzunligi optik tolalarning yo'qotishlarining minimum spektral taqsimlanishlaridan biriga to'g'ri kelishi kerak;

- manba tuzilishi chiqishda bir muncha yuqori quvvatli optik signallarni nurlanishini va uni optik tolaga samarali kirishini ta'minlashi kerak;

- manba yuqori ishonchlikka ega bo'lishi va ko'p muddatga xizmat qilishi kerak;

- o'lchamlari, og'irligi va sarf qiladigan quvvati minimal bo'lishi kerak;

- texnologiyalarning oddiyligi arzon narxlarni va yuqori ishlab chiqaruvchanlikni ta'minlashi kerak.

Muayyan tizim xususiyatlari nurlanish manbalari tavsiflariga bir qator o'ziga xos talablar qo'yadi. Bu talablar bir modali optik toladan foydalanish bilan axborotlarni uzoqmasofalarga uzatadigan yuqori tezlikli tizimlarda juda qat'iy hisoblanadi. Birinchi navbatda gap nurlanishning spektral tavsiflari haqida ketadi. Bir modali optik tolada dispersiya tufayli nurlanish impulslarining kengayishi nurlanishni spektr kengligiga va signallarni uzatish tezligiga proporsionaldir.

Kogerent usulli zamonaviy OA tizimlarida nafaqat qisqa spektrli, balki λ_0 to'liq uzunligi uzoqmuddatga barqaror bo'lgan manbalar zarur. Agarda qo'shni kanallar o'rtasidagi spektr oralig'i katta bo'lmasa, λ_0 to'liq uzunligining yuqori barqarorligi spektr bo'yicha ajratilgan tizimlarda ham zarur.

Tabiiyki, yuqori tezlikli tizimlarda nurlanish manbalarining dinamik tavsiflariga ham muhim talablar qo'yiladi. Boshqa parametrlarini (moda tarkibi, yo'nalish diagrammasi va boshqalar) jiddiy o'zgarishsiz nurlanish fazasi, chastotasi yoki jadalligining to'g'ridan-to'g'ri modulyatsiyalanishiga imkon beruvchi optik nurlanish manbalaridan foydalanish juda qulay.

Nisbatan past tezlikda signallarni yaqin masofalarga uzatuvchi tizimlarda: shahar, zona, binolar ichida va boshqa OA tizimlarda qo'llaniladigan nurlanish manbalarining tavsiflariga nisbatan pastroq talablar qo'yiladi. Bu tizimlarda pog'onali sindirish ko'rsatkichli optik tolalardan foydalaniladi. O'tkazishni chastota polosasi optik tolalarning modalararo dispersiyasi orqali aniqlanadi. Shuning uchun yuqorida aytib o'tilgan OA tizimlarida kogerent manbalardan foydalanish o'z ma'nosini yo'qotadi.

OA tizimlari uchun optik nurlanish manbalarining uch sinfi ma'lum: yarim o'tkazgichli, tolali va hajmli mikrooptik manbalar (mikrolazerlar). Ularning hammasi u yoki bu darajada yuqorida ko'rsatilgan talablarga javob beradi, lekin faqat yarim o'tkazgichli manbalar, ya'ni yorug'lik diodlari va lazerlardan keng foydalaniladi. Yarim o'tkazgich nurlanish manbalarining jadal rivojlanishi birinchi navbatda yuqori samaradorlik bilan elektr toki energiyasini bevosita optik nurlanishga aylantirishi, yuqori tezlikda tok bilan kuch berilishidan nurlanish parametrlarini to'g'ridan-to'g'ri o'zgartirish imkoniyatini mavjudligi, og'irlik va o'lchamlarini kichikligi kabi OA tizimlari uchun muhim bo'lgan ijobiy xususiyatlarning birikuviga bog'liq.

4.2. Yorug'lik diodlari. Yorug'lik diodlarining turlari, xarakteristika va parametrlari

yorug'lik diodini tayyorlashda yorug'likni oson nurlantiradigan, *GaAs*, *GaAlAs*, *InGaAsP*, *GaP*, *SiC* kabi to'g'ri zonali yarim o'tkazgich materiallardan foydalaniladi. Agar 3–4 turdagi elementlardan foydalanilsa, komponentlarning o'zaro nisbatiga mos holda taqiqlangan zona E_q energiyasi o'zgaradi. Bu bilan turli to'lqin uzunliklarini nurlantiruvchi manbalarni yaratishga imkon tug'iladi. Komponentlarning o'zaro nisbatini o'zgarishidan sindirish koeffitsiyenti ham o'zgaradi.

Uch elementli kimyoviy birikmalar quyidagicha tasvirlanishi mumkin:



bu yerda, x – komponent qism (molyar massa).

p-n o'tishli turli materiallardan tuzilgan bunday yarim o'tkazgichlar **geterotuzilish yoki geteroo'tish** deyiladi.

YoD larning parametrlari:

- nurlanishning to'lqin uzunligi λ ;
- nurlanish spektrining kengligi $\Delta\lambda$;

- nurlanish quvvati R_{nur} ;
- noasosiy zaryad tashuvchilarning yashash vaqti τ va
- nurlanish quvvatining yo‘nalganlik diagrammasi Θ .

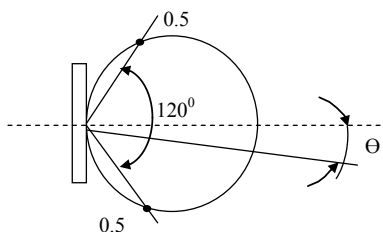
YoD yo‘nalganlik diagrammasi kengligi yuza tekisligida 120° ni tashkil etadi (4.1-rasm).

Optik tolaga kiritish mumkin bo‘lgan maksimal quvvat R_s , sonli aperturadan aniqlanadi va quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$R_s = P_o (NA)^2. \quad (4.3)$$

R_o – manba uchun to‘liq nurlanish quvvati.

YoDdan optik tolaga kiritiladigan quvvat, uning sonli aperturasi kvadratiga proporsional. NA qiymati 0,15...0,24 oraliqda tanlanadi. Agar $NA=0,2$ ga teng bo‘lsa, unda tolaga kiritish samaradorligi 4% dan oshmaydi, bu quvvatni 14 dBga yo‘qotilishiga mos keladi.



4.1-rasm. Yorug‘lik diodining yo‘nalganlik diagrammasi.

Shu tariqa YoDdan foydalanish nurlanishni tolaga samarali kiritish muammosini yuzaga keltiradi. Bu muammo nurlanishni tolaga kiritishni yuqori koeffitsiyentini ta‘minlovchi maxsus yorug‘lik diodlarini qayta ishlash, shuningdek, mikrolinzalarni qo‘llash yordamida hal qilinadi.

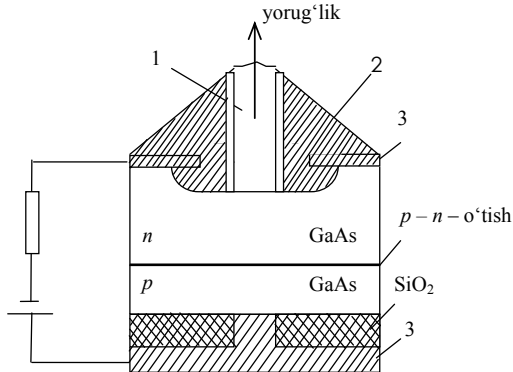
YoDni asosiy ikki turi mavjud:

1. Sirdan nurlantiruvchi YoD.
2. Yonidan nurlantiruvchi YoD.

OA tizimlarida qo‘llaniladigan GaAs asosidagi sirdan nurlantiruvchi YoDning odatiy tuzilishi ko‘rsatilgan 4.2-rasmda ko‘rsatilgan.

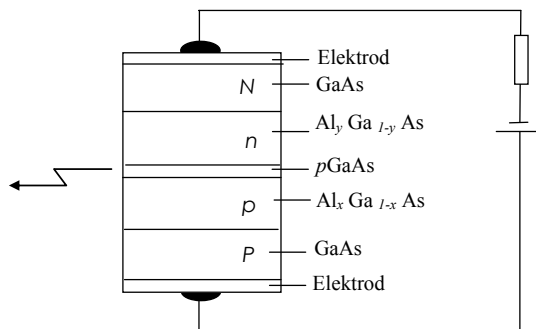
Optik tola bilan fizik moslashuv va yorug‘likni kuchli yutilishini oldini olish uchun GaAs li sohaga chuqurcha o‘yiladi. Nurlanuvchi sirt yuzasi nisbatan kichik o‘lchamli ($d \approx 50$ mkm) bo‘lib, optik tola diametriga mos ravishda tanlanadi. Nurni optik tolaga kiritishdagi

yoʻqotishlar moslashtiruvchi qurilma qoʻllanilmagan holda toʻlani NA sonli aperturasiga bogʻliq boʻladi va 14...20 dB ni tashkil etadi. Moslashtiruvchi qurilmalarni qoʻllash bu yoʻqotishlarni kamaytirishga imkon beradi.



4.2-rasm. Sirdan nurlantiruvchi YoD tuzilishi: 1– optik tola; 2– yopishtiruvchi tarkib; 3–elektrod.

YOnidan nurlantiruvchi YoD tuzilishi 4.3-rasmda koʻrsatilgan. Yonidan nurlantiruvchi (yonidan nurlantiruvchi) YoDlarda ikkitalik geterotuzilish ishlatiladi.



4.3-rasm. Yonidan nurlantiruvchi YoDning tuzilishi.

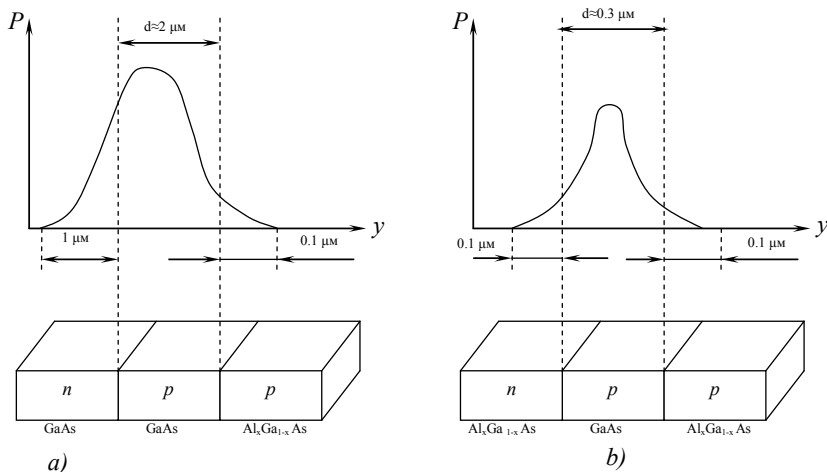
4.4 a va b rasmlarda mos ravishda bir tomonlama chegarali geterotuzilish BGT va ikki tomonlama chegarali geterotuzilish IGT koʻrsatilgan. BGTli YoDlarda toʻgʻri siljinish taʼsirida elektronlar r-n

o'tish orqali injeksiyalanadi, so'ng $r(\text{GaAs}) - p(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As})$ o'tishni potensial bareri bilan tutib qolinadi.

Nurlanish rekombinatsiyasi ko'pincha d qalinlikli aktiv sohada ro'y beradi.

IGT ancha yuqori xususiyatlarga ega. Bunday tuzilishda aktiv nurlanish rekombinatsiyasi (4.4-rasm) o'ng va chapdagi potensial barerlar evaziga r -sohada (GaAs) kuzatiladi va nurlanishni amalda d soha doirasida yuzaga kelishiga yordam beradi.

Yonidan nurlantiruvchi BGT va IGTlarni ishlatish nurlanishni yuzada tarqalishini kamaytiradi. Normal $p-n$ o'tishda taxminan 30^0 gacha kamaytiradi.



4.4-rasm. Bir (a) va ikki tomonlama (b) chegarali geterotuzilishlar.

Sirtidan nurlantiruvchi YoDlarga nisbatan yonidan nurlantiruvchi YoDlarni nurlanish quvvati 2-5 marta kichik bo'ladi. Biroq, yonidan nurlantiruvchi YoDda yo'nganlik diagrammasining torligi evaziga nurni optik tolaga kiritishda yo'qotishlar kam bo'ladi va NA ga bog'liq ravishda 10...16 dB ni tashkil etadi.

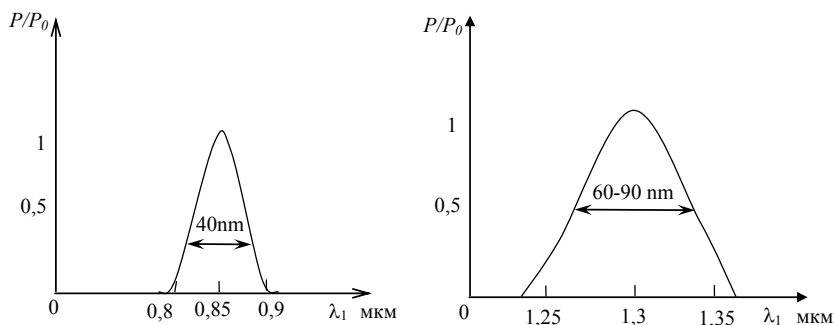
YoDlarda nurlanish quvvati 0,01...0,1 mVt ga teng.

yorug'lik diodi quyidagi asosiy xarakteristikalar bilan tafsivlanadi:

- volt – amper xarakteristikasi;
- vatt – amper xarakteristikasi;
- spektral xarakteristikasi.

4.5-rasmda YoDning nurlanishining spektral xarakteristikasi berilgan. Sirtidan nurlantiruvchi YoDda $\lambda=0,85$ mkm da nurlanish spektri kengligi $\Delta\lambda=40$ nm ga, nurlantiruvchi kesimli YoDda $\lambda=1,3$ mkm da nurlanish spektri kengligi $\Delta\lambda=90$ nm ga teng.

YoDning eng muhim parametrlari bu uning ishonchliligi va xizmat qilish muddatlaridir. Yorug‘lik diodlaridan uzoq vaqt foydalanish natijasida nurlanish quvvati kamayadi. Harorat $10-20^0$ S ga oshsa, xizmat muddati ikki barobar qisqaradi. Aloqa tizimlarida foydalanish uchun xizmat muddati yer aloqa liniyalari uchun 10^5 soatni va suv osti aloqa liniyalari uchun 10^6 soatni tashkil etishi kerak.



4.5-rasm. Sirtidan nurlantiruvchi va yonidan nurlantiruvchi YoDning nurlanish spektrlari.

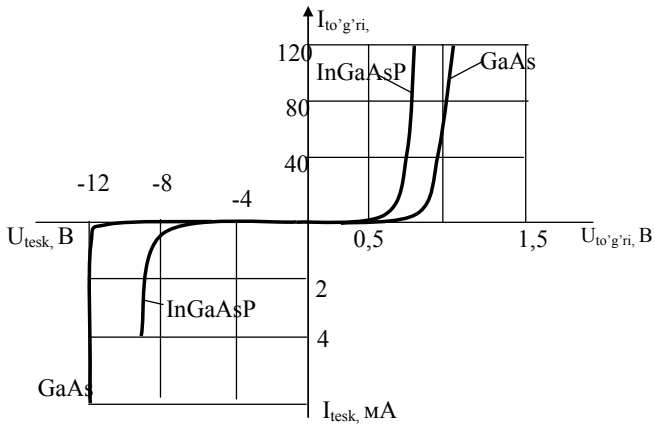
YoDlar uchta tiniqlik oynalari 850, 1310 va 1550 nm da ishlatish uchun ishlab chiqariladi. Lekin ular ko‘proq 850 va 1310 nm da qo‘llaniladi. YoDlarni ishlab chiqarish lazer diodlariga qaraganda arzon.

Tuzilishininig taqqosiy soddaligi, yuqori ishonchliligi va nurlanish tavsiflarining temperaturaga kuchsiz bog‘liqligi, nurlanish spektrining kengligi (60 nm gacha), nurlantiruvchi chastota oralig‘ining torligi (100-200 MGs) va tezkor emasligi sababli YoDlar asosan past tezlikli tizimlarda axborotlarni yaqin masofaga uzatishda qo‘llaniladi.

YoDlarning asosiy parametrlari

Parametrlari	Birligi	850 nm	1310 nm	1310 nm	1550nm
Nurlanish spektrining kengligi	nm	40	50	40	60
Chiqishdagi quvvat	mkVt	50	60	20	40
Optik tola o'zagining diametri	mkm	50	50	9	9
Sonli apertura	b/r	0,2	0,2	0,16	0,16

YoD ning volt-ampere xarakteristikasi



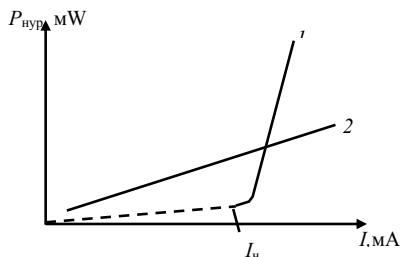
4.6-rasm. Yorug'lik diodining volt-ampere xarakteristikasi.

4.3. Lazer diodi, uning xarakteristika va parametrlari

Lazer diodlar (LD) odatda, uzoq masofali va yuqori tezlikli (155 Mbit/s dan yuqori) optik tizimlarida qo'llaniladi.

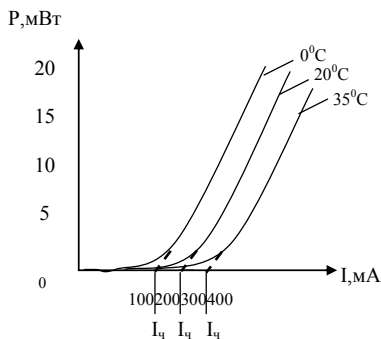
LDlarning tavsiflari. LDlar nurlanish quvvati va uni tashqi

injeksiya tokiga bog'liqligi, nurlanishni yo'nalganlik diagrammasi Θ va nurlanish spektri, xizmat muddati bilan tavsiflanadi. LD YoDga qaraganda tashqi injeksiya tokini katta qiymatlarida ishlaydi. Tashqi injeksiya toki I_u oshib, chegaraviy I_{ch} qiymatga etgach, generatsiya, qachonki tuzilishdagi yo'qotishlar kuchayishlarga teng bo'lganda yoki lazer effekti yuzaga keladi, ya'ni indutsiyalangan (majburiy) nurlanish hosil bo'ladi. Nurlanish quvvatini tashqi injeksiya tokiga bog'liqligini LDni vatt-ampere xarakteristikasidan ko'rish mumkin.



4.7-rasm. Vatt-ampere xarakteristikalar: 1 – lazer diodi uchun; 2 – yorug'lik diodi uchun.

4.7-rasmda LD va YODlarni vatt-ampere xarakteristikalari ko'rsatilgan. Kichik tok qiymatlarida LDda kuchsiz spontan nurlanish yuzaga keladi, u samarasiz yorug'lik diodi sifatida ishlaydi. Yuqorida aytib o'tilgandek, tok qiymati chegaraviy tok I_{ch} qiymatidan oshganda nurlanish quvvati R_{nur} keskin oshib, kogerent majburiy nurlanish hosil bo'ladi. LDning nurlanish quvvati 1-100 mVtni tashkil etadi [11].



4.8-rasm. Lazer diodining vatt-ampere xarakteristikasining temperaturaga bog'liq ravishda o'zgarishi.

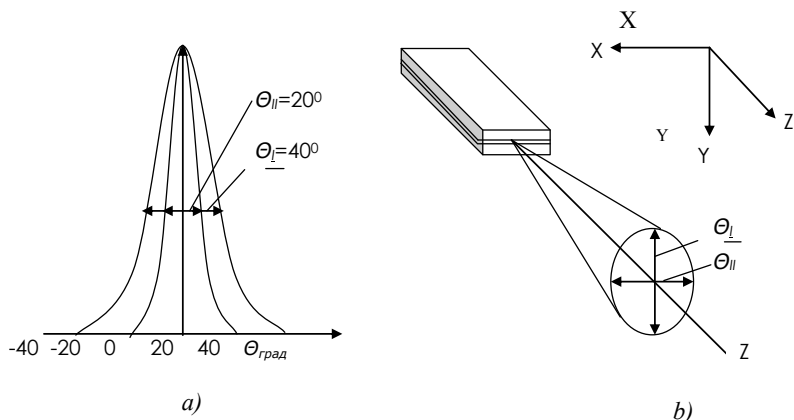
Lazer chegaralangan pik quvvatli nurlanish manbai hisoblanadi. Bu damlash tokining katta qiymatlarida quvvatning kamayib borishi bilan bog'liq.

Atrof-muhit temperaturasi o'zgarasa, vatt-amper xarakteristikasi suriladi (4.8-rasm).

Bu chegaraviy tok va chiqish quvvati qiymatlarining o'zgarishiga olib keladi.

Bu kamchilikni bartaraf etish uchun kompensatsiyalashning elektr sxemalari, shuningdek, mikrosovutgichning ishini boshqaruvchi, termokompensatsiyalash sxemalaridan foydalaniladi.

4.9-rasmda LD optik nurlanishining yo'nalganlik diagrammasi ko'rsatilgan.



4.9-rasm. Optik nurning lazer dioddagi yo'nalganlik diagrammasi: a) parallel va perpendikulyar yuzalardagi nurlanish kengligi; b) o'zaro perpendikulyar yo'nalishlarda nurlanish quvvatining burchakka bog'liqligi.

Rasmdan ko'rinib turibdiki, lazer nurlanishining diagrammasi nosimmetrik. Quvvatning yarim sathida o'lchanganda uning kengligi o'tishga parallel yuzada 20° dan kichik va perpendikulyar yuzada 40° dan katta (4.9,a-rasm). 4.9,b-rasmda o'zaro perpendikulyar yo'nalishlarda nurlanish quvvatining burchakka bog'liqligi ko'rsatilgan.

Yo'nalganlik diagrammasi ellips konus ko'rinishiga ega. Generatsiyalanadigan nurlanishning yetarli katta yoyilganligi, uni kichik sonli

aperaturali optik tolaga samarali kiritishga to‘sqinlik qiladi. Buning uchun maxsus moslashtiruvchi qurilmalarni qo‘llash talab etiladi.

Magistral aloqa liniyalari kabellari bir modali tolalardan iborat bo‘lgani uchun ham LDdan foydalanish kerak. Chunki YODga qaraganda LDning nurlanishini yo‘nalganlik diagrammasi tor. Bu nurlanishni tolaga kiritishni osonlashtiradi [1].

4.4. Lazerlar turlari

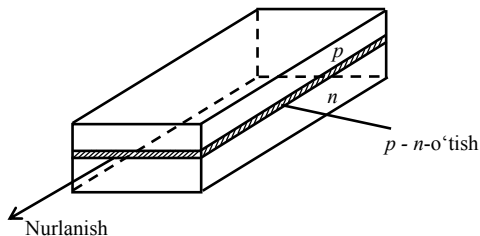
LDning bir necha turlari mavjud:

- ko‘p modali yoki Fabri-Pero rezonatorli lazerlar;
- bir modali lazerlar;
- bir modali taqsimlangan teskari aloqali (DFB) lazerlar;
- taqsimlangan Bregg aks etishli lazerlar;
- tashqi rezonatorli lazerlar.

4.4.1. Ko‘p modali yoki Fabri-Pero rezonatorli lazerlar

GaAs yoki InP yarim o‘tkazgich turlaridan biri asosida tayyorlangan, kristallning ikki qarama-qarshi ko‘ndalang kesimiga perpendikulyar bo‘lgan p-n o‘tishli oddiy LD tuzilishi 4.10-rasmda tasvirlangan.

Aks ettiruvchi parallel, ko‘ndalang yuzalar Fabri-Pero rezonatorlarini tashkil etadi. Tashuvchilar rekombinatsiyasi o‘tish tekisligi yaqinida amalga oshadi va Fabri-Pero rezonatorlari hisobiga musbat teskari aloqa hosil qilinadi. Ko‘ndalang yuzalardan aks etish havoning va yarim o‘tkazgichning n sindirish ko‘rsatkichlarini farqlanishi bilan tushuntiriladi.



4.10-rasm. p-n o‘tishli, Fabri-Pero rezonatorli lazer dodi.

Nomaqbul yoʻnalishlarda generatsiya yuzaga kelmasligi uchun nurlantirmaydigan yuzalarning gʻadir-budirligi taʼminlanib, ularning dagʻallashuviga erishiladi [4].

4.10-rasmda koʻrsatilgandek nurlanish manbalarining vatt-ampere tavsifida injeksiya toki qiymati chegaraviy qiymatga etib generatsiya, yaʼni lazer effekti hosil boʻlganda tuzilishda toʻliq optik kuchayish toʻliq yoʻqotishlarga tenglashadi.

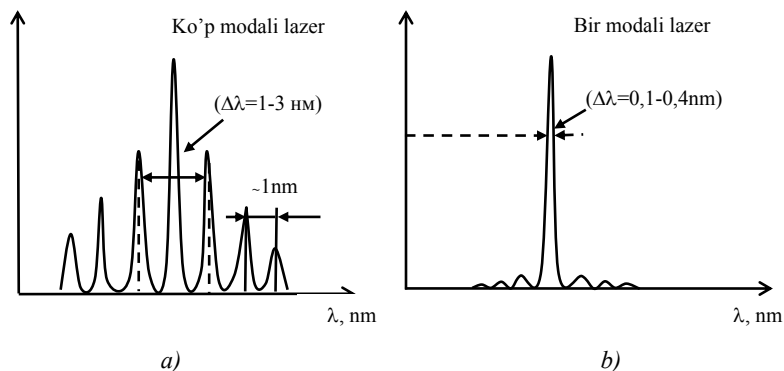
Toʻliq yoʻqotishlar uzunlik birligida α koeffitsiyent bilan tavsiflanadigan ichki yoʻqotishlardan va koʻzgudan aks etish koeffitsiyentlari r_1 va r_2 bilan aniqlanadigan, rezonator oxirlaridagi yoʻqotishlardan iborat. Rezonatorning L uzunligida generatsiyaning yuzaga kelishi uchun, muhit uzunlik birligida quyidagi shart bilan aniqlanadigan S kuchayishga ega boʻlishi kerak:

$$S = \alpha + \frac{20}{L} \lg \frac{1}{\sqrt{P_1 P_2}}$$

Odatda, GaAsasosidagi injeksion lazer uchun $r_1=r_2=0,3$.

Tok zichligining juda kattaligi kristallning ortiq qizib ketishiga va uning tezda buzilishiga olib keladi. Kristall temperaturasi suyuq azot temperaturasigacha kamaytirilganda lazer uzoq muddat xizmat qilishi mumkin.

Tok zichligining tashqi sovitishni talab etmay, kamayishi va boshqa tavsiflarni yaxshilanishi koʻp qatlamli yarim oʻtkazgichlar – geterotuzilishlar hisobiga erishilgan. IGT li LDda I_{ch} qiymatini $1...2 \text{ A/sm}^2$ gacha kamayishiga erishiladi.



4.11-rasm. Lazer diodlarning nurlanish spektrlari: a) – koʻp modali LD nurlanish spektri; b) – bir modali LD nurlanish spektri.

Fabri-Pero rezonatorli LDlar ko'p modali lazerlar ham deyiladi chunki ular bir necha modalarni nurlantiradi (4.11,a-rasm).

4.11,a-rasmdagi katta amplitudali moda – bu to'liqin uzunligining asosiy modasi, kichik amplitudali modalar – yon modalari hisoblanadi.

Yon modalar orasi taxminan 1 nm ga teng. Lazer nurlanish modulyatsiyasida nafaqat asosiy moda, shuningdek, yon modalar ham modulyatsiyalanadi. Bunday lazerlarda optik nurlanishning to'liq spektr kengligini yarmi 4-5 nm ga teng [6].

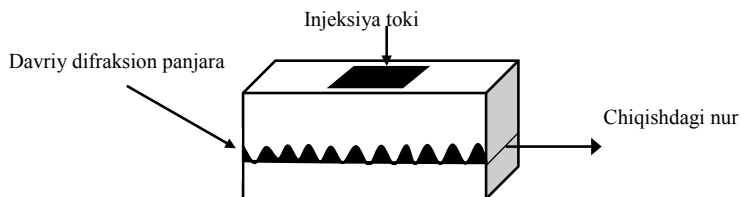
Spektrning kengligi dispersiyani oshishiga olib keladi. Fabri-Pero rezonatorli, ko'p modali lazerlar juda yuqori texnik tavsiflarga ega emas. Lekin tuzilishi sodda bo'lgani uchun narx-samaradorlik nuqtai nazaridan, bunday lazerlar juda yuqori tezliklar talab etilmaydigan OA tizimlarida qo'llaniladi.

4.4.2. Bir modali lazerlar

Yuqorida aytib o'tilganidek, ko'p modali lazerlarda nurlanish spektrining kengligi dispersiya qiymatini oshishiga olib keladi. Bu kamchilikni bartaraf etish uchun bir modali lazerlardan foydalanish talab etiladi. Bir modali lazerlarda modani o'zini nurlanish spektri tor bo'lib, $\Delta\lambda=0,1-0,4$ nm ni tashkil etadi (4.11,b-rasm). Bundan tashqari, agar bir modali lazer to'g'ri sozlangan bo'lsa, unda birinchi yon moda asosiy modadan juda bo'lmaganda 30 dB ga past bo'lishi mumkin [6].

4.4.2.1. Taqsimlangan teskari aloqali yarim o'tkazgich lazerlar

Taqsimlangan teskari aloqali yarim o'tkazgich lazer diodi (TTA-LD, DFB) Fabri-Pero yassi rezonatorining takomillashgan turi bo'lib, ularning ikki qatlami o'rtasida (odatda n-InP va r-InGaAsP qatlamlari o'rtasida) davriy difraksiyon panjara joylashgan bo'ladi (4.12-rasm).



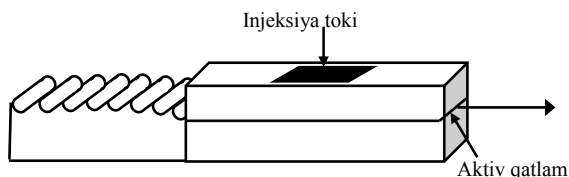
4.12-rasm. Taqsimlangan teskari aloqali yarim o'tkazgich lazer.

Bu bilan sindirish ko'rsatkichlarining davriy bir turda emasligi hosil qilinadi, bu esa to'liq tarqaladigan aktiv soha qalinligini davriy o'zgarishiga olib keladi.

Teskari aloqa rezonatorlar yuzasi uzunligi bo'yicha taqsimlangan bo'ladi. Difraksion panjara qadami bilan aniqlanadigan, qayd etilgan to'liq uzunliklaridagina teskari aloqa hosil bo'ladi, ya'ni faqatgina panjara davridan qisqa bo'lgan, faqatgina yuqori quvvatli, qisqa spektrli asosiy modalar nurlanadi [4]. Difraksion panjara diod ichida joylashgan bu turdagi lazerlarni ishlab chiqarish texnologiyasi murakkabdir.

4.4.2.2. Taqsimlangan Bregg ko'zguli lazerlar

Taqsimlangan Bregg ko'zguli lazerlarda (TBK-LD, DBRlazerlar) difraksion panjara aktiv sohadan tashqarida joylashtiriladi (4.13-rasm) [1].



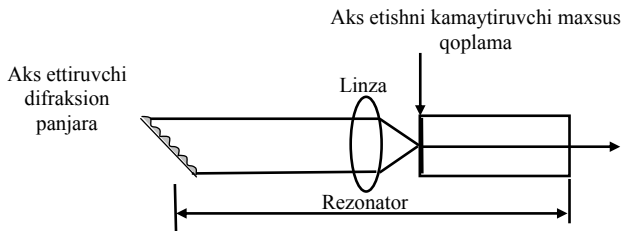
4.13–rasm. Taqsimlangan Bregg ko'zguli lazer.

Taqsimlangan teskari aloqali yarim o'tkazgich lazerlarga nisbatan bunday lazerlarda yagona asosiy modani generatsiyasi odatiy xoldir. Bunday tuzilishli lazerlarda hattoki, yuqori tezlikli modulyatsiyada ham modalarni birdan o'zgarishi kuzatilmaydi, aksincha, faqatgina bitta asosiy moda hosil bo'ladi. Bu esa taqsimlangan Bregg ko'zguli lazerlarni bir modali optik tolalarda va kanallari to'liq uzunligi bo'yicha zichlashtirilgan uzatish tizimlarda nurlanish manbai sifatida ishlatilishiga qulaylik yaratadi [4].

4.4.2.3. Tashqi rezonatorli lazerlar

Tashqi rezonatorli lazerlarda bir yoki ikkala ko'ndalang yoni aks ettirishni kamaytiruvchi, maxsus qatlam bilan qoplanadi va mos ravishda yarim o'tkazgich aktiv sohasini atrofida bitta yoki ikkita ko'zgu qo'yiladi. 4.14-rasmda bitta tashqi rezonatorli lazer ko'rsatilgan.

Aks etishni kamaytiruvchi qoplama aks etish koeffitsiyentini taxminan to'rt tartibga kamaytiradi, aktiv qatlamni boshqa ko'ndalang yoni esa 30% gacha yorug'lik oqimini aks ettiradi. Aks ettiruvchi difraksiyon panjara ko'zgu va difraksiyon panjaradan tashkil topgan.



4.14–rasm. Bitta tashqi rezonatorli lazer.

Ko'zgu difraksiyon panjara vazifasini to'ldiradi. Ko'zgu va aktiv element o'rtasida teskari aloqani yaxshilash uchun linza o'rnatiladi.

Aks ettiruvchi difraksiyon panjaragacha bo'lgan masofani oshirib yoki kamaytirib, shuningdek, panjarani burish hisobiga panjara qadamini o'zgartirish orqali nurlanish to'lqin uzunligini bir tekisda o'zgartirish mumkin. Shuning uchun bunday lazerlar sozlanuvchan lazerlar deyiladi. Bu lazerlarda to'lqin uzunligini 30 nm oraliqgacha o'zgartirish mumkin. Tashqi rezonatorli lazerlar to'lqin uzunligi bo'yicha zichlashtirish apparaturalarini va TOA uchun o'lchov qurilmalarini yaratishda juda kerakli hisoblanadi [1].

4.5. Nurlanish manbalarining qiyosiy tavsifi, ularga tashqi omillarning ta'siri

Yuqoridagi bayon etilganlardan ma'lum bo'ldiki, yorug'lik manbalari tolali optik uzatish tizimlarining muhim va ajiralmas funksional qurilmasi bo'lgan uzatuvchi optoelektron modulning asosiy elementi vazifasini o'taydilar. Ular yordamida analog yoki raqamli ko'rinishdagi elektr signallari yorug'lik signallariga o'zgartirilib, ularni optik tolaga uzatiladi.

Tolali optik uzatish tizimlarida yorug'lik manbalarining bu talablarga javob beradigan ikki turidan – yorug'lik diodlari va lazer diodlaridan foydalaniladi.

yorug'lik diodlari spontan, nomonoxromatik (turli xil to'lqin uzunligiga ega bo'lgan, turli fazali) nurlanish manbai, LD esa

monoxromatik va kogerent (bir xil to'liqin uzunlikli, bir xil fazali, bir xil tarqalish yo'nalishiga ega bo'lgan) nurlanish manbai bo'lib xizmat qiladi.

yorug'lik diodlari va lazer diodlarini elektr zanjir elementi sifatida tavsiflovchi volt-ampere xarakteristikalari bir xil (eksponensial) ko'rinishga ega bo'lsa-da ishchi kuchlanish va toklarning qiymatlari turli xil oraliqda yotadilar. Yorug'lik diodlari uchun bu qiymatlar mos ravishda 1-2 V, 50-100 mA oraliq'ida, lazer diodlari uchun 2÷5 V va bir necha o'ndan bir necha yuz mA gacha oraliqda yotadi.

yorug'lik diodining volt-ampere xarakteristikasi tok kuchining bir necha o'n mA o'zgarishlari oraliq'ida to'g'ri chiziqli ko'rinishga, lazer diodining volt-ampere xarakteristikasi esa, tok kuchining nisbatan katta qiymatlari oraliq'ida (bir necha o'ndan bir necha yuz mA gacha oraliqda) nochiziqli ko'rinishga va bo'sag'a xususiyatiga ega.

yorug'lik diodlari va lazer diodlarining spektral xarakteristikalari kengligi keskin farq qiladi. Yorug'lik diodlari uchun bu kenglik 30÷60 nm ni tashkil etsa, lazer diodlarida u 0.1÷0.4 nm (bir modali lazerlar uchun) gacha oraliqda yotadi. Aynan Shu xususiyatlariga ko'ra yorug'lik diodidan kelayotgan signallar optik tolada ko'proq, lazer diodlaridan kelayotgan yorug'lik signallari esa kamroq dispersiyaga uchraydilar. Shu sababdan yorug'lik diodlaridan qisqa uzunlikli optik uzatish liniyalarida (15 km gacha), lazer diodlaridan esa katta uzunlikli uzatish liniyalarida foydalaniladi.

yorug'lik manbalari nurlanish quvvatining fazoviy taqsimotini tafsivlovchi yo'nalganlik diagrammasi bilan ham farq qiladi. Yorug'lik diodlari uchun bu taqsimot bir necha o'n va hatto yuzdan ortiq teles (fazoviy) burchagi ostida yuz bersa, lazer diodlari uchun gradusning bo'laklarini tashkil etadi.

yorug'lik diodlari va lazer diodlarining tezkorliklariga bog'liq holda yorug'lik diodlaridan nisbatan kichik tezlikli (Mbit/s li), lazer diodlaridan esa, katta tezlikli (Gbit/s li) tolali optik uzatish tizimlarida foydalaniladi.

Xizmat muddati yorug'lik manbalarining muhim ekspluatatsion parametrlaridan biri hisoblanadi. Yorug'lik manbalarining degradatsiyasi ularning asta sekin va katastrofik eskirishiga olib keladi. Bu hol yorug'lik diodlari xizmat muddatini 10^6 – 10^7 soat oraliq, lazer diodlarining xizmat muddatini uzog'i bilan 10^5 soat bilan cheklaydi.

Nazorat savollari

1. Optik signallarni uzatuvchi nurlanish manbalariga qanday talablar qo'yiladi?
 2. Spontan nurlanishning hosil bo'lishini tushuntiring.
 3. Induksiyalangan (majburiy) nurlanishni hosil bo'lish shartlarini tavsiflang.
 4. Optik aloqa tizimida yorug'lik manbalarining qanday turlaridan foydalaniladi? Ular qanday materiallardan tayyorlanadi?
 5. YODning qanday turlarini bilasizlar va ularning farqi nimada?
 6. yorug'lik diodiva uning ish prinsipini tavsiflang.
 7. Sirdan nurlantiruvchi YODning tuzilishi va xususiyatlarini tavsiflang.
 8. Yonidan nurlantiruvchi YODning tuzilishi va xususiyatlarini tavsiflang.
 9. yorug'lik diodi qanday xarakteristikalar bilan tavsiflanadi?
 10. yorug'lik diodining volt-amper xarakteristikasini tavsiflang.
 11. yorug'lik diodining vatt-amper xarakteristikasini tavsiflang.
 12. yorug'lik diodining spektral xarakteristikasini tavsiflang.
 13. yorug'lik diodining yo'nalganlik diagrammasini tavsiflang.
- Yorug'lik nurining yo'nalganlik diagrammasini yaxshilash uchun qanday choralar ko'riladi?
14. yorug'lik diodi nurlanish samaradorligini oshirish va nurlanish quvvatini kichik yuzada mujassamlashtirish uchun qanday usullardan foydalaniladi?
 15. Nima sababli geterotuzilishlar qo'llaniladi?
 16. IGT – ikki tomonlama chegarali geterotuzilish qanday xususiyatlarga ega?
 17. yorug'lik diodining degradatsiya jarayoniga tavsif bering. Bu jarayon qaysi omillar tufayli yuz beradi?
 18. yorug'lik diodining asosiy parametrlarini sanab ko'rsating va ularni qisqacha tavsiflang.
 19. yorug'lik diodining afzalliklari va kamchiliklari nimada? Ularga qisqacha tavsif bering.
 20. Optik signalni uzatuvchi modul (OUzM)ning vazifasi nimadan iborat?
 21. Optik signalni uzatuvchi modul(OUzM)ning tuzilishi va bloklari vazifasini tushuntiring.

22. Optik signalni uzatuvchi modul (OUzM)da harorat mo‘tadiligini ta’minlash uchun qaysi bloklar qo‘llaniladi?
23. Yarim o‘tkazgichli yorug‘lik diodi va lazer diodi xarakteristika va ish prinsiplari bilan bir-biridan qanday farqlanadi?
24. LDning ish prinsipini tushuntiring.
25. Lazer diodi nurlanishining xususiyatlariga tavsif bering.
26. LDning qanday turlari mavjud, ular qanday xususiyatlarga ega?
27. Lazer diodining vatt-amper xarakteristikalariga tavsif bering.
28. Tashqi muhit haroratining o‘zgarishi lazer diodi nurlanish spektri va quvvatiga qanday ta’sir etadi ?
29. Bir modali va ko‘p modali lazer diodlarining spektral xarakteristika-larini tavsiflang. Bu xarakteristikalar yorug‘lik diodining spektral xarakteristikasidan qanday farq qiladi?
30. Bir modali lazer diodlarining qanday turlari mavjud? Ularning ish xususiyatlarini tavsiflang.
31. Optik kanallarni to‘lqin uzunligi bo‘yicha zichlashtirishda bir modali lazer diodlarining qaysi turlaridan foydalaniladi?

5-BOB. OPTIK MODULYATORLAR

5.1 Optik signalni modulyatsiyalash usullari

Ma'lumki, axborotlar oqimini optik tola bo'ylab uzatish optik eltuvchi – yorug'lik to'liqini axborot signaliga monand tarzda o'zgartirishni taqazo etadi. Yorug'lik nurlanishning bir yoki bir necha parametrlarini elektr (tok yoki kuchlanish), tovush, mexanik yoki optik signal ta'sirida vaqt yoki fazo bo'yicha berilgan qonuniyatga ko'ra o'zgartirishdan iborat, mazkur jarayonni optik **nurlanishni modulyatsiyalash jarayoni** deb ataladi.

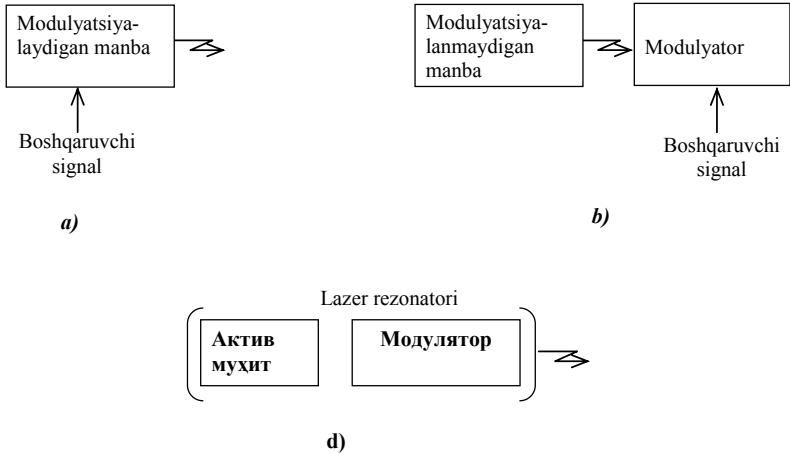
yorug'lik nurlanishini soddalik uchun yassi monoxramatik to'liqin deb faraz qilinsa, uning vaqt va fazo bo'yicha tarqalishi fizik optikadan yaxshi malum bo'lgan quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$E(x,t)=E_m \cos[2\pi(\nu t - \nu n/Sox + \varphi_0)], \quad (5.1)$$

bu yerda, E – yorug'lik to'liqini elektr maydonining kuchlanganligi; E_m – mazkur elektr maydon kuchlanganligining amplitudasi; ν – tebranishlar chastotasi; t – vaqt; n – muhitning sindirish ko'rsatgichi; So – yorug'likning vakuumdagi tezligi; x – nurlanishning tarqalish yo'nalishi bo'yicha koordinata; φ_0 – tebranishlarning boshlang'ich fazasi.

Bu tenglamadan ko'rinadiki, optik eltuvchini axborot signaliga mos ravishda modulyatsiyalash jarayonini yorug'lik to'liqinining amplitudasi, chastotasi, fazasi va qutblanish vektorining yo'nalishini o'zgartirish orqali amalga oshirish mumkin. Optik signal tola bo'ylab tarqalib, so'ngra fotoqabulqilgichga tushadi. Zamonaviy fotoqabulqilgichlar yorug'lik nurlanishini faqat intensivlik bo'yicha qayd etadi. Shu sababdan intensivlik bo'yicha modulyatsiyalash jarayonidan eng keng foydalaniladi. Boshqa turdagi modulyatsiyalash jarayonlaridan foydalanilganida, dastlab u yoki bu usulda modulyatsiyalangan nurlanishni intensivlik bo'yicha modulyatsiyalangan signalga o'zgartirish talab etiladi.

Modulyatsiyalangan yorug'lik nurlanishini olishning turli xil usullari mavjud. Ulardan birinchisi **to'g'ri modulyatsiya** usuli bo'lib, unda yorug'lik manbai – yorug'lik diodi yoki lazer diodi nurlanishining modulyatsiyasiga ulardan oqib o'tadigan injeksiya tokini o'zgartirish yo'li bilan erishiladi (5.1,a-rasm).



5.1-rasm. Yorug‘lik nurlanishini to‘g‘ri (a), tashqi (b) va ichki (v) modulyatsiyalash usullari.

Tashqi modulyatsiya deb atalgan ikkinchi usulda yorug‘lik manбайдan tarqalayotgan o‘zgarmas (modulyatsiyalanmagan) yorug‘lik oqimi maxsus qurilma –modulyator yordamida modulyatsiyalanadi (5.1,b-rasm). Va nihoyat, agar tegishli modulyator bo‘lsa, uni lazer rezonatoriga kiritish va Shu tarzda **ichki modulyatsiyani** amalga oshirish mumkin (5.1v-rasm). Bundan ko‘rinadiki, ichki modulyatsiya mohiyat e‘tibori bilan to‘g‘ri modulyatsiyaning bir turi hisoblanadi.

Optik eltuvchini to‘g‘ri modulyatsiyalash usulining ro‘yobga chiqarilishi optik aloqa tizimlarida qo‘llaniladigan yorug‘lik manbalari – yorug‘lik diodi va lazer diodining muhim xususiyatlaridan hisoblangan yetarli darajadagi tezkorlik va Shu munosabat bilan ularda kechadigan fizik jarayonlarni elektr signali yordamida samarali boshqarish imkoniyatining mavjudligi bilan bog‘liq. Bu hol mazkur asboblarning ish jarayonini belgilovchi noasosiy zaryad tashuvchilar yashash vaqtining kichikligi bilan tushuntiriladi. Chunonchi, hisoblashlarning ko‘rsatishicha, ko‘p modali lazerlar yordamida 400 Mbit/s tezlikli impuls-kodli modulyatsiyani yetarli darajada osonlik bilan amalga oshirish mumkin. Bir modali lazer diodlaridan foydalanish esa, uzatish tezligini bir necha gigogerslargacha oshirish imkonini beradi. Hozirgi vaqtda 14 GGs va undan yuqori tezliklarda ishlovchi lazer diodlari mavjud.

Optik modulyatsiyalashning fizik asoslari

Optik eltuvchini tashqi usul bilan, ya'ni modulyatsiyalovchi qurilmalar yordamida modulyatsiyalash uchun elektrooptik, akustooptik, magnitooptik hodisalar, shuningdek, turli xil fotoeffektlardan keng foydalaniladi. Elektrooptik hodisalar moddada tashqi elektr maydoni ta'sirida optik anizotropiya (modda xususiyatlarining turli yo'nalishlarda farqlanish xususiyati) vujudga kelishi bilan tavsiflanadi. Natijada, moddaning dielektrik singdiruvchanligi, demak, sindirish ko'rsatgichi o'zgaradi.

Elektrooptik hodisalar odatda modda bo'ylab tarqalayotgan yorug'lik nurining ikkita nurga ajralishi hodisasi bilan birgalikda yuz beradi. Odatiy va noodatiy nurlar deb yuritiladigan bu nurlar turli tezlik bilan tarqaladilar va turlicha qutblangan bo'ladilar. Agar bunday kristallarda o'zaro perpendikulyar bo'lgan x va y yo'nalishlarni ajratilsa, yorug'likning sindirish ko'rsatgichi bu yo'nalishlarning har birida, umuman olganda, turlicha bo'ladi. Kristallning bu yo'nalishlari bo'yicha sindirish ko'rsatgichlarini n_x , n_y orqali belgilaylik. Sindirish ko'rsatgichi har ikkala yo'nalish bo'yicha o'zaro farqlanadigan bunday kristallarni ikki o'qli kristallar deb ataladi.

x va u yo'nalishlar bo'yicha optik jihatdan birjinsli, ya'ni $n_x \approx n_y \approx n$ bo'lgan kristallarni esa, bir o'qli kristallar deb ataladi. Bir o'qli kristallarda odatiy yorug'lik to'liqini uchun sindirish ko'rsatgichi $n_o = n_x = n_y$, noodatiy to'liqin uchun esa, $n_n = n_z$ ga teng bo'ladi.

Bu turdagi kristallarda yorug'lik nurining z o'qi bo'yicha tarqalish chog'ida uning tezligi qutblanish holatiga bog'liq bo'lmaydi. Agar kristalga yorug'lik nurining tarqalish yo'nalishiga ko'ndalang yo'nalishda elektr maydoni qo'yilsa, sindirish ko'rsatkichlari n_x va n_y orasidagi tenglik buziladi va kristall ikki o'qli bo'lib qoladi. Natijada, x va y o'qlari bo'yicha qutblangan yorug'lik to'liqlarining muhit bo'yicha tarqalish tezligi ham bir - biridan farq qila boshlaydi.

u o'qi bo'ylab tarqalayotgan odatiy yorug'lik to'liqini uchun sindirish ko'rsatgichi elektr maydon kuchlanganligining ortishi bilan chiziqli tarzda o'zgaradi:

$$n_0(E) = n_0 + r_p E, \quad (5.2)$$

bu yerda r_p - Pokkels elektrooptik doimiysi; E – elektr maydon kuchlanganligi; n_0 – sindirish ko'rsatgichining maydon bo'lmagan holda, ya'ni $E=0$ bo'lgan holdagi qiymati.

Sindirish ko'rsatgichining elektr maydon kuchlanganligiga proporsional tarzda o'zgarishidan iborat hodisani chiziqli elektrooptik effekt yoki Pokkels effekti deb yuritiladi.

SHunday qilib, tashqi elektr maydoni ta'sirida boshlang'ich bir o'qli kristall ikki o'qli kristall xususiyatlarini namoyon etadi va sindirish ko'rsatgichining o'zgarishi natijasida u optik jihatdan anizotrop bo'lib qoladi. Yorug'lik to'liqini bunday kristall bo'ylab muayyan masofani o'tganida yorug'lik to'liqinining u va x yo'nalishlar bo'yichatashkil etuvchilari orasida

$$\Delta\varphi = 2\pi n_0^2 \text{rp } E L/\lambda \quad (5.3)$$

ga teng faza farqi vijudga keladi.

Nurlanishning kristall bo'ylab tarqalishi jarayonida turlicha qutblangan signallar orasidagi faza farqi o'zgaradi. Natijada kirish va chiqish signallarining qutblanishi turlicha bo'lib qoladi.

yorug'lik nurining tarqalish masofasi va bunga mos ravishda hosil bo'lgan faza farqiga qarab, chiqish chiqish signalining qutblanishi quyidagi jadvalda ko'rsatilgan tarzda o'zgaradi

$\Delta\varphi_{oe}$	0	$\pi/4$	$\pi/2$	$3\pi/4$	π	$5\pi/4$	$3\pi/2$	$7\pi/4$	2π
Qutblanganlik									

Akustooptik hodisalar

Tovush to'liqlari va optik nurlanishning o'zaro ta'sirlashuviga asoslangan akustooptik hodisalarning mohiyati shundaki, tovush to'liqini optik muhit sirtida sindirish ko'rsatgichini davriy qonuniyat bilan o'zgartiruvchi va difraksiya panjarasi vazifasini o'tovchi tuzilma hosil qiladi.

Bu hodisaga asoslangan modulyatsiyalash jarayonida Breg yoki Raman – Natt difraksiyalarining hosil bo'lish shartlaridan foydalaniladi: CHunonchi, birinchi holda bu shart quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$2\lambda \sin\theta = m\lambda, \quad (5.4)$$

bu yerda λ - tovush to'lovchi uzunligi - panjara doimiysi vazifasini o'tovchi kattalik, m – difraksiya tartibi, λ - yorug'lik nulanishining to'lovchi uzunligi, θ – yorug'lik nurining akustooptik modda sirtiga tushish burchagi.

Axborot eltuvchisini modulyatsiyalash jarayoni bu holda amplituda bo'yicha modulyatsiyalangan tovush to'lovchini vositasida amalga oshiriladi. Bu to'lovchining akustooptik modda bilan ta'sirlashuvi chiqish to'lovchini-difraksiyalangan to'lovchi intensivligi (jadalligi)ni modulyatsiyalaydi.

Magnitooptik hodisalar

Magnitooptik (hodisa)effekt –magnit maydoni ta'sirida optik modda parametrlarining o'zgarishi bilan bog'liq hodisadir. Bu hodisani turli qutblanishga ega bo'lgan yorug'lik to'lovchilari tarqalish tezligining farqi bilan tushuntiriladi. Faraz qilaylik, chiziqli tarzda qutblangan monoxromatik yorug'lik to'lovchini induksiyasi V ga teng bo'lgan magnit maydoniga joylashtirilgan optik moddaga tarqalish yo'nalishi magnit maydoni yo'nalishiga mos holda tushayotgan bo'lsin. Ma'lumki, chiziqli qutblangan yorug'lik to'lovchini turlicha qutblanishli ikkita to'lovchining yig'indisi deb qarash mumkin. Magnit maydoni ta'sirida bu to'lovchilar uchun sindirish ko'rsatgichi o'zaro farq qilib n_1, n_2 bo'lib qoladi. Natijada modda bo'ylab L masofaga tarqalgan bu to'lovchilar orasida quyidagi faza farqi vujudga keladi:

$$\Delta\varphi = \omega L(n_1 - n_2)/c, (5.5)$$

bu yerda $n_1 - n_2$ magnit induksiyasiga proporsional kattalik.

Fotoo'tkazuvchanlik, fotoxrom va fotokristalik hodisalar

Moddaga tegishli optik xususiyatlarning o'zgarishiga sabab bo'ladigan ftohodisalar qatoriga fotoo'tkazuvchanlik, fotoxrom va fotokristalik effektlarni ham ko'rsatish mumkin.

Fotoo'tkazuvchanlik hodisasining mohiyati shundaki, yorug'lik oqimi ta'sirida yarim o'tkazgich xossasiga ega bo'lgan moddaning elektr o'tkazuvchanligi o'zgaradi (ortadi yoki kamayadi). Bu o'zgarish moddaning optik parametrlariga, jumladan, uning sindirish ko'rsatgichiga ta'sir ko'rsatadi. Bu hol ushbu hodisadan yorug'lik nurlanishini modulyatsiyalash maqsadida foydalanish imkonini beradi.

Fotoxrom effekti maxsus aralashmali noorganik shisha, organik

polimerlar kabi moddalar rangining qisqa to‘lqinlar diapazonidagi ultrabinafsha yoki ko‘zga ko‘rinuvchi qisqa to‘lqinli nurlanish oqimi ta’sirida o‘zgarishi bilan sodir bo‘ladi. Bu holda moddani dastlabki holatiga qaytarish uchun unga infraqizil diapazonli yorug‘lik bilan ta’sir etish yoki uni isitish talab etiladi.

Amorf tuzilishli yarim o‘tkazgichlarda kuzatiladigan fotokristalik effekt shunday hodisaki, unda yuqori intensivlikka ega bo‘lgan yorug‘lik oqimi ta’sirida moddaning kristallanish tarzida va Shu tariqa sindirish ko‘rsatkichining o‘zgarishi yuz beradi.

5.2. Optik modulyatorlarning turlari. Elektrooptik, akustooptik, magnitooptik, yupqa pardali va yarim o‘tkazgichli optik modulyatorlar

yorug‘lik nurlanishini tashqi va ichki modulyatsiyalash jarayonini amalga oshiruvchi qurilmalarni – optik modulyatorlar deb ataladi. Ularning ish mexanizmi optik eltuvchiga ta’sirning yuqorida ko‘rib o‘tilgan turlaridan biridan foydalanishga asoslangan bo‘lishi mumkin. Shunga ko‘ra modulyatorlarning quyidagi turlari mavjud:

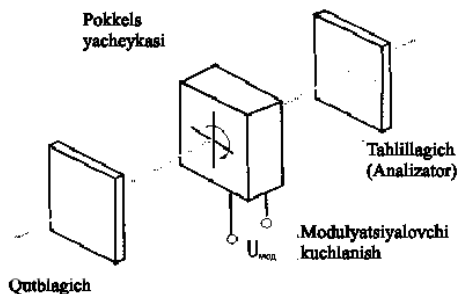
- optik muhitda sodir bo‘ladigan elektrooptik jarayonlardan foydalanishga asoslangan elektrooptik modulyatorlar;
- optik muhitda sodir bo‘ladigan akustooptik jarayonlardan foydalanishga asoslangan akustooptik modulyatorlar;
- optik muhitda sodir bo‘ladigan magnitooptik jarayonlardan foydalanishga asoslangan magnitooptik modulyatorlar;
- yarim o‘tkazgichli tuzilmalarda sodir bo‘ladigan elektrooptik jarayonlardan foydalanishga asoslangan yarim o‘tkazgichli modulyatorlar.

Elektrooptik modulyatorlar

Elektrooptik modulyatorning tuzilish sxemasi yukoridagi rasmda keltirilgan ko‘rinishga ega. Bu sxemani Pokkels yacheykasi deb nomlangan kristalni qutblanish tekisligi 90^0 ga farq qiladigan chiziqli qutblagich va tahlillagich (analizator)lar orasiga joylashtirish orqali shakllan- tiriladi. Modulyatorning ish prinsipi quyidagicha: Pokkels yacheykasiga kuchlanish qo‘yilmagan holda u orqali o‘tgan nurning qutblanish tekisligi qo‘shimcha tarzda burilmaydi va kirishdagi chiziqli qutblagich yordamida tekislik bo‘yicha qutblangan yorug‘lik nuri tahlillagich, demak, modulyator chiqishiga o‘tmaydi.

Agar Pokkels yacheykasiga qo'yilgan kuchlanish uning eng katta qiymatigacha oshirilsa, yacheyka qutblanish tekisligini o'ngga buradi. Natijada yacheyka chiqishida qutblagich va tahlillagichdagi yorug'lik nurining qutblanish tekisliklari orasidagi burchak amalda nolgacha kamayib, kirish nurining modulyator chiqishidan to'liq o'tishi ta'minlanadi.

5.2 - rasmdan ko'rinadiki, modulyator ko'ndalang turdagi ($z \perp E$) elektrooptik effekti – Pokkels effekti asosida ishlaydi. Boshqarish kuchlanishi U_{boshq} , ya'ni elektr maydon kuchlanganligi E ni o'zgartirib, chiqish optik signali fazasini kirish signali fazasiga nisbatan siljitishga erishish mumkin. Modulyatorning chiqishiga joylashtirilgan tahlillagich (analizator) faza o'zgarishlarini nurlanish intensivligining o'zgarishlariga aylantirib beradi.



5.2-rasm. Chiziqli elektrooptik hodisa asosida ishlaydigan elektrooptik modulyatorning tuzilishi.

Modulyator chiqishidagi nurlanish intensivligi, kristaldagi yutilish jarayonini hisobga olmaganda, quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$I_{chiq.} = I_{kir.} \cdot \sin^2(\pi/2)(U_{boshq.}/U\lambda/2), \quad (5.6)$$

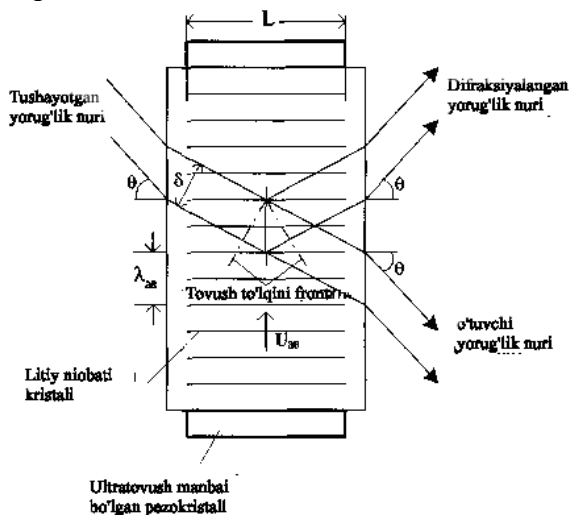
bu yerda $I_{chiq.}$ va $I_{kir.}$ – mos ravishda modulyatorning chiqish va kirishidagi nurlanish intensivligi, U_{boshq} – boshqarish kuchlanishi, $U\lambda/2$ – yarim to'liqinli boshqarish kuchlanishi.

Modulyator tuzilishini maqbullashtirish va integral optik texnologiyaning yutuqlari bu turdagi modulyatorning turli xil qurilmalarda va eng avvalo SDH va WDM tizimlarida keng qo'llash imkonini beradi.

Akustooptik modulyatorlar

Modulyatorning tezkorligi tovush signalining yorug'lik tutami (puchok) ko'ndalang kesimidan o'tish vaqti bilan aniqlanadi va 10-7s tartibga ega.

Akustooptik modulyatorning ish prinsipi ba'zi optik jihatdan shaffof materiallarda (masalan, litiy niobatida) sindirish ko'rsatkichining bosimga bog'liqligidan foydalanishga asoslangan. Bu bosim modulyatorning asosiy elementi vazifasini o'tovchi, akustooptik yacheyka yaratish uchun ishlatiladigan akustooptik material sirtiga yopishtirilgan pezokritall tomonidan generatsiyalangan akustik to'lqinlar tufayli vujudga keladi.



5.3- rasm. Yorug'lik nurining akustooptik modulyatordan o'tish sxemasi

Akustooptik modulyatorlar yetarli darajada oddiy va ishonchli qurilmalardan hisoblanadi. Shunga qaramasdan ular muayyan kamchiliklarga ham egalar. Bu kamchiliklar quyidagilardan iborat:

- uzatish funksiyasining noxizirligi;
- modulyatsiya chuqurligining modulyatsiya chastotasining ortishi bilan kamayishi. Bu hol ulardan yuqori tezlikli modulyatsiyalash sxemalarida foydalanishni chegaralaydi;
- modulyatsiyalangan lazer nurlanishi chastotasining modulyatsiyalovchi akustik chastota kattaligi qadar siljishi;

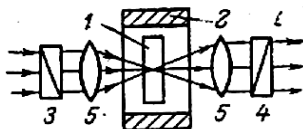
- difraksiyalangan va tushuvchi yorug'lik tutamlari intensivliklarining nisbati bilan aniqlanadigan difraksiya samaradorligining unchalik katta emasligi (bu samaradorlikni akustik signal quvvatini oshirish hisobiga ta'minlash mumkin).

Magnitooptik modulyatorlar

Modulyatorlarni tayyorlash uchun magnitooptik moddalardan, masalan, ferritgranat yoki uch bromli xromlardan ham foydalapnish mumkin.

Magnitooptik modulyatorlarning ish prinsipi Faradey effektidan foydalanishga asoslangan.

Bu effektning mohiyati yorug'lik nurlanishi magnit maydoniga joylashtirilgan aktiv muhit bo'yicha tarqalishi jarayonida uning qutblanish tekisligi buriladi. Tahlillagich qutblanish yo'nalishi o'zgarishlarining amplituda o'zgarishlariga aylanishini ta'minlaydi.



5.4-rasm. Magnitooptik modulyatorning tuzilish sxemasi: 1 –aktiv muhit (magnitooptik modda); 2 – induksiyalovchi g'altak; 3 – qutblagich; 4 – tahlillagich (analizator).

Biroq magnitooptik modulyatorlarning tezkorligi elektrooptik modulyatorlarga nisbatan ancha past. Ularning chegaraviy chastotasi 104 Gs dan oshmaydi. Bundan tashqari, magnitooptik modulyatorlarni boshqarish uchun katta kuchlanganlikka ega bo'lgan magnit maydoni talab etiladi. Modulyatsiya chuqurligining kamligi va optik nurlanishning magnitooptik moddalardagi kuchli yutilishi ham magnitooptik modulyatorlarning qo'llanishini cheklovchi omillardan hisoblanadi.

Yupqa pardali va yarim o'tkazgichli optik modulyatorlar

Yupqa pardali modulyatorlar eng istiqbolli hisoblanadi. Elektrooptik hodisalar sodir bo'ladigan moddalar sifatida lity niobati va tantalati hamda ularning qorishmalaridan foydalaniladi. Yupqa pardali modulyatorlar yaratishda chegaraviy chastotani bu turdagi asbobning

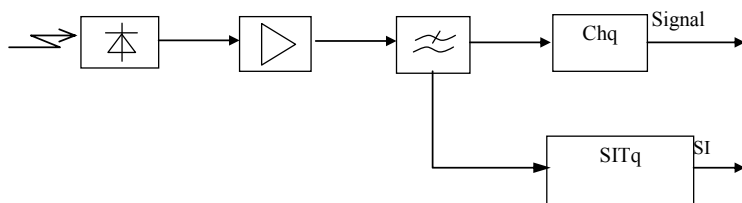
hajmiy analoglaridagiga nisbatan oshirish mumkin bo'ldi (108) Gs gacha). Bu turdagi modulyatorlar kichik qiymatli kuchlanish bilan boshqariladi.

Optik aloqa tizimlarida yarim o'tkazgichli modulyatorlardan ham foydalaniladi.

Yarim o'tkazgichli p-n o'tishlarda teskari yo'nalishda qo'yilgan kuchlanish ta'sirida hajmiy zaryad sohasida erkin zaryad tashuvchilar konsentratsiyasining o'zgarishi tufayli chiziqli elektrooptik effekt sodir bo'ldi. Bu hol dielektrik singdiruvchanlik, demak, sindirish ko'rsatgichining modulyatsiyalanishiga sabab bo'ldi. Nurlanishni p-n o'tish tekisligi bo'ylab yupqa qatlamga kiritish zarur bo'lgani uchun bu effektini hajmiy modulyatorlarda ro'yobga chiqarish qiyinchilik tug'diradi. Yupqa pardali tuzilmalarda bu talab oson bajariladi. GaAs, GaP kabi yarim o'tkazgichlardan foydalanilganida boshqarish kuchlanishining qiymatini bir necha voltgacha kamaytirish mumkin.

Yarim o'tkazgichlarda yorug'lik nurlanishining yutilishi ikki xil mexanizm asosida – erkin zaryad tashuvchilarning bir energetik sathdan boshqa energetik sathga o'tishi yoki elektronlarning valent energetik sohasidan o'tkazuvchanlik energetik sohasiga o'tishi hisobiga yuz beradi.

Intensivlik bo'yicha modulyatsiyalangan optik signalni fotoqabul qilgich tomonidan qabul qilish jarayonlari



5.5-rasm. Raqamli signal bilan modulyatsiyalangan optik nurlanishni qabul qilish sxemasi.

Yarim o'tkazgichlarda yorug'lik nurlanishi yutilishining xuddi Shu mexanizmlari nurlanish intensivligini modulyatsiyalashda amaliy qo'llanish topdi.

Ishchi kuchlanishining kichik qiymatlari (bir necha volt), tuzilishining soddaligi, ishonchlilik, texnologik maqbullik bu turdagi modulyatorlarning afzalliklaridan hisoblanadi.

Fotodiod bilan detektorlanadigan tok avval kam shovqinli dastlabki kuchaytirgichda kuchaytiriladi, so'ng shovqin ta'sirini kamaytirish va qaror qabul qiluvchi sxema kirishida etarlicha yuqori sathli signalni olish uchun (chegaralovchi qurilma-CHq) filtrlanadi. Qaror qabul qilish sinxroimpulslarni tiklovchi qurilma (SITq) yordamida amalga oshiriladi. Ko'pincha qabul qilish sxemasiga SAB-sathni avtomatik boshqarish bloki kiritiladi. SAB kuchaytirgichlarni kuchaytirish koeffitsiyentini, ko'chkisimon FD qo'llanilganda ko'payish koeffitsiyentini va kirish sathi o'zgarishlarini kompensatsiyalaydi.

Nazorat savollari

1. yorug'lik nurlanishi optik eltuvchisini modulyatsiyalash jarayoniga ta'rif bering.

2. Optik eltuvchini yorug'lik to'lqinining qaysi parametrlari bo'yicha modulyatsiyalash mumkin?

3. Optik eltuvchini modulyatsiyalashning qanday usullari mavjud?

4. Optik eltuvchini to'g'ri, tashqi va ichki modulyatsiyalash jarayonlariga tafsiv bering.

3. Elektroptik, akustooptik, magnitooptik, fotoo'tkazuvchanlik, fotoxrom va fotokristalik effektlarga tafsiv bering.

5. Optik nurlanishni tashqi va ichki usul bilan modulyatsiyalashda qaysi fizik hodisalardan foydalaniladi?

6. Elektroptik hodisalar (Pockels va Kerr effektlari)ning mohiyatini tushuntiring.

7. Akustooptik hodisalar (Bregg va Raman-Nat effektlari)ning mohiyatini tushuntiring.

8. Magnitooptik hodisa (Faradey effekti)ning mohiyatini tushuntiring.

9. yorug'lik nurlanishini modulyatsiyalash maqsadida qo'llaniladigan fotoo'tkazuvchanlik, fotoxrom va fotokristalik hodisalarning mohiyatini tushuntiring.

10. Optik modulyator qurilmasiga ta'rif bering.

11. Optik modulyatorning qanday xillari mavjud?

12. Ish mexanizmining xususiyatlariga ko'ra optik modulyatorlar qanday guruhlariga ajratiladi?

13. Elektrooptik modulyatorning tuzilishi va ish prinsipini tavsiflang.

14. Elektrooptik modulyator qanday parametrlar bilan tavsiflanadi? Ularga ta'rif bering.

15. Elektrooptik modulyatorning afzalliklari va kamchiliklari nimada?

16. Max-Sender interferometri sxemasidan foydalanishga asoslangan elektrooptik modulyatorning tuzilishi va ish prinsipini tavsiflang. Bu turdagi modulyatorning afzalliklari nimada?

17. Akustooptik modulyatorning tuzilishi va ish prinsipini tavsiflang. Bu turdagi optik modulyatorning kamchiliklari nimada?

18. Magnitooptik modulyatorning tuzilishi va ish prinsipini tavsiflang. Bu turdagi optik modulyatorning kamchiliklari nimada?

19. Yupqa pardali optik modulyatorlarning hajmiy modulyatorlardan afzalliklari nimada?

20. Yarim o'tkazgichli elektrooptik modulyatorlarning ish mexanizmlari qanday jarayonlardan foydalanishga asoslangan. Bu turdagi optik modulyatorlarning afzalliklari nimada?

6-BOB. OPTIK ALOQA TIZIMLARINING FOTOQABUL QILGICHLARI

6.1. Fotoqabul qilgichlarning ish prinsipi va ularga qo'yiladigan talablar

Kirish optik signallarni elektr signallariga aylantirish uchun fotoqabulqilgichlar qo'llaniladi. So'ng bu signallar fotoqabulqilgichni elektr qurilmalarida kuchaytiriladi va qayta ishlanadi. Bu maqsadlar uchun qo'llaniladigan fotoqabulqilgichlar talab etiladigan polosa kengligiga, dinamik diapazonga, sezgirlikka, tola bilan puxta bog'lanish uchun yetarli o'lchamga ega bo'lishi, tashqi muhit o'zgarishlariga sezgir bo'lmasligi, xizmat muddati esa yuqori bo'lishi kerak. Bu talablarga yarim o'tkazgichli fotodiodlar (FD) to'liqroq javob beradi.

OA tizimlarida yarim o'tkazgichli fotodiodlarning *p-i-n FD* va *ko'chkisimon FD* turlari keng tarqalgan.

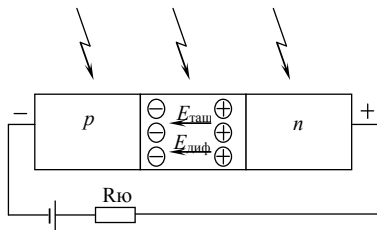
Yarim o'tkazgichli FD ishi ichki fotoeffektga asoslangan bo'lib, bunda yorug'lik fotonini yutilishidan yangi zaryad tashuvchi juftliklari-elektron va kovaklar hosil bo'ladi. Ya'ni foton atom bo'lib yutilib, elektronlarni qo'zg'atadi va elektronlarni valentlik zonasidan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tkazadi. Bu o'tishlar elektr signallarni shakllanishiga sharoit yaratadi.

Agar aralashma materialli r- va n-turdagi yarim o'tkazgichlar birlashtirilsa, elektronlar diffuziyasi r-turdagi yarim o'tkazgichda, kovaklar diffuziyasi esa n-turdagi yarim o'tkazgichda yuz beradi. Bunda kontakt maydon zaryad tashuvchilari kam bo'lgan, juda ingichka aktiv qatlam hosil bo'ladi. Yarim o'tkazgichlarga (6.1-rasm) kontakt diffuzion maydon E_{dif} yo'nalishiga mos keladigan tashqi elektr maydon E_{tash} berilganda aktiv soha kengayadi. Bu p-n o'tishning teskari siljish holatiga mos keladi [4].

Teskari siljishli r-n-o'tishga h-v energiyali fotonlar uch holatda yutilib, elektron-kovak juftligini hosil qilishi mumkin:

- 1). aktiv sohada yutilish;
- 2). r-sohada yutilish;
- 3). n-sohada yutilish.

Birinchi holatda elektron-kovak juftligi aktiv sohada hosil bo'ladi va kuchli elektr maydon ta'siri natijasida juftliklar bo'linib, elektronlar n-sohaga, kovaklar r-sohaga harakat qiladi. Tashuvchilarni harakati natijasida R_{yu} -yuklama qarshiligidan elektr toki oqib o'tadi.



6.1-rasm. Yarim oʻtkazgich fotodiodning ishlash prinsipi.

Ikkinchi va uchinchi holatlarda elektron-kovak juftligi r-va n-sohalarda hosil boʻladi. Bu sohalarda elektr maydon amalda mavjud emas, natijada, tashuvchilarni oʻtishga harakati asosan faqatgina diffuziya hisobiga boʻlishi mumkin. Agar p-n-oʻtishgacha boʻlgan masofa diffuziya uzunligidan katta boʻlsa, unda aktiv sohaga borishga ulgurib etmay, hosil boʻlgan juftliklar rekombinatsiyalanib boʻladi. Agar bu masofa kichik boʻlsa, katta ehtimollik bilan juftliklar aktiv sohaga etib boradi va kuchli elektr maydon taʼsirida boʻlinadi va elektron (yoki kovak) tezda aktiv soha orqali boshqa sohaga qarab harakat qiladi. Bunda ham R_{yu} orqali oqib oʻtuvchi elektr toki hosil boʻladi.

6.2. Fotoqabul qilgichlarning xarakteristika va parametrlari

Agar har bir yutiladigan kvant elektron-kovak juftligini hosil qilsa, R_{yu} orqali oqib oʻtuvchi I elektr tokining oʻrtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$I = q \cdot N = q (P / h \cdot \nu), \quad (6.1)$$

bu yerda, q–tashuvchi elektron zaryadi, $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl;

N–tashuvchilar soni;

P–optik nurlanish quvvati, Vt;

h·ν–kvant energiyasi, Vt·s yoki kVt·soatda oʻlchanadi.

Elektronlarni valent zonadan oʻtkazuvchanlik zonaga oʻtishi uchun yutilayotgan kvant energiyasi etarlicha boʻlishi kerak, yaʼni $h \cdot \nu$ kvant energiyasi man etilgan soha kengligidan katta $h \cdot \nu \geq \Delta W_{m.e.s}$ boʻlishi kerak.

Yutiladigan yorugʻlik kvantlarining hammasi ham elektr toki impulslarini hosil qilmaydi. Shuning uchun fotodiodlar, fotonlarni elektr tokiga aylanish samaradorligini xarakterlovchi η -kvant samaradorligi

koeffitsiyenti bilan baholanadi [4].

Kvant samaradorligini hisoblash formulasi:

$$\eta = 1,24 \cdot 10^5 S/\lambda, \%, \quad (6.2)$$

bu yerda, S–sezgirlik, A/Vt;

λ -optik signalning to‘lqin uzunligi, nm.

Shu tarzda umumiy holda R_{yu} orqali o‘tayotgan elektr tokining o‘rtacha qiymati quyidagi formuladan topiladi:

$$I = \eta q (P/h \cdot v) = S \cdot P. \quad (6.3)$$

Yuqori sifatli kremniy fotodiodlarini kvant samaradorligi 80 % etishi mumkin. Lekin fotodiodlarni kvant samaradorligini 100% bo‘lishiga erishib bo‘lmaydi [6].

Turli to‘lqin uzunliklari fotoqabulqilgichlarini yaratish uchun qo‘llaniladigan elementlar va materiallar

6.1-jadval

Material	Qabul qilinadigan to‘lqin uzunliklar diapazoni λ , nm
Kremniy	400-1000
Germaniy	600-1600
GaAs	800-1000
InGaAs	1000-1700
InGaAsP*	1100-1600

6.2-rasmda esa kvant samaradorligini to‘lqin uzunligiga bog‘lanishi ko‘rsatilgan [1].

*-aralashmalar qo‘shish, legirlash darajasiga bog‘liq.

Kvant samaradorligi bilan bir qatorda sezgirlik va vaqt doimiysi fotoqabulqilgichlarning asosiy xarakteristikalari hisoblanadi.

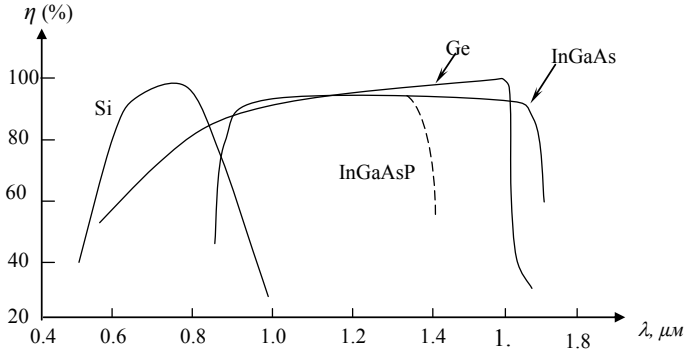
Fotodiod sezgirligi – S bu yorug‘lik quvvatini elektr tokiga aylanishdagi to‘liq foydali ish koeffitsiyentidir (FIK), ya‘ni fototok I o‘rtacha qiymatining optik quvvat R o‘rtacha qiymatiga nisbatidir, A/Vt [4]:

$$S = I/R, \quad (6.4)$$

yoki (9.4) ni hisobga olganda

$$S = \eta (q/h \cdot v). \quad (6.5)$$

Bundan ko‘rinib turibdiki, aktiv sohada yutiladigan yorug‘lik oqimlari qancha ko‘p bo‘lsa, ya‘ni η -kvant samaradorligi qancha yuqori bo‘lsa, sezgirlik ham shuncha yuqori bo‘ladi.



6.2-rasm. Turli materiallar uchun kvant samaradorligining to'liq uzunligiga bog'lanishi.

Vaqt doimiysi τ – foto qabul qilgichning tezkorligini xarakterlaydi va u ko'pgina parametrlarga: aktivsoha kengligiga, to'liq uzunligiga, shuningdek, tashuvchilar diffuziya oqibatida yoki elektr maydon ta'sirida harakat qilishiga bog'liq.

FD vaqt doimiysi τ diffuziya vaqtiga va aktivsohadan o'tish vaqtiga bog'liq. Shuning uchun p- va n-sohalarning, shuningdek, aktivsohaning o'lchamlari muhim hisoblanadi. Kelayotgan nurni aktivsohada to'liq yutilishi, kvant samaradorligini oshirish maqsadida p- va n-sohalar ingichkaroq, aktivsoha esa kengroq qilib ishlab chiqariladi. Bu p- va n-sohalarga aralashmalarni ko'proq qo'shish, ya'ni yuqori legirlash, aktivsohani esa kamroq legirlash yordamida amalga oshiriladi [1]. p- va n-sohalarga fotonlar tushganda diffuziya toki hosil bo'ladi, bu esa FD tezkorligini kamaytiradi. Lekin, aktivsoha o'lchamining kengligi ham, bu sohadan tashuvchilarni o'tish vaqtini oshiradi. p-i-n turdagi diodlarda aktivsoha kengligi 20 mkm atrofida bo'ladi [6].

FDni xarakterlovchi eng muhim ko'rsatkichlardan biri bu shaxsiy shovqinlar sathi hisoblanadi. Shovqinlar regeneratsiyalash punktlari orasidagi masofaga ta'sir qiladi. FDda doimiy oqib o'tadigan tok qiymati I_0 bilan shartlanadigan drob shovqinlari asosiy shovqin omili hisoblanadi. Drob shovqinlarining toki:

$$I_{dr.sh} = \sqrt{2 \cdot q \cdot I_0 \cdot \Delta v} = \sqrt{2 \cdot q \cdot I_0 \cdot B}, \quad (6.6)$$

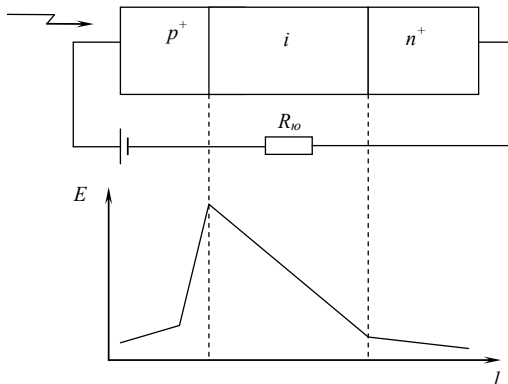
bu yerda, q –elektron zaryadi;
 I_0 FDdan doimiy o‘tuvchi tok qiymati;
 Δv –chastota polosasi kengligi;
 B –uzatish tezligi.

6.3. Fotoqabul qilgichlarning turlari. p-i-n fotodiodlar, ko‘chkili fotodiodlar

6.3.1. p-i-n fotodiodi

p-i-n FD tezkorligi va parametrlarining barqarorligi bilan ajralib turadi. P-i-n FD tuzilishi (6.3-rasm) odatdagi p-n FD dan farq qiladi. P-i-n Fdda p^+ - va n^+ - sohalarni aralashmalar bilan legirlanishi juda yuqori (+yuqori legirlanishni bildiradi), bu p^+ va n^+ sohalarni o‘tkazuvchanligini oshiradi. I-sohaga esa aralashmalar kamroq qo‘shiladi.

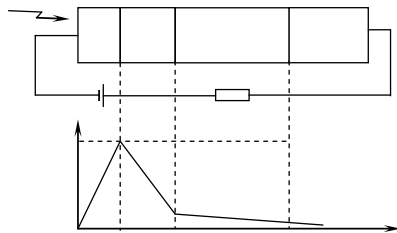
Elektr maydonning maksimal qiymati i – sohada hosil bo‘ladi. P-i-n tuzilishga teskari siljishli U_0 kuchlanish beriladi. Yorug‘lik i – sohaga tushganda, unda elektron-kovak juftligi hosil bo‘ladi. Elektr maydon ta’sirida ular tezda bo‘linib va qarama-qarshi yo‘nalishlarda o‘zlarini elektrodlariga qarab harakatlanishadi. Elektrodarni egallab, elektr toki hosil bo‘ladi. P-i-n FD tuzilishi i –sohadan tashqarida nurlanish yutilishini keskin kamaytiradi (6.3-rasm)[4].



6.3-rasm. p-i-n turdagi fotodiod va elektr maydon kuchlanganligining taqsimlanishi.

6.3.2. Ko‘chkisimon fotodiodlar

Ko‘chkisimon fotodiodlarni odatiy FDdan asosiy farqi ko‘chkisimon elektron ko‘payishga asoslangan holda signallarni ichki kuchayishi hisoblanadi. Ko‘chkisimon FDda p⁺-i-n⁺ tuzilishga p-soha (p⁺-i-p-n⁺) qo‘shiladi (6.4-rasm) [4].



6.4-rasm. Ko‘chkisimon FD tuzilishi va elektr maydonning taqsimlanishi.

p-soha eng yuqori qarshilik, shuningdek, eng yuqori elektr maydon kuchlanganligiga ega bo‘lishi kerak. I-sohaga yorug‘lik ta‘sir qilganda elektron-kovak juftliklari hosil bo‘ladi va ular bo‘linib, elektrodga tamon harakat qiladi. Erkin elektronlar i-sohadan p-sohaga tushganda, p-sohadagi yuqori elektr maydon kuchlanganligi tufayli ular tezlashadi. P-sohani o‘tkazuvchanlik zonasida tezlashgan va etarlicha energiyaga ega bo‘lgan bu dastlabki elektronlarni atomlar bilan urilishidan, ya‘ni zarb ionlanish tufayli yangi elektron-kovak juftliklari hosil bo‘ladi. Natijada, dastlabki elektron-kovak juftligi hosil qilgan elektr toki ko‘chkisimon tarzda oshadi. Shuning uchun bu jarayon birlamchi fototokni ko‘chkisimon ko‘payishi yoki kuchayishi deyiladi [1]. Fototokni bunday oshishi M – ko‘chkisimon ko‘payish koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi. U holda ko‘chkisimon FD chiqishidagi tok qiymati (6.1) dan aniqlangan qiymatdan yuqori bo‘ladi [4].

$$I_{K,FD} = M \frac{\eta \cdot q}{h \cdot \nu} R. \quad (6.7)$$

Ko‘chkisimon FDlarda M ga proporsional holda kuchayadigan, foydali signaldan farqli ravishda shovqin tezroq kuchayadi. Shuning uchun ko‘chkisimon ko‘payish koeffitsiyenti M qiymati optimal, odatda 30 dan 100 gacha oraliqda tanlanadi. M oshgan sari, ko‘chkisimon FD tezkorligi kamayadi [1]. Kremniyli ko‘chkisimon FD larda $M=100$ da

vaqt doimiysi taxminan 3 martaga oshadi, ya'ni tezkorligi kamayadi, shunchaga o'tkazish polosasi kamayadi. Bu kamchilikni i-sohani kuchsiz legirlangan, bir necha mikrometrli π -soha bilan almashtirish orqali bartaraf etish mumkin (6.5-rasm) [4].

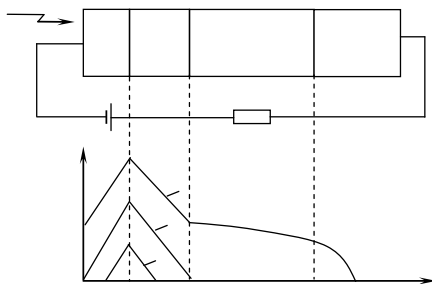
6.5-rasmda π -sohali ko'chkisimon FD da elektr maydoni quyidagicha taqsimlangan:

1- egri chiziq elektr maydon o'tish doirasida va ko'chkisimon ko'payish yuzaga kelgan holatga mos keladi;

2- egri chiziq elektr maydon p-soha chekkasiga etgan holatni bildiradi;

3- egri chiziq elektr maydon π -sohaga kirganligini ko'rsatadi va Shu sohada generatsiyalanadigan tashuvchilarni ajratadigan maydon yaratiladi.

Bunday π -sohali ko'chkisimon FD lar p-i-n FD lardaka vaqt doimiysiga va ko'chkisimon FD lardaka ichki kuchayishga ega [4]. Ko'chkisimon FD larni sezgirligi p-i-n FD lardan ancha yuqori bo'lib, ishchi diapazonda 20-60 A/Vt ni tashkil etadi. Ko'chkisimon FD larni sezgirligi yuqori bo'lganligi uchun ular 2,5 va 10 Gbit/s yuqori tezlikli tizimlarda qo'llaniladi. P-i-n FD lardan esa kichik tezlikli (< 622 Mbit/s) tizimlarda foydalaniladi.



6.5-rasm. π -sohali ko'chkisimon FD tuzilishi va elektr maydonning taqsimlanishi.

2,5 Gbit/s li TOA tizimlarida JnGaAs/JnP ko'chkisimon FD lardan foydalanish p-i-n FD lardan foydalanishga nisbatan 7 dB va 10 Gbit/s tezlikda esa 5-6 dB yutuqqa olib kelishi mumkin [6].

Ko'chkisimon FD p-i-n FD ga qaraganda yuqori ishchi kuchlanishni talab etadi va ko'payish koeffitsiyentini haroratga sezgirligi yuqori. Bu esa kerakli ishchi kuchlanishni ishlab chiqaruvchi maxsus

elektr zanjirlarni, shuningdek, harorat barqarorligini ta'minlovchi tizimlarni qo'llanilishini talab etadi [1].

6.4. Optik signalni qabul qiluvchi modul

Optik signalni qabul qiluvchi modul (OQQM) TOA tizimining muhim elementi hisoblanadi. Uning vazifasi toladan qabul qilingan optik signalni elektr signaliga aylantirish bo'lib, so'ng bu signallarga elektr qurilmalar yordamida ishlov beriladi.

OQQMni soddalashtirilgan blok sxemasi 6.6-rasmda ko'rsatilgan. Uning asosiy elementlari:

- foto qabul qilgich (*p-i-n* FD yoki ko'chkisimon FD) qabul qilingan optik signallarni elektr signallariga aylantiradi;
- elektr kuchaytirgichlar kaskadi, signalni kuchaytiradi va unga ishlov berish uchun kerakli ko'rinishga o'zgartiradi. Signallar bir yoki bir necha bosqichlarda kuchaytiriladi. Birinchi bosqichdagi kuchaytirgich, dastlabki kuchaytirgich deyiladi. Beradigan shovqin sathining kichikligi uning xususiyati hisoblanadi;
- asosiy kuchaytirgich. Dastlabki kuchaytirgichdan co'ng signal yuqori quvvatli asosiy kuchaytirgichda kuchaytiriladi;
- filtr signal shovqin nisbatini oshirib, shovqinlarni kamaytiradi;
- qabul qiluvchi zanjir. Dispersiya tufayli qabul qilingan impuls oxirlari chizilib boshlang'ich to'g'ri burchakli ko'rinishni yo'qotish mumkin. To'g'ri burchakli boshlang'ich ko'rinishni tiklash uchun qaror qabul qiluvchi zanjir o'rnatiladi. U chegaraga ega bo'lib, agar unga tushgan signal amplitudasi chegaradan kichik bo'lsa, unda signal hal bo'lmaydi, agar chegaradan oshsa, unda chiqishida ma'lum amplitudali signal hosil bo'ladi. Bunda impuls uzunligi buzilishi, shovqinni foydali signal deb xato qaror qabul qilishi kabi kamchiliklar bo'lishi mumkin. Bu kamchiliklarni bartaraf etish uchun qaror qabul qilgich impuls ketma-ketligi chastotasi haqidagi axborotga ega bo'lishi kerak;
- taymer, yuqoridagi kamchiliklarni bartaraf etib, sinxronizatsiyani, ya'ni optik uzatuvchi va qabul qiluvchi modullarni sinxron ishlashini ta'minlanadi [1].

Nazorat savollari

1. Fotoqabulqilgichlariga qanday talablar qo'yiladi?
2. Yarim o'tkazgichli FDning ish prinsipini tushuntiring.
3. Optik aloqa tizimlarida fotoqabulqilgichning qanday turlaridan foydalaniladi?
4. Fotoqabulqilgichlar qanday yarim o'tkazgich materiallardan tayyorlanadi?
5. Fotodiodning tezkorligi qanday omillar bilan belgilanadi? Ularni tafsivlang.
6. Fotodiodning kvant samaradorligi koeffitsiyentiga ta'rif bering.
7. Fotodiodning sezgirlik parametrlariga ta'rif bering. Ushbu parametrlarning qiymati qaysi omillar bilan belgilanadi?
8. p – I – n fotodiodining tuzilishi va ish prinsipini tafsivlang.
9. Fotodiodning afzalliklari nimada?
10. p-i-n Fdning tezkorligi va sezgirligini ta'riflang.
11. Ko'chkili fotodiodning tuzilishi va ish prinsipini tafsivlang.
12. Turdagi fotodiodning afzallik va kamchiliklari nimada?
13. Optik signalni qabul qiluvchi modulning vazifasi va tuzilishini tushintiring.
14. Optik signalni qabul qiluvchi modulning qaysi bloki sinxronizatsiyani ta'minlash uchun xizmat qiladi?

7-BOB. TOLALI OPTIK ALOQA TIZIMLARINING LINIYA TRAKTI

7.1 Optik liniya trakti

Optik nurlanishni berilgan to'liq uzunligida uzatuvchi va kabeldagi so'nishlarni yo'qotishni, dispersiya tufayli buzilgan signallarni to'g'ri-lashni, berilgan shovqindan himoyalanganlikni ta'minlovchi optik aloqa liniyasining texnik qurilmalar yig'indisi optik liniya trakti deyiladi.

Optik signallar tola bo'ylab uzatilganda yorug'lik nurini optik tola materialida yutilishi va sochilib ketishidan so'nadi. Dispersiya esa signalning spektral va moda tashkil etuvchilarini vaqt bo'yicha sochilib ketishiga, ya'ni ularni turli vaqtlarda tarqalishiga olib keladi. Dispersiya tufayli optik signal impulslarini davomiyligi va ko'rinishi o'zgaradi, impulslar kengayib ketadi.

Bu holatlarni hammasi optik tola uzatish tizimlarining retranslyatorsiz uchastkasining maksimal uzunligini chegaralaydi. Agar uzatgich va qabul qilgich orasidagi ruxsat etilgan maksimal uzunlik oshirilsa, u holda liniya traktining oraliq stansiyalarida bir yoki bir necha retranslyatorlarni joylashtirish kerak.

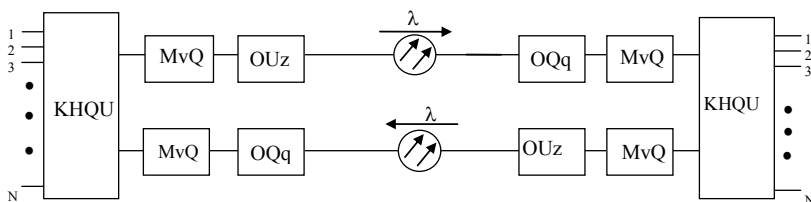
TOA liniyalari bo'ylab signallarni uzatish sifati minimal ruxsat etilgan signal-shovqin nisbati yoki shovqindan himoyalanganlik bilan baholanadi. Raqamli uzatish tizimlarini analog uzatish tizimlariga qaraganda bir qancha afzalliklarga egaligi sababli raqamli TOA tizimlarini shovqindan himoyalanganligi 20-25 dBq dan, analog uzatish tizimlari uchun esa 50-60 dBq dan kam bo'lmasligi talab etiladi.

Elektr kabelli tizimlarning liniya traktidan farqli ravishda optik tizimlarning chastota oralig'i (yoki uzatish tezligi) bir necha marta katta. Bu optik tashuvchilarni juda ham yuqori chastotaga (10^{15} Gs gacha) egaligi bilan tushuntiriladi. Optik kabellarda so'nish juda kichikligi ($\lambda=1,55$ mkm da $\alpha=0,2$ dB/km gacha) sababli regeneratrlar orasidagi masofa 100 km gacha bo'lishi mumkin. Bu ham optik liniya traktining ahamiyatli tomonidir.

7.2. Optik liniya traktining klassifikatsiyasi

Optik aloqa tizimlarining liniya trakti *ikki tomonlama aloqani* tashkil etish bo'yicha quyidagicha klassifikatsiyalanadi:

- ikki tolali bir polosali bir kabeli (to‘rt o‘tkazgichli bir polosali bir kabelli);
- bip tolali bir polosali bir kabelli (ikki o‘tkazgichli bir polosali bir kabelli);
- bir tolali ko‘p polosali bir kabeli yoki to‘lqin uzunligi bo‘yicha zichlashtirilgan optik aloqa tizimlari.



7.1-rasm. Ikki tolali bir polosali bir kabelli TOA tizimining sxemasi.

7.1-rasmda ko‘rsatilgan TOA tizimining tuzilish sxemasi faqat uzatishning bir yo‘nalishini ko‘rsatadi.

Bunday tuzilishda optik signallarni uzatish va qabul qilish ikki tola bo‘ylab (7.1-rasm), bitta λ to‘lqin uzunligida amalga oshiriladi.

Har bir optik tola ikki simli fizik zanjirga o‘xshaydi, chunki kabelning optik tolalari orasida o‘zaro o‘tishlar bo‘lmaydi [4]. Shuning uchun TOA tizimining uzatish va qabul qilish traktlari bitta kabel bo‘ylab tashkil etiladi, ya‘ni TOA tizimi 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.

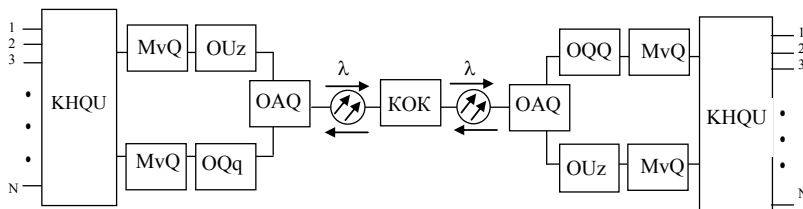
Kabel qurilmalariga ketadigan xarajatlar optik aloqa tizimlari narxining katta qismini tashkil etishini, optik kabel narxi yetarli darajada qimmatligini hisobga olsak, optik toladan bir vaqtda katta hajmdagi informatsiyani uzatish hisobiga uning o‘tkazish qobiliyatidan foydalanish samaradorligini oshirish 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 7.2-rasmda ko'rsatilgan. OT ni bir to'liqin uzunligida ikkala yo'nalish signallari uchun qo'llanilishi bu sxemaning xususiyati hisoblanadi [4].

OAQ- optik ajratuvchi qurilma, yorug'lik to'liqlarining qutblanishini yoki optik nurlanishning yo'naltirilgan to'liqlari turini ajratishni amalga oshiradi.

Qarama-qarshi ikki tomonlama signallarni uzatganda oqimlar orasida o'zaro o'tish shovqinlari hosil bo'ladi. O'tish shovqinlari OT va tarmoqlagichlardagi teskari sochilishdan, yorug'likni 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 (optik tolaning so'nishi, to'liqin uzunligi, sonli apertura, sindirish ko'rsatkichlari) ga bog'liq.

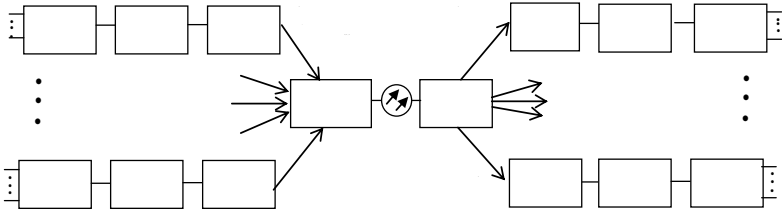


7.2-rasm. Bir tolali bir polasali bir kabeli TOA tizimining sxemasi.

To'liqin uzunligi 1,55 mkm va uzatish tezligi 35 Mbit/s dan yuqori bo'lsa, bir OTdan qarama - qarshi yo'nalishli signallarni uzatuvchi TOA tizimida o'tish shovqinlari kam bo'lib, optimal ish rejimiga ega bo'ladi.

To'liqin uzunligi bo'yicha zichlashtirilgan (bir tolali ko'p polasali bir kabelli) TOA tizimida bir optik tola bo'ylab bir vaqtda to'liqin uzunligi bo'yicha zichlashtirilgan bir necha optik tashuvchilar uzatiladi. Bunday tizimlarni tuzish, qo'llaniladigan spektr oralig'ida optik kabelning so'nish koeffitsiyentini optik tashuvchi chastotasiga (yoki to'liqin 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 to'liqin uzunligi bo'yicha zichlashtirilgan TOAT ning tuzilish sxemasi 7.3-rasmda ko'rsatilgan.



7.3-rasm. To‘lqin uzunligi bo‘yicha zichlashtirilgan TOA tizimining tuzilish sxemasi.

n KHQUdan signallar n optik uzatgich Ouz ga uzatiladi. Ouz chiqishidagi $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ to‘lqin uzunlikli turli optik tashuvchilar multipleksor (MP) yordamida bir optik tolaga kiritiladi. Qabul qiluvchi stansiyada demultipleksor (DM) yordamida $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ to‘lqin uzunlikli turli optik tashuvchilar ajratiladi va optik qabul qilgich (OQq) ga beriladi. Shu tarzda, bir optik tola orqali n to‘lqin uzunligi bo‘yicha ajratilgan optik kanallar tashkil qilinadi, ya‘ni o‘tkazish qobiliyatidan samarali foydalanish koeffitsiyenti boshqa an‘anaviy tuzilgan optik tizimlarning liniya traktiga nisbatan n marta oshadi.

Optik tashuvchilarni birlashtirish va ajratish uchun turli optik spektral qurilmalar optik multipleksor va demultipleksorlar qo‘llanilishi mumkin. Ularning ishi fizik optikaning dispersiya, difraksiya va interferensiya hodisalariga asoslangan. Optik multipleksor va demultipleksorlar optik prizma, ko‘p qatlamli dielektrik, difraksion panjara asosida tuzilishlari mumkin.

7.3. Tolali optik aloqa tizimlarida shovqinlar va nochiziqli buzilishlar

TOUTlari rivojlanishining birinchi bosqichlarida, bir to‘lqin uzunlikli liniya traktida so‘nish va dispersiya tufayli muammolar yuzaga kelgan bo‘lsa, hozirgi vaqtga kelib, to‘lqin uzunligi bo‘yicha zichlashtirilgan TOA tizimlarining qo‘llanilishi bilanyuqori tezlikli raqamli axborotlarni uzatishda yuzaga keladigan nochiziqli effektlar bilan bog‘liq muammolar birinchi o‘rinni egallaydi. Bu masalaga birinchi bo‘lib halqaro transatlantika TOAL qurishda e‘tibor berilgan.

OT ham barcha turdagi dielektriklar, masalan, nochizikli to'rtqutblilik (7.4-rasm) kabi kuchli elektromagnit maydonda nochizikli xarakterga ega. Bunday maydonlar kichik o'lchamli OT ning ko'ndalang kesimining birlik maydoniga katta quvvatli – yuqori intensivlikka ega bo'lgan signalning tushishi hisobiga hosil bo'ladi [4]. Demak, OT nochizikli muhit hisoblanadi, chunki uning parametrlari nurlanish quvvati va intensivligiga bog'liq. Chiziqli muhitda esa muhit parametrlari uzatiladigan signalga bog'liq bo'lmaydi [5].



7.4-rasm.

To'rtqutblilik, misolda OT kirishiga 2 yoki undan ortiq chastotali signallar tushganda, uning chiqishida asosiy signal garmonikalaridan tashqari boshlang'ich signal tarkibida bo'lmagan kombinatsion garmonikalar ham hosil bo'ladi. Bu kombinatsion garmonikalar ishchi kanallar bilan o'zaro ta'sirda bo'lib, asosiy signallarning buzilishiga – nochizikli buzilishlarga olib keladi.

Nochizikli buzilishlar OT bo'ylab uzatiladigan signal quvvatiga bog'liq. Bir kanalli TOUT larida uzatish signalining sathi -2 dan + 3 dBq gacha tashkil etgan bo'lsa, WDM texnologiyasining kirib kelishi bilan aloqa masofasini uzaytirishga intilish hamda passiv optik qurilmalar olib kiradigan yo'qotishlarni bartaraf etish uchun + 20 dBq quvvatli signallarni uzatish talab etiladi. Bu bilan OT ning nochiziqiligi yuzaga keladi, ya'ni OT ning sindirish ko'rsatkichi kirish quvvatiga bog'liq ravishda ortib boradi.

Yuqori intensivlikda OT ning sindirish ko'rsatkichi nurlanish intensivligiga bog'liq bo'ladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$n = n_0 + n_n I,$$

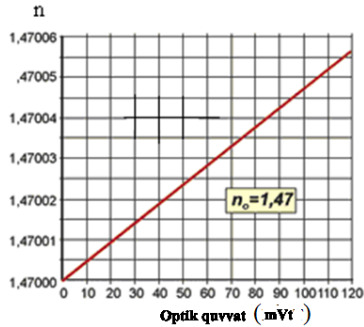
yoki OT ning sindirish ko'rsatkichi kirish quvvatiga bog'liq[6]:

$$n = n_0 + n_n * P_0 / A_{\text{eff}}, \quad (7.1)$$

bunda, n_0 – kichik optik quvvatda OT ning sindirish ko'rsatkichi (kvars uchun $n_0=1,47$);

n_n – sindirish ko'rsatkichining nochiziqilik koeffitsiyenti. n_n qiymati (2,2 ... 3,6) $*10^{-20} \text{ m}^2/\text{Vt}$ oraliqda yotishi mumkin (kvars uchun $n_n = 2,35*10^{-20} \text{ m}^2/\text{Vt}$);

I – yorug‘lik oqimining intensivligi;
 R_0 – OT ga kiritiladigan optik quvvat, Vt ;
 A_{eff} – OT o‘zagining effektiv maydoni, m^2 .



7.5-rasm. Kvars OT sindirish ko‘rsatkichining optik quvvatga bog‘liqligi.

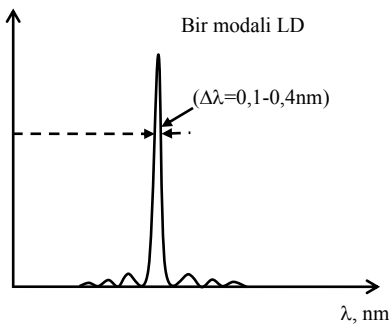
7.5-rasmda kvars OT sindirish ko‘rsatkichining optik quvvatga bog‘liqligi ko‘rsatilgan [6].

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, sindirish ko‘rsatkichi juda ham kichik qiymatga o‘zgarmoqda. Lekin bundan kichik o‘zgarishlar ham yuqori tezlikli TOUT sifatiga sezilarli darajada ta’sir etadi.

WDM tizimlarida uzatuvchi muhit sifatida BM OT lardan foydalaniladi. BM rejimni ta’minlash uchun

$$d_{0'} = \lambda_n$$

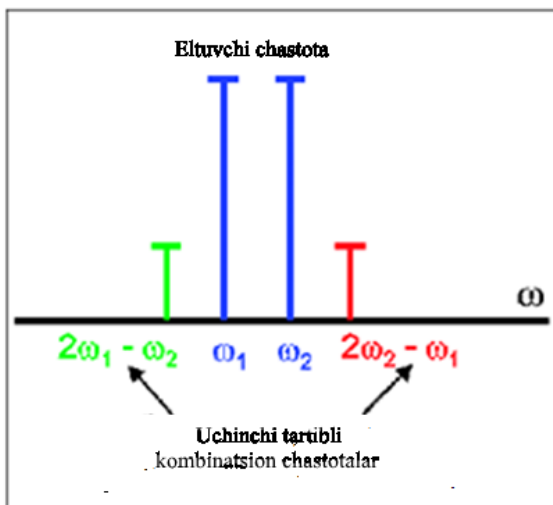
shart bajarilishi kerak.



7.6-rasm. Bir modali LD nurlanish spektri.

Lekin, ITU-TG.652 tavsiyalarida BM OT o'zaginging diametri $d_o > \lambda_n$ dan bir muncha katta, bu esa BM OT orqali bitta asosiy modadan tashqari bir modaning boshqa spektral tashkil etuvchilarining ham uzatilishiga olib keladi chunki ideal kogerent LD mavjud emas (7.6-rasm).

Natijada, WDM li TOUT larida BM li rejimda f_1, f_2, \dots, f_N chastotali guruhli signal uzatilganda, uning OT bilan o'zaro ta'sirlashuvidan nochiziqlilik yuzaga keladi va kombinatsion garmonikalar hosil bo'ladi.



7.7-rasm. TTS kombinatsion chastotalarining hosil bo'lishi.

Masalan, f_1, f_2 chastotali signal uzatilsa, nochiziqli ta'sir natijasida $2f_1, 3f_1, \dots, 2f_2, 3f_2$ va boshqa ikkinchi tartibli kombinatsion chastotalar va uchinchi tartibli $2f_1 - f_2, 2f_2 - f_1$ chastotalar hosil bo'ladi:

$$f_i = f_1 \pm f_2.$$

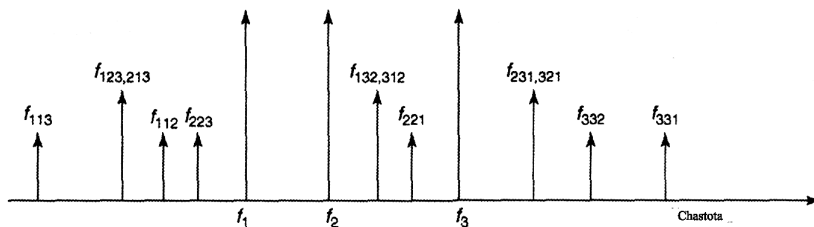
Ikkinchi tartibli kombinatsion garmonikalar har doim ishchi diapazondan tashqarida joylashadi. Lekin 3-tartibli garmonikalar xavfli bo'lib, to'rt to'liqinli siljish (TTS) deyiladi va qo'llanilayotgan ishchi chastota diapazonini egallashi mumkin [7].

3 ta to'liqin uzunlikli guruhli signal uzatilganda, hosil bo'ladigan kombinatsion garmonikalarni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$f_{ijk} = f_i + f_j - f_k, \text{ bu yerda } i \neq k, j \neq k.$$

Kanallar orasidagi qadam teng bo'lsa, ba'zi garmonikalar

qo‘shni ishchi chastota garmonikalari bilan mos keladi: $f_{213} = f_{123} = f_{112}$, $f_{132} = f_{312}$, $f_{231} = f_{321} = f_{332}$ (7.8-rasm). Natijada, kanallararo o‘tuvchi nochiziqli halaqitlar yuzaga keladi.



7.8-rasm. 3 turli chastotali optik kanallar uchun TTS natijasida hosil bo‘lgan kombinatsion garmonikalar [8].

Nochiziqli buzilishlarni kamaytirish uchun OT ga kiritiladigan yig‘indi quvvatni kamaytirish kerak. 1-jadvalda quvvatning teng taqsimlanishida har bir WDM kanalidagi maksimal quvvat sathi keltirilgan.

7.1-jadval

Quvvatning teng taqsimlanishida har bir WDM kanalidagi maksimal quvvat sathi

Kanallar soni, m	2	4	8	16	32	64	128	256
$P_{to'liq} = 17 \text{ dBm}$	14	11	8	5	2	-1	-4	-7
$P_{to'liq} = 30 \text{ dBm}$	27	24	21	18	15	12	9	6

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, $P_{to'liq}=30 \text{ dBq}$ da minimal va maksimal kanallar sonida quvvatning kamayishi 21 dB ni tashkil etadi. Bu esa optik kanalda talab etiladigan xatolik koeffitsiyentini – SSHN ta‘minlashda muammolarga olib keladi. Bu muammoni hal etishning

yagona yo'li effektiv moda maydoni keng bo'lgan OT larni yaratishdir, bu esa qiyin masala. Shuning uchun OT ga kiritiladigan yig'indi quvvatni kamaytirish kerak. G.662 tavsiyasi bo'yicha quvvat sathi 23 dB deb qabul qilingan [9], lekin bunda iqtisodiy afzal bo'lgan optik kuchaytirgichlarni qo'llashda kompromis masalalar yuzaga keladi. Chunki TTS ni kamaytirish uchun ketma-ket joylashgan optik kuchaytirgichlarning umumiy spektr polosasini chegaralash kerak.

Bundan tashqari har bir optik kuchaytirgich nafaqat foydali signallarni, balki nochiziqli buzilishlarni va boshqa shovqinlarni ham kuchaytiradi. Kuchaytirgichdan kuchaytirgichga qadar shovqin sathi oshib boradi.

Nochiziqli buzilishlarni kamaytirish uchun kanallararo intervalni kamaytirish kerak.

Nochiziqli buzilishlarni kamaytirishning yana bir yo'li xromatik dispersiya qiymati yuqori bo'lgan OT larni qo'llash kerak, chunki minimal dispersiyali OT da kogerent nurlar bir biriga nisbatan bog'langan fazada bo'ladi. Signallar OT bo'ylab tarqalganda bir biri bilan o'zaro ta'sirlashuvidan yangi to'lqinlar hosil bo'ladi. SF OT ning maksimal dispersiyasi buni bartaraf etadi, chunki signallar SF OT orqali uzoq masofalarga tarqalganda signallarning faza bo'yicha moslashuvi buziladi. Lekin dispersiyaning katta qiymati regeneratsiyalash uchastkasi uzunligini chegaralaydi.

Yuqoridagilardan nochiziqli buzilishlarni kamaytirish uchun shuni xulosa qilish mumkin:

- uzatiladigan signal quvvati va kuchaytirgichlarning joylashuvini optimallashtirish kerak, G.662 tavsiyasi bo'yicha yig'indi quvvat sathi 23 dB deb qabul qilingan;

- kuchaytirgichlarning kuchaytirish koeffitsiyentini har bir to'lqin uzunligida tenglashtirish kerak;

- kanallararo interval va to'lqin uzunliklari sonini ratsional taqsimlash va optimallashtirish, 50 GGs dan yuqori va notekis kanallararo intervalni qo'llash kerak;

- D qiymati maksimal SF [10] OT qo'llash nochiziqli buzilishlarni kamaytiradi, lekin regeneratsiyalash uchastkasi uzunligini chegaralaydi;

- DSF OT da $D=0$ [11] bo'lgani uchun nochiziqli buzilishlar eng yuqori bo'ladi;

- NZDSF OT [12] qo'llash eng optimal hisoblanadi.

Nazorat savollari

1. Optik liniya traktini ta'riflang.
2. Ikki tomonlama TOA tizimlarini tuzishning qanday usullarini bilasiz?
3. Ikki tolali, bir polosali, bir kabelli TOA tizimining tuzilish sxemasini tushintiring.
4. Bir tolali, bir polosali, bir kabelli TOA tizimi qanday tuziladi?
5. To'lqin uzunligi bo'yicha ajratilgan TOA tizimlarning tuzilish sxemasi qanday tuzilgan?
6. Nochiziqli buzilishlar qanday yuzaga keladi?
7. Nochiziqli buzilishlarni qanday bartaraf etish mumkin?

8-BOB. RAQAMLI TOLALI OPTIK ALOQA TIZIMLARINING LINIYA KODLARI

8.1. Optik liniya kodlariga qo‘yiladigan talablar

Raqamli uzatish tizimlarining analog-raqamli qurilmasining kodlash qonuniga muvofiq, raqamli oqimlarni shakllantirish apparaturasi chiqishidagi signal bir qutbli impulslar ketma-ketligidan iborat bo‘ladi. So‘ng bu signal KO‘_{uz} ga tushadi, bu yerda u elektrik impulslari faqat musbat bir («1») yoki nol («0») bo‘lishi mumkin bo‘lgan, liniya kodiga o‘zgartiriladi. Bu kodning parametrlari optik tolaning uzatish parametrlari bilan maksimal muvofiqlashgan bo‘lishi kerak. Bu signal UzOMda optik nurlanishning intensivligi yoki quvvatini modulyatsiyalab (optik tashuvchi bilan modulyatsiyalanib), raqamli optik signalning liniya kodini shakllantiradi. Optik liniya kodi faqat bir qutbli bo‘ladi, ya‘ni impulslari faqat musbat yoki nol bo‘lishi mumkin (manfiy fotonlar bo‘lmaydi).

Liniya kodini tanlashga ikki sinf omillari ta‘sir etadi:

- kodning yuqori shovqin bardoshliligi, berilgan uzatish sifatida liniyadagi optik signalning minimal quvvatini aniqlaydi;
- liniya kodini shakllantirish qurilmasini texnik realizatsiya qilishning soddaligi.

Liniya kodini tanlashdagi asosiy mezonlar quyidagilar:

1. Signalning energetik spektri $G(f)$ etarlicha tor bo‘lishi kerak, bundan maqsad raqamli TOA tizimlarining qabul qiluvchi qurilmalarining va Otning polosa kengligini toraytirish, shuningdek, Otning dispersion buzilishlari ta‘sirini, liniya va stansiya regeneratrlarining hal qiluvchi qurilmalari kirishidagi shovqinlar ta‘sirini kamaytirish.

2. Liniya kodining energetik spektri tarkibida doimiy tashkil topuvchilar bo‘lmashligi va quyi chastotalarda kichik qiymatga ega bo‘lishi kerak. Birinchi talab TOA tizimlari liniya traktining aktiv elementlarining kuchlanish ta‘minotini yuqori aniqlikda o‘rnatishni ta‘minlash kerakligi bilan tushintiriladi. Ikkinchi talab uzatish traktining chastota polosasini pastdan chegaralanishidan yuzaga keladigan, simvollararo xalaqitlarni kamaytirish bilan bog‘liq.

3. Energetik spektri yuqoridan chegaralangan bo‘lishi zarur, bu uzatish traktining chastota polosasini yuqoridan chegaralanishidan yuzaga keladigan, simvollararo xalaqitlarni kamaytirish imkonini beradi.

4. Raqamli TOA tizimlarining liniya kodlarini tuzilishi regeneratrlarning taktli sinxronizatsiya impulslarini shakllantirish uchun raqamli signal tarkibidan taktli chastotani osongina ajratib olishni ta'minlashi kerak.

5. Liniya kodining tuzilishi quyidagilarni ta'minlashi kerak: yuqori shovqin bardoshlilikni, bu regeneratsiyalash uchastkasi uzunligini oshirish va bu bilan raqamli TOA tizimining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini oshirish imkonini yaratadi; uzatish sifatini va aloqani uzmasdan liniya trakti qurilmalari sozligini nazorat qilishni; kodlash va dekodlash qurilmalarini ishlab chiqarish va ekspluatatsiyasi soddaligini ta'minlashi kerak.

Yuqorida keltirilgan talablarning to'liq hajmdagi yig'indisiga hech qaysi kod to'laqonli javob bermaydi. Shuning uchun, TOA tizimlarining element bazasi, optik to'lqin uzunligi diapazoning xususiyatlarini e'tiborga olgan holda, optimal xarakteristikalariga erishish mumkin bo'lgan liniya kodi turi tanlanadi.

8.2. Raqamli tolali optik aloqa tizimlari liniya kodlarining turlari va ularning shakllanishi. Raqamli signallarni skrembrlash

Raqamli TOA tizimlarining yaratilishida, bir qancha kodlar nazariy va amaliy tadqiq etilgan. 8.1-rasmda ulardan TOA tizimlarida keng qo'llanish topgan, ba'zi turlari keltirilgan. TOA tizimlari apparaturalarida qo'llaniladigan **boshlang'ich kod NRZ** (non return to zero – nolga qaytmaslik) kodi hisoblanadi.

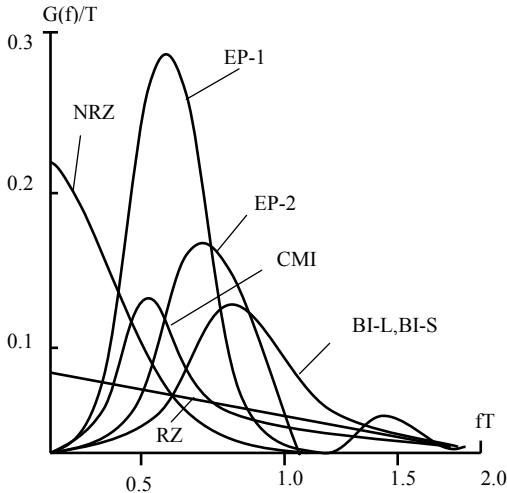
8.2-rasm tahlilidan shuni aytish kerakki, bu kodlar energetik spektrda doimiy tashkil topuvchining mavjud bo'lmasligi va quyi chastotali tarkib topuvchilarining kichikligi kabi talablarga javob bermaydi, RZ kodi NRZ kodiga nisbatan spektr kengligining kattaligi bilan xarakterlanadi, lekin afzalligi shuki, bu holatda LD va YOD vaqtdan kam ishlaydi va ularni parametrlarining degradatsiya darajasi kamayadi, bu nurlanish manbalarining ayniqsa LDning xizmat muddatini oshiradi.

Shuni belgilab o'tish joizki, NRZ kodining spektrida taktli chastotaning diskret tashkil etuvchilarining mavjud emasligi taktli chastota ajratgich qurilmasini ishlab chiqarishni murakkablashadi va regeneratrlarning qabul qilish qurilmalarini sinxronizatsiyasini qiyinlashadi.

Boshlang'ich kodli ketma-ketlik	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1
Nolga qaytmaslik kodi (NRZ)										
Nolga qaytish kodi (RZ)										
Absolyut biimpuls kodi (BI-L)										
Nisbiy biimpuls kodi (BI-S)										
«Murojati» kod (CMI)										
EP-1 turdagi elektron-foton kodi										
EP-2 turdagi elektron-foton kodi										

8.1-rasm. Raqamli TOA tizimlari liniya kodlarining asosiy turlari.

Barcha optik kodlar blok ko‘rinishida bo‘lib, ularda boshlang‘ich NRZ kodining har bir «m» impulsidan liniya optik kodining «n» impulsi shakllanadi. Bunda har doim $n > m$ bo‘lib, ortiqcha impulslar liniyaga uzatiladi. Bu liniya kodida ortiqlik deyiladi. Bunday kod $mVnV$ deb belgilanadi, bu yerda “V” (Binary – ikkilik) boshlang‘ich va liniyaga uzatiladigan kodlarni ikkilik kodi ekanligini bildiradi. Liniya kodi boshlang‘ich kodni uzatishga ketadigan vaqtda uzatilishi kerak. Turli optik kodlarni ko‘rib chiqamiz.



8.2-rasm. Raqamli TOA tizimlarining energetik spektrining uzluksiz qismi.

1V2V sinfidagi kodlar. Bu sinfdagi kodlar sodda bo‘lib, boshlang‘ich kodlarga nisbatan liniyaga uzatiladigan impulslar soni 2 marta oshiq, shuning uchun ham nisbatan past tezlikli (100 Mbit/s dan oshmaydigan) tizimlarda samarador va keng qo‘llanish topgan.

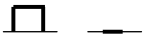













RZ kodi 1V2V sinfiga kiradi. RZ kodida boshlang‘ich NRZ kodining «1» simvoliga T taktli intervalning birinchi yarmida mos ravishda 1 va ikkinchi yarmida 0 qo‘yiladi, ya‘ni 1→10 o‘zgartirish amalga oshiriladi. Boshlang‘ich NRZ kodining «0» simvoli 0→00 ga o‘zgaradi, ya‘ni T taktli intervalning birinchi hamda ikkinchi yarmida liniya kodining nollari hosil bo‘ladi.

Biimpuls kodlar katta qiziqishni namoyon etadi. Ular juda yuqori himoyalanganlikka va regeneratordagi taktli chastotani ajralish imkoniyatiga ega.

BI-L turdagi absolyut biimpuls kodda boshlang‘ich «1» ikkilik ketma-ketligini, ya‘ni 1→10 o‘zgartirish bajariladi, «0» ikkilik ketma-ketligi uchun 0→01 turdagi o‘zgartirish bajariladi.

Nisbiy biimpuls BI-S kodida boshlang‘ich «1» ikkilik ketma-ketligiga navbatma-navbat 1→11, 1→00 turdagi o‘zgarishlar mos keladi; «0» ikkilik ketma-ketligi uchun 0→10 yoki 0→01 turdagi kombinatsiyalar mos keladi.

8.1-jadval

Kod turi	Kodlash qoidasi	Impulslarning o'zgarishi		90% energiyani uzatishdagi chastota polosasi kengligi
		«1»	«0»	
NRZ	«1» - butun intervalda 1 sath, «0» - butun intervalda 0 sath			0,86/T
RZ	T intervalning birinchi yarimida 1 sath, butun intervalda 0 sath			1,72/T
BI-L	T intervalning birinchi yarimida 1 sath, T intervalning ikkinchi yarimida 0 sath			2,96/ T
BI-S	«1» - T intervalning boshida o'tish, «0» - T intervalning boshida va o'rtasida o'tish			2,96/ T
CMI	«1» - butun T intervalda 1 va 0 sathlar almashinib, «0» - intervalning birinchi yarimida			1,7/ T
EP-1	«1» - butun T intervalda 1 va 0 sathlar almashinib, «0» - intervalning o'rtasida o'tish			1,52/ T
EP-2	«1» - butun T intervalda 1 va 0 sathlar almashinib, «0» - T intervalning birinchi va ikkinchi yarimida 1 va 0 sathlar mos ravishda almashinib			1,7/ T

Biimpuls kodlarning energetik spektri 8.2-rasmda tasvirlangan, rasmdan shuni aytish mumkinki, ular liniya kodlarining spektral xarakteristikalariga qo‘yiladigan talablarga to‘liq javob beradi. Ilmiy-texnik adabiyotlarda BI-L, BI-S kodlari va ularning ba’zi modifiyatsiyalari Manchester kodlari deb ataladi.

1V2V sinfidagi kodlar kodlashdagi ortiqchilik, simvollar va ularning bloklari o‘rtasida korrelyatsion bog‘liqliklarning mavjudligi tufayli elementlar bo‘yicha qabul qilishda nafaqat xatoliklarni topish, balki ulrani to‘g‘rilash imkonini ham yaratadi. Bu borada CMI (CodedMarkInwersion) (8.1-rasmga va 8.1-jadvalga qarang) turdagi kod juda katta e‘tiborga loyiq.

CMI kodi yuqorida keltirilgan 1V2V sinfidagi kodlarga nisbatan yaxshiroq energetik spektrga ega (8.2-rasm), ya‘ni energetik spektri boshlang‘ich raqamli signalning yarim taktli chastotasida maksimumga ega, bu regeneratorlarning qabul qilish qurilmalarida taktli chastotani shakllanishini osonlashtiradi. CMI kodida nisbatan oson, ortiqchilikning ma‘lum bir qismi evaziga xizmat aloqasini tashkil etish mumkin. Buning uchun odatiy rejimda «taqiqlangan» 01 (yoki 10) bloklari, shuningdek, 11 va 00 bloklarni ketma-ketligining buzilishi qo‘llaniladi.

1V2V sinfiga mansub EP-1 va EP-2 elektron-foton liniya kodlarini shakllanishining turli algoritmlari bir xil sifat ko‘rsatkichlariga olib kelishi mumkin.

EP-1 kodi quyidagi tarzda hosil qilinadi: boshlang‘ich ketma-ketlikning «1» simvoli navbatma-navbat 11 va 00, «0» simvoli esa 10 yoki 01 bloklari bilan kodlanadi. Boshlang‘ich «0» simvoli kodlangan blokning birinchi simvoli undan oldingi blok simvalidan farq qilmaydi (8.1-jadvalga qarang).

8.2-jadval

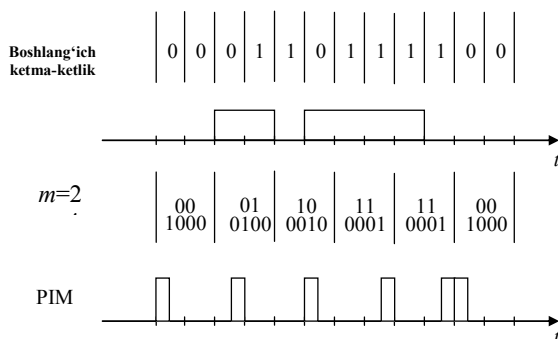
2V4V kodining shakllanishi

Boshlang‘ich kod	Liniya kodi
00	1000
01	0100
10	0010
11	0001

EP-2 kodining shakllanishida «1» boshlang‘ich ketma-ketligining o‘zgarishi EP-1 kodidagidek, «0» simvoli esa 10 va 01 bloklari bilan almashinib kodlanadi (8.1-jadvalga qarang).

TOA tizimlarida EP-1 kodiga teskari boʻlgan Miller kodi keng qoʻllanish topgan. Miller kodida boshlangʻich «0» simvoliga mos ravishda 11 va 00 bloklari, «1» simvoliga esa 01 va 10 bloklari qoʻyiladi. Bu kodda blokning birinchi elementi oldingi blokning oxirgi elementi singari boʻlishi kerak, boshlangʻich signalning nollar ketma-ketligi 11 va 00 bloklarining navbatma-navbat almashinuvi bilan uzatiladi. Miller kodining energetik spektri EP-1 kodining energetik spektri bilan bir xil.

PIM kodining shakllanishi 8.3-rasmda berilgan.



8.3-rasm. PIM kodining shakllanishi.

2V4V sinfidagi kodlar. Bu sinfdagi kodga PIM pozitsion-impuls modulyatsiyali kod kiradi. Bunda boshlangʻich 00, 01, 10, 11 kodlardan mos ravishda 1000, 0100, 0010, 0001 liniya kodlari shakllanadi (8.2-jadval).

1V2V sinfidagi kodlardan PIM kodining afzalligi shundaki, unda «1» simvollarining soni 2 marta kam va mos ravishda liniyaga uzatishning oʻrtacha quvvati kamayadi. Bundan birinchi navbatda nurlanish manbalarining ishonchliligi oshadi va quvvat kam sarf etiladi.

Toʻrtta uzatilayotgan simvoldan faqat bittasi «1» simvoli boʻlganligi sababli sinxronizatsiya mukammallashadi.

mVnV kodidagi ortiqlik

$$\rho = n / m \quad (8.1)$$

liniya signalining taktli chastotasini ortishiga olib keladi

$$f_n = \frac{n}{m} \cdot f_m \quad (8.2)$$

bu yerda, f_m – boshlang‘ich raqamli impulslar ketma-ketligining taktli chastotasi.

1V2V kodi uchun $m=1$, $n=2$ da $\rho=2$ va $f_s=2f_m$ ga. Shu tarzda 1V2V kodlari ikki kamchilikka ega: ko‘p ortiqlikka va taktli chastotani ikkilanishiga, bu TOA tizimining liniya traktining chastota polosasini kengaytirish zaruriyatiga va uning elementlarining tezkorligini oshishiga olib keladi.

Shuning uchun yuqori tezlikli uzatish tizimlarida ortiqligi kam va taktli chastota qiymati kichik liniya kodlaridan foydalanish maqsadga muvofiq. Chunki uzatish tezligi ortishi bilan apparaturalar murakkablashadi va liniyada dispersiya oshadi.

Halqaro elektr aloqa ittifoqi raqamli TOA tizimlarida 2V3V, 3V4V, 5V6V va 34V36V turdagi kodlarni qo‘llashni taklif etadi.

Raqamli TOA tizimlarida binar blok kodlari keng tarqalgan, ular uchun $m \geq 2$ va $n > m$. M bitli boshlang‘ich raqamli ketma-ketlikning har bir bloki nbitli bloka o‘zgaradi. 8.3-jadvalda 2V3V turdagi liniya signalining shakllanishi ko‘rsatilgan.

8.3-jadval

2V3V kodining shakllanishi

Boshlang‘ich kod	Liniya kodi
00	001
01	010
10	100
11	011

3V4V, 5V6V kodlari. Bu kodlarda bitta ortiqcha razryadning kiritilishi, kam razryadlar sonidan iborat boshlang‘ich kombinatsiyalarni ko‘p razryadlar sonidan iborat sinxronizatsiya uchun qulay nol va birlarning birikmasi ko‘rinishidagi kombinatsiyalar bilan almashtirish imkonini yaratadi. Buni 5V6V kodi misolida ko‘rib chiqamiz. Boshlang‘ich bloki 5 razryaddan tashkil topgan. Bitta razryaddan mumkin bo‘lgan kombinatsiyalar soni $2^5=32$ ga teng. Bu kombinatsiyalar ichida sinxronizatsiya uchun unchalik samarali bo‘lmagan nol yoki birlar seriyasi ketma-ket keluvchi (masalan, 00000, 00001, 11111 va boshqa) kombinatsiyalar ham mavjud. Agar ularni 6 razryadli blokka almashtirsak, mumkin bo‘lgan kombinatsiyalar $2^6=64$ ta bo‘ladi va ulardan sinxronizatsiyani ta‘minlash nuqtai nazaridan bir va nollar soni qulay bo‘lgan 32 ta kombinatsiyani ajratib olish mumkin.

8.4-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, bir va nollar soni teng bo‘lgan, 6 razryadli 20 ta kombinatsiya mavjud, qolgan 12 kombinatsiya ikkita bir va to‘rtta noldan yoki to‘rtta bir va ikkita noldan iborat kombinatsiyalar navbatma-navbat uzatiladi.

8.4-jadval

5V6V sinfini kodli kombinatsiyalari

Chiqish bloki	5V6V kodi	Chiqish bloki	5V6V kodi
00000			
00001	101011 100010	10000	100011
00010	101010	10001	110101
00011	101001	10010	000101
	111000(+)	10011	111001
00100	101000	10100	001001
00101		10101	001101
00111	110010	10110	110011
01000	111010 001010	10111	010001
01001	001011	11000	010101
01010	011010	11001	110001
01011	100110	11010	011101
01100	101110 100100	11011	011000
	101100	111000	100111
01101	110100	11101	100001
01110	110110 000110		100101
01111			011001
	001110	11110	101101
	010110	11111	001100
	011110 010100		010011
			010111
			010111(-)
			011011
			010010
			011100

Bu bilan birlar zichligining doimiyliги ta'minlanadi. Bu kodlarda xatoliklarni topish osonlashadi.

1V2V, 2V4V kodlariga nisbatan 5V6V kodining energetik spektri tor, bu uning eng muhim afzalligi hisoblanadi.

Oddiy juftlikka (toqlikka) tekshirish usuli yordamida xatoliklarni nazorat qilish ehtimolligi mBnB sinfdagi kodlarning afzalligi hisoblanadi. Buning uchun m simvollarga bitta ortiqcha impuls kiritiladi ($n=m+1$). Bunday kodlash ko'pincha mB1P deb belgilanadi. Xatoliklarni nazorat qilish raqamli liniya signalidagi «0» va «1» dan iborat ketma-ketliklarning maksimal uzunligi bo'yicha ham aniqlanishi mumkin.

Ba'zan qo'shimcha impuls blokli sinxronizatsiya signallarini shakllantirish uchun liniya kodiga kiritiladi va bunday kodlar mB1S deb ataladi.

Agar qo'shimcha impulslar ham juftlikka (toqlikka) tekshirish, hamda blokli sinxronizatsiyani ta'minlash uchun kiritilsa, u holda, mB1P1S turdagi aralash kod hosil bo'ladi.

Bundan tashqari, bir qator mBnB kodlari energetik spektrning quyi chastotali sohasida telenazorat, telemexanika va xizmat aloqasi signallarini samarali uzatishni tashkil etish imkonini beradi.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

a)

1	2	3	4	5	R	6	7	8	9	10	P
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

b)

8.4-rasm. 10V1R1R turdagi liniya kodini shakllanish sxemasi:

a) – boshlang'ich NRZ kodi; b) – 10V1R1R liniya kodi.

Yuqori tezlikli raqamli TOA tizimlarida mB1S kodining bir turi hisoblangan, 10V1R1R turdagi liniya kodi keng qo'llanish topgan. Boshlang'ich o'n simvolli NRZ kodiga qo'shimcha R va R impulslarni kiritish orqali 12 simvolli 10V1R1R liniya kodi shakllanadi (8.4-rasm).

Xatoliklar mavjudligi R razryadi yordamida tekshiriladi. Bu nazorat simvoli boshlang'ich blokni juftlikka tekshirish uchun xizmat qiladi. Agar NRZ kodi boshlang'ich blokining yig'indisi juft sonni bersa, R razryadiga «0» simvoli, aksincha bo'lsa, «1» simvoli beriladi. Shu tarzda

uzatishda birlamchi xatolikni aniqlash imkoniyati yuzaga keladi. Qo‘shimcha R simvoli servis xizmat signallarini, ya‘ni xizmat aloqa, telemexanika va telenazorat, sinxronizatsiya signallarini uzatish uchun kiritiladi. 10V12V kodi ba‘zan 10V1R1R deb belgilanadi.

Impulslar ketma-ketligining energetik spektri ikki qismdan iborat: diskret $G_D(f)$ va $G_U(f)$ uzluksiz. Taktli chastota ko‘rinishdagi diskret tashkil etuvchining va uning garmonikalarining mavjudligi sababli taktli chastotani filtrlar yordamida ajratish mumkin. To‘g‘ri burchakli impulslar ketma-ketligining me‘yorlashtirilgan energetik spektrining uzluksiz tashkil etuvchisi quyidagi munosabatlardan aniqlanishi mumkin:

NRZ kodi uchun

$$G_H(f) = \frac{T \sin^2(\pi f T)}{2 (\pi f T)^2}, \quad (8.3)$$

RZ (1V2V) kod uchun

$$G_H(f) = \frac{T \sin^2(\pi f T / 2)}{8 (\pi f T / 2)^2}, \quad (8.4)$$

BI-L va BI-S turdagi biimpuls kodlar uchun

$$G_H(f) = \frac{T \sin^4(\pi f T / 2)}{2 (\pi f T / 2)^2}. \quad (8.5)$$

mB1S turdagi liniya kodi uchun energetik spektrning uzluksiz tashkil etuvchisi quyidagi munosabatlardan aniqlanishi mumkin:

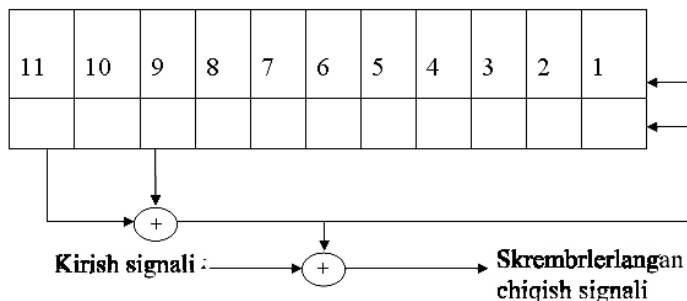
$$G_H(f) = 1 - \left\{ \frac{2 \cos(2\pi f T_1) - [\cos(m 2\pi f T_1) + \cos(m+2) 2\pi f T_1]}{m [1 - \cos(m+1) 2\pi f T_1]} \right\}, \quad (8.6)$$

bu yerda, $T_1 = mT/(M+1)$ – liniya signalining taktli intervali; T – boshlang‘ich impulslar ketma-ketligining (NRZ kodining) taktli intervali.

Barcha liniya kodlari optik nurlanishning doim faqat musbat va nolinch chastotada spektrning diskret tashkil etuvchisiga ega bo‘lgan impulslaridan tuzilgan.

Skremblerlash – bu yangi kodni yaratishni yana bir imkoniyatidir. Bunda liniya kodi simvollarni boshlang‘ich kod simvollariga nisbatan ortiq bo‘lishiga zaruriyat mavjud emas. Albatta, bunday kodlash o‘zining tejamkorligi tufayli yuqori tezlikli tizimlarda, asosan, STM-N tizimlarida qo‘llaniladi.

Skremblerlashda boshlang'ich kod, bir va nollarning uzatish zichligi taxminan teng bo'lgan kodlarga almashtiriladi, bu qabul qilishda sinxronizatsiya muvozanatini ta'minlaydi. Uzatishda xatoliklarni aniqlashga kelsak, bunday maqsadlar uchun sikl sarlavhasi (freym) qo'llaniladi. Bunda sikldagi barcha axborot skremblerlanadi.



8.5-rasm. Skremblerlash qurilmasining ishi.

Skremblerlash qurilmasining ishi asosida bir va nollar kvazi tasodifiy ketma-ketligining generatori singari suruvchi registrni qo'llash yotadi. Kvazitasodifiy ketma-ketliklarni olish uchun suruvchi registrda ikki moduli bo'yicha alohida yacheykalarni qo'shish qo'llaniladi. Birinchidan bunda har bir siklda suruvchi registrga kiritilgan har qanday ketma-ketlikdan («0» dan tashqari) taktdan taktga o'zgaruvchi nol va birlar ketma-ketligi shakllanadi. Bu signallar boshlang'ich signal bilan qo'shilganda, liniyaga skremblerlangan signalni berish va xuddi shunday skremblerlash qurilmasida, xuddi shunday suruvchi registrda bir xil lahzada ko'chirilgan boshlang'ich ketma-ketliklardan (liniya trakti bo'ylab uzatiladigan signalni vaqt bo'yicha kechikishini nazarda tutgan holda) qabul qiluvchi qismda boshlang'ich signalni qayta tiklash imkonini beradi.

Skremblerlashning yana qo'shimcha afzalligi shundaki, uzatiladigan axborotlarning maxfiyligi saqlanadi.

Nazorat savollari

1. Optik liniya kodlarining elektr kodlardan asosiy farqi nimada?
2. Raqamli TOA tizimlarining optik liniya kodlariga qanday talablar qo'yiladi?
3. 1V2V sinfidagi kodlar qanday shakllanadi?
4. 2V4V sinfidagi kodlar qanday shakllanadi va bu kodlar qanday afzalliklarga ega?
5. 3V4V, 5V6V sinfidagi kodlar qanday shakllanadi va ular qanday afzalliklarga ega?
6. Yuqori tezlikli TOA tizimlarida qaysi liniya kodlardan foydalaniladi?
7. 10V1R1R kodlar qanday xususiyatlarga ega?
8. Skremblerlash qanday afzalliklarga ega?

9-BOB. TOLALI OPTIK ALOQA TIZIMLARINING REGENERATORLARI

9.1. Optik signallarni regeneratsiyalash

Talab etiladigan signal-shovqin nisbatini, ya'ni shovqindan himoyalanganlikni ta'minlash maqsadida raqamli TOA liniyalarida retranslyatorlar joylashtiriladi. Retranslyatorlar ikki turga bo'linadi:

1. Regeneratorlar. 2. Optik kuchaytirgichlar.

Dispersiya ta'siri uncha katta bo'lmagan, "0" ni "1" dan farqlasa bo'ladigan holatlardagina optik kuchaytirgichlaridan foydalaniladi. Kuchaytirgichlar signal shaklini tiklamaydi, faqat so'ngan signallarni kuchaytiradi va qabul qilingan signalga qo'shimcha shovqinlar beradi. Shuning uchun ularni soni berilgan shovqindan himoyalanganlik (xatolik koeffitsiyenti) va dispersiyaning ruxsat etilgan qiymatlarini hisobga olgan holda chegaralanadi. Raqamli regeneratorlarda signallar nafaqat kuchaytiriladi, balki to'g'rilanadi ham. Signallarni kuchaytirish, boshlang'ich shaklini tiklash, to'g'rilash, shovqinlarni bartaraf etish regeneratsiyalash deyiladi. Regeneratsiyalash regeneratorlarda amalga oshiriladi. Regeneratorni uzatuvchi va qabul qiluvchi optik modullar va regeneratsiyalash bloki yig'indisi sifatida ko'rish mumkin.

Regenerator va optik kuchaytirgichlarning taqqosiy xarakteristikalari 9.1-jadvalda berilgan.

To'liq uzunligi bo'yicha zichlashtirish usulida optik kuchaytirgichlarning vazifasi keskin ortadi. Chunki optik kuchaytirgichlar turli optik tashuvchili bir necha optik signallarni bir vaqtda kuchaytiradi. Hattoki bu hollarda ham, dispersiya tufayli signallarni buzilishiga va shovqinlarga qo'yiladigan talablar bajarilmaydigan oraliq stansiyalarda va oxirgi stansiyalarda regeneratorlarni o'rnatish shart.

Optik kuchaytirgichlar kam elementlardan tarkib topgani uchun uning tuzilishi oddiy. Lekin narxi ancha qimmat. Ehtiyojni oshishi bilan narxi arzonlashishi mumkin. Optik kuchaytirgichlarning ishonchligi regeneratorlarga qaraganda yuqori. Bu uning eng muhim afzalligi bo'lib, suv ostida optik kabellarni yotkazganda retranslyatorlarni tashkil etishda e'tiborga olinadi. Optik kuchaytirgichlarni ishi signallarni uzatish tezligiga bog'liq emas, regeneratorlarda esa aksincha. Regeneratorlar bitta signal bilan ishlaydi. Optik kuchaytirgichlar esa kuchaytirish zonasining berilgan oraliq chegarasida turli to'liq uzunlikli (WDM signal) bir necha optik signallarni bir vaqtda kuchaytiradi.

Regenerator va optik kuchaytirgichlarning qiyosiy xarakteristikalarini

Xarakteristikasi	Regenerator	Optik kuchaytirgich
Tuzilishi	Murakkab	Oddiy
Narxi	Arzon	Qimmat, ammo tushayapti
Puxtaligi	Yuqori	Juda yuqori
Signalni regeneratsiyalash	Bajariladi	Bajarilmaydi
Uzatis tezligiga bog'liqligi	Bog'liq	Bog'liq emas
Bir vaqtda bir necha signallarni uzatish imkoniyati	Mavjud emas	Mavjud
Signal/ shovqin nisbati	Yuqori	Quyi
Qo'llanish sohasi	Lokal, regional va regionlararo tarmoqlar	Regional va regionlararo tarmoqlar

Retranslyator – regeneratorning umumiy tuzilish sxemasi 9.1-rasmda keltirilgan.

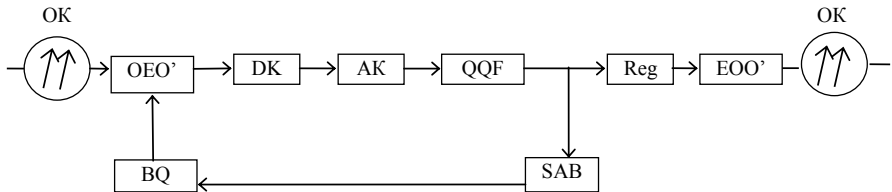
Sxemada:

OK – optik kabel (stansiya yoki liniya kabeli);

OEO' – optoelektron o'zgartirgich. Optik signalni elektr signaliga o'zgartiradi. OEO' sifatida p-i-n fotodiod yoki lavin fotodiod ishlatiladi;

DK – dastlabki kuchaytirgich;

AK – amplituda korrektori, optik kabelda birinchi navbatda dispersiya tufayli hosil bo'ladigan buzilishlarni qisman bartaraf etadi;



9.1-rasm. Raqamli retranslyatorning umumlashgan tuzilish sxemasi.

QQF – qabul qiluvchi filtr, foydali chastota oralig‘idan tashqaridagi shovqin va buzilishlarni bartaraf etish maqsadida signal spektriga bog‘liq ravishda chastota oralig‘ini chegaralaydi;

SAB – sathni avtomatik boshqaruvchi qurilma, elementlarning eskirishi, harorat natijasida kabel va OEO‘ xususiyatlarining o‘zgarishidan qurilma kirishidagi signallar o‘zgarganda regenerator kirishidagi kirish signallari sathini doimiyligini ta’minlaydi;

BQ – boshqaruvchi qurilma, SAB qurilmasidan berilayotgan signallar ta’sirida OEO‘ uzatish parametrlari o‘zgarishini ta’minlaydi;

Reg – regenerator, elektr impulslari shaklini tiklaydi;

EOO‘ – elektron optik o‘zgartirgich, elektr impulslari ketma-ketligini optik impulslar ketma-ketligiga o‘zgartiradi. EOO‘ sifatida yorug‘lik yoki lazer diodlari qo‘llaniladi.

Raqamli retranslyatorning asosiy elementi regenerator hisoblanadi.

9.2. Regeneratorning tuzilish sxemasi va ish prinsipi

Regeneratorning umumlashgan tuzilish sxemasi 9.2-rasmda tasvirlangan.

Sxemada:

CHK – chegaralovchi kuchaytirgich;

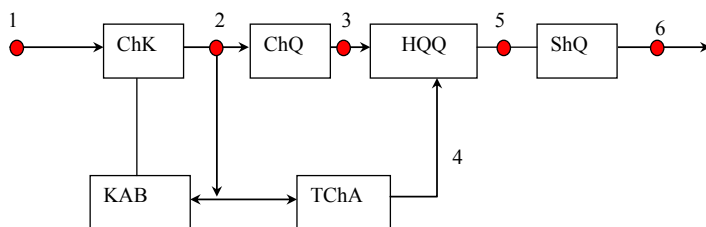
KAB – kuchayishni avtomatik boshqaruvchi qurilma;

CHQ – chegaralovchi qurilma;

XQQ – hal qiluvchi qurilma;

TCHA – taktli chastota ajratgich;

SHQ – shakllantiruvchi qurilma.

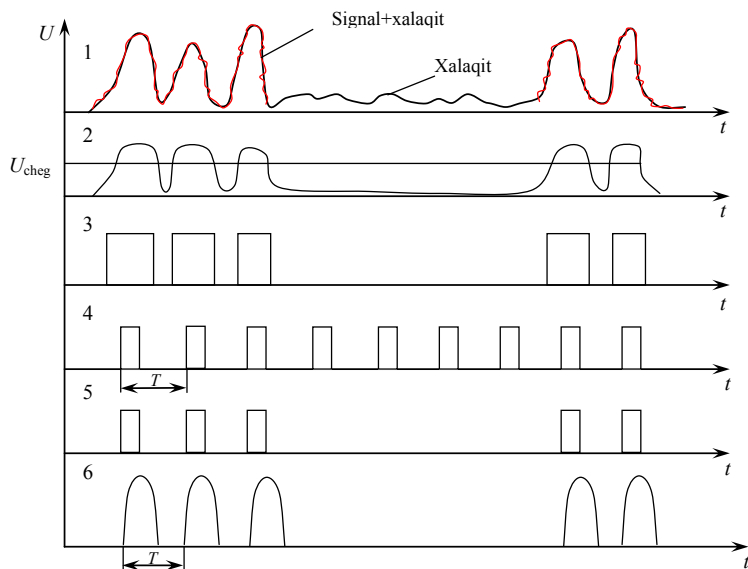


9.2-rasm. Regeneratorning umumlashgan tuzilish sxemasi.

Bu elementlarning vazifalarini regenerator ishining vaqt diagrammasidan ko‘rish mumkin (9.3-rasm). Bu rasmdagi 1-6 signallar 9.2-

rasmda tasvirlangan regeneratoring 1-6 nuqtalaridagi signal koʻrinishlaridir.

QQF chiqishidan (9.1-rasm) signallar chegaralovchi kuchaytirgichga (1) tushadi CHK KAB sxemasidan ham boshqariladi. KAB HQQ yordamida «1» va «0» impulslarni toʻgʻri hal qilish uchun signal sathini doimiyligini qoʻshimcha ravishda saqlab turadi CHKda signallar kuchaytiriladi va buzilishlarni maʼlum bir qismini bartaraf etish maqsadida signallarni amplitudalari chegaralanadi (2) CHK chiqishidan signal CHQ va TCHA kirishiga tushadi. Signal sathi U_{cheg} dan oshsagina CHQ chiqishida signal hosil boʻladi (3). TCHA chiqishidan HQQ kirishiga (4) $f_1=1/T$ taktili chastota impulslarining davriy ketma-ketligi uzatiladi, bu yerda T-impulslar ketma-ketligi davri.



9.3-rasm. Regenerator ishining vaqt diagrammasi.

Agar HQQning birinchi kirishiga CHQ chiqishidan axborot signallari ketma-ketligi (3), ikkinchi kirishiga taktili impulslar ketma-ketligi (4) berilsa va ular bir-biri bilan mos tushsa, HQQ chiqishida maʼlum amplituda va davriylikka ega impulslar hosil boʻladi (5). Bu impulslar SHQga uzatiladi. SHQda impulslar shakli toʻliq regeneratsiyalanib, boshlangʻich signallarga mos keluvchi impulslar

shakllanadi. So‘ng bu impulslar EOO‘ da (9.1-rasm) optik nurlanish impulslari ketma-ketligiga o‘zgartiriladi.

Regenerator ishini ko‘rib chiqamiz.

SHuni belgilab o‘tish kerakki, TCHA ishining xatoliklari tufayli hosil bo‘ladigan fazalar titrashini kamaytirish maqsadida TCHA chiqishidagi impullarning davriy ketma-ketligi (4) CHQ chiqishidagi to‘g‘rilangan impulslar bilan albatta fazalashtiriladi.

Chegaralovchi qurilma va chegaralovchi kuchaytirgich regeneratoring asosiy elementlari hisoblanib, uning shovqindan himoyalanganligini ta‘minlaydi, chegaraviy kuchlanish va mustahkam kuchaytirishni aniqo‘rnatilishini talab etadi.

Chegaraviy kuchlanishni o‘zgarishi regeneratoring shovqinbardoshlilikini kamaytiradi, bu chegaralovchi kuchaytirgich (CHK) chiqishidagi to‘g‘rilangan impulslarning maksimal qiymati va chegaralovchi qurilmaning chegaraviy kuchlanishi orasidagi optimal nisbatni buzilishiga olib keladi. Bunday optimal nisbatni doimiy ushlab turish uchun regeneratorlarda KAB qurilmasi qo‘llaniladi.

Regeneratorlarning yuqorida aytib o‘tilgan imkoniyatlari tufayli signallar to‘liq qayta tiklanadi, shovqinlarning ta‘sir qilishi yo‘qoladi, aloqa sifati yaxshilanadi, shovqindan himoyalanganlik oshadi.

Nazorat savollari

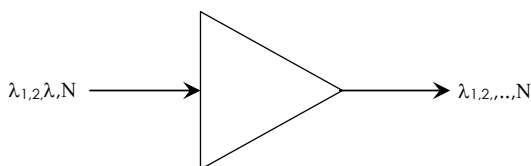
1. Optik liniya traktda regenerator va kuchaytirgichlarni qo‘llashda qanday farq bor?
2. Optik regeneratorlar qanday alohida xususiyatlarga ega?
3. Optik signallarni regeneratsiyalash jarayonini tushuntiring
4. Optik regenerator qanday tuzilgan?
5. Optik regeneratorni ish prinsipini vaqt diagrammalari asosida tushuntiring.

10-BOB. OPTIK KUCHAYTIRGICHLAR

10.1. Optik kuchaytirgichlarning klassifikatsiyasi va asosiy parametrlari

Ko'p kanalli optik tizimlarni tuzish, shuningdek, regeneratrlar orasidagi masofani uzaytirishga urinish optik kuchaytirgichlarni rivojlanishiga sabab bo'ldi. Optik kuchaytirgichlar nolga teng bo'lmagan siljigan dispersiyali bir modali NZDSF tolalarining afzalliklari tufayli qimmat regeneratsiyalash tizimlarini qo'llamaslik imkonini yaratadi va optik tola bo'ylab uzatiladigan axborot hajmini keskin oshiradi.

Regeneratrlardan farqli ravishda optik kuchaytirgichlar optik signallarni elektrik signallarga aylantirib o'tirmay, kuchaytiradi. Kuchaytirgichlar optik signallarni shaklini tiklamaydi, faqatgina kuchaytiradi, buning ustiga signal tarkibiga qo'shimcha shovqinlar qo'shadi. Ko'p kanalli optik tizimlarda har bir punktda har bir optik kanal uchun alohida talab qilinsa, bir necha optik kanallar uchun bitta optik kuchaytirgich kerak bo'ladi. Oddiyligi va ishonchligini yuqoriligi bu optik kuchaytirgichlarni afzalligidir. Shuningdek, optik kuchaytirgichlarni ishi uzatish tezligiga bog'liq emas, regeneratrlarda esa aksincha.



10.1-rasm. Optik kuchaytirgichlarning belgilanishi.

Optik kuchaytirgichlarni quyidagi asoslarda ishlab chiqarish mumkin:

- aralashma optik tolalar asosidagi kuchaytirgichlar,
- yorug'likning Raman sochilishiga asoslangan optik kuchaytirgichlar,

-yarim o'tkazgichli p-n o'tish asosidagi kuchaytirgichlar.

Optik kuchaytirgichlar quyidagicha belgilanadi:

Optik kuchaytirgichlar quyidagi parametrlar orqali aniqlanadi:

1. To'yinish quvvati $R_{t,chiq}$ -maksimal chiqish quvvatini aniqlaydi.

Maksimal quvvat 36dBq (4 Vt)dan oshishi mumkin.

2. Kuchayish ko'effitsiyenti:

$$g=10\lg P_{s\text{Chiq}}/P_{s.\text{kir}}, \quad (10.1)$$

bu yerda, $P_{c.\text{chiq}}$ – chiqish signalining quvvati;
 $P_{c.\text{kir}}$ – kirish signalining quvvati.

Kuchayish $\approx 40\text{dB}$ gacha etishi mumkin.

3. SHovqin-faktor NF kuchaytirgich kirishidagi signal/shovqin nisbatini chiqishdagi signal/shovqin nisbati orqali aniqlanadi:

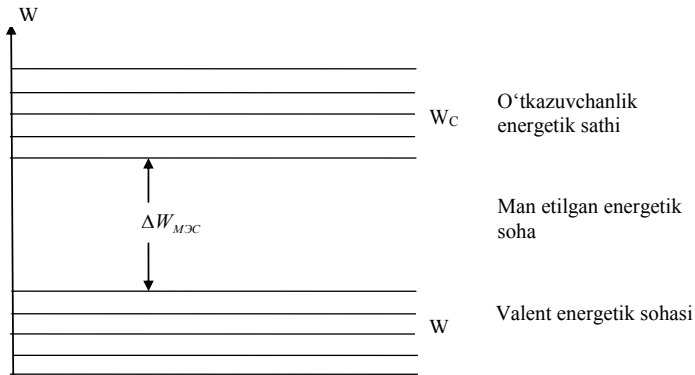
$$NF=(P_{c.\text{kir}}/P_{\text{shov.kir}})/(P_{c.\text{chiq}}/P_{\text{shov.chiq}}). \quad (10.2)$$

$$NF=5-6 \text{ dB}.$$

10.2. Optik kuchaytirgichlarning ish prinsipi

Ma'lumki, mikrozaralar – molekularlar, atomlar, ionlar, yadrolar va elektronlarning harakati kvant mexanikasi qonunlariga bo'ysunadi. Shu sababli bunday zarrachalar majmui kvant tizimlari deb ataladi.

Qattiq jimsalarda mikrozarachalarning o'zaro ta'siri juda kuchli bo'lib, energiyaning diskret qiymatlari bir-biriga juda yaqin joylashgan bo'ladi. Energetik sathlarning bunday majmui – energetik sohalarni hosil qiladi. Bir-biriga qo'shni joylashgan energetik sohalar – man etilgan energetik soha bilan ajratilgan bo'ladi (10.2-rasm).



10.2-rasm. Yarim o'tkazgichning energetik diagrammasi.

Mikrozarralarning bir energetik sathdan boshqasiga o'tishi kvant o'tish deb ataladi. Kvant o'tish chog'ida

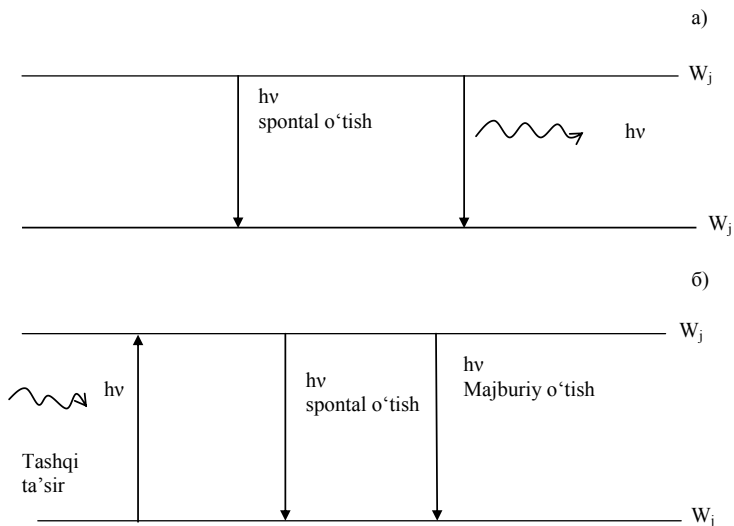
$$h\nu_{ji} = W_j - W_i \quad (10.3)$$

munosabat bilan aniqlanadigan energiya ajralib chiqadi yoki yutiladi.

Mikrozarrachalarning bir tebranma harakat sathidan boshqa

tebranma harakat sathiga o'tish natijasida *infraqizil nurlanish* hosil bo'ladi.

Mikrozarrachalarning bir energetik sathdan boshqasiga o'z-o'zidan, ya'ni tashqi ta'sirsiz o'tishi spontan o'tish deb ataladi. Spontan o'tish chog'ida bir xil chastotali, biroq turli yo'nalishlar bo'yicha tarqaladigan, faza jihatdan bir-biridan farq qiladigan, qutblanish tekisligi turlicha bo'lgan kvantlar hosil bo'ladi (10.3-a rasm).



10.3-rasm. Spontan va majburiy o'tishlar.

Mikrozarrachalarning bir energetik sathdan boshqa energetik sathga tashqi elektromagnit nurlanish ta'sirida o'tishi majburiy o'tish deyiladi. Bunda energiya yutilishi yoki ajralishi mumkin (10.3-b rasm).

Yuqori energetik sathdan quyi energetik sathga majburiy o'tish sodir bo'lganida tashqi elektromagnit nurlanish kvantlariga aynan o'xshash kvantlar hosil bo'ladi. Bu holda nurlanishning chastotasi, fazasi, tarqalish yo'nalishi, qutblanish tekisligi bir xil bo'ladi.

Agar kvant tizimiga tashqaridan ta'sir ko'rsatib, uni nomuvozanatli holatga o'tkazilsa, yuqorigi energetik sathlar quyi energetik sathlarga qaraganda ko'proq egallanib qolishi mumkin. Energetik sathlarning bunday egallanishi teskari egallanganlik yoki *invers egallanganlik* deb ataladi.

Energetik sathlari teskari egallangan kvant tizimiga energiyasi energetik sathlarning farqiga teng kvantlar bilan ta'sir qilinsa, yuqorida qayd etilganidek, majburiy nurlanish ulushiga qaraganda katta bo'lishiga erishilsa, nurlanishning kuchayishi sodir bo'ladi. Bu hodisa optik kvant kuchaytirgichlari ish prinsipining asosini tashkil etadi. Mazkur kvant tizimida, bunga qo'shimcha tarzda teskari bog'lanish hosil qilish choralari ko'rilsa, u o'z-o'zidan uyg'onish (qo'zg'alish) rejimiga o'tadi. Bunday jarayon kogerent va monoxromatik nurlanish manbai bo'lgan lazerlarining ish prinsipi asosini tashkil etadi.

10.3. Yarim o'tkazgichli optik kuchaytirgichlar

Yarim o'tkazgichli lazer kuchaytirgichlar ikki kamchiligi tufayli keng tarqalmagan. Ularni yorug'lik nurlantiruvchi aktiv qatlami 1 mkm qalinlikka ega, bu esa yorug'lik oqimlarining katta qismini kirish tolasidan aktiv qatlamga tushishini chegaralaydi (bir modali tolalarning diametri 9 mkm). Natijida oqimlar yo'qoladi va foydali kuchaytirish koeffitsiyenti kamayadi. Kirishdagi tola bilan aktiv qatlam orasida linzalar joylashtirib, kuchaytirgichning foydali kuchaytirish koeffitsiyentini oshirish mumkin. Lekin bu kuchaytirgich tuzilishini yanada murakkablashtiradi.

Shuningdek, yarim o'tkazgichli kuchaytirgichlarning kuchaytirishi nurlanish qutblanishini yo'nalishiga bog'liq. Optik tolada qutblanishni nazorat qilishning iloji yo'qligi, bunday kuchaytirgichlarda 4–8 dB gacha yo'qotishlarga olib keladi. Shuning uchun yarim o'tkazgichli kuchaytirgichlarni yorug'lik nurlanish manbalari bilan birgalikda ishlab chiqarilgandagina qo'llash kerak. Bu nurlanish quvvatini oshirish maqsadida qilinadi.

10.4. Raman optik kuchaytirgichlari

Bu turdagi optik kuchaytirgichning ish prinsipi katta quvvatli damlovchi yorug'lik to'lqinining optik tolaning nobirjinsliklaridagi sochilish chog'ida u bilan bir xil yoki qarama-qarshi yo'nalishda tarqalayotgan kuchsiz signal bilan o'zaro ta'sirlashuvidan foydalanishga asoslangan. Bunday ta'sirlashuv jarayonida signalning muayyan spektral diapozonning markazi damlovchi to'lqin chastotasi ω_d ga nisbatan signal chastotasi ω_c qadar siljigan bo'ladi:

$$\omega_r = \omega_d - \omega_s. \quad (10.4)$$

Bu chastotaviy siljish Raman siljish deb ataladi.

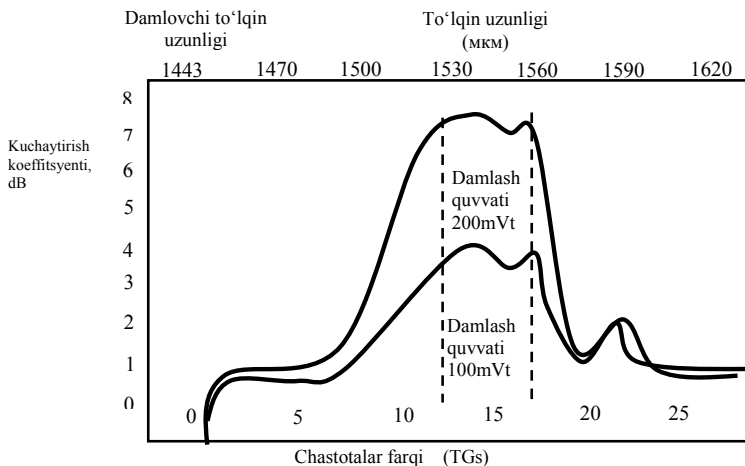
10.4-rasmda to'liqin uzunligining 1470 – 1620 nm oralig'i uchun kvarts tolali optik kuchaytirgichi kuchaytirish koeffitsiyenti va kuchsiz signal chastotasi (to'liqin uzunligi) orasidagi bog'lanish, ya'ni kuchaytirgichning ACHX tasvirlangan, xarakteristika quvvati 100 va 200 mVt ga teng bo'lgan 1440 nm li damlash to'liqin uzunligi uchun keltirilgan.

Rasmdan ko'rinadiki, to'liqin uzunliklarining oralig'i taxminan 30 nm ni tashkil etadi va S diapozonga mos keladi, biroq xarakteristika notekis bo'lgani uchun bunday kuchaytirgichlardan juda zich zichlashtirilgan (DWDM) tizimlarda foydalanish uni tekislash choralarini ko'rinishini talab etadi.

Signal intensivligi I_c damlash intensivligi I_d ga qaraganda kichik bo'lgan hol uchun kuchayish koeffitsiyenti bu turdagi kuchaytirgichlar uchun quyidagi munosabat bilan aniqlanadi.

$$G_0 = \exp(g \cdot P_{\text{daml}} \cdot \alpha_{\text{eff}} / A_{\text{eff}}) \quad (10.5)$$

Bu yerda, $P_{\text{daml}} = I_{\text{daml}} \cdot A_{\text{eff}}$ damlash quvvati, α_{eff} va A_{eff} – damlash quvvati, α_{eff} va A_{eff} mos ravishda optik tolaning effektiv uzunligi va ko'ndalang kesimi, g optik kuchaytirgich amplitudaviy – chastotaviy xarakteristikasining effektivligi.



10.4-rasm. Raman kuchaytirgichning spektri.

Kuchaytirish koeffitsiyenti damlash quvvatining $P_{\text{daml}} = 1$ Vt qiymatigacha quvvatning ortishi bilan chiziqli tarzda ortadi. So'ngri u damlash quvvatining bir necha Vt qiymatlarida to'yinishga chiqadi.

Raman kuchaytirgichlarining odatiy quvvatining 1 Vt ga yaqin qiymatlarida ularning kuchaytirish koeffitsiyenti 17-30 dB oralig'ida yotadi. Bunda damlash quvvatining ortishi bilan kuchaytirish koeffitsiyentining kamayishi, to'yinishi kuzatiladi. Biroq amaliyotda damlash quvvatining 100–200 mVt li pastroq sathlaridan foydalaniladi va bu holda kuchaytirish koeffitsiyenti 4–8 dB oraliqda yotadi.

Raman optik kuchaytirgichda 1300 nmli optik signallarini kuchaytirish uchun 1060 nmli to'lqin uzunlikka ega bo'lgan lazerdan, to'lqin uzunligi 1550 nm li signallarni kuchaytirish uchun esa, 1320 yoki 1443 nm ga teng lazerlaridan foydalaniladi.

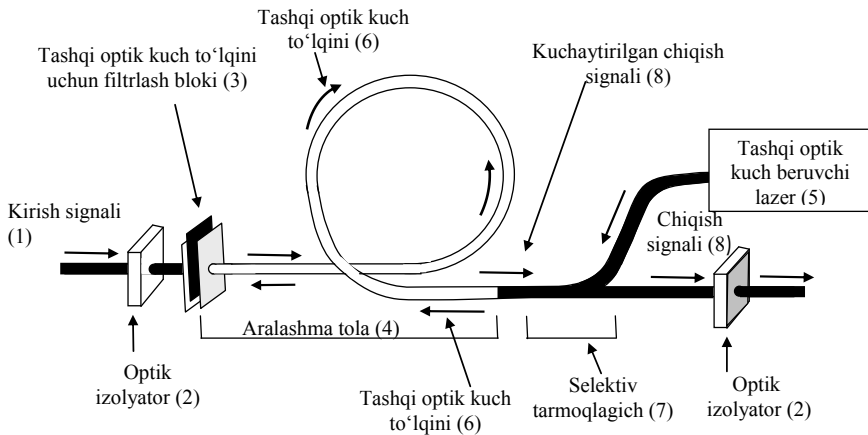
Bu turdagi kuchaytirgichlar yetarli darajada keng polosali (5–10 TGs) bo'lsalarda, ACHX notekisligi tufayli, ulardan qisqa davomiylikka ega bo'lgan optik impulslarini kuchaytirish uchungina foydalanish mumkin. WDM tizimlarida kuchaytirish chog'ida amplitudaviy – chastotaviy xarakteristikasini tekislash talab etiladi.

Biroq keyingi vaqtda tarkibiga germaniy aralashmalari kiritilgan maxsus tolali yorug'lik uzatgichidan foydalanishga asoslangan yuqori samarali Raman kuchaytirgichlari ishlab chiqildi. Shu sababdan bu turdagi kuchaytirgichlar tolali optik uzatish tizimlarida foydalanish nuqtai nazardan borgan sari muhim ahamiyat kasb etib bormoqda. Jumladan, erbiyli tolali kuchaytirgich va Raman kuchaytirgichlarining turli xil kombinatsiyalaridan iborat duragay kuchaytirgichlarni yaratish va ishlab chiqish ustida ishlar olib borilmoqda.

10.5. Tolali optik EDFA kuchaytirgichlari, ularning tuzilishi, ish prinsipi, xarakteristika va parametrlari

Bu turdagi optik kuchaytirgichlarda ularning ish xususiyatlarini belgilovchi yuqorida ko'rib o'tilgan majburiy nurlanish va energetik sathlarining teskari egallanganligi jarayonlari kvars shishasidan tayyorlangan optik tolani erbiy, prazeodiniy, tuliy kabi noyob yer elementlari atomlari bilan legirlash (kiritish) yo'li bilan hosil qilinadi.

Kremniydan tayyorlangan, o'zagi erbiy bilan legirlangan bir modali toladan iborat kuchaytirgichlar keng tarqalgan. Bunday kuchaytirgichlar EDFA kuchaytirgichlari deyiladi. EDFA kuchaytirgichlarning kuchaytirish sohasi keng 1530 nm dan 1560 nm gacha. Aralashmali tolali optik kuchaytirgichning tuzilishi 10.5-rasmda ko'rsatilgan [1].



10.5-rasm. Aralashmali tolali optik kuchaytirgichning tuzilishi.

Aralashmali tolali optik kuchaytirgichning ishlash prinsipi quyidagicha: kuchsiz, soʻngan optik signallar faqat bir yoʻnalishda (chapdan-oʻngga) uzatishni taʼminlovchi (teskari yoʻnalishda uzatmaydigan) optik izolyator orqali (2) optik filtrlar blokiga kelib tushadi (3). Filtrlar lazerga tashqi optik kuch berish (nakachka) chastotasida yorugʻlik tarqalishini oldini oladi. Soʻng optik signallar katushka koʻrinishida ishlangan taxminan 25-100 metrli aralashma tolali kabel kesimiga kelib tushadi (4). Tolaning bu uchastkasi qarama-qarshi tomonga oʻrnatilgan yarim oʻtkazgich lazerning (5) kuchli uzluksiz nurlanishiga uchraydi. Tashqi optik kuch beruvchi lazerning tashqi optik kuch toʻliqini (6) aralashmali tolaga uzatiladi. Tashqi optik kuch toʻliqini aralashma atomlarini qoʻzgʻatadi. Kirishdagi signallar kuchsiz boʻlgani uchun aralashma atomlarini qoʻzgʻalgan holatdan yorugʻlik nurlanishi bilan asosiy holatga induksiyalangan (majburiy) oʻtishi roʻy beradi. Selektiv tarmoqlagich (7) kuchaytirilgan foydali signalni (8) chiqish tolasiga (9) yoʻnaltiradi. Chiqishdagi qoʻshimcha optik izolyator (10) chiqishdan teskari, tarqoq signallarni optik kuchaytirgichning aktiv sohasiga tushishini oldini oladi.

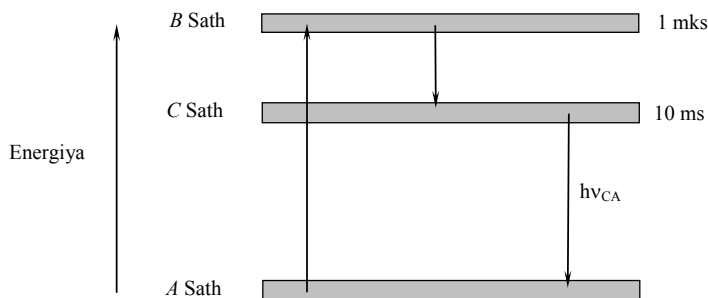
Kuchaytirgichning aktiv sohasi oʻzagi aralashmalar bilan legirlangan bir modali tola hisoblanadi. Aktiv sohaga tashqi lazer orqali optik kuch berilishidan erbiy aralashmasining uch sathli atom tizimi hosil boʻladi (10.6-rasm) [1].

Tashqi optik kuch natijasida atomlar asosiy A sathdan qoʻzgʻalgan

V sathga o'tadi. Tashqi optik kuch berish energiyasi

$$\Delta W = hf (A \cdot V), \quad (10.6)$$

Tashqi lazerning $\lambda = 980 \text{ nm}$ to'liqin uzunligiga mos keladi.



10.6-rasm. Aralashmali tolali optik kuchaytirgichning uch sathli atom tizimining energetik diagrammasi.

Elektronlarning V sathda yashash vaqti 1 mks ni, 2-o'ta barqaror S sathdagi o'rtacha yashash vaqti – 10 ms ga teng. Shu sababdan elektron ixtiyoriy tarzda yuqori sathlardan quyi sathlarga o'tadilar. Elektronlar V sathdan oraliq S sathga o'tadi. S sathda elektronlar yetarli darajada ko'p, ya'ni teskari invers joylashganda, S sathdan A sathga o'tish boshlanadi va bunda vujudga kelgan fotonlardan xarakat yo'nalishi tola o'zagi o'qining yo'nalishi bilan mos kelgan qismi o'z yo'lida shunday atomlar bilan uchrashadi va spontan nurlanish hosil bo'ladi. Kuchaygan spontan nurlanish axborot tashishda ishtirok etmaydi va optik kuchaytirgichlar uchun shovqin vazifasini o'taydi.

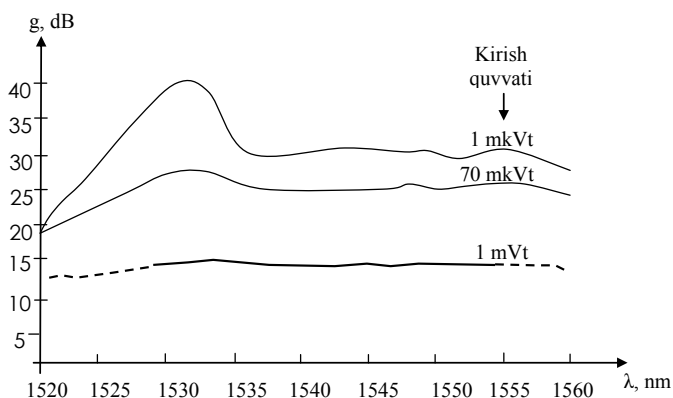
Agar $\lambda = 980 \text{ nm}$ li to'liqin uzunligida damlash yo'li bilan olingan shunday teskari egallangan muhitga 1530...1560 nm to'liqin uzunligidagi kogerent signal nurlanish bilan ta'sir etilsa, bu nurlanishning har bir fotoni o'z energiyasini yo'qotgani holda elektronning V sathdan asosiy A sathga majburiy o'tishini yuzaga keltiradi. Bunday o'tish natijasida aynan shunday chastotaga, qutblanishga va tarqalish yo'nalishiga ega bo'lgan foton qo'zg'algan atomlar bilan uchrashib, ularning har biri o'z energiyasini yo'qotgani holda bittadan yangi foton hosil qiladi. Shunday qilib, bir xil chastotali, fazali va qutblanishli yangi fotonlar hosil bo'ladi. Shu tariqa signal nurlanishining induksiyalangan majburiy kuchayishi sodir bo'ladi.

Kuchaytirgich ishining xususiyatlari ko'proq aralashma turiga va signallarni kuchaytirishi kerak bo'lgan to'lqin uzunligi diapazoniga bog'liq.

Aralashmali tolali optik kuchaytirgichning xarakteristika va parametrlari

Kuchaytirish koeffitsiyenti kirish signallarini amplitudasiga va to'lqin uzunligiga bog'liq. Kirish signallarining amplitudasi oshishi bilan kuchaytirish pasayadi va chiqishdagi signal to'yinishga intiladi (10.5-rasm).

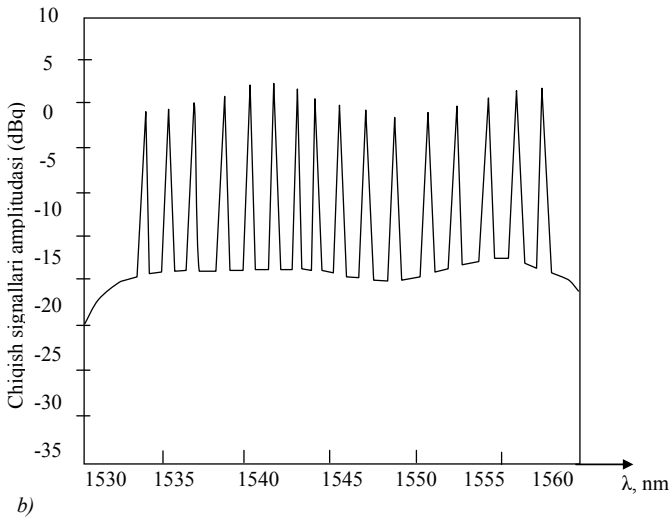
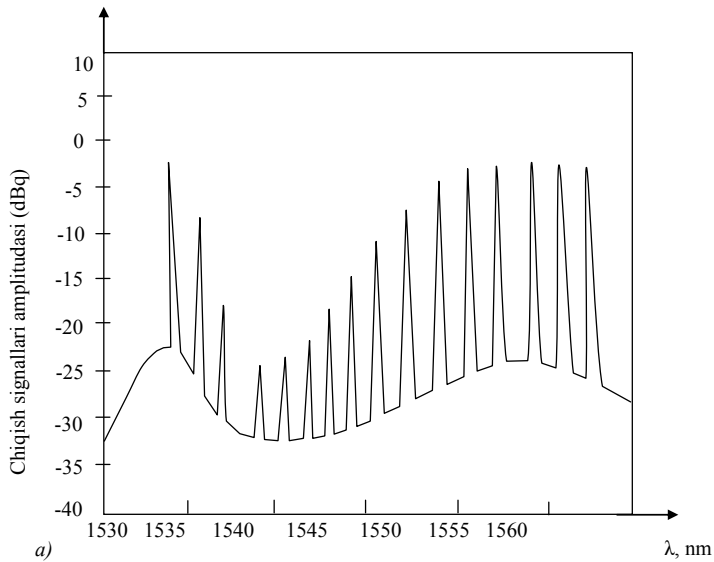
Optik kuchaytirgichlar kuchaytirilayotgan signallarga qo'shimcha shovqin kiritadi. Natijada, signal/shovqin nisbati pasayadi, optik kuchaytirgichli oraliq punktlar soni chegaralanadi. Shuning uchun kuchaytirgichlar bilan birgalikda regeneratlarni ham qo'llash kerak.



10.7-rasm. Kirish optik signallari quvvatining turli qiymatlarida kremniy asosidagi EDFA kuchaytirgichlarining kuchaytirish koeffitsiyenti.

Hozirgi kunda kremniy va fluor-sirkonat asosidagi EDFA kuchaytirgichlari mavjud. Kremniy asosidagi kuchaytirgichlarning kuchaytirishi koeffitsiyenti turli to'lqin uzunliklarida bir tekis emas.

Kuchaytirishning bir me'yorda emasligi bir optik kanalning boshqasiga qaraganda signal/shovqin nisbatini yomonlashuviga olib keladi (10.8-rasm).



10.8-rasm. Kuchaytirgich kirishiga kuchaytirish uchun DWDM signallari berilgandagi chiqish quvvatining (signal va shovqin) egriligi: *a*) kremniy asosidagi kuchaytirgichlar (1540 nm oralig'ida signal shovqin nisbatini pasayishi kuzatiladi); *b*) fluor-sirkonat asosidagi kuchaytirgichlar.

Kremniy asosidagi kuchaytirgichlarning signal/shovqin nisbati ba'zi kanallarda yuqori (10.8-a rasm), lekin ayniqsa 1540 nm to'liq uzunlikdagi kanallarda signal/shovqin nisbati kichik.

To'liq uzunligi bo'yicha zichlashtiriladigan uzatish tizimlarining 1545 nm dan yuqoridagi kanallarining shovqindan himoyalanganligi yuqori, boshqa 1540 nm dagi kanallarining shovqindan himoyalanganligi kichik bo'ladi.

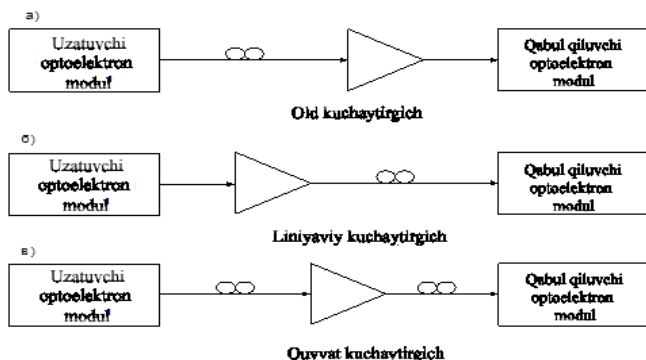
Shovqindan himoyalanganlik, signal/shovqin nisbati bir me'yorda o'zgarishini ta'minlash uchun fto'r-sirkonat asosidagi kuchaytirgichlardan foydalanish kerak.

Fto'r-sirkonat asosidagi optik kuchaytirgichlarning kuchaytirishini to'liq uzunligiga bog'liqlik xarakteristikasi tekis o'zgaradi. Hozirgi kunda ishlab chiqaruvchilar kamchiliklarni yo'qotish, bunday kuchaytirgichlarni kelgusida yanada takomillashtirish, shovqin sathi kichik, yuqori puxtalilikka ega EDFA kuchaytirgichlarini ishlab chiqarish ustida ish olib bormoqdalar.

Optik kuchaytirgichlar vazifasiga qarab dastlabki, liniya va quvvat kuchaytirgichlariga bo'linadi.

Old, dastlabki kuchaytirgichlar regenerator kirishida o'rnatiladi va signal/shovqin nisbatini oshirishga yordam beradi. Juda kichik sathli (-45...-30 dBq) signallarni kuchaytirishga mo'ljallangan.

Liniyaviy kuchaytirgichlari signal buzilishlarini bartaraf etish zaruriyati bo'lmasa, regeneratorlar o'rni bosishi mumkin.



10.9-rasm. Optik kuchaytirgichlarni qo'llash usullari.

Quvvat kuchaytirgichlari lazer uzatgichlarning chiqishida oʻrnatiladi va oraliq kuchaytirish punktlari orasidagi masofani uzaytirishga yordam beradi.

Nazorat savollari

1. Optik kuchaytirgich qanday qurilma? Undan qaysi maqsadlarda foydalaniladi?
2. Optik kuchaytirgichlarning ish mexanizmi qanday fundamental fizik jarayonlardan foydalanishga asoslangan?
3. Optik kuchaytirgichlarning qanday turlari mavjud?
4. yorugʻlikning Raman sochilishiga asoslangan optik kuchaytirgichning ish mexanizmini tushuntiring. Bu turdagi optik kuchaytirgichning afzallik va kamchiliklari nimada?
5. Yarim oʻtkazgichli optik kuchaytirgichning afzallik va kamchiliklari nimada?
6. Yarim oʻtkazgichli optik kuchaytirgich tolali optik aloqa tizimlarida qanday maqsadlarda qoʻllaniladi?
7. Aralashmali tolali, Raman sochilishiga asoslangan va yarim oʻtkazgichli kuchaytirgichlarning xarakteristika va parametrlariga qiyosiy tavsif bering.
8. Optik kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsiyenti, kuchaygan spontan nurlanish quvvati, shovqin omili kabi parametrlari uchun miqdoriy munosabatlar yozing va ularga tavsif bering.
9. Aralashmali tolali optik kuchaytirgichning tuzilishi va ish mexanizmini tushuntiring.
10. Aralashmali tolali optik kuchaytirgichning xarakteristika va parametrlarini tavsiflang.
11. Aralashmali tolali optik kuchaytirgichning qanday xillari mavjud? Ularga qiyosiy tavsif bering.

11-BOB. TOLALI OPTIK ALOQA TIZIMLARINING PASSIV ELEMENTLARI

11.1 Passiv optik qurilmalar va ularning asosiy parametrlari

TOA tizimlarini normal ishlashi uchun ularni tarkibiga, turli xil passiv optik qurilmalar kiritiladi. Passiv optik qurilmalarga quyidagilar kiradi: optik signalni kiritish va chiqarish qurilmalari, ulagichlar, izolyatorlar, tarmoqlagichlar, filtrlar, attenyuator va boshqalar. Bu qurilmalar uchun quyidagi parametrlar umumiy hisoblanadi: turg'un to'lqin koeffitsiyenti, qurilmalar tomonidan kiritiluvchi shovqin, to'lqin uzunligining ishchi diapazoni, ruxsat etiladigan quvvat sathi.

1. Turg'un to'lqin koeffitsiyenti k_{tt} va yuguruvchi k_{yut} to'lqin koeffitsiyentlari qurilmani optik trakt bilan moslashish darajasini aniqlaydi, Ular aks etish koeffitsiyenti ρ bilan bog'liq:

$$k_{tt}=1/k_{yut}=(1+|\rho|)/(1-|\rho|), \quad (11.1)$$

bu yerda, $|\rho|=\sqrt{P_{aks.e}/P_{tush}}$;

$P_{aks.e}$ va P_{tush} – mos ravishda aks etgan va tushayotgan to'lqin quvvatlari. Ideal moslashishda aks etgan to'lqinlar mavjud bo'lmaydi, ya'ni

$$P_{aks.e}=0, \rho=0 \text{ va } k_{tt}=k_{yut}=1$$

Moslasmaganlik uzatilgan signalni buzilishiga (kengayishiga) va qo'shimcha yo'qotishlarga olib keladi.

2. Kiritiluvchi so'nish (yo'qotish)lar a , dB qiymati, optik qurilmaning kirish P_{kir} va chiqish P_{chiq} quvvatlari nisbatini logarifmi orqali aniqlanadi:

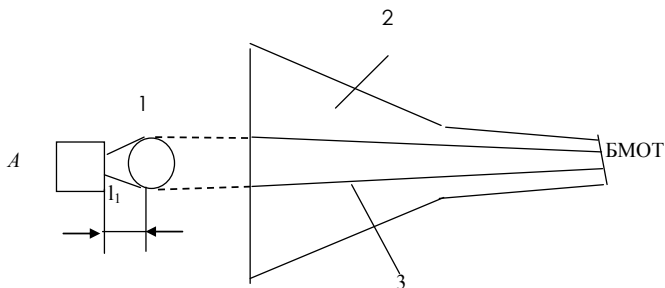
$$a=10 \lg (P_{kir}/P_{chiq}). \quad (11.2)$$

Kiritiluvchi so'nish optik to'lqinlarni yoki yorug'likni yutilishi, sochilishi va aks etishi bilan shartlanadi.

3. Qurilmaning asosiy parametrlarini berilgan texnik normalar doirasidan chiqmaydigan to'lqin uzunligi diapazoni $\lambda_{min} \dots \lambda_{maks}$ yoki chastota diapazoni $f_{min} \dots f_{maks}$ ishchi diapazoni deyiladi.

4. Asosiy parametrlari berilgan texnik normalar doirasidan chiqmaydigan quvvat sathi ruxsat etiladigan hisoblanadi. Ruxsat etilgan sathdan yuqori quvvatli signal o'tganda, qurilmani kuyishi istisno etilmaydi. Boshqa parametrlar muayyan qurilmalarni bajaradigan vazifasidan kelib chiqqan holda aniqlanadi.

11.2. Nurlanishni kiritish va chiqarish qurilmalari



11.1-rasm. Nurlanishni kiritish qurilmasi: A – nurlanish manbai; BMOT – bir modali optik tola; 1- sferik linza; 2 - bir modali optik konus; 3 - o‘zak.

Nurlanishni kiritish va chiqarish qurilmalari maksimal mumkin bo‘lgan quvvatni mos ravishda manbadan tolaga va toladan fotoqabulqilgichga uzatishni ta’minlashi kerak. Bu qurilmani tuzilishi, nurlanish manbalari, fotoqabulqilgichlar va optik tola xarakteristikalarini bilan aniqlanadi.

Optik signallarni kiritish qurilmalaridan biri konus shaklidagi qurilma (11.2-rasm) hisoblanadi. Konus ko‘ndalang yuzasini katta diametrlarida (1...2 mm) yuqori tartibli modalar hosil bo‘lishi mumkin. Buni bartaraf etish maqsadida konusni ko‘ndalang yoni va lazer o‘rtasiga faza korreksiyalovchi element-sferik linza kiritiladi. Bunday qurilma 1,6...2,2 dB samaradorlikka ega [4].

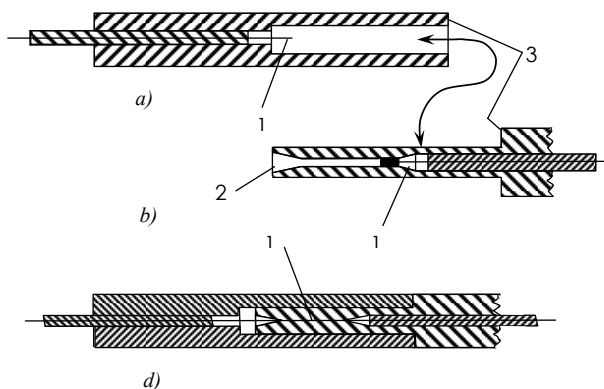
11.3. Ajraladigan va ajralmaydigan optik ulagichlar

TOA liniyalari bo‘ylab axborotni uzatishni eng muhim masalalaridan biri – optik tolalarni ishonchli ulanishini ta’minlash hisoblanadi. Optik ulagich – bu nurlanishni kiritish va chiqarish joyida, tolali optik aloqa liniya traktining turli komponentlarini, optoelektron modullarni kabel tolalari bilan ulash, kabelning qurilish uzunliklarini bir-biri yoki boshqa komponentlar bilan ulash uchun mo‘ljallangan qurilma. Ulagichlar ajraladigan va ajralmaydiganga bo‘linadi. Ajralmaydigan ulanishni ta’minlovchi, asosiy montaj usuli payvandlash hisoblanadi. Ajraladigan ulagichlar (konnektor, connectors termini keng qo‘llaniladi) ko‘p martalab ulash/ ajratish imkonini beradi [1].

Amaliyotda ajraladigan optik ulagichlar kabelni ikkala oxirida va ajralmaydigan optik ulagichlar oraliq seksiyalarni ulashda qoʻllaniladi. Bunga quyidagilar sababdir: ajralmaydigan ulagichlar kirituvchi yoʻqotishlar sathi minimal boʻlib, 1 ta ulagichda 0,04 dB ni tashkil etadi. Ajraladigan optik ulagichlar kirituvchi yoʻqotishlar esa katta. Bundan tashqari ajralmaydigan ulagichlar aniq doimiylikni taʼminlaydi, bu ajraladigan optik ulagichlarni yuqorida aytib oʻtilgandek bir necha va koʻplab ulash-ajratish kutiladigan joylarda, masalan, kommutatsion panellarda yoki ulanishli krosslarda ishlatishni talab etadi [6].

11.3.1. Ajraladigan optik ulagichlarning tuzilishi

11.2-rasmda shtekerli ajraladigan optik ulagich koʻrsatilgan. Bu ulagichda uya va shtir qismlari ulanadi. Ulanishdan soʻng gayka bilan mustahkamlanadi. 3.3-rasmda ulagichni uyali qismini yuzasida rezba va gayka koʻrsatilmagan [4].



11.2-rasm. Shtekerli ulash: *a* – uya; *b*–shtir; *d*–ajratiladigan ulagich; *1* – tola; *2* – kanal; *3* – birlashtiruvchi yuzalar.

Nakonechnik (ferrule) i sentriruyushchaya vtulka – markazlashtiruvchi vtulka (sleeve) korpusda joylashib, zarur optik kontaktni amalga oshirish imkonini yaratadi.

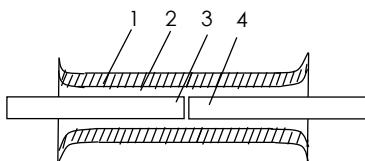
Ulagichlarga quyidagi talablar qoʻyiladi: kirituvchi yoʻqotishlari va teskari aks etishlari kam, tashqi mexanik, klimatik va boshqa taʼsirlarga bardoshli, yuqori ishonchli, tuzilishi sodda va koʻp martalab takroriy

ulanishlardan soʻng xarakteristikalari bir ozgina yomonlashishi kerak.

11.3.2. Optik tolalarni ajralmaydigan ulashlar

Ajralmaydigan optik ulashni keng tarqalgan usullaridan biri shishadan tayyorlangan **trubka** yordamida ulash hisoblanadi (11.3-rasm). Bunday ulashda kiritiluvchi soʻnish qiymati 0,29 dBni tashkil etadi.

Dumaloq ariqchali–plastina yordamida tolalarni ulash (11.4-rasm) usulida kiritiladigan soʻnish sathi 0,5 dB ni tashkil etadi [4]. Tola oxirlari aniq markazlashtirilib, soʻng yopishtiriladi yoki payvandlanadi.



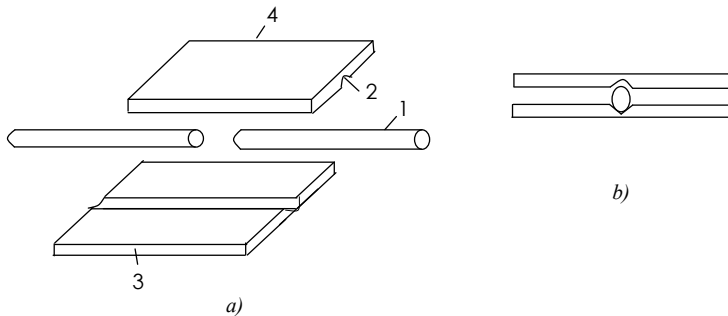
11.3-rasm. Trubka yordamida tolani ulash: 1–vtulka; 2–yopishtiruvchi kompaundni quyish uchun teshik; 3, 4–tola.

Ajralmaydigan optik ulashda optik tolalarni doimiy ulash, payvandlashdan keng foydalaniladi. hozirda payvandlash qurilmalari, amaliyoti takomillashib bormoqda. Natijada, payvandlashli ulash usuli qoʻllanilganda kiritiluvchi soʻnish qiymatlari bir modali va koʻp modali tolalar uchun 0,04-0,1 dB ni tashkil etadi.

Koʻp modali tolalarda payvandlashli ulash sifatiga taʼsir qiluvchi, tolani oʻziga bogʻliq boʻlgan omillar mavjud. Bu omillarga tola diametrlarini, sonli aperturalarini va sindirish koʻrsatkichlarini mos kelmasligi, oʻzakni qobiq markazida joylashmasligi kiradi.

Bir modali tolalarda (dispersiyasi siljimagan holda) payvandlash sifatiga taʼsir qiluvchi asosiy omil bu tolalarni moda maydoni diametrlarini mos kelmasligi hisoblanadi.

Shuningdek, boʻylama va burchakli siljishlar, oʻzakni ifloslanishi va deformatsiyasi ham payvandlash sifatiga taʼsir qiluvchi omillardir. Bu omillarni taʼsiri malakali texniklar, tola oxirlarini aniq markazlashtiruvchi avtomatik tenglashtiruvchi qurilmalarni va zamonaviy payvandlash qurilmalarni ishlatish hisobiga minimumga etkazilishi mumkin [6].



11.4-rasm. Dumaloq ariqchali plastina va V–turdagi forma yordamida tolini ulash: 1–tola; 2–ariqchalar; 3–plastina; 4–qopqoq.

11.4. Optik tarmoqlagichlar: daraxtsimon va yulduzsimon tarmoqlagichlar, Shaxoblagich

TOA tizimlarini eng muhim passiv elementlaridan biri optik tarmoqlagich (coupler) hisoblanadi. Tarmoqlagichlar kabelli televideniening taqsimlangan toali-koaksial tarmoqlarini qurishda va davlatlararo to‘liq optik tarmoqlarni qurish ishlarini loyihalashtirishda keng qo‘llaniladi. Ikkala holda ham agar tarmoqlagichlar qo‘llanilmasa ushbu tarmoq juda qimmatga tushishi mumkun [1]. Tarmoqlagichlar yorug‘lik oqimlarini bir necha yo‘nalishlarga ajratadi yoki bir necha oqimlarni bitta yo‘nalishga birlashtiradi.

Splitter (cplitter)-odatda bir kirish va bir necha chiqishdan iborat qurilma. U signallarni ikki yo‘nalishda uzatish uchun yoki oqimni ikki yoki undan ortiq qurilmalarga va foydalanuvchilarga taqsimlash uchun ishlatilinishi mumkin.

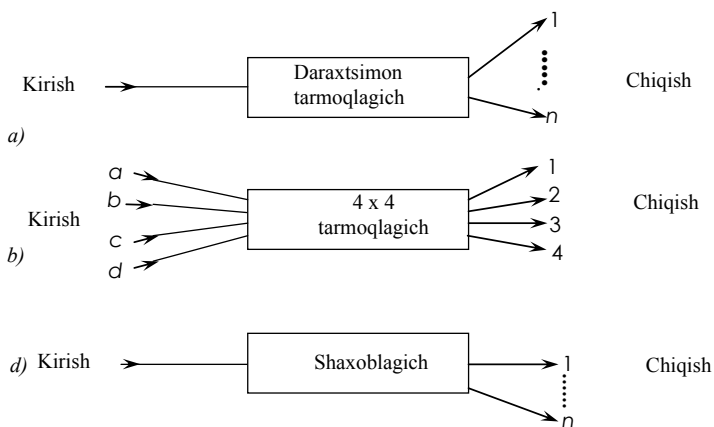
Kombayner (combiner)-odatda bitta chiqish va ikki yoki undan ortiq kirishiga ega qurilma. U bir yo‘nalishli yoki ikki yo‘nalishli operatsiyalarni bajarish uchun qo‘llanilishi mumkin [6].

Tarmoqlagichning asosiy turlari quyidagilardir: daraxtsimon tarmoqlagich; yulduzsimon tarmoqlagich; Shaxoblagich.

Daraxtsimon tarmoqlagich (tree coupler) signal oqimini bitta kirishga qabul qilib, uni bir necha chiqishlarga taqsimlovchi va bunga teskari vazifani bajaruvchi qurilma. U signalni manbadan bir necha foydalanuvchilarga taqsimlash uchun qo‘llaniladi (11.5,a-rasm). Odatda, daraxtsimon tarmoqlagichlarda quvvat hamma chiqishlarga teng

taqsimlanadi. Daraxtsimon tarmoqlagichni hozirgi modelida chiqishlar soni 2 dan 32 gacha bo'lishi mumkin. Ko'pgina daraxtsimon tarmoqlagichlar signallarni birlashtirish vazifasini ham bajarishi mumkin.

Yulduzsimon tarmoqlagichda (star coupler) kirish va chiqishlar soni bir xil. Optik signal n kirishlardan biriga tushadi va n chiqishlar o'rtasida teng taqsimlanadi. 2×2 va 4×4 yulduzsimon tarmoqlagichlar keng tarqalgan. Aralashtirib yubormaslik uchun kirishlar lotin harflari va chiqishlar son bilan belgilangan (11.5-b rasm). Yulduzsimon tarmoqlagichlar barcha chiqishlar o'rtasida quvvatni teng darajada taqsimlaydi.



11.5- rasm. Tarmoqlagich turlari: a) – daraxtsimon tarmoqlagich; b) – yulduzsimon tarmoqlagich; d) – Shaxoblagich.

Shaxoblagich (otvetvitel) (tap) – bu chiqishlariga quvvat teng taqsimlanmaydigan, daraxtsimon tarmoqlagichni umumlashganidir (11.5,v-rasm).

Ular 1×2 , 1×3 , 1×4 , 1×5 , 1×6 , 1×8 , 1×16 , 1×32 tuzilishli bo'lishi mumkin. Chiqish quvvatini ma'lum bir qismi (50% dan kam) Shaxoblantirgich kanaliga (kanallariga) boradi, katta qismi esa magistral kanalda qoladi. Chiqishlari quvvatni kamayishi tartibida raqamlanadi [1].

Optik tarmoqlagichlar ceaktiv (to'lqin uzunligiga sezgir) va noseektiv (to'lqin uzunligiga sezgir bo'lmagan)ga bo'linadi. Yuqorida ko'rib chiqilgan optik tarmoqlagichlar noseektiv elementlarga kiradi.

11.5. Optik attenuatorlar

Optik attenuatorlar kirish optik signallarni quvvatini kamaytirish maqsadida ishlatiladi. Raqamli signallarni uzatishda ham, analog signallarni uzatishda ham bunga zaruriyat vujudga kelishi mumkin. Katta sathli raqamli signallarni uzatishda qabul qiluvchi optoelektron modulni to'yinishiga olib kelishi mumkin. [1].

Attenuatorlar ko'pincha lazer uzatgichdan keyin joylashtiriladi. Attenuatorlar lazerni chiqish quvvatini, undan keyingi EDFA kuchaytirgichlari, FD kabi qurilmalar talab etadigan sath bilan moslashtiradi.

yorug'lik jadalligi fotodiodni dinamik diapazoni doirasidan chiqadigan darajada katta bo'lgan, qisqa optik tolali seksiyalarda attenuator o'rnatish mumkin. Ular intensivlikni qabul qilgichni dinamik diapazoniga mos keladigan sathgacha kamaytiradi [6].

Ishlash prinsipi bo'yicha attenuatorlar co'nish qiymati bo'yicha o'zgaruvchan va so'nish qiymati qayd etilgan turlarga bo'linadi.

O'zgaruvchan attenuatorlar so'nish qiymatini 0-20 dB oraliqgacha o'zgarish imkonini beradi.

Qayd etilgan attenuatorlarda so'nishqiymati ishlab chiqaruvchi tomonidan o'rnatilgan bo'ladi. Ularni qiymati 0, 5, 10, 15 yoki 20 dBni tashkil etishi mumkin [1].

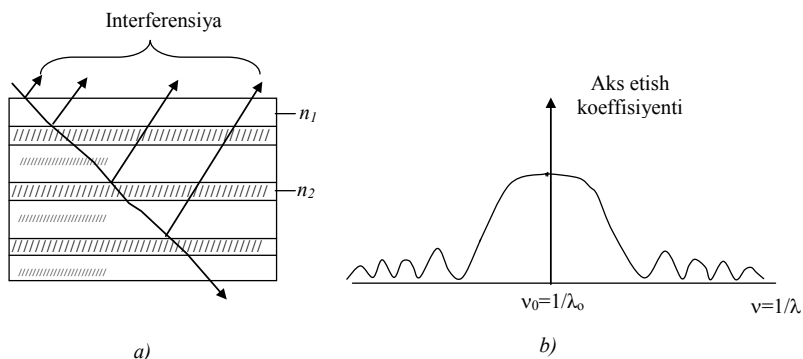
Attenuatorlar tomonidan kiritiladigan so'nish $\pm 15\%$ dan oshiq bo'lmasligi kerak. Optik aks etish qobiliyati maksimal -40 dB sathda bo'lishi kerak. Attenuatorlarni ishchi to'lqin uzunliklari diapazoni maksimal 1360 nm dan 1580 nm gachani, minimal 1200 nm dan 1480 nm gachani tashkil etishi kerak. Tipik ishchi to'lqin uzunligi kengligi 1310-1580 nm. Attenuatorlarda QMDga bog'liq bo'lgan yo'qotishlar 0,3 dB dan yuqori bo'lmasligi kerak [6].

11.6. Optik filtrlar

Optik filtrlar umumiy uzatilayotgan optik spektrdan optik kanallarni ajratish uchun qo'llaniladi. Filtrlar qo'shni optik kanallarni bartaraf etish imkoniyatiga ega, chunki fotoqabulqilgichlar spektral tanlashga ega emas. Optik filtrlar sifatida demultipleksorlar ham qo'llanilishi mumkin.

Alohida optik filtrlar ko'p qatlamli dielektrik tuzilish va difraksion panjaradan iborat bo'ladi.

Ko'p qatlamli dielektrik tuzilishli optik filtrlarning ishlash prinsipi quyidagi rasmda tasvirlangan (11.6-rasm).



11.6-rasm. Ko'p qatlamli dielektrik filtrning ishlash prinsipi:
 a) – ko'p qatlamli dielektrik tuzilish; b) – aks etish koeffitsiyentining spektral bog'liqligi.

50GGs

f, TGs	196,10	196,05	196,00	195,95	195,90	---	192,30	192,25	192,20	192,15	192,10
nm	1528,77	1529,16	1529,55	1529,94	1530,33	---	1558,98	1559,39	1559,79	1560,20	1560,61

100GGs

f, TGs	196,10	196,00	195,90	195,80	195,70	---	192,50	192,40	192,30	192,20	192,10
nm	1528,77	1529,55	1530,33	1531,12	1531,90	---	1557,36	1558,17	1558,98	1559,79	1560,61;

Ko'p qatlamli tuzilishda turli sindirish ko'rsatkichli ikki turdagi dielektriklar o'zaro ketma-ketlikka ega. Qatlarning qalinligi α ($1/4$) λ da (tanlangan optik kanalning to'liq uzunligi) tushish burchagini α

$\{(1/4) \lambda \cos \alpha \}$ to'g'rilashni hisobga olsak, tushayotgan nur ketma-ket qatlamlar chegarasida qisman qaytadi. λ to'lqin uzunlikli nurlanish sinfaz qaytadi va yig'iladi, qolgan nurlanish kuchsiz qaytadi va yutiladi. Qatlamlarni qalinligini o'zgartirib, filtrlarning o'tkazish polosasini o'zgartirish mumkin.

Hozirgi kunda qo'shni optik kanallar orasidagi masofa 100 GGs ($\Delta\lambda=0,8$ nm) va 50 GGs ($\Delta\lambda=0,4$ nm) ni tashkil etadi.

11.7. Optik izolyator

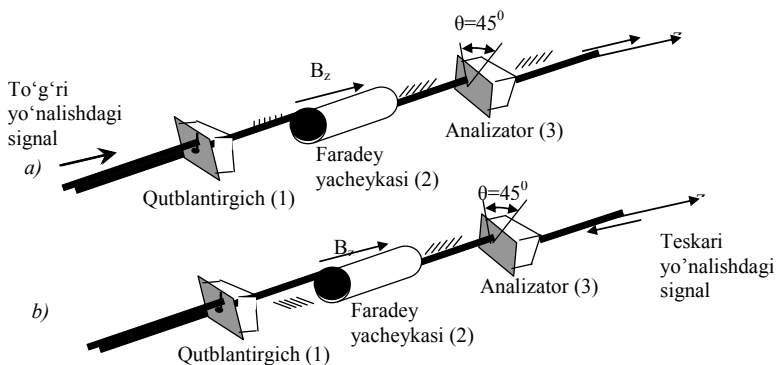
Optik signal tola bo'ylab tarqalib, turli bir turda emasliklardan, ayniqsa, optik ulangan joylardan aks etadi. Bunday aks etish natijasida energiyaning qandaydir bir qismi teskari tomonga qaytadi. Agar lazer nurlanish manbalaridan foydalanilsa, aks etgan signal lazerni rezonatoriga tushib, majburiy (indutsiyalangan) kuchayish qobiliyatiga ega bo'lib, parazit signallarni hosil qiladi. Ayniqsa, manba raqamli va keng polosali signallarni nurlantirganda bunday aks etishlar kamroq bo'lishi kerak. Ko'proq konnektor ulanishlariga va boshqa optik qurilmalarga (tarmoqlagich, spektr bo'yicha zichlashtirish qurilmalari, optik kuchaytirgichlar) ega murakkab keng polosali tarmoqlarda bunday teskari aloqa kuchayadi va nurlanish manbaini shovqin sathini oshishiga olib keladi. Teskari oqimlarni bartaraf etish optik izolyatorlarni qo'llashga asoslangan. Optik izolyatorlar deyarli yo'qotishsiz yorug'likni bir yo'nalishda uzatishni, boshqa (teskari) yo'nalishda esa katta so'nish bilan uzatishni ta'minlaydi. Hozirgi kunda optik izolyatorlar ko'pgina lazerli tizimlar va optik kuchaytirgichlarning asosiy elementi hisoblanadi, shuningdek, optik aloqa liniyasining alohida elementi sifatida ham qo'llaniladi.

Optik izolyatorning ishi Faradey effekti bo'ylama magnit maydon ta'sirida optik noaktiv moda bilan yorug'lik qutblanishi tekisligini buzilishiga asoslangan. Qutblanish tekisligini burilish burchagi $\theta=VB_z d$ ga teng, bu yerda, V —Verde doimiysi (verdet)-moddani tabiati, harorati va yorug'likni to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lgan, solishtirma magnit burilishi; B_z —magnit maydon induksiyasini bo'ylama tashkil etuvchisi; d —moddada yorug'lik yo'lini uzunligi-Faradey yacheykasi o'lchami.

Burilish yo'nalishi faqatgina modda tabiati va magnit maydon yo'nalishiga bog'liq. Qutblanish tekisligini magnit burilishi, magnit maydon ta'sirida moddaning optik xususiyatlarini asimmetriyasini yuzaga kelishi bilan shartlanadi.

Qutblanish tekisligi burilishini to'liq uzunliga bog'liqligi aylanma dispersiya deyiladi.

Optik izolyatorning ish prinsipi. Optik izolyator uch elementdan tashkil topgan: qutblantirgich (1), Faradey yacheykasi (2) va analizator (3) chiqish qutblantirgichi (11.6-rasm).



11.6-rasm. Optik izolyator sxemasi: a) – to‘g‘ri yo‘nalishdagi foydali signal erkin o‘tadi; b) – teskari yo‘nalishdagi signal qutblantirgichda yutiladi.

Faradey yacheykasini parametrlari shunday tanlanadiki, undan o‘tadigan yorug‘likni qutblanish o‘qi 45^0 ga buriladigan bo‘lishi kerak. Qutblantirgichni o‘qi ham shunday burchak ostida o‘rnatiladi.

Foydali kirish signali qutblantirgich (1) orqali o‘tib, gorizontal tashkil etuvchisini bartaraf etib, o‘zini vertikal tashkil etuvchisini o‘zgarishsiz qoldiradi.

So‘ng vertikal qutblangan yorug‘lik Faradey yacheykasi (2) orqali o‘tadi, qutblanish tekisligini 45^0 ga buradi va analizator (3) orqali qarshiliksiz o‘tadi.

yorug‘likni teskari yo‘nalishda tarqalishida (11.7-rasm) u yana analizator (3) tekisligida qutblanadi, so‘ng Faradey yacheykasi (2) orqali o‘tib, gorizontal qutblangan holga keladi. Shu tariqa, yorug‘likni qutblanish va qutblantirgich (1) o‘qlari 90^0 burchakni tashkil etadi, shuning uchun qutblantirgich (1) teskari nurlanishni o‘tkazmaydi[1].

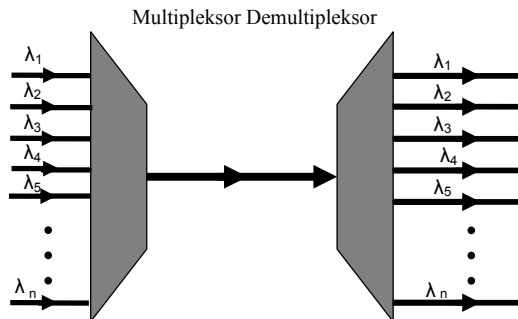
11.8. Optik multipleksor, demultipleksorlar

Optik multipleksor va demultipleksorlar spektral sezgir bo'lib, selektiv hisoblanadi, ya'ni ularni xarakteristikalarini optik to'liq uzunligiga bog'liq.

To'liq uzunligi bo'yicha zichlashtirilgan (WDM) tolali optik aloqa tizimlarida har bir uzatuvchi modul lazeri muayyan chastotali signalni generatsiyalaydi. Bu signal (kanal)larni tolali optik liniya bo'yicha uzatish uchun ularni yagona guruhni signalga birlashtirish kerak. Bu vazifani bajaradigan qurilmani optik multipleksor (MUX) deb ataladi. Optik aloqa liniyasining boshqa uchida shunga o'xshash qurilma guruhni signalni axborotdan foydalanuvchilarga etkazish maqsadida alohida signal (kanal)larga ajratib beradi va bu qurilmani optik demultipleksor deb ataladi. Kanallarni vaqt bo'yicha zichlashtirish uchun mo'ljallangan va asosiy e'tibor uzatuvchi va qabul qiluvchi optoelektron modullarni sinxronlash aniqligiga qaratilgan TDM tizimlaridan farqli ravishda spektr bo'yicha zichlashtirilgan tolali optik aloqa tizimlarida alohida signallarning parametrlari avvaldan aniq ma'lum bo'lgan spektral tashkil etuvchilari bo'yicha multiplekslanadi va demultiplekslanadi (11.8-rasm).

Interferension filtrlar asosidagi multipleksorlash texnologiyasi ancha qadimiy va keng tarqalgan texnologiya hisoblanadi. U Fabri-Pero rezonatori ish prinsipida ishlaydi.

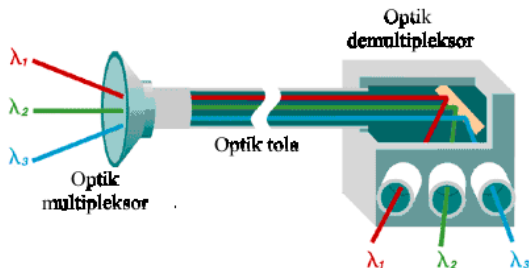
Bitta interferension filtri $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ oqimni λ_1 va $\lambda_2, \dots, \lambda_n$ oqimga ajratadi. Bunda ko'p to'liqni oqimdan faqat bitta tashuvchini ajratib olishi mumkin. n ta tashuvchini demultipleksorlash uchun esa n ta filtri o'rnatish kerak bo'ladi.



11.8-rasm. To'liq uzunligi bo'yicha zichlashtirilgan tolali optik aloqa.

tizimlarida multipleklash va demultipleklash jarayonlari.

11.9-rasmda optik multipleksor va optik demultipleksor ko'rsatilgan.



11.9-rasm. Optik multipleksor va optik demultipleksor

Optik multipleklash va demultipleklash kombinatsiyalashgan yoki o'zaro ketma-ket joylashgan tor oraliqli (polosali) filtrlardan foydalanishga asoslanadi. Optik signallarni filtrlash uchun, jumladan, yupqa pardali filtrlar, tolali yoki bregg difraksiya panjaralari, payvandlangan tolali shahoblagichlar, suyuq kristallar asosidagi filtrlar, integral optik qurilmalari (fazar deb ataladigan fazali to'liqin uzatgichli difraksiya panjaralari) dan foydalaniladi.

Multipleksorlar tolali WDM optik aloqa tizimlaridan tashqari, shuningdek, tolali optik kuchaytirgichlarda, mahalliy tarmoqlarda signallarni to'liqin uzunligi bo'yicha marshrutlash chog'ida va boshqa ayrim hollarda ham qo'llaniladi.

Multipleksorlar yig'iluvchi va ajratiluvchi optik signallar (kanallar) soniga qarab ikki guruhga bo'linadi [1]:

- to'liqin uzunligi bo'yicha kanallar orasidagi masofa 20 nm dan kam bo'lmagan bir necha (4 tagacha) spektral kanallarni birlashtiruvchi multipleksorlar;

- spektral kanallar orasidagi masofa 0,4, . . . , 1,6 nm oraliqda yotgan hamda 4 tadan ko'p — 8 ta, 16 ta, 32 ta va undan ko'p sondagi kanallarni birlashtiruvchi multipleksorlar.

Hozirgi vaqtda qo'llaniladigan spektr bo'yicha zichlashtirilgan (WDM) optik aloqa tizimlarida alohida kanallar orasidagi chastotaviy oraliq 100 Ggs (0,8 nm) ni tashkil etadigan optik multiplekslovchi va demultiplekslovchi qurilmalar eng keng qo'llaniladi. So'nggi yillarda yaratilgan multiplekslovchi qurilmalar 50 Ggs va undan kichik

chastotaviy oraliqda joylashgan kanallarni uzatishni ta'minlash imkonini beradi. Zamonaviy multipleksorlar asosan yupqa pardali filtrlar va biroq kamroq darajada to'liqin uzatgichli difraksiya panjaralari matritsalarini hamda bregg panjaralari asosida tayyorlanadi.

To'liqin uzunligi bo'yicha zichlashtirilgan optik aloqa tizimlarida kanallar joylashuvi zichligini yanada oshirish, multiplekslovchi optik quril-malarga qo'yiladigan talablarning qat'iyilashuvi jarayonida foydalaniladigan texnologiyalarning turi o'zgarishi mumkin.

11.9. Optik kommutatorlar

11.9.1. Asosiy tushunchalar

Element bazasining borgan sari kichiklashib borayotgani hisobiga elektron komponentalarning unumdorligi oshib bormoqda.

Elektron komponentalar o'lchamining kichrayib borish chegarasiga etib qoldi va elektr kommutatsiya sistemalarining yagona muqobili optik kommutatsiya sistemalari hisoblanadi.

Optik kommutator – bu ma'lum to'liqin uzunligidagi yorug'lik impulsleri shaklida taqdim etilgansignallar kommutatoridir.[1]

Optik kommutator – tolali optik telekommunikatsiya tarmoqlarining muhim elementlaridan biri bo'lib, u telekommunikatsiya tarmoqlarining optik signallarni o'ta yuqori tezliklarda uzatish qobiliyatida ishlashiga imkon beradi va signallarning yo'nalishlari (mashrutlashtirilishi) uchun o'zgaruvchan platformani ta'minlaydi.

To'liqin uzunligi bo'yicha bo'linish bilan multipleksirlash va α kommutatsiya (to'liqin uzunliklari kommutatsiyasi) bir – biri bilan juda yaqin bog'liq. Signallar kommutatsiyasi sistemasida va DWDM agregat oqimida har bir to'liqin uzunligi o'tishdagi xalaqitlarni iloji boricha kamaytirish uchun qo'shni to'liqin uzunliklardan aniq ajratilishi kerak.

Optik aloqa sistemalarining servislariga kirish imkoni bo'lishi bilan mijozlar bazasini ancha oshirish va transport trafigiga bo'lgan talabning o'sishi ko'zda tutiladi. Shu paytgacha keng polosali elektron kross – kommutatorlar tarmoqda trafikni taqdim etish talablarini qanoatlantirar edi, biroq bu sistemalarning murakkabligi va ularning kommutatsiya matritsalarining o'lchamlari aslida imkoni bor chegarasiga etib keldi.

Optik kross-kommutatorlar trafikni yuklash darajasi yuqori bo'lgan elektron raqamli kross-kommutatorlarning o'lchamlarini va

murakkabligini kamaytirishi va marshrutlashtirishni to'liq uzunliklari darajasida amalga oshirishi mumkin.

Signallar STM-1 ga qaraganda yuqoririq darajada marshrutlashtirilishi va optik darajada samarali ishlov berilishi mumkin. Optik matritsa haqiqatda, elektron matritsaga nisbatan kam quvvat iste'mol qiladi, yuqoriroq tezlikda ulaydi va katta hajmdagi trafiklarga kichikroq murakkablikda ishlov beradi.

Optik kommutator telekommunikatsiya tarmoqlarining yuqori unumdorligini, tarmoqning yaxshi ishlashini, xizmat ko'rsatish qiymatlarining nisbatan arzonligini va optik darajada signallarni marshrutlashtirish rekonfiguratsiyalanuvchi yo'llarni ta'minlaydi. Bu imkoniyatlar telekommunikatsiya sohasida raqamli kommutatsiyaning murakkab va qimmat operatsiyasining zarurligini yo'qotishga yordam beradi.

11.9.2. Optik kommutatorlarning asosiy vazifalari

Optik kommutatorlar tarmoqda bir qancha asosiy vazifalarni bajaradi:[2].

Tashish (transportirovka) – bir portdan boshqasiga tolali – optik kabelni butun o'tqazish polosasini, chastotalar polosasini yoki alohida to'liq kanallarini kommutatsiyalash.

Tiklash – tolali optik kabellarning ishdan chiqqan komponentlarini yoki uzilishlarini chetlab o'tish imkoniyati.

Tarmoqli testlash va boshqarish – sinov asboblari masalan, vaqt bo'yicha ajratish qobilyatiga ega optik reflektorlarda kommutatsiyalanuvchi elementlar uzoqdagi bo'g'inlarda tolali optik kabellarning to'plamini tekshirish uchun yoki trafikning faolligini uning o'tishini buzmaydigan usul bilan nazorat qilish uchun foydalaniladi.

11.9.3. Optik kommutatorlarning asosiy parametrlari

Kommutatorlar quyidagi parametrlar bilan tavsiflanadi: [3]. "O'chirilgan" rejimida "ulangan" rejimiga nisbatan chiqishda kommutatsiyalanuvchi signalning susayish koeffitsienti (kommutatorning turiga bog'liq holda 40-50 dB dan 10 – 15 dB gacha o'zgartirilishi mumkin);

Kommutator tomonidan kiritilayotgan yo'qotishlar – kommutator tomonidan vujudga keltiriladigan signalning susayishi;

oʻtish oʻchishi – kerakli chiqishda signal quvvatining qolgan barcha chiqishlardagi signallar quvvatiga nisbati;
polarizatsion yoʻqotishlar – kommutatsiyalanuvchi signalning polarizatsiyasi (qutblantirilishi) natijasida vujudga keltiriluvchi susayishi (kuchsizlanishi).

11.9.4. Optik kommutatorlarning asosiy turlari

Ishlab chiqarish texnologiyasiga koʻra kommutatorlarning quyidagi turlari farq qilinadi.[4]:

1. Mexanik optik kommutatorlar.

Kirish optik portlaridan optik tolalar ulangan chiqish optik portlariga yorugʻlik oqimini kommutatsiyalovchi elementning koʻchishidan foydalanadi. Bunday kommutatsiyalovchi element sifatida optik toʻlqin elitgich (volnovod) ning aylanuvchi kesmasi, prizma yoki yoʻnaltirilgan yulduzsimon tarmoqlagich boʻlishi mumkin [3].

2. Elektrooptik kommutatorlar.

Kommutatorlarning bu turi qoʻyilgan kuchlanish taʼsirida oloqa koeffitsiyentining oʻzgarishi hisobiga chiqish portlarining birida yorugʻlik oqimini fokuslash uchun yoʻnaltirilgan tarmoqlagichlardan foydalanadi.

3. Akustooptik kommutatorlar.

Akustik toʻlqinlarda yorugʻlik difraksiyasi asosida fotoelastiklik effekti yotadi muhit sindirish koʻrsatkichining elastik kuchlanishlar taʼsirida oʻzgarishi.

Bu effekt oqibatida optik shoffof muhitda tarqalayotgan akustik toʻlqin vaqt va makonda davriy boʻlgan muhit sindirish koʻrsatkichi n ning gʻalayonlanishini vujudga keltiradi.

Yorugʻlik uchun bunday muhit tovush tezligi r bilan koʻchuvchi fazoviy difraksion panjarani tashkil etadi. Yorugʻlik akustik maydon orqali oʻtib, sindirish koʻrsatkichi nobirjinsliliklarida difraksiyalanadi. Bunda tovush toʻlqini chastotasining oʻzgarishi bilan yorugʻlik toʻlqinining tushish burchagiga nisbatan ogʻish burchagi (difraksiya) oʻzgaradi. Bu holat yorugʻlik toʻlqinlari tarqalishi yoʻnalishini boshqarishga imkon beradi.

4. Termooptik kommutatorlar.

Ularning ishlashi sindirish ko'rsatkichining temperatura ta'sirida o'zgarishi hodisasiga asoslangan.

5. Yarimo'tkazgichli optik kuchaytirgichlar asosidagi optoelektron kommutatorlar.

Kommutatsiya mexanizmini boshqaruvchi sifatida siljish kuchlanishidan foydalaniladi. Siljish kuchlanishi kichik bo'lganda kirish signali kuchaytirgich tomonidan yutiladi – "uzilgan" holati yuzaga keladi. Kuchlanishortganda signalning normal kuchayishi tiklanadi – "ulangan" holati yuzaga keladi.

6. Integral aktiv to'liqin elitgich kommutatorlar.

Bunday kommutator uning uchun tanlab olingan topologik sxemasiga mos keluvchi kommutatorning yagona bo'g'iniga sistemaning ayrim elementlarini bog'lovchi, yarimo't kazgichli optik kuchaytirgichlar va optik to'liqin elitgich qurilmalardan tashkil topgan optoelektron integral sxemadan iborat.

7. Ko'p qatlamli yorug'likelituvchi suyuqkristall matritsali kommutatorlar.

Mazkur turdagi kommutatorlar suyuq kristallarning qo'yilgan boshqaruvchi kuchlanishning ta'sirida shoffof (yorug'lik o'tkazuvchi) yoki noshoffof bo'lish qobiliyatidan foydalanadi.

8. Mikroko'zgular massivi asosidagi kommutatorlar.

Mikroko'zgular massivi (matritsasi) ni boshqaruvchi mikroelektromexanik sistema (MEMS) dan iborat bo'lib, uning diametrlari millimetrdan kamdir.

Har bir mikroko'zgu mustaqil xarakatlanadi, bu ma'lum bir qayd qilingan burchakka buriluvchi va qaytgan nurni chiqish portiga kommutatsiyalovchi aylanuvchi yassi ko'zgudir [5]. 2D sistemalarda matritsa bitta (kvadrat, $n \times n$), ko'zgular matritsa tekisligida yotadi. 3D MEMS kommutatorlari 2D ga nisbatan ancha o'zgaruvchan va

mashtablanuvchan bo‘ladi va ko‘p miqdordagi kommutatsiyalanuvchi nurlarni ta‘minlaydi, biroq ular ancha murakkab.

Optoelektron kros – konnektorlarga nisbatan MEMS 3D optik kommutatorlar 30 marta kam hajmi egallaydi va taxminan 100 marta kam energiya iste‘mol qiladi. Biroq qurilmalarning bu turi kamchiliklarga ham ega, birinchi navbatda – tez ishlashi past va vibratsiyalarga sezgir[6].

9. Golografik kommutatorlar.

2000 yillarda paydo bo‘ldi. Ularni ishlab chiqaruvchi yagona kompaniya – Trellis Photovics. Biroq faqat ulargina 3D EMS turidagi ancha mukammal kommutatorlar bilan raqobatlashishlari mumkin. Golografiya – manbaning to‘lqin maydonini qayd etish hodisasidir (odatda 3 o‘lchovli optik muhitlarda). Bunday kommutatorni yaratish uchun ma‘lum sharoitlarda (kuchlanish berilganda) u orqali o‘tayotgan ma‘lum to‘lqin uzunligidagi yorug‘lik signalini ma‘lum chiqishga o‘tqazishga (yoki o‘tkazmaslikka) imkon beradigan, ularda manbalarning to‘lqinlari bilan yozilgan (golografik 3 o‘lchovli Bregg difraksion panjaralari bilan) golografik kristallar matritsasiidan foydalaniladi [3].

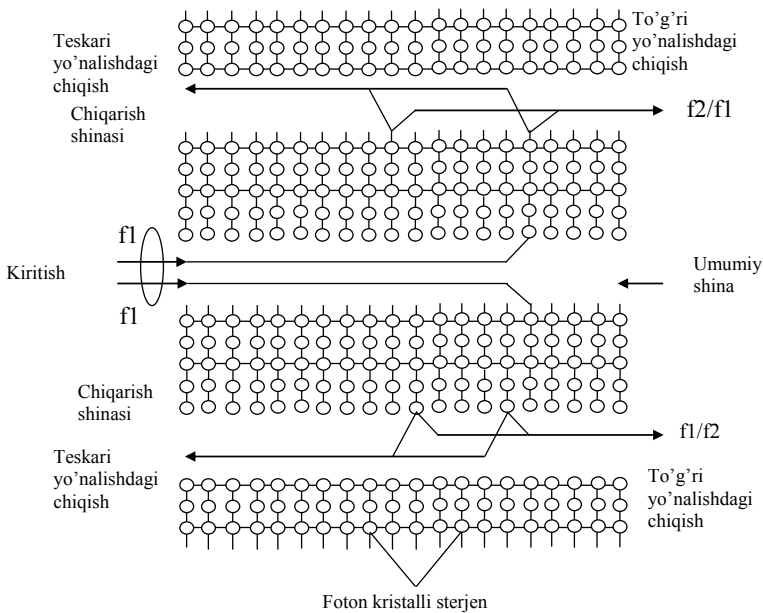
10. Foton kristalli kommutatorlar.

Foton kristallar – ma‘lum bir chastotali diapazondagi yorug‘likning tarqalishiga to‘sqinlik qiladigan taqiqlovchi zonaga ega bo‘lgan davriy dielektrik tuzilmalar. Bunday kristallda nuqtali va chiziqli nuqsonlarni yaratib (tabiiy rezonans bo‘shliqlar) optik elituvchining taqiqlangan zona orqali (tonnel effektidan foydalanib) “tonnel” o‘tkazishini va eltuvchining bir ichki kanaldan boshqasiga kommutatsiyalanishini amalga oshirish mumkin [3].

“Foton kristallar” tabiatda mavjud bo‘lmagan metamateriallarga kiradi, lekin ular laboratoriya sharoitida yaratilishi mumkin [7].

11.10-rasmda foton kristallar asosidagi optik kommutatorning bazabloki gipotetik sxemasi keltirilgan.

Sxema uchta optik to‘lqin eltgichlar shinalardan iborat: markazdagi umumiy shina va ikki tomondagi chiqarish shinalari, ular o‘zaro optik rezonatlar sistemasi bilan bog‘langan (har bir tomonda 2 yoki 4 tadan rezonans bo‘shliq).



11.10– rasm. Foton kristallar asosidagi 2×2 baza elementining gipotetik sxemasi

Umumiy shinada to'g'ri yo'nalishida tarqaladigan optik to'liq rezonans tekislikda ma'lum tebranishlar modasini qo'zg'otadi, ular o'zaro ta'sir natijasida to'g'ri va teskari yo'nalishida tarqalib rezonans tekislikda chiqarish shinasiga o'tadi.(to'g'ri yo'nalishda chiqish va teskari yo'nalishda chiqish tushunchasini shakllantirib) [3].

Optik kommutatorlarning mavjud imkoniyatlarining tahlili 11.1 – jadvalda taqdim etilgan, unda kommutatorlarning barcha turlari uchun reyting raqami qo'yilgan va bu reytinglar yig'indisiga ko'ra har bir kommutator turining reytingi aniqlangan [7].

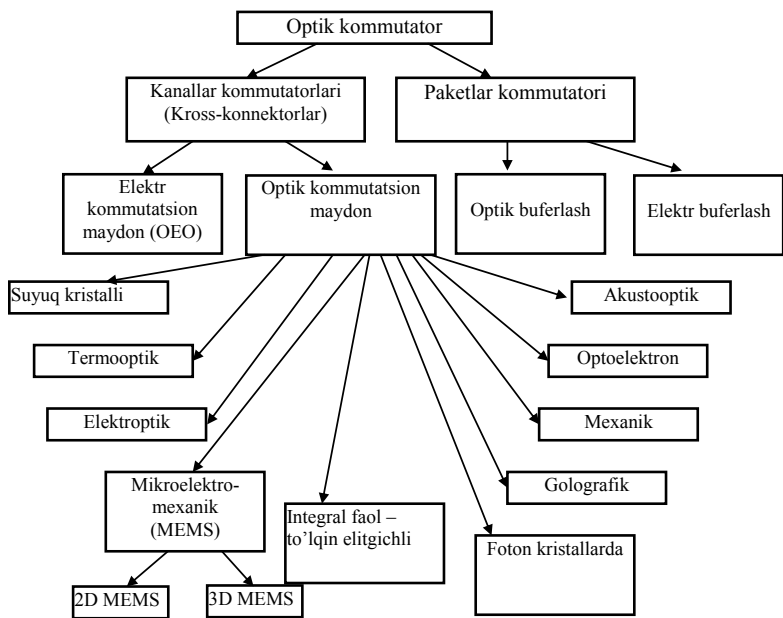
Reyting jadvalidan ko'rinadiki, mudtiservisli raqamli aloqa tarmoqlari uchun eng afzali foton kristallaridagi kommutatorlar hisoblanadi [6].

Optik kommutatorlarning mavjud imkoniyatlarini taqqoslash.

Parametrlar Turli texnologiyadagi OK	Axborot oqimlarini qayta ulash vaqti Reyting	Yo'qotishlar, dB Reyting	Yashovchanlik, sifatli baho Reyting	Axborot xavfsizligi Reyting	Σr	Reyting
Mikroelektromexanik (MEMS)	<15 ms 7	2 dB 3	Past 4	O'rtacha 3	17	6
Optomexanik	0,1-1s 8	2 dB 3	Past 4	Past 4	19	7
Elektrooptik	10 ms 6	3-5 dB 5	O'rtacha 3	O'rtacha 3	17	6
Termooptik	10 ms 6	4 dB 4	O'rtacha 3	O'rtacha 3	16	5
Suyuq kristallik	<300 ms 4	2 dB 3	Yuqori 2	Yuqori 2	11	4
Golografik (Breeq panja-rasidagi kommutator-lar)	<100 ms 3	2 dB 3	Yuqori 2	O'ta yuqori 1	9	3
Akustooptik	500ns-10 mks 2	1,5 dB 2	O'ta yuqori 2	O'ta yuqori 2	7	2
Foton kristallaridagi kommutator-lar	1ns-100fs 1	<1 dB 1	O'ta yuqori 1	Yuqori 1	4	1

Mavjud optik kommutatorlarning umumiy tasnifi 11.11. – rasmda ko'rsatilgan.

Foton kommutatorlarni ishlab chiqish telekommunikatsiya sohasida faoliyat yuritayotgan yetakchi kompaniyalari, jumladan Agilent Technologies, Nortel Network, Lument Technologies va Corning kabi kompaniyalar tomonidan olib borilmoqda. Bu qurilmalarni ishlab chiqish eng ustuvor (birinchi navbatda amalga oshirilishi zarur bo'lgan) masala hisoblanadi [8].



11.11 – rasm. Optik kommutatorlar tasnifi

Nazorat savollari

1. assiv optik qurilmalar qanday parametrlar bilan xarakterlanadi?
2. Nurlanishni kiritish qurilmasi qanday tuzilgan?
3. Qismlarga ajraladigan va ajralmaydigan optik ulagichlar qachon qoʻllaniladi?
4. SHtekerli optik ulagich qanday tuzilgan?
5. Optik tolalarni ajralmaydigan ulashning qanday usulini bilasiz?
6. Optik tarmoqlagichlarning turlari va ularning vazifalarini tushuntiring.
7. Optik attenyuatorlar qanday maqsadlarda qoʻllaniladi?
8. Optik izolyatorlarning vazifasi va ularning ishlash prinsipini tushuntiring.
9. Optik filtrlarni vazifasi nimadan iborat?
10. Optik filtrlarning ishlash prinsipini tushuntiring.
11. Multipleksor/demultipleksorlarga tavsif bering? Ulardan qanday maqsadlarda foydalaniladi?
12. Multipleksor/demultipleksorlar qaysi turdagi filtrlar asosida tayyorlanadi?
13. Multipleksor/demultipleksorlarning qanday turlari mavjud?
14. Optik kommutatorqanday passiv element?
15. Optik kommutatorlarning asosiy vazifalarini aytib bering.
16. Optik kommutatorlarning qanday asosiy parametrlarini bilasiz?
17. Optik kommutatorlarning qanday turlarini bilasiz?
18. Optik kommutatorlarning afzalliklari va kamchiliklarini aytib bering?

12-BOB. TOLALI OPTIK ALOQA TIZIMLARI

12.1. Halqaro, shaharlararo va mahalliy tarmoqlarda qo'llaniladigan raqamli uzatish tizimlari

Telekommunikatsiya tarmoqlarida foydalaniladigan raqamli uzatish tizimlari ma'lum ierarxiya asosida tashkil qilinadi, u quyidagi asosiy talablarni qanoatlantirishi kerak:

analog, diskret va raqamli signallarning barcha turlarini RUTning kanallari va taktlari orqali uzatilishini;

signallarga ierarxiyaning turli bosqichlarida ishlov berish va ularni uzatish tezligining tegishli karraliligini;

uzatilayotgan raqamli oqimlarni eng oddiy holda birlashtirish, bo'laklarga bo'lish, ajratib olish va tranzitlashning mumkinligini;

RUT ning parametrlarini mavjud bo'lgan va kelajakda bo'ladigan yo'naltiruvchi tizimlarning tavsiflarini hisobga olgan holda tanlanishini;

RUT ning analog uzatish tizimlari va turli kommutatsiya tizimlari bilan o'zaro ta'sirlashishi mumkinligini.

Bir turdagi ma'lumotlarning signallari uzatilayotganda RUT ning o'tkazish qobiliyatidan eng yaxshi holda foydalanish kerakligini. RUT ierarxiyasining shakllanishi komponentlar deb ataluvchi past tartibli raqamli oqimlarni yagona raqamli oqimga birlashishi asosida amalga oshadi, buni guruhli yoki agregat raqamli oqim deyiladi.

Hozirgi paytda RUT ierarxiyasining ikki turi qabul qilingan:

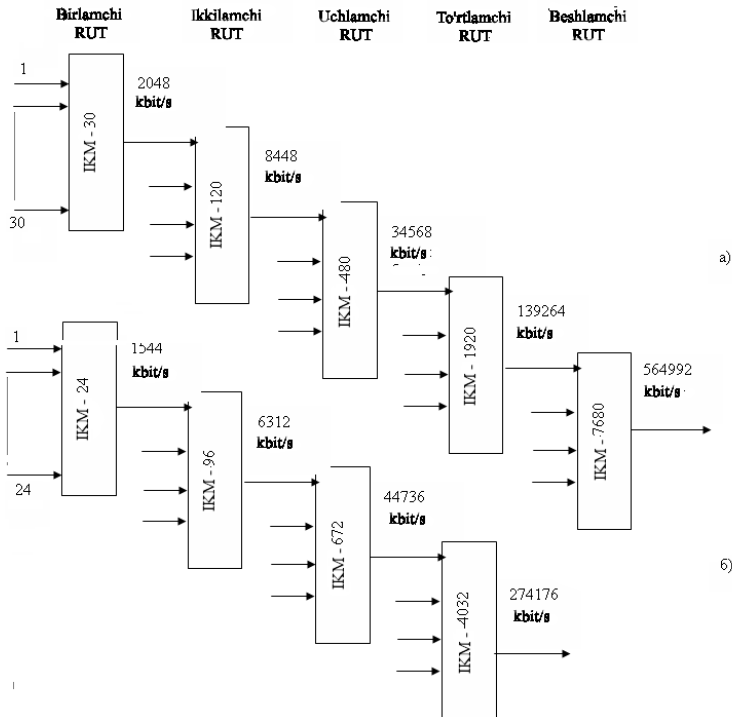
-plezioxron raqamli ierarxiya (PRI) yoki Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH);

-sinxron raqamli ierarxiya (SRI) yoki Synchronous Digital Hierarchy (SDH).

RUT ni tashkil qilishning ierarxiya prinsipi kanal hosil qiluvchi uskunani bir xillashtirishga, tegishli uskunani ishlab chiqarish, tadbiq 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.

12.1.1. Pleziokron raqamli ierarxiya (PDH)

RUTlarining ierarxiya usulida tuzilishi, kanal hosil qiluvchi qurilmalarni takomillashtirish, tayyorlash jarayonini yengillashtirish, texnikasidan foydalanuvchi qurilmalarni yaratish imkonini beradi. Hozirgi paytda RUTlarning uch ierarxiya turi keng tarqalgan: Evropa va SHimoliy Amerika va YAponiya. Evropa ierarxiyasi 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 RUTlarning guruhli signallarini shakllantirishda, raqamli oqimlarni vaqtlil birlashtirish usuli qo'llaniladi.



12.1-rasm RUT ierarxiyasining turlari

Bunday oqimlar past sathli RUTlarning qurilmalarida shakllanadi.

12.1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, ierarxiyaning barcha pog‘onalari uchun birlashtirish koeffitsiyenti 4 ga teng. Xuddi shunga o‘xshagan holda shimoliy Amerika va Yaponiya ierarxiyalari ham tuziladi, faqat unda birlamchi RUT sifatida IKM-24 qo‘llaniladi va ierarxiyaning turli pog‘onasi uchun birlashtirish koeffitsiyenti har xil. Yuqoridagi uch ierarxiya, pleziaxon raqamli ierarxiya nomini olgan. Bunday ierarxiyada raqamli oqimlarni birlashtirish asinxron usulda amalga oshadi, ya’ni raqamli oqimlarni tezligi bir-birisidan ozgina bo‘lsada, farq qiladi.

Bunday holatda oqimlarni birlashtirish uchun tezliklarni sozlash amalga oshiriladi. Oxirgi yillarda sinxron raqamli ierarxiyaga tegishli yuqori ko‘rsatkichiga ega bo‘lgan tizimlar keng tarqalmoqda. Bu pleziaxon raqamli ierarxiyaning 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.

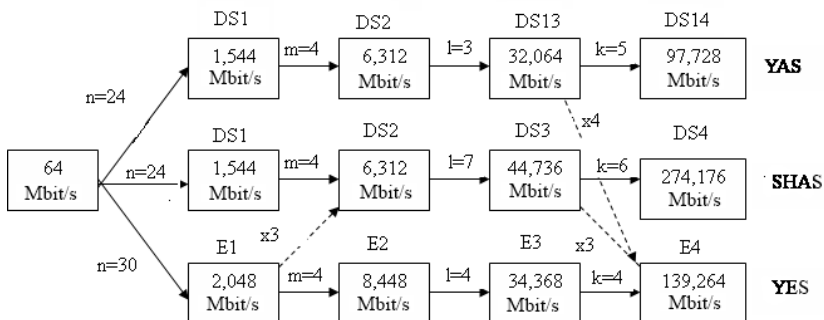
Pleziaxon raqamli ierarxiya 80-yillarning boshida tarkib topgan tezliklarning uch standartini o‘z ichiga oladi. Shimoliy Amerika standarti deb ataluvchi birinchi standartda (AQSH va Kanadada qabul qilingan) BRO birlamchi raqamli oqim (yoki DS1-Digital Signal of Level 1) tezligi 24 DSO (ARK) ning tezligiga 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. Evropa va Janubiy Amerikada qabul qilingan uchinchi standartda BRO 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.

PRI ning birinchi standarti 1544 (yoki DS1)-6 312(yoki DS2)-44 736 (yoki DS3) -274 176 (yoki DS4) kbit/c (yaxlitlagan holda: 1,5-6-45-274 Mbit/s) tezliklarning ierarxik ketma-ketligini o‘z ichiga oladi. Bunday ketma-ketlik quyidagi multipleksirlash koeffitsiyentlari 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 (yokiDS2)-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 multipleksirlash koeffitsiyentlari tegishli ravishda $n=24$, $m=4$, $l=5$, $k=3$ ga teng. Bu ierarxiya 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 2 048kbit/s tezlikka ega bo'lib, u 2 048 (yoki E1: birlamchi raqamli kanal-oqim)-8448 (yoki E2: ikkilamchi raqamli kanal-oqim)-34368 (yoki E3: uchlamchi raqamli kanal-oqim)-139264 (yoki E4: to'rtlamchi raqamli kanal-oqim)-564992 (yoki E5: beshlamchi raqamli kanal-oqim) kbit/s ketma-ketligini yoki 2-8-34-140-565 Mbit/s taqribiy ketma-ketligini hosil qiladi, bu $n=30$, $m=l=k=4$ ga teng multipleksirlash koeffitsiyentlariga to'g'ri keladi. Ushbu standart tegishli ravishda 30, 120, 480, 1920 va 7680 ARKni uzatishga imkon beradi, ular odatda IKM-30, IKM-120, IKM-480va IKM-1920raqamli uzatish tizimlari nomi bilan ataladilar. Turli standartdagi PRI raqamli oqimlarni multipleksirlash sxemasi 12.2-rasmda ifodalangan.



12.2-rasm. PRIning Shimoliy Amerika (SHAC), Yaponiya (YAS) va Evropa (ES) standartlaridagi multipleksirlash (-) va kross-multipleksirlash (---) sxemasi

PRI ning uchta turli standartlarining parallel ravishda rivojlanishi jahon bo'ylab ulkan telekommunikatsiya tarmoqlarining rivojlanishini to'xtatib turganligi uchun, telekommunikatsiyalar bo'yicha Halqaro elektr aloqa ittifoqi XTI tomonidan ularni bir xillash tirishga 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 (E1-E2-E3-E4) ning to'rtta sathlari standartlangan va standartlarning kross-multipleksirlash, masalan, uchinchi standartdan birinchi standartga (birinchidan ikkinchi sathga) va aksincha (uchinchidan to'rtinchi sathga) kross-multipleksirlash sxemasi 12.1-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 E4 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-multipleksirlashni osonlashtiradi.

12.1.2. Sinxron raqamli ierarxiyaning (SDH) tolali optik aloqa tizimlari

12.1.2.1. Sinxron raqamli ierarxiyaning (SDH) tolali optik aloqa tizimlari. SDH ning afzalliklari

SONET/SDH sinxron raqamli texnologiyalar paydo bo'lgunga qadar yaratilgan va qayta ishlangan raqamli texnologiyalar asinxron edi chunki ularda markaziy tayanch manbadan tashqi sinxronizatsiyalanish qo'llanilmas edi. Ularda bitlarning yo'qolishi nafaqat axborotlarning yo'qolishiga, balki sinxronizatsiyaning 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 freymlarni 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 etishi 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 (pleziaxron) (bu DS3 uchun 0,045 bit/s atrofida tezlikni og'ish imkonini beradi). Bunday holatda freym va multifreymlarni tenglashtirish zarurati unchalik qattiq emas, tenglashtirish diapazoni esa yetarli darajada tor. Shuningdek, aniq fragmentni ajratish bilan bog'liq holat (masalan, DS yoki E1), agar uning freymi tuzilishida Shu fragmentning boshlanishida ko'rsatkich kiritilsa soddalashadi. Ko'rsatkichlarni qo'llash, tashuvchi konteynerning ichki tuzilishini mustahkamlashi imkonini beradi. Ko'rsatkichlar (freym yoki

multifreymlar)ning sarlovlari)ning buferda saqlanishi va xatoliklari korreksiyalangan kodlar bilan qo'shimcha himoyalanganligi, tarmoq bo'ylab uzatiladigan foydali yuklama (freym, multifreymlar yoki konteyner)larni 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 (kritishi) mumkin (masalan, STM-1 (155 Mbit/s) freymidan E1 (2 Mbit/s signalni). Natijada bitta kirish/chiqishli multipleksor bir necha PDH multipleksorlarining o'rnini bosa oladi, bu nafaqat qurilmalarning iqtisodiy (uning namenklaturadagi narxi bo'yicha) tejamkorligi, balki ularni talab qilingan joyda o'rnatish, ta'minot va xizmati bilan ham bog'liqdir;

- **tarmoqning ishonchligi va o'zini qayta tiklashi.** Birinchidan, tarmoqda optik tolali kabellar qo'llaniladi, amalda axborotlarni uzatishda elektromagnit ta'sirlar mavjud emas; ikkinchidan, tarmoq arxitekturasida 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 eganda bir zumda zaxiraga ulanish, lat egan tarmoq tugunini aylanib o'tish. Bu tarmoqni 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 menedjmenti bilan bog'liq bo'lgan kompyuterli ierarxik 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) kanalga ulanish orqali otschyotli daqiqalarda amalga oshadi;

- har qanday trafikni uzatishda shaffoflik, boshqa texnologiyalarda shakllangan, zamonaviy Frame Relay, ISDN i ATM texnologiyalarini birliktirgan 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 magistralarni yaratishda qo'llanish 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 tezlikga mo'ljallangan) yangi bloklar guruhini qo'yish, ierarxiyaning keyingi ancha yuqori tezliklariga o'tish imkonini beradi.

Boshqa zamonaviy texnologiyalarni o'ziga birliktirgan 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 sarlovxa maydonini ishlash orqali sinxron transport moduli (STM-1)ning o'lchovi aniklanadi: $9 \times 261 + 9 \times 9 = 9 \times 270 = 2430$ bayt yoki $2430 \times 8 = 19440$ bit, 800 Gs takrorlanish chastotasida SDH ierarxiyasidagi tezlikni aniqlash imkonini beradi: $19440 \times 8000 = 155,52$ Mbit/s

Sinxron raqamli ierarxiya (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, Evropa va Amerika PDH ierarxiasining 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 terminalogiyasida komponent signallar), uzatish tezligi SDH tezligiga mos keluvchi standart qator signallariga - **SDH triblari** deyiladi.

2-xususiyati, SDH triblari o'lchami PDH ierarxiasining 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 mumkin. 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'lmashligi mumkin yoki yuklama ostida o'lchami kichik bo'lgan bir nechtasini ajratish mumkin. Buning uchun SDH texnologiyasida konteynerlarni tortishish imkoniyati qarab chiqilgan. 2osil bo'lgan konteynerlar asosiyidan, mos keluvchi indeksi bilan farqlanadi (yuklamaning aralashishi nuqtai 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 nosandart zarur yuklamani joylashtirish uchun qo'llanadigan bitta uzluksiz konteyner sifatida qaraladi.

5-xususiyati, bunda $9 \cdot 9 = 81$ bayt o'Ichamli alohida sarlavxa maydonining shakllanishi (lokal tarmoqlarda paketlarni qayta ishlash me'yori). U zarur bo'lgan boshqarishni va nazorat axborotini joylashtirish va zarur bo'lgan ichki ma'lumotlarni uzatish kanallarini tashkil qilish uchun 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 sarlovxani uzatish 5184 Mbit/s ekvivalent xizmat axborotlari oqimini hosil qilishga mos keladi.

SDH ni hosil qilishdan maqsad

SDH tizimlarini hosil qilishdan maqsad:

1. Kirish oqimlarini yig'masdan va ajratmasdan kiritish va chiqarish (masalan, E1 oqimlarni kiritamiz, bunday oqimlar 63 ta, shundan bittasini osongina ajratib olish mumkin. Bundan tashqari oqimlar turli sinxronizatsiyalash chastotasiga ega);

2. Har qanday murakkab topologiyali boshqaruv tarmoqlarini marshrutlarini amalga oshirish uchun freymning yangi tuzilishini qayta ishlash zarur (masalan, paketli aloqada aniq manzili va marshruti aniqlangan bo'lishi lozim);

3. Bir qator uzatish tezliklarini tizimlashtirish va PDH chegarasida davom ettirish (PDHda har birining standart tezligi 64 kbit/s ga teng bo'lgan, 3 ta: Amerika, YAponiya, Evropa ierarxiyasi 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: $STM-4 = STM-1 * 4$

3- sathida: $STM-16 = STM-4 * 4$

4- sathida: $STM-64 = STM-16 * 4$

SDH tizimlarini vujudga keltirish orqali barcha berilgan triblarni (komponent signallarni), har qanday SDH tizimlariga o'tishda Amerika, YAponiya, Evropa standartlariga birlashtirishni (E1 EN) qarab chiqadi.

4. Virtual konteynerlar asosida “bir-birini ichiga joylashtirish” texnologiyasini qo‘llash.

5. SDH tizimlarini qayta ishlashdan oldin optik muhitda uzatishni qo‘llash belgilangan va SDH uchun birlamchi standart tezlik 155 Mbit/s ga teng (barcha zarur narsalar konteynerda joylashadi).

12.1.2.2 Sinxron raqamli ierarxiya tizimlari

Sinxron raqamli ierarxiya (SRI) (**SDH**)da liniyalisignallari besh bosqichga ega sinxron raqamli multipleksorlarda (**STM**) – (**Synchronous Dijital Multiplexer**) shakllanadi.

Ma’lumotni raqamli trakt orqali yuboruvchi bunday bloklar **sinxron transport modullari STM (Synchronous Transport Module)** deyiladi. Multipleksorlar yordamida shakllanadigan transport modullari besh bosqichga bo‘linadi:

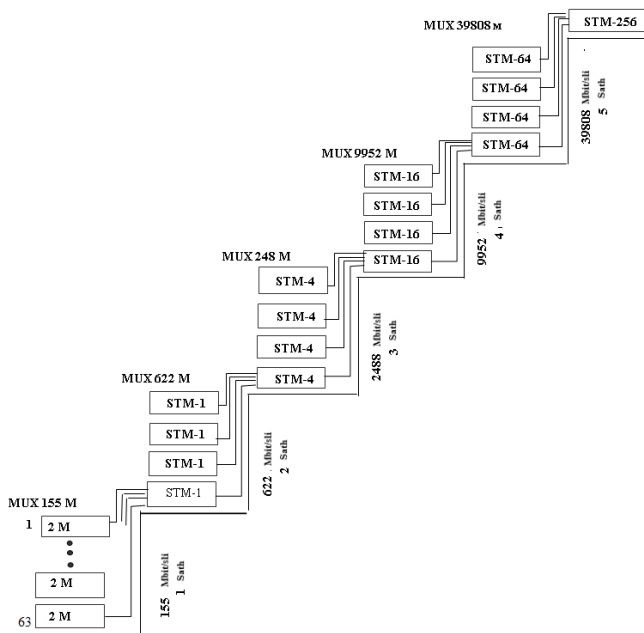
Birinchi bosqich – **STM-1** (sinxron raqamli optik liniya traktida uzatish tezligi 155 Mbit/s). bunday tezlik 2 Mbit/s tezlikdagi 63 ta raqamli signallar oqimini uzatishni ta’minlaydi. Tovush chastotali kanallarning soni esa $63 \times 30 = 1890$ ta tovush chastotali kanallarga teng bo‘ladi. (Ikki megabitli oqimni ikkita xizmat kanallari asosan 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 ta’minlaydi. 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 modullarini birlashmasidir. Tovush chastotali kanallar soni quyidagicha aniqlanadi: $1890 \times 16 = 30240$ tovush chastotali kanal.

To‘rtinchi 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. 12.3-rasmda sinxron raqamli signallar oqimining tarkibiy tuzilishi ko‘rsatilgan.



12.3-rasm. Raqamli oqimlarning tarkibiy tuzilishi

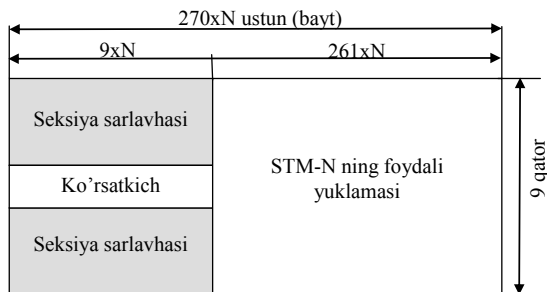
12.1.2.3. SDHda signallarni umumiy multipleksorlash sxemasi. Sinxron raqamli ierarxiya oqimlarining shakllanishi

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 sikli (freymi)ning tuzilishi quyidagicha 12.4-rasmda ko'rsatilgan.

Ko'rish qulay bo'lishi uchun freym ikki o'lchamli $270 \times N$ bir baytli ustunlar va 9 qatorli formatlar ko'nishida tasvirlangan. Tuzilishning uzunligi $2430 \times N$ ($9 \times 270 = 2430$) bayt, takrorlanish chastotasi 800 Gs bo'lgan kadrlar yoki bir o'lchamli raqamli ketma-ketliklar qo'rinishidan iborat.



12.4-rasm. STM-N sikli (freymi)ning tuzilishi

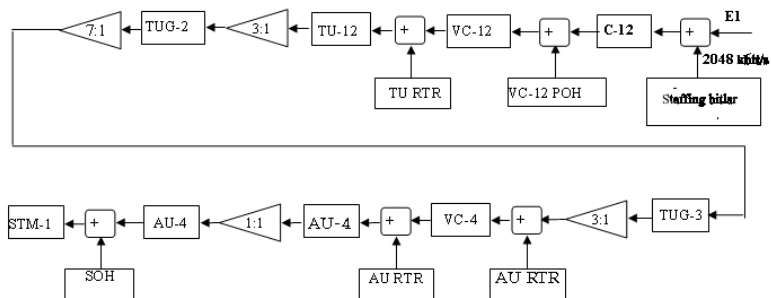
Freym uchta maydonlar guruhidan tashkil topgan: $3 \times 9 \times N$ va $5 \times 9 \times N$ baytli formatning SOH seksiya sarlovxasi maydoni; $1 \times 9 \times N$ baytli formatning AU-4 ko'rsatkichi maydoni va $9 \times 261 \times N$ baytli ($N=1, 4, 16, 64, 256$) formatining foydali yuklama maydoni. Seksiya sarlovxasi va ko'rsatkichning tuzilishini quyida ko'rib chiqamiz.

E1 triblaridan STM-1 ga o'tish

Ovozli signallarni uzatishda keyinchalik STM-N ga o'tishni nazarda tutgan holda E1-E4 oqimlariga bog'liq holda o'zgartirish maqsadga muvofiqdir. Bunday yondashishni nazorat qilish, marshrutlashtirish, ajratish, STM-N oqimidan har bir E1 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 E1 yuklama oqimidan STM-1 sathiga o'tishni qarab chiqamiz (12.5-rasm).

Rasmdan ko'rinib turibdiki, yuklamadan sinxron transport modulini shakllantirishda, sarlovha 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 S-12 konteyneriga, VC-12 POH (Path Over Head) marshrut sarlovhasi 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 sarlavhalarini qo‘shilishi natijasida, ma‘muriy (AU) bloklar hosil bo‘ladi va ularga SOH seksiya (Sectoon Over Head) sarlavhasi qo‘shiladi. SOH regeneratsiyalash seksiyasi (RSOH) sarlavhasi va multipleksorlash seksiyasi (MSOH) sarlavhasidan tashkil topgan.



12.5-rasm. E1 yuklama oqimidan STM-1 sinxron transport modulining shakllanishi

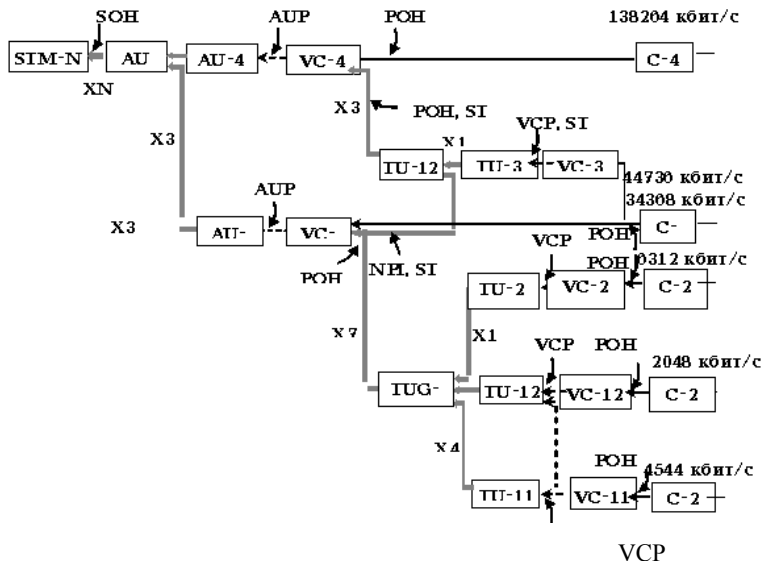
Ko‘rinib turibdiki, raqamli oqimlarni yuklatish, tenglashtirish jarayonlari (bitli stafing)ni qo‘llash, ko‘rsatkichlarning faolligi shuningdek, POH va SOH sarlavhalarini qo‘llash bilan bog‘liqdir.

SDH tizimlarida konteynerlar RDH oqimlarini yuklash uchun lozim bo‘lgan hajmdan bir necha marta kattadir. Raqamli oqimlarni yuklash (bitli staffing usuli)da uning tezliklarini tenglashtirish protsedurasi amalga oshadi. Buning uchun konteynerning bir qismi qo‘llaniladi.

SDHda signallarni umumiy multipleksorlash sxemasi. STM-Nning shakllanishi

STM-N sathini shakllantirishda, SDHning eng asosiy qonunlarini bajarish ya‘ni sinxron raqamli tarmoqning har qanday punktida RDH, SDH triblarining, 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 12.6-rasmda turli RDH triblaridan tashkil topgan STM-Nning umumiy shakllanish sxemasi ko'rsatilgan.



12.6-rasm. Trib signallaridan N-sathdagi sinxron transport modulining shakllanishi

Bu yerda: xn-vaqtli guruhlashtirish; sozlash;
 ← joylashtirish; ST- qo'shimcha simvol.

Boshlang'ich axborotli yuklamalar, ma'lum bir o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ega bo'lgan, sinxron raqamli ierarxiya (SRI)ning biror sathidagi signallarni uzatish uchun yetarli bo'lgan bloklar ko'rinishida konteynerlarda (S-containers) joylashadi.

Konteyner, joylashtirish operatsiyasi (SDH mapping) orqali, davomiyligi 125 mks yoki 500 mks bo'lgan 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 va foydalanishni ta'minlovchi trakt sarlavxasi (POH-Pat Over Head) ham shakllanadi. Shartli ravishda joylashish operatsiyasi shundan iboratki, S konteynerdagi axborot, VCning 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 pozitsiyalarini birlashtirilishi mustahkam bo'lmaganligi tufayli suzuvchi rejimda ishlashga majburlaydi. Sinxron joylashtirish belgilangan rejimdagi kabi, suzuvchi rejimda ham amalga oshishi mumkin. Shuniyam aytib o'tish joizki, sinxron va asinxron oqimlarni qayta ishlash uchun bitta qabul qilgichdan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

SHunday qilib, VC virtual konteyner SRI traktlarining qatlamlarida qo'llaniladigan, yuklama va trakt sarlavxalarini 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) bloklarga, past tartibli esa (VC-11 VC-12 va VC-2)ta komponent bloklariga (TU-TrititaryUnit) 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 xollarda VC-3 ham xuddi yuqoridagi 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 VCyuklamasining ma'lum bir belgilangan pozitsiyalarini egallagan bir yoki bir necha TULAR, **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 iborat, ikkinchisi, TU-2 yoki bitta TUG-3 subbloklarning guruhi majmuasidan iborat. Guruhli subbloklar vaqtli guruhlashtirish protsedurasi natijasida hosil bo‘ladi. Ma‘muriy bloklar guruhi (AUG-AdministrativeUnitGroup-AUG) ga esa AU bloklari birlashtiriladi.

AUG-bloklari vaqtli guruhlashtirish protsedurasi orqali davomiyligi 125 mks bo‘lgan blokli tuzilish (Sinchronous Transport Modul-STM) ga aylanadi. STM-1ning asosiy moduli (birinchi sath moduli) 15520 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 beriladiva siklli sinxronizatsiya, xatoliklar nazorati funksiyasini bajaradi, shuningdek, ma‘lumotlarni uzatishni, xizmat aloqasini 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) dan va ma‘muriy blok ko‘rsatkichlari (AUR) dan iborat bo‘lgan axborotli tuzilishga ega. Shunga mos holda AU-3 va AU-4 larni 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) dan 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 mumkin.

Nazorat savollari

1. SDHning afzalligi nimada?
2. SDHning qanday xususiyatlarini bilasiz?
3. SDHni hosil qilishdan maqsad nima?
4. Sinxron raqamli ierarxiyaning qanday uzatish tizimlarini bilasiz, ularning bir-biridan faqi nimada?
5. SDH da raqamli liniya signallari qanday shakllanadi?
6. E1 triblaridan STM-1 ga o'tish jarayonini tushuntiring
7. STM-1 sikli qanday tuzilgan?
8. STM-1 sarlovxasi qanday tuzilgan, unda qanday axborotlarni uzatish mumkin?
9. STM-Nning shakllanishini tushuntiring.

13-BOB. TO‘LQINLI ZICHLASHTIRISHLI TOLALI OPTIK ALOQA TIZIMLARI

13.1 To‘lqin uzunligi bo‘yicha zichlashtirish texnologiyasining asosiy prinsiplari

Tolali optik tarmoqlar, SDH/SONET ierarxiyasini qo‘llagan holda uzatish tezliklarini oshirish bo‘yicha rivojlandi. Natijada kam kanalli uzatish tezliklaridan, tezligi 155 Mbit/s bo‘lgan sinxron raqamli ierarxiyaning 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 multimediyalardan foydalanish imkonini beradi. Bu esa tarmoqqa ulanuvchi operatorlarni 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 qobiliyatining tez to‘lishi yana muammolarni yuzaga keltirdi.

Bunday muammolarni xal qilish uchun esa 3 variantdan foydalanishga to‘g‘ri keladi:

- yangi optik kabellarni yotqizish;
- yuqori ishlab chiqaruvchanli vaqtli multipleksorlashga ega bo‘lgan apparaturalardan foydalanish;
- WDM texnologiyalaridan foydalanish.

Birinci variantda tarmoqdagi mavjud bo‘lgan optik kabellarni o‘rniga yangisini yotkizish iqtisodiy sarf xarajatlarni oshiradi.

Yotqizilgan kabellar bo‘yicha tolaning optik o‘tkazuvchanlik qobiliyatini 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‘lqinli kanallarning sonini oshirish hisobiga.

Birinci variantni qo‘llash, sinxron raqamli ierarxiya (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 apparaturalarni zudlik bilan

qimmatlashishiga olib keladi. Hozirgi vaqtda amalda axborotlarni uzatish tezligi 10 Gbit/s tezlikga ega bo'lgan TDM kanallari qo'llanilmoqda. 40 Gbit/s tezlikli TDM kanallarini qo'llashni ta'minlovchi apparaturalar yaratildi. 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 impulslarini kengayishiga olib keluvchi dispersiyaning mavjudligi axborotni uzatish tezligini chegaralanishiga olib keladi. Bir modali optik tolalarda to'liq holdagi dispersiya, xromatik va qutblangan-moda dispersiya (QMD) lardan iborat. Xromatik dispersiya qiymatini, teskari ishorali dispersiyaga ega bo'lgan bir bo'lak tolani liniyaga ulash yo'li bilan kamaytirish mumkin. QMD qiymati, texnologiyalarning takomillashmaganligi tufayli yuzaga keluvchi, tasodifiy xarakterga ega bo'lgan, dumaloq shakldagi yorug'likni o'tkazuvchi tolani 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 qurilmalarining sezuvchanligi va yorug'lik signallarining eltuvchisini axborotli signallar bilan modulyatsiyalanish chuqurligi pasayadi, natijada signalning shovqinga bo'lgan nisbati ham kamayadi. Bunday ta'sirlarni kompensatsiyalash uchun qo'shimcha ravishda optik signal kuchaytirgichlari va regeneratlari o'rnatiladi. Bularning barchasi optik apparaturalarning murakkablashishiga va uning narxini oshishiga olib keladi.

Tolali optik aloqa liniyalari bo'yicha axborotlarni uzatish tezligini, axborot hajmini oshishi yangi optik tolali texnologiyalarni, ayniqsa kanallarni to'lqin uzunligi bo'yicha multipleksorlovchi (zichlovchi) WDM va DWDM deb ataluvchi texnologiyalarni yaratilishiga olib keldi.

WDM (wavelength division multiplexing) to'lqin uzunligi bo'yicha ajratishga ega bo'lgan multipleksorlash, DWDM (dense wavelength division multiplexing) - to'lqin uzunligi bo'yicha ajratishga ega bo'lgan zich multipleksorlash ma'nosini anglatadi.

WDM texnologiyasi bir vaqtning o'zida keng spektrdagi optik nurlanishlarni o'tkazuvchi optik tola qobiliyatiga yoki interferensiyalanmaydigan va o'zaro bog'lanmagan to'lqin uzunliklarining juda katta majmuasiga asoslangan. Har bir to'lqin

uzunligi tola bo'ylab axborotlar oqimini uzatuvchi o'zaro bog'liq bo'lmagan optik kanal bo'lib xizmat qiladi. Qo'shni kanallar oralig'i juda kichik nanometrlarni tashkil etadi.

WDM texnologiyasi tolali optik kanallarning va aloqa tarmoqlarining o'tkazuvchanlik qobiliyatini yuz martagacha oshirish va optik tolaning o'tkazish qobiliyatidan samarali foydalanish imkonini beradi. Uni vaqtli zichlashtiruvchi texnologiya (TDM) lar bilan birgalikda qo'llash orqali, bitta optik tola bo'ylab axborotlarni uzatishni terabit tezligigacha etkazish mumkin.

WDM texnologiyasi dupleks rejimda (bir vaqtning o'zida ikki tomonlama yo'nalishda) bir tola bo'ylab bir-biriga bog'liq bo'lmagan yuzlab optik kanallarni uzatuvchi tolali optik tizim va tarmoqlarni yaratish imkonini berdi.

WDM texnologiyasining avzalliklari va kamchiliklari

WDM texnologiyasining avzalligi:

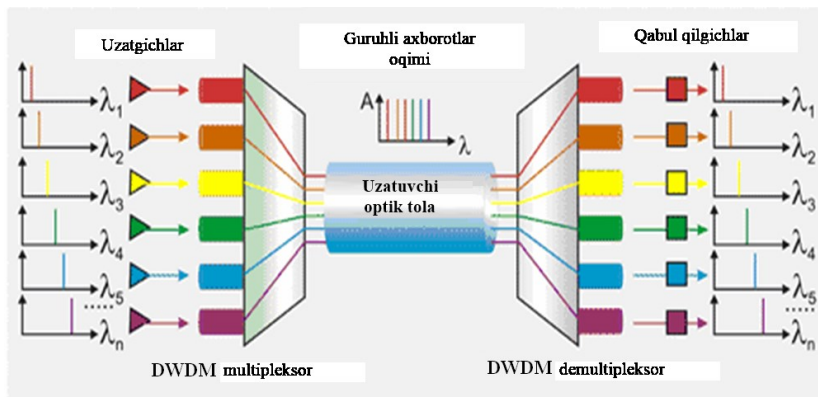
- kanallarning o'tkazuvchanlik qobiliyatini yuqoriligi;
- ma'lumotlarni uzatish tezligining yuqoriligi;
- bitta optik tola orqali trafiklarni ikki tomonlama uzatish imkonining mavjudligi;
- tor oraliqli yarim o'tkazgichli lezerlardan foydalanish imkoniga egaligi (nurlanish spektrining kengligi 0,1 nm);
- keng polosali kuchaytirgichlardan va yaqin kanallarni ajratishda optik filtrlardan foydalanish imkoniyati;
- qo'llaniladigan multipleksor va demultipleksorlarning narxini arzonligi.

WDM texnologiyasi kamchiliklari:

- yaqin chastotalarni qo'llaganda DWDM tizimlarining eng qimmatbaho elementlaridan biri bo'lgan, nurlantiradigan to'lqin uzunliklarining yuqori mo'tadilligini ta'minlovchi va tor nurlanish spektriga ega bo'lgan yarim o'tkazgichli lazerlarning talab qilishi;
- multipleksor/demultipleksorlarda signal quvvatlarining zaiflashishi;
- ko'p hollarda WDM qurilmalarining va vaqtli multipleksorlash qurilmalarining ishchi to'lqin uzunliklarini mos kelmasligi;
- kommutatsiya tugunlari sifatining pastligi;
- turli texnologiyalarning axborotlarini multipleksorlash kerakligi tufayli boshqarishda muammolarining yuzaga kelishi;
- nurlanish quvvatining oshishi noxizizqli effektlarni yuzaga keltiradi va kanallarning o'zaro ta'sirlashuviga olib keladi.

13.2. To‘lqin uzunligi bo‘yicha zichlashtirish tizimining tuzilish sxemasi

WDM tizimlari ma’lumotlarni uzatuvchi analog tizimlar kabi tolali optik uzatish tizimlarda to‘lqin bo‘yicha multipleksorlash (FDM) vazifasini o‘taydi. Shu sababli WDM tizimlari, chastota bo‘yicha optik multipleksorlovchi (OFDM) tizimlar nomini oldi. Lekin bunday texnologiyalar bir-biridan keskin farq kiladi. FDM da bir yon chastota oralig‘iga ega bo‘lgan amplitudaviy modulyatsiyalash mexanizmi qo‘llaniladi. OFDM modulyatsiya mexanizmida esa, eltuvchi chastotalar alohida manbalar (lazerlar) da ishlab chiqiladi va signallar bitta guruhli signalga multipleksorlar yordamida birlashtiriladi. Uning har bir tashkil topuvchisi (eltuvchisi) turli sinxron texnologiyalar qonuni bo‘yicha shakllangan raqamli signallarning oqimlarini, masalan bitta eltuvchi ATM trafikni, boshqasi SDH ni, uchinchi esa PDH ni uzatishi mumkin. Buning uchun eltuvchi, uzatuvchi trafikka mos keluvchi raqamli signal bilan modulyatsiyalanadi. Quyidagi 13.1 – rasmda WDM tizimining blok sxemasi ko‘rsatilgan.

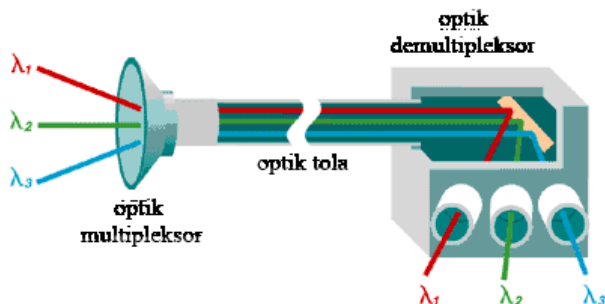


13.1-rasm. WDM tizimining tuzilish sxemasi

Tizimning uzatuvchi qismi turli to‘lqin uzunligiga ega bo‘lgan signallar WDM MUX multipleksorlari yordamida multipleksorlanadi va optik tolaqa uzatiladi.

WDM texnologiyasi turli to‘lqin uzunlikli signallarni optik kabelning bitta optik tolasida orqali uzatish imkonini beradi, bu bilan o‘tkazish qobiliyati talablariga bo‘lgan extiyoj qondiriladi.

Qabul qiluvchi qismda tola chiqishidan oqim qabul qilinadi va demultipleksorlanadi, ya'ni to'liqin tashuvchiga ega bo'lgan oqimlarga ajratiladi.



13.2-rasm. WDM optik multipleksor va demultipleksorlarini ishlash prinsipi.

WDM ning prinsipial sxemasi juda oddiy. Bunday texnologiyada bir tola orqali SDH ning bir nechta optik kanalini uzatish uchun, signallarning optik to'liqin uzunligi o'zgartiriladi, multipleksor yordamida ular birlashtiriladi va optik liniyaga beriladi. Qabul qiluvchi punktida teskari jarayon amalga oshadi. Quyidagi 13.2-rasmda WDMning optik multipleksor va demultipleksorlarini ishlash prinsipi ko'rsatilgan.

Bunday texnologiya turli to'liqinlar oqimini ajratib olish uchun maxsus aniqlikka ega bo'lgan qurilma bilan ta'minlanadi.

Optik toladan o'tganda signallar so'nganligi tufayli ularni kuchaytirish uchun optik kuchaytirgichlardan foydalaniladi. Bir toladan uzatiladigan turli spektrli signallarni bitta kuchaytirgich yordamida kuchaytirish mumkin (13.3-rasm). Bu bilan kuchaytirgichlar regeneratlardan afzaldir, chunki regeneratlarda har bir spektral kanal uchun alohida elektr kuchaytirgich talab etiladi.



13.3-rasm. WDM tizimlarida optik kuchaytirgich toladan uzatiladigan turli to'liqin uzunlikli signallarni bir vaqtda kuchaytiradi.

Liniya traktida optik kuchaytirgichlarni joylashtirish retranslyatorlar orasidagi masofani yer usti liniyalarida 1000 km gacha va suv osti liniyalarida 10 000 km gacha uzaytirish imkonini beradi. Optik kuchaytirgichlar orasidagi masofa esa 50...150 km ni tashkil etadi va bu masofa toladagi yo'qotishlar hamda tolaga kiritish mumkin bo'lgan signalning quvvati bilan aniqlanadi. Signal quvvati esa optik tolada yuzaga keladigan noxiziqli effektlar sababli signalning buzilishlari bilan chegaralanadi.

Nazorat savollari

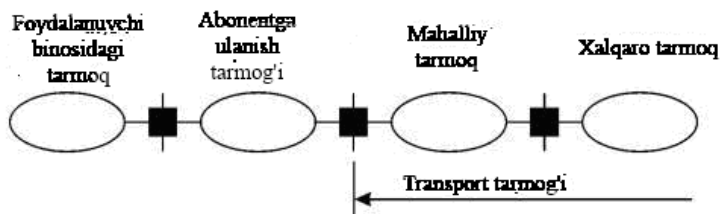
1. WDM texnologiyasini qo'llashdan maqsad nima?
2. WDMli tizim qanday tuzilishga ega?
3. WDMning qanday afzallik va kamchiliklarini bilasiz?
4. WDM tizimlari transport texnologiyalari bilan qanday bog'lanishgaega?
6. WDMda multipleksorlash qanday amalga oshadi?
7. To'lqinli zichlashtiruvchi texnologiyalar qanday shaffoflik darchalarida ishlashga muljallangan?
8. WDMning qanday sinflarini bilasiz?
9. DWDMda signallarni uzatish qanday amalga oshadi?
10. WDM texnologiyasini qo'llash bilan qanday muammolar yuzaga keladi?

14-BOB. ABONENT KIRISH OPTIK TARMOQLARI

14.1 Keng polosali optik kirish tarmoqlari, abonent kirish optik tarmoqlarining tuzilish prinsipi va arxitekturasi

Zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarini ikkita tarmoq sifatida ta'riflash mumkin: transport va abonent ulanish(kommutatsiyalanuvchi) tarmoqlari. Transport va abonent ulanish (kommutatsiyalanuvchi) tarmoqlarini ierarxik sathlar bo'yicha tasvirlash mumkin. Telekommunikatsiya aloqa tarmoqlarida ierarxiyaning to'rtta sathini ajratish mumkin (14.1-rasm)

Modelning birinchi elementi – foydalanuvchi binosidagi tarmoq (Customer Ppemis Equipment -CPE). Ikkinchi element – abonent kirish tarmog'i (Access Network), u tranzit (transport) tarmoqqa chiqishni ta'minlaydi. Bu tarmoq ikkita sathga ajraladi – mahalliy (Local) va shaharlararo (Long-distance).



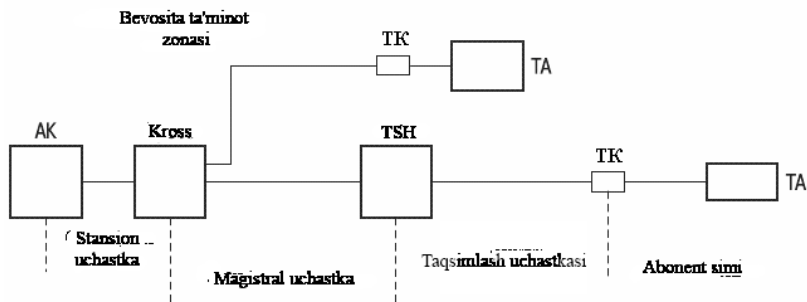
14.1-rasm. Telekommunikatsiya aloqa tarmoqlarida ierarxik sathlar.

14.2 Telekommunikatsiya aloqa tarmog'ining tuzilishi

Abonent liniyasining xamma uchastkalarining, stansion uchastkasini istisno qilganda, uzunliklari istiqbolli abonent kirish tarmoqlarini rejalashtirishda amaliy qiziqish uyg'otadi.

Abonent liniyasini boshqacha talqin etish mumkin:

- oxirgi milya (krossdan uygacha masofa);
- oxirgi yard (uy chegarasidagi ajratish);
- oxirgi fut (xonadondagi ajratish).



14.2-rasm. Kommutatsiyalanadigan stansiyalar abonent tarmog'ining strukturasi.

Mis simli abonent kirish tarmoqlarining quyidagi kamchiliklarini ko'rsatish mumkin:

- abonent kirish tarmoqlarida axborot almashinish ishonchligi va sifati ko'rsatgichlarining pastligi o'ziga xosdir;
- abonent kirish tarmoqlarining foydali ish koeffitsiyenti juda kamligi (o'tkazilayotgan trafik intensivligi) texnik vositalardan foydalanish samarasining pastligiga olib keladi.

Mis simli abonent kirish tarmoqlarining yuqorida ko'rilgan kamchiliklari, ulardan foydalanishdagi muammolarni xal etish uchun abonent kirish tarmoqlarini modernizatsiyalash zaruratini tug'dirdi.

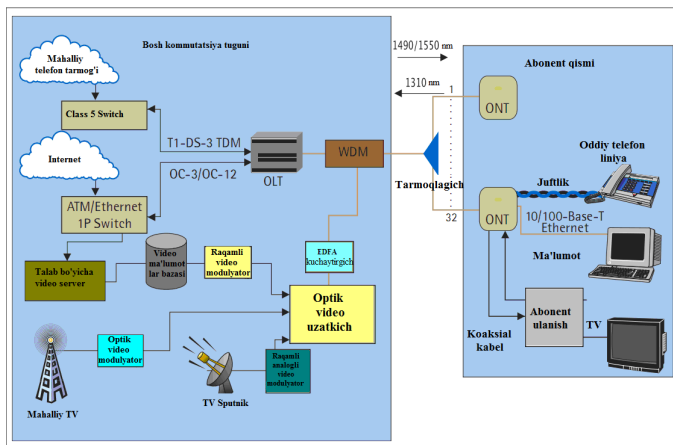
Keyingi yillarda infokommunikatsion tizimning xech bir elementi abonent kirish tarmog'i kabi sezilarli o'zgarishlarga duchor bo'lmadi. Abonent liniyalarini modernizatsiyalash, o'tkazish polosasini kengaytirishning eng optimal usuli – xamma fizik zanjirlarni optik tolali kabellarga almashtirishdir. Bu abonent kirish tarmog'idagi muammolarni hal etish imkonini beradi hamda abonent liniyalarining uzoq muddatli evolyusiyasini ta'minlaydi.

Keng polosali optik kirish tarmoqlarini tuzishda FTTx va PON optik texnologiyalari qo'llanilmoqda.

FTTx texnologiyasining asosiy prinsiplari

Abonent liniyalarini optiklashtirish juda katta o'tkazish oraliq'ini ta'minlaydi va nafaqat barcha telekommunikatsiya xizmatlarini, balki televidenie, ma'lumotlar uzatish, multimedia dasturlarini uzatish imkoniyatini beradi. Narx ko'rsatkichlari ham anchagina yaxshi – optik

kabellar narxi kundan-kunga pasayib bormoqda. Optik abonent liniyalari amaliy jihatdan xizmat ko'rsatishga muhtoj emas va yetarli darajada ko'p ishlaydi.



14.3-rasm. FTTx texnologiyasining umumiy arxitekturasi

Abonent optik kirish tarmoqlari FTTx (Fiber Transport To..., ya'ni optik transport tarmog'i... gacha) degan nom olib yangi avlod tarmoqlarini qurishda keng qo'llanilmoqda. FTTx ning umumiy arxitekturasi 14.3-rasmda keltirilgan.

FTTx tuzilishiga ko'ra quyidagi turlardan iborat:

FTTSab (Fiber To The Cabinet) – taqsimlash joyinigacha optik kabel yotqizish;

FTTSc (Fiber To The Curb) – taqsimlash qutisigacha optik kabel yotqizish;

FTTN (Fiber To The Home) – uygacha optik kabel yotqizish;

FTTV (Fiber To The Building) – binogacha optik kabel yotqizish;

FTTP (Fiber To The Premises) – tarmoq segmentigacha optik kabel yotqizish;

FTTO (Fiber To The Office) – ofisgacha optik kabel yotqizish;

FTTU (Fiber To The User) – foydalanuvchi terminaligacha optik kabel yotqizish [3].

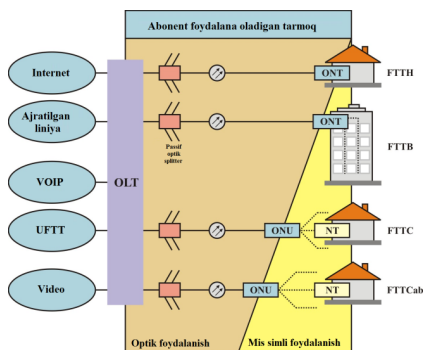
14.4-rasmda FTTx konsepsiyasini amalga oshiruvchi asosiy variantlar keltirilgan.

FTTx texnologiyalarini xususiyatlari:

14.4-rasmda ko'rsatilgandek, abonent kirish istalgan usulining asosini OLT(optical line terminal) tarmoq optik tugallanish va ONT(optical network terminal) abonent tuguni terminal optik tugallanish elementlarining o'zaro ulanishi yotadi. Abonent liniyasi uchastkasida ONT ni joylashuviga bog'liq holda FTTx texnologiyalari farqlanadi.

FTTN:

- optik kabelning ko'p sarflanishi qimmat va optik to'lani abonentgacha (yangi) tortish kerak;
- oraliqlarda aktiv qurilma ishlatilmasligi sarf xarajatlarni kamaytiradi;
- yuqori o'tkazish polosasi ega;
- turli multiservisli xizmatlarini taqdim etish imkoniyatini beradi;
- yuqori uzatish sifatini, to'liq optik tarmoqlarga o'tish imkonini yaratadi.



14.4-rasm. FTTx texnologiyasini amalga oshirish variantlari.

FTTB:

- optik tola/kabel ko'p sarflanmaydi;
- mavjud bo'lgan abonent o'tkazgichidan foydalanish mumkin;
- o'tkazish polosasi bo'yicha chegaralangan;
- oraliqlarda aktiv qurilma ishlatilishi qo'shimcha sarf xarajatlarga olib keladi.

FTTS:

- nisbatan arzon;
- o'tkazish qobiliyati chegaralangan.

14.3 Passiv optik tarmoq texnologiyalari. Passiv optik texnologiyalarining xususiyatlari. A-PON texnologiyasi, E-PON texnologiyasi, G-PON texnologiyasi.

Agar oxirgi yillarda zamonaviy aloqa tarmoqlarining tolali optik kabellar orqali tashkil qilinayotganini, o'tkazuvchanlik qobiliyatining yuqoriligini nazarda tutsak, abonent tarmoqlarida PON texnologiyasini qo'llash maqsadga muvofiqdir.

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) birlashtirish va lozim bo'lgan sifatli xizmatni ta'minlaydi va Telekommunikatsiyalar bo'yicha halqaro elektraloqa ittifoqi (ITU-T) tomonidan G.983.1 va G.983.2 tavsiyalari nomini olgan.

PON ning passiv optik tarmoqlagichlari asosidagi daraxtsimon topologiyada (14.5–rasm), Shu texnologiya asosidagi “nuqta – ko'p nuqta” mantiqiy topologiya qo'llaniladi. Markaziy tugunning bitta porti, o'nlab abonentni qamrab oluvchi daraxtsimon arxitektura asosida butun boshli optik-tolali segmentni ulashi mumkin. Bunda daraxtning oraliq tugunlarida manba va xizmat talab qilmaydigan zich, to'liq passiv optik ajratkichlar (splitterlar) o'rnatiladi.

PON arxitekturasining afzalliklari:

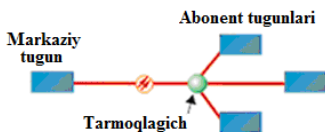
- oraliq aktiv qurilmalarning yo'qligi;
- markaziy tugunda optik uzatgich va qabul qilgichlarning tejalishi;
- tolaning tejalishi;
- yangi abonentlarni ulashning yengilligi va xizmat ko'rsatishning qulayligi.

Kamchiligi: PON texnologiyasining murakkabligi va oddiy daraxt topologiyasida zaxiralashning yo'qligidir.

PON tarmog'ining xususiyatlari:

- bir tola bo'yicha bir-biriga qarama-qarshi ikki uzunlikdagi (1550 nm va 1310 nm) to'lqinni uzatuvchi daraxtsimon arxitekturadan iborat. Ikki xil to'lqin uzunligi uzatgich va qabul qilgich orasida yaxshiroq izolyatsiyani ta'minlaydi, shuningdek, ikki to'lqin uzunliklarining

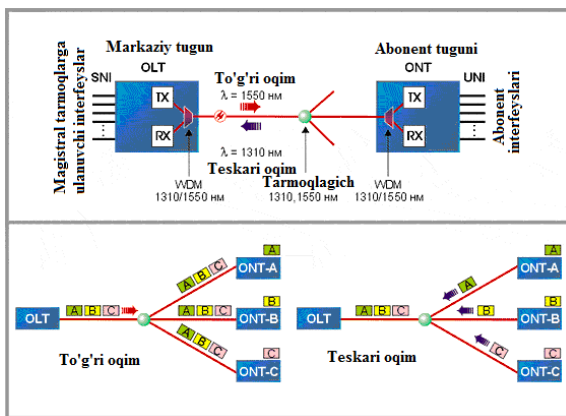
ta'sirlashuvda qimmat bo'lmagan planar lazer diodlar (PLC) ni ishlatish mumkin, bu tizim narxini sezilarli darajada kamaytiradi [4];



"Passiv optik tarmoqlagichlari asosidagi daraxtsimon topologiya"

14.5-rasm.PON ning passiv optik tarmoqlagichlari asosidagi daraxtsimon topologiya.

- daraxtning oraliq tugunlarida passiv optik tarmoqlagichlar joylashadi;
- TDMA ulanish usulidan foydalanish abonentlar orasida o'tkazish polosasini moslashuvchan taqsimlanishiga yo'l qo'yadi;
- markaziy tugundan kelayotgan bitta tolaga 32 ta, maksimum 64 ta abonent tugunlarini ulash mumkin;



14.6-rasm. PON arxitekturasi asosiy elementlari va ish prinsipi.

- PON texnologiyasida kiruvchi trafikni keng ommaga etkazib berishda oqimlarni spektral ajratishdan va chiquvchi kanalda esa vaqt bo'yicha multipleksorlashdan foydalaniladi;
- maksimal masofasi 20 km ni tashkil qiladi.

Yuqoridagi 14.6-rasmda PON texnologiyasining ishlash prinsipi ko'rsatilgan[6].

PON texnologiyasidagi asosiy terminlar:

Markaziy tugun OLT(optical line terminal) – markaziy ofisda o'rnatiladigan qurilma. Bu qurilma SNI (service node interfaces) orqali magistral tarmoqlardan ma'lumotlarini qabul qiladi va abonent tugunlariga kiruvchi oqimga shakllantiradi.

Abonent tuguni ONT(optical network terminal) bir tomondan abonent interfeysiga, boshqa tomondan uzatishda 1310 nm to'liq uzunligida, qabul qilishda esa 1550 nm to'liq uzunligida PON daraxtiga ulanuvchi interfeysga ega. Nazariy bir xil to'liq uzunligidan foydalansa ham bo'ladi, lekin ikki xil to'liq uzunligi uzatgich va qabul qilgich orasida yaxshiroq izolyatsiyani ta'minlaydi, shuningdek, ikki to'liq uzunliklarining ta'sirlashuvida qimmat bo'lmagan planar lazer diodlar (PLC) ni ishlatish mumkin, bu tizim narxini sezilarli darajada kamaytiradi. ONT OLT ma'lumotlarini 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 1xN tarmoqlagichlar ishlatiladi.

O'tkazuvchanlik qobiliyatiga kelsak, uni ikki varianti mavjud:

- birinchisi, ikkala yo'nalishda ham ma'lumotlarni uzatish tezligi 155 Mbit/s bo'lgan simmetrik trafiklarga mo'ljallangan;

- ikkinchisi, assimetrik 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 boshqasini 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 etarlidir.

PON arxitekturasi 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 axboratni uzatish va ulardan qabul qilishdan iborat. OLT ning bitta qabul qilib uzatuvchisiga ulangan abonent (ONT) lar soni, juda ko'p bo'lishi mumkin. Bu asosan quvvat va qabul qilib uzatuvchi apparaturaning tezligi bilan bog'liq. OLT dan ONT ga uzatiladigan ma'lumotlar oqimi uchun, tarmokdan 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 progmatik tarmoq modelini taklif qilgan holda o'zining kuch nisbatini o'zgartiradi. Bitta optik tolani, telefontugunidan potensial mijozlar guruhiga ega bo'lgan rayon, korxonalar yoki shaxsiy foydalanuvchigacha etkazadi. Bunday operatorlar kabelni yotqizish uchun ketgan xarajatni qoplashiga juda ishonadi. Chunki operator shaharda xizmat qilishga mo'ljallangan, lekin qaysi korxonalar uning xizmati bilan qiziqishi noma'lum. Telefon tugunlarida lozim bo'lgan optik chiqishlarning mavjud emasligi va har bir mijoz territoriyasida ajratgich (birlashtirgich)larni joylashtirish nazarda tutilsa, bunday operatorning boshlang'ich xarajatlari zudlik bilan kamayadi. Agar shu territoriyada 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).

PON texnologiyasi Full Services Access Network (FSAN) standartiga asoslangan bo'lib, bu texnologiya quyidagi standartlar bo'yicha qurilishi mumkin:

A-PON – ATM protokolini qo'llashga asoslangan;

E-PON – Ethernet formatida kadrlarni optik trakt orqali uzatishga asoslangan;

B-PON - Broadband PON – keng polosali xizmatlar bilan birga Ethernet ulanishni, analog va raqamli videoni translyasiya qilishni amalga oshiradi;

G-PON - Gigabit PON – yangi echim, juda yuqori unumdorlikka

ega bo‘lib, multiservisli xizmatlarni amalga oshirishga mo‘ljallangan.

Bunday tarmoqlar iqtisodiy tomonidan tejamli va keng polosali turli axborotlarni o‘tkazish qobiliyatiga ega.

APON texnologiyasi

1990 yil o‘rtalarida ko‘pchilik nuqtai nazaridan faqat ATM protokoligina oxirgi abonent bilan aloqa xizmatlari sifatiga muvofiq kafolat berish qobiliyatiga ega bo‘lgan. Shuning uchun FSAN (British Telecom, France Telecom, Deutsche Telecom, NTT, KPN, Telefonisa i Telecom Italia kabi etti kompaniya tomonidan FSAN (full service access network) deb nomlangan konsorsium tuzildi), PON tarmog‘i orqali multiservis xizmatlarni transportini ta‘minlashni, ATM texnologiyasiga asosan tanlagan. Natijada 1998 yil oktyabr oyida PON daraxtida ATM yacheykalari asosida axborotlarni transportlashtirish APON (ATM PON) nomini olgan ya‘ni G.983.1 ning birinchi tavsiyasi standarti paydo bo‘ldi. Keyinchalik bir qancha yangi tuzatishlar 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 televidenie.

SHunday qilib APON standartining kengaytirilgandan keyingi nomi BPON (broadband PON) deb ataldi. APON ga hozir kunda turli ilovalar va turli ONT lar orasida polosani 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, 100/10 Mbit/s li Ethernet 10/100 Base-TX, (FXS) telefoniya.

Markaziy va abonent tugunlari bilan o‘zaro bog‘lanuvchi APON MACprotokoli. Abonent tuguni bilan markaziy tugunning o‘zaro

bog'lanishi, ulanish o'rnatish bilan boshlanadi. Shundan so'ng ma'lumotlar almashinishi sodir bo'ladi. Bularning barchasi APON MAC protokoliga muvofiq bajariladi. Ulanishni 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 kolliziyani yo'qotilishi;
- teskari oqimda polosani 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.

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.

Bitta kadri 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 mo'ljallangan xizmat so'rovlarini jo'natadi. ONT, uning chiqish buferida so'rovni uzatishga navbat shakllanganda jo'natadi. ONT faqat PLOAM yacheykasidan ruxsat olganda so'ng uzata olganligi sababli, Shu lahzadan maksimal vaqtni baholashda, 0,6 ms sikl vaqtiga RTT ni 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.

EPON texnologiyasi

Bundan bir necha yillar avval mahalliy tarmoqlarda Ethernet texnologiyasidan foydalanish juda ommabop hisoblangan. Ammo abonent tarmoqlarida bunday texnologiyani qo'llashni asosiy kamchiliklaridan biri bu kolliziyani hisobga olgan holda tasodifiy ulanishni 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 etuvchi 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 protokollari tarmoqlarda paketlarni tezda kommutatsiyalash uchun uchinchi sath protokollari guruhi.

Hozirgi kunda Ethernet asosidagi echim hammadan 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 nuqtai nazaridan ham, shiddatli rivojlanish va yangi interfeyslarni standartlashtirish nuqtai nazaridan ham samaraliroq bo'lib qoldi. Ayni vaqtda Gigabit Ethernet keng tarqalmoqda, hamda 10 Gigabit Ethernet asosidagi hammabop standart echimga aylanmoqda. Nihoyat, xizmat ko'rsatish va Ethernet tarmog'ini boshqarishni oddiyligi, hamda narxlarini pastligi tufayli shuhratga erishdi.

Gigabit Ethernet ning asosiy kamchiligi shundan iboratki, oraliq qurilmalar sifatida aktiv qurilmalar qo'llaniladi hamda ularning har biri uchun alohida manba talab etiladi.

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 ni aynan Shu standarti asosidagi PON ulanish tarmog'idan foydalanish mumkin emas? Bu masalani echish 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 Gigabit Ethernet dan asosiy afzalligi oraliq aktiv qurilmalar qo'llanilmaydi va ular uchun manba hamda xizmat ko'rsatish talab etilmaydi.

EPONning 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 televidenie 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 diapozonli PON tarmog'ini narxi bo'yicha optimal qurishga imkon beradi.

Ishlash prinsipi. EPON arxitekturasining asosiy xususiyati, PON daraxtining ichida Ethernet kadrlarini tarqalishidir. Shunday qilib, APON arxitekturasi kabi EPON tarmog'i orqali Ethernet kadrlari o'tganda, ularni fragmentatsiyasi bo'lmaydi. Fragmentatsiyaning yo'qligi kutilayotgan EPON standartini Ethernet IEEE 802.3. standarti bilan maksimal darajada moslashtiradi.

EPON tarmog'i arxitekturasi APON tarmog'i arxitekturasi bilan mos tushadi. EPON tarmog'i markaziy tugun OLT (optical line terminal), abonent tuguni ONT va passiv optik tarmoqlagichdan tashkil topgan.

Bu standartda to'g'ri oqimni uzatish uchun 1550 nm va 1490 nm to'lqin uzunliklaridan foydalaniladi. 1550 nm to'lqin uzunligida, standart keng polosali kabel televideniye amalga oshirish mumkinligi tufayli, 1490 nm to'lqin uzunligini 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 kadrlarni boshqa barcha stansiyalar qabul qiladi va belgilangan MAS adres keragini tanlab oladi.

Teskari (chiquvchi) oqim 1310 nm to'lqin 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. Shunday qilib, 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‘lmasligi 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 oqimning to‘liq polosasini 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 solishtirsa 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 so‘z bilan aytganda talab etilgan sifatni ta’minlashga kafolat bera olmaydi.

Teskari oqimda kadrlarni aniq etkazib 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 echim sifatida olish mumkin. Shuni aytish kerakki, protokolni 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 sinxronizatsiyalanadi. Abonent tugunlaridan ma’lumotlarni jo‘natish ruxsat etilgan vaqt intervallari (taym-slotlar) da amalga oshiriladi. Taym-slotlarda, Ethernet kadrlarini biri yoki bir nechta joylashishi mumkin bo‘lgan uzunlikni OLT da jadval, rejalashtiruvchi tomonidan aniqlanadi. Taym-slotni jo‘natishga ruxsat olinmagunicha, ONT abonentlarining ishchi stansiyasidan olingan kadrlarni buferlaydi.

EPON texnologiyasi bo‘shatilgan resurslardan foydalaniladi. Biz aytganimizdek, Ethernet kadrlarining EPON tarmog‘i orqali o‘tishida ularni qismlarga ajralishi sodir bo‘lmaydi. Lekin bu xech qanday o‘zgarish ro‘y bermaganligini anglatmaydi.

GPON texnologiyasi

Takomillashish jarayoni har qanday texnologiyani yaratilish paytidan boshlab birga sodir bo'ladi. Passiv optik tarmoqlar uchun u bir qancha variantlarni yaratilishini ko'rsatadi, ulardan biri "gigabitli" nomini olgan. GPON texnologiyasining afzalliklari nimadan iborat va u 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'ljallashmoqda. U uch xil xizmatni ko'rsatadi, ya'ni bir vaqtning o'zida abonentga ovoz, video va ma'lumotlarni etkazib 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 unumdorligini ham o'sishi amalga oshadi. GPON XEI-T Rec. G.984.3 tavsiyasi 2003 yil oktyabrda qabul qilingan.

GPON 622 Mbit/s dan 2,5 Gbit/s gacha uzatish tezligida kadrlarni masshtablashgan strukturasi namoyish etadi, kiruvchi va chiquvchi oqimlar uchun PON daraxitida simmetrik kabi assimetrik bitli tezliklarni qo'llaydi, shuningdek, sinxron transport ilovalarida turli xizmatlarni (jumladan TDM ni ham) inkapsulyasiyasini ta'minlagan holda XEI-T G.704.1 GFP (generic framing protocol, kadrlarning umumiy ilovasi) tavsiyasi bazasiga tayanadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, hatto eng yomon holatda ham trafiklarning tarqalishi va oqimlarning tebranish polosasi APON ga nisbatan 71 % ni tashkil etadi.

Agar SDH da faqat polosani statik bo'linishi amalga oshirilsa, GFP (generic framing protocol) ilovasi SDH kadrining strukturasi 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. Ulanish tugunidan abonentgacha bo'lgan oqimda kadr uzunligi 125 mks ni tashkil etadi. Bunday qiymat tarmoqning teskari oqimdagi o'tkazuvchanlik qobiliyatiga bog'liq emas

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 foydalanuvchmlarning 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.

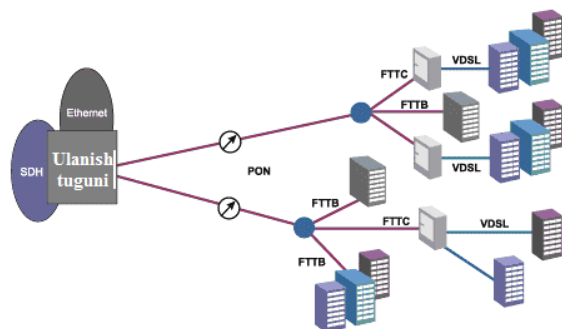
G.984.1 ga shuningdek, ba'zi yangi foydali afzalliklar kiritilgan. Bular: ulanishni himoyalash, xizmatlarni kiritish va ma'lumotlar havfsizligidir. Ulanishni himoyalash BPON bilan mos usulda amalga oshiriladi, lekin standartga bir nechta zaxiralangan konfiguratsiyalarni qo'shimcha turlari qo'shilgan: to'liq zaxiralangan 1+1 (S sinfli himoya) himoyalalanish, shuningdek, qisman zaxiralangan 1:1 (V sinfli himoya) himoyalalanish. 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:

- PON ga ulanuvchi har qanday mijoz uchun "gigabit rejimida inkapsulyasiyalash" ni qo'llash;
- ma'lumotlarni simmetrik kabi assimetrik 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;
- ONTdagi 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. Tavsiyanoma BPON bilan ishlashda o'zlashtirilgan

ko‘plab bilimlarni hisobga olgan holda tuzilgan va Shu bilan birgalikda oshib boruvchi uzatish tezligiga e‘tibor bergan holda optik parametrlarni to‘liq aniqlanishini beradi.



14.7-rasm. Gibrad mis-optik arxitekturali tarmoqlarda keng polosali ulanuvchi texnologiyalarni qo‘llash.

GPON da PMD uchun SDH/SONET kabi ayni Shu usullar va kelishuvlardan foydalaniladi. “Uzatkichni chiqish quvvati”, “Qabul qilgichni sezgirligi” va “liniyadagi optik byudjet” kabi terminlarni aniqlash ushbu tarzda tuzilgan, tarmoq qurilmasini va optik taqsimlanish tarmog‘ini funksional moslashuvchanligini ta‘minlash uchun o‘sha vaqtda ularni aniq chegarasini belgilaydi.

GPON PMD tavsifnomasida asos sifatida SDH bazasi olingan va SDH ni odatdagi quvvat sathlari va taktli chastotalaridan foydalaniladi. G.983.3 kabi tavsiya to‘lqin uzunligini to‘sa olishi mumkin bo‘lgan chatotalarni 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 ni optik uzatkichini boshqara olishdir. U PON ning V yoki S sinfini tanlash holatida OLT markaziy tugunida ko‘chkali fotodiodlardan foydalanish zaruratiga olib keladi (PON ning V yoki S sinfi uchun quvvat byudjetini mos ravishda 25 va 30 dB tashkil etadi).

Multiservisli xizmatlar – elektron tijorat, telemeditsina, videokonferensaloqa, masofaviy ta‘lim, yuqori tezlikli internet, raqamli televideniya, video va boshqa turli tuman xizmatlarni amalga oshirish imkonini beruvchi abonent kirish tarmoqlarida optik kabelli texnologiyalar FTTx va PON texnologiyalarining qo‘llanilishi yuqori

o'tkazish polosasini ta'minlaydi. Bu texnologiyalarining har biri o'ziga xos xususiyatga ega va ular alohida hamda birgalikda qo'llanilishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Yuqori tezlikli abonent tarmoqlarini hosil qilishdan maqsad nima?
2. Tolali optik kabellar bo'yicha ishlovchi abonent tarmoqlarida qanday texnologiyalarni qo'llash mumkin? Ularning afzalligi nimada?
3. PON texnologiyasining afzalligi nimada? Uning qanday turlari mavjud, ular nima mavsadlarda qo'llaniladi?

15-BOB. TOLALI OPTIK ALOQA TIZIMLARINI LOYIHALASHTIRISH ASOSLARI

15.1 Uzatish tizimlari va liniyalarini loyihalashga tizimli yondoshish asoslari

Loyihalashga tizimli yondashuv, yakuniy maqsadlarga erishishga juda ham sezilarli ta'sir etuvchi, alohida qismlarning o'zaro ta'sirini hisobga olgan holda, muayyan sharoitlarda aniq funksiyalarni bajaruvchi, to'liqligicha yagona obyekt sifatida tizim va uning ishlashini o'rganishni ko'zlaydi. Bunda sistemologiya, sistemotexnika, operatsiyalarni tadqiq etish nazariyasi va matematik dasturlash nazariyasi kabi tizimli fanlarning metodologiyasi va matematik apparati muvaffaqiyatli ishlatilishi mumkin.

Tizimli yondashuv turli loyihalash bosqichlari (dastlabki effekt, texnik loyiha, ilmiy tadqiqot ishi va b.q.) da amalga oshirilishi mumkin, biroq eng samarali effektga tizimning tuzilish sxemasi tanlanadigan va uning asosiy parametrlari baholanadigan, dastlabki loyihalash bosqichida erishiladi.

Optimal loyihalashga tizimli yondashuvning asosiy prinsiplarini quyidagicha ifodalash mumkin:

1. Optimal qismdan tarkib topgan tizim, umumiy holda optimal hisoblanmaydi. To'liq holda tizimni optimallashtirish, qismlar bo'yicha optimallashtirish bilan almashtirilganda, ko'pincha xato xulosalarga olib kelishi mumkin. Qismlar bo'yicha optimallashtirish to'liq optimallashtirishdagidek natijalarga olib keladi, faqatgina Shu holdaki, qachonki tizimning bir qismining parametrlari boshqa qismining parametrlarini tanlashga ta'sir etmasa, bu amaliyotda nisbatan kam uchraydi.

2. Tizimni optimallashtirish son bo'yicha aniq va yagona, optimallashtirish maqsadini matematik ko'rinishda aks ettiruvchi, mezon bo'yicha olib borilishi kerak. Tizimning optimallashtiriladigan parametrlarining funksiyasi ko'rinishida namoyon bo'lgan, optimallik mezoni maqsad funksiyasi deb ataladi. Qoida bo'yicha u yoki bu usullar bilan o'zaro bog'liq, bir necha optimallik mezonlarining mavjudligi, jarayonni logik tugaguncha etkazishga imkon bermaydi, son bo'yicha aniq mezonning mavjud emasligi ishlab chiqaruvchi tomonidan uning oldiga qo'yilgan vazifani etarlicha tushinmasligi haqida dalolat beradi.

3. Tizim optimallashtirilishi kerak, qachonki optimallashtiriladigan parametrlarga sonli aniq chegaralar berilsa. Optimallashtirish

sharoitlariga bog‘liq bo‘lgani uchun tizimning optimalligi doimo nisbiy, shartli. Shuning uchun optimallashtirish sharoitlari real sharoitlar bilan etarlicha aniq mos kelishi kerak.

Optimal tizimlarni loyihalash matematik usullar bilan amalga oshiriladi, bunda tizimning matematik ifodasiga, ya’ni uning matematik modelini ishlab chiqishga zaruriyat yuzaga keladi. Matematik model asosini tizimning tashqi va ichki parametrlari o‘rtasidagi analitik nisbatlar (aloqa tenglamalari) tashkil etadi. Tashqi parametrlar tizimni foydalanuvchi nuqtai nazaridan ta’riflaydi. Xususan, bunday parametrlar xalaqitlarga bardoshlilik, kanallar soni, o‘tkazish qobiliyati, ishonchlilik, narxi, gabarit o‘lchami, og‘irligi va b.q. bo‘lishi mumkin. Ichki parametrlar tizimni ishlab chiqaruvchi nuqtai nazaridan ta’riflaydi. Uzatish tizimlari uchun bunday parametrlar quyidagilar hisoblanadi: modulyatsiya turi, kod turi, o‘zgartirish pog‘onalarning soni, qo‘llaniladigan elementlarning turi va b.q. Keyingi boblarda keng ishlatiladigan, analitik ko‘rinishdagi tizimning tashqi va ichki parametrlari o‘rtasidagi aloqa tenglamalari quyidagi natijalardan olinishi mumkin:

- nazariy tadqiqotlar (masalan, xalaqitga bardoshlilik, o‘tkazish qobiliyati, ishonchlilik va b.q. uchun aloqa tenglamalari),
- texnik – iqtisodiy hisoblashlar (masalan, narx – navo, keltirilgan xarajatlar va b.q. uchun aloqa tenglamalari),
- eksperimental bog‘liqliklar yoki emperik ma’lumot approksimatsiyasi (masalan, xatolik ehtimolligi, nutq signallarining aniqligi va b.q. uchun aloqa tenglamalari),
- tizim yoki uning kichik tizimlarini EHM da imitatsion modellashtirish natijasida (masalan, qo‘llaniladigan kod turiga bog‘liq holda xalaqitlardan himoyalanganlik yoki xatoliklar xarakteriga bog‘liq holda sinxronizatsiya tizimi parametrlari uchun aloqa tenglamalari).

Aloqa tenglamalaridan ba’zilari ehtimolli xarakterga ega, chunki signal, kanal va xalaqitlarning statistik xarakteristikalarini e’tiborga oladi.

Optimallashtirish masalasini echishda birinchi bosqichda ro‘yxat tuziladi, ya’ni e’tiborga olish kerak bo‘lgan omillar tanlanadi. Bu omillarni ishlatishning ruxsat etilgan chegaralarini aniqlash kerak. Bundan kelib chiqib, mumkin bo‘lgan ruxsat etilgan echimlar doirasi aniqlanadi. Keyingi bosqichda mezon va chegaralar tanlanadi. Maqsad (maqsadlar) loyihalashtiriladigan tizimning istalgan (maqsad etilgan) holati sifatida, ya’ni rivojlantiruvchi natija sifatida aniqlanadi. Aytib

o‘tilgandek, maqsadga erishish ko‘pgina holatlarda, tizimning tashqi va ichki parametrlarining qiymati kabi ehtimolli xarakterga ega va nimani bajarish mumkin bo‘lishidan ajralmaydi. Shu tarzda, maqsadlar ularga erishish vositalaridan ajralmagan, bu maqsadlarga erishish doimo chegaralangan. Natijada, qoida bo‘yicha, maqsadlar ierarxiyasi shakllanadi, ulardan biri (asosiylari) mezonlar vazifasida, boshqalari chegara vazifasida namoyon bo‘lishi mumkin. Bunda ularni qarama – qarshi qo‘yish mumkin emas, oldin mezon bo‘lganlar, keyinchalik chegara bo‘lishi mumkin va aksincha.

Mezon – qaror qabul qilishning tanlangan variantining maqsadga muvofiqligini baholash imkonini beruvchi ko‘rsatkich. Mezonning matematik ta‘rifi – mezonli yoki maqsadli, funksiya.

Chegara – ko‘riladigan variantlar sonini chegaralovchi, omillar.

Agar analitik ifoda yordamida u yoki bu Z masalaning maqsadini va unga erishish vositalari x_i ni bog‘lashga erishilsa, unda maqsadli yoki mezonli, W funksiya olinadi:

$$Z = W(X, T),$$

bu yerda, X – boshqariluvchi o‘zgaruvchilar (maqsadga erishish vositalari); T – chegara (yo‘naltirilgan o‘zgaruvchilar).

Minimum yoki maksimum Z – optimallashtirish mezonini, qabul qilingan qaror samarasining chegaraviy o‘lchovini sonli ifodalovchi:

$$Z_{\min(\max)} = W^*(x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*, T),$$

bu yerda, x_i^* - T chegaralarda boshqariluvchi o‘zgaruvchilarning optimal qiymatlari, $i = 1, m$.

Optimallashtirish masalalarini to‘g‘ri va teskari tashkil etish usullari farqlanadi. Masalan, to‘g‘ri tashkil etishda mezon sifatida S xarajatlar (kapital, ekspluatatsion va b.q.) birinchi o‘rinda turadi, lekin E qaror (ishonchlilik, xalaqitbardoshlilik, o‘tkazish qobiliyati, regeneratsiyalash uchastkasi uzunligi va b.q.) ning effekt yoki samaradorligi chegara hisoblanadi:

$$S_{\min} = \min(S_1, S_2, \dots, S_m), E \geq E_{te},$$

bu yerda, E_{te} – effektning talab etiladigan qiymati (masalan, tayyorlik koeffitsiyenti).

Masalani teskari tashkil etishda mezon sifatida effekt (qaror samaradorligi) birinchi o‘rinda turadi, xarajatlar esa chegara hisoblanadi:

$$E_{\max} = \max(E_1, E_2, E_m), C < S_{r.e.}$$

Bu yerda, $S_{r.e.}$ – ruxsat etilgan xarajatlar.

Axborotlashtirilganligiga bog‘liq holda optimallashtirish masalasi quyidagi sharoitlarda echilishi mumkin:

- aniqlilik, qachonki tizimning tashqi va ichki parametrlari bir qiymatli aniqlanganda;

- stoxastik (tavakkal, xavfli sharoitlarda), qachonki parametrlar qiymati tasodifiy xarakterga ega bo'lsa, lekin ehtimolli xarakteristikalar bilan aniqlanishi mumkin;

- noaniqlilik, qachonki parametrlar qiymati noma'lum bo'lsa, ya'ni hattoki ularning ehtimollik xarakteristikalari mavjud bo'lmaydi.

Optimallashtirish masalalarini echish uchun qo'llaniladigan, eng keng tarqalgan matematik metodlarga, aniqlilik sharoitlarida chiziqli va dinamik dasturlash usullari kiradi, tavakkal va xavfli sharoitlarda – statistik sinash usullari (Monte – Karlo usuli), noaniqlilik sharoitlarida – ierarxialarni tahlil qilish usullari kiradi [123].

15.2. Loyihalash uchun zarur boshlang'ich ma'lumotlar. Asosiy loyiha hujjatlari

Telekommunikatsiya tarmoqlarining uzatish liniyalarini loyihalash va qurish haqida qaror regionlararo kompaniyalarni va operatorlarning aloqa tarmoqlarini, ularning magistral, zonaviy va mahalliy birlamchi tarmoqlarini va texnologik aloqa tarmoqlarini rivojlantirish sxemalari asosida, shuningdek, iqtisodiy maqsadga muvofiqlik, xo'jalik, ijtimoiy va xavfsizlik zaruriyatlari asosida qabul qilinadi. Loyihalash uchun boshlang'ich ma'lumotlar quyidagilar hisoblanadi:

- aloqani tashkil etish sxemasi;

- turli ishlab chiqaruvchilarning apparatura va kabellaritexnik xarakteristikalariga qo'yiladigan talablar, ishonchlilik va narx navoni qo'shib;

- uzatish liniyalarining talab etiladigan o'tkazish qobiliyati, shuningdek, rivojlanish istiqbolini e'tiborga olgan holda;

- aloqa operatorining ta'sir doirasida talab etiladigan ishonchlilik ko'rsatkichlari va b.q.

Loyihalash bosqichida aniqlash kerak bo'lgan, tarmoqning asosiy xarakteristikalari quyidagilar hisoblanadi: ishonchlilik, asosiy va rezerv o'tkazish qobiliyatlari kattaliklarining nisbati, boshqariluvchanlik, moslashuvchanlik va masshtabga muvofiqlik. Bundan tashqari tarmoq iqtisodiy xarakteristikalariga ham ega, masalan, kapital xarajatlar va uning raqobatlilik qobiliyatini aniqlovchi, xarajatlarni oqlash vaqti.

Birlamchi telekommunikatsiya tarmoqlarini qurish va rekonstruksiya qilish raqamli uzatish tizimlaridan, raqamli

kommutatsiya tizimlaridan va tolali optik aloqa liniyalaridan keng foydalanish asosida amalga oshiriladi. Birlamchi tarmoqning uzatish liniyalarini qurish va rekonstruksiya qilish bo'yicha ishlar faqatgina loyiha va smeta mavjud bo'lgandagina olib boriladi. Loyiha va smetalar qoida va tarkib, moslashish tartibi haqidagi boshqaruvchi materiallarga mos holda ishlab chiqiladi va bino, inshoot, korxonalarni qurish va rekonstruksiya qilishga loyiha – smeta hujjatlari tasdiqlanadi.

Birlamchi telekommunikatsiya tarmoqlarining faoliyatdagi uzatish liniyalarini qurish va rekonstruksiya qilishni loyihalashni asosan «Aloqa loyiha» Davlat Unitar korxonasi amalga oshiradi. Bundan tashqari loyihalash bo'yicha ishlar aloqa tarmoqlari operatorlari tomonidan ham olib boriladi. Ularning tarkibiga aloqa inshootlarining faoliyat maydoni doirasida ularni qurish loyihalarini aniqlovchi va qurilish maydonlarini tanlashda ishtirok etuvchi va aloqa inshootlarini qurish va rekonstruksiya qilishga texnik sharoitlar (TSH) ni tuzuvchi loyiha bo'limlari (yoki ularga o'xshash xizmatlar) kiradi.

Loyihalash jarayonida ishchi muloqotga: aloqa inshootlarini qurishni rejalashtiruvchi buyurtmachi, (vazirlik, muassasa, aloqa operatori va b.q.) va loyiha ishini amalga oshiruvchi bosh loyihachi - loyiha tashkiloti kiradi, bunda maxsus loyiha tashkilotlari ham jalb etilishi mumkin. Loyiha tashkilotlari buyurtmachi bilan birgalikda texnik - iqtisodiy asoslashlar (TIA) ni ishlab chiqaradi.

Bu loyiha hujjatida zaruriyatning texnik - iqtisodiy va sotsial asoslari va uzatish liniyalarini qurish va rekonstruksiya qilish tartibi beriladi. Bunda qurilish yoki rekonstruksiya qilish narxini, kapital qo'yilmalarning samaradorligini aniqlash va ularni optimallashtirish maqsadida kelgusi qurilish joylarida topografik, injener - geologik, gidrologik va boshqa izlanishlar bajariladi.

Loyiha qarorlari loyiha hujjatlari ko'rinishida rasmiylashtiriladi, ularning tarkibi va tuzilmasi loyihalashtirilayotgan aloqa inshootlarining yangiligi va murakkabligi, namunaviy yoki qayta qo'llaniladigan loyihalarning va b.q. ning mavjudligi bilan aniqlanadi.

Namunaviy yoki nisbatan murakkab bo'lmagan aloqa inshootlarini qurish bir bosqichda amalga oshadi (bir bosqichli loyihalash), uning uchun ishchi loyihaga loyihalashga topshiriq (LT) asosiy loyiha hujjati hisoblanadi.

Loyihalashga topshiriq bosh loyihachi bilan birgalikda buyurtmachi tomonidan tuziladi, zaruriyat bo'yicha esa texnik - iqtisodiy asoslash (TIA) ishlab chiqarilgan bosqichda qabul qilingan

qarorlar negizida maxsus tashkilotlar tomonidan ham tuziladi.

Loyihalashga topshiriqda quyidagilar ko'rsatiladi:

- loyihalashtirilayotgan liniya nomi va uni loyihalash uchun asos va aloqaning yangi tarmoq tugunlarini qurish yoki mavjudlarini ishlatish;

- aloqa kanallari ajratilishi kerak bo'lgan, oxirgi tugun va oraliq punktlar belgilangan uzatish liniyasining yo'nalishi;

- turli ierarxiyalarning raqamli oqimlari yoki asosiy raqamli kanallari (ARK) ning tovush chastotali kanallari (TCHK) ning umumiy soniga keltirilgan, uzatiladigan axborotlarning turi va hajmi (telefon, telegraf va faksimil aloqa, ma'lumotlarni uzatish, Internet, elektron pochta, televidenie va ovoz eshittirishlari, mobil radioaloqa roumingi va b.q.);

- raqamli uzatish tizimlarini, kabel turini tanlash va ularni etkazib beruvchi manbalar bo'yicha dastlabki tavsiyalar;

- tarmoq topologiyasi bo'yicha tavsiyalar, uning elementi loyihalashtirilayotgan uzatish liniyasi bo'ladi;

- rekonstruksiyani tugatish yoki loyiha quvvatini o'rganish davrida vaqtli aylanma aloqani va birlamchi tarmoqning bog'lovchi liniyalarini tashkil etish bo'yicha talablar;

- texnik va yordamchi binolarni qurish, manbalarni va elektr ta'minoti, issiqlik ta'minoti tarmoqlarini va ularga muhandislik kommunikatsiya xizmatlarini loyihalash kerakligi asoslari;

- uzatish liniyasining ishonchlilik ko'rsatkilariga talablar va ularni turli ta'sirlardan, shuningdek, ruxsatsiz ulanishlardan himoyalash bo'yicha tadbirlarga talablar;

- uzatish liniyasining telekommunikatsiya tarmog'idagi boshqa inshootlari va ularning tarkiblari bilan o'zaro aloqasi;

- favqulodda holatlarga tadbirlar;

- uzatish liniyasidan foydalanishni tashkil etish, ekologiya va atrof muhitni muhofaza qilish bo'yicha talablar;

- seysmiklik, ekinli gruntlar guruhi, suvli va boshqa to'siqlar va va b.q. haqida dastlabki ma'lumotlar;

- kapital qo'yilmalarning o'lchamini belgilovchi qurilishning mehnat sig'imi, material sig'imi va kapital qo'yilmalar samaradorligining solishtirma ko'rsatkichlari;

- texnik- iqtisodiy ko'rsatkichlari va moliyalashtirish manbalari;

- uzatish liniyalarini qurish va rekonstruksiya qilishning boshlanish va tugatish muddatlari.

- loyiha variantlarini amalga oshirish samaradorligini texnik iqtisodiy baholash;

- telekommunikatsiya tarmoqlarining ekspluatatsiyasi va boshqarishning zamonaviy texnologiyalari;

- taktli tarmoq sinxronizatsiyasi va b.q.

Yangi telekommunikatsiya texnologiyalarini ishlatishda, namunaviy va bunga o'xshash loyihalar mavjud bo'lmaganda, aloqaning murakkab inshootlarini loyihalash ikki bosqichda olib boriladi (ikki bosqichli loyihalash). Bunda ishchi loyiha hujjati loyihaning muhim hujjati hisoblanadi.

Loyiha bir qator zarur bo'limlardan iborat:

- umumiy tushintirish yozuvi;

- ishlab chiqarish texnologiyasi;

- qurilish qarorlari;

- qurilishni tashkil etish;

- aholi turar joylarining qurilishi;

- ishchi hujjatlarni tutish va b.q.

«Umumiy tushintirish yozuvi» loyihalashga boshlang'ich ma'lumotlarni, texnik-iqtisodiy hisoblarning bajarilish natijalarini va ularni eng yaxshi an'anaviy va xorijiyalarining ko'rsatkichlari bilan taqqosiy farqini ko'rsatadi. Bu bo'limda materiallar, yoqilg'i-energetik va mehnat resurslariga ehtiyoj va ularni ta'minlash yo'llari haqida ma'lumotlar; obyektning tarkibi, qurilish tarkibi, ishga tushirish komplekslari va asosiy ishlarning hajmi, muhandislik tarmoqlari bo'yicha qarorlar, ekologiya va atrof muhit himoyasi va favqulodda holatlar haqidagi ma'lumotlar bayon etiladi. Loyiha qarorlarining boshqa tashkilotlar bilan muvofiqlik masalalari va talab, norma, qoida, yo'riqnoma va standartlarning kelgusi qurilishning barcha jabhalarida rioya etilishi, albatta yoritilgan bo'lishi kerak. Bu hujjatga quyidagi asosiy chizma va sxemalar ilova qilinadi: mavjud va loyihalashtirilayotgan tashqi kommunikatsiyalar va muhandislik tarmoqlari ko'rsatilgan holat plani; mavjud, loyihalashtiriladigan yoki rekonstruksiya qilinadigan inshootlar, shuningdek, chetlashtirish, olib tashlash lozim bo'lgan inshootlar va b.q. aks ettirilgan asosiy plan sxemasi, plani va trassaning bo'ylama profili.

«Ishlab chiqarish texnologiyasi» bo'limi ishlab chiqarish – hisob dasturiga, texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va mexanizatsiyalash va ishlab chiqarishni boshqarish bo'yicha qarorlarga ega. Loyihaning bu qismi, uzatish liniyalarining uskunalari texnik

ekspluatatsiyasini tashkil etishda axborot texnologiyalarining keng koʻllanilishi boʻyicha prinsipial, asosiy qarorlarni aks ettiradi. Boʻlim texnologik jarayonlarini avtomatlashtirish va mexanizatsiyalashning asosiy, prinsipial sxemalari va energiya bilan taʼminlash va aloqani tashkil etishning tuzilish sxemalari bilan uzatib beriladi.

«Qurilish qarorlari» boʻlimi asosiy qurilish qarorlarining qisqacha taʼrifi va asoslariga, ularning zamonaviy qurilish texnologiyalariga mosligiga, shuningdek, elektr, portlash, yongʻin xavfsizligi, inshootlarni turli xildagi korroziyalardan himoyalash boʻyicha, suv bilan taʼminlash, kanalizatsiya, issiqlik, havoni ventilyatsiyasi – shamollatish boʻyicha tadbirlar roʻyxatiga, shuningdek, favqulodda holatlar boʻyicha qarorlarga ega.

«Qurilishni tashkil etish» boʻlimida loyiha hujjatlarining tarkibi, hajmi va tuzilishi, uning qurilishni tashkil etish loyihalarini va ishlab chiqarish loyihalarini tuzish boʻyicha yoʻriqnomalarga mosligi koʻrsatiladi.

«Aholi turar joylarining qurilishi» boʻlimida bu turdagi qurilishning hajmi va loyihalashtirilayotgan optik uzatish liniyasining ishga tushirish komplekslarini foydalanishga kiritishni taʼminlovchi, qurilish ketma-ketligi oʻrnatilgan detalli rejalashtirish boʻyicha qarorlar asoslanadi.

Loyiha tugashida smeta hujjatlari va loyiha pasporti tuziladi, bunda aholi turar joylarining qurilishi chiqarib tashlanadi.

«Ishchi hujjatlar» boʻlimi oʻzida ikki bosqichli loyihalashda loyiha hujjatini namoyon etib, qurilish narxini aniqlash va smeta hisoblari toʻplamini va smetani tuzish boʻyicha uslubiy koʻrsatmalar, yoʻriqnomalar va standart talablariga mos holda bajarilgan, ishchi chizma va smetalarni oʻz ichiga oladi. Ishchi hujjatga qurilish montaj ishlarini ishlab chiqish, texnologik, energetik, transport uskunalari va ular bilan bogʻliq kommunikatsiyalarni oʻrnatish chizmalari ilova qilinadi.

Loyiha hujjatlarini tayyorlash, uzatish liniyasining kelgusi qurilish sharoitlarini va ularning uskunalarini foydalanishga tushirish sharoitlarini toʻliq oʻrganish maqsadida, izlanish ishlari majmuasini oʻtkazishni talab etadi. Izlanish ishlari iqtisodiy va texnik ishlarga boʻlinadi.

Iqtisodiy izlanishlar qurilish koʻzda tutiladigan joyning iqtisodiyotini, xom ashyo va yoqilgʻi olish imkoniyatlarini oʻrganish, qurilishni mahalliy materiallar bilan taʼminlash va boʻlajak korxonaning

qurilishi va ekspluatatsiyasida ishlash uchun mahalliy aholini jalb etish maqsadida olib boriladi. Iqtisodiy izlanishlar faoliyatdagi inshootlar haqidagi va ularni kengaytirish yoki rekonstruksiya qilish imkoniyatlari haqidagi axborotlarni beradi.

Texnik muhandislik izlanishlari bo'lajak qurilish rayonining topografiya, geologiya, metrologiya va boshqa sharoitlarini, ya'ni uning tabiiy sharoitlarini o'rganish uchun olib boriladi. Bu izlanishlar, bu ishlarni bajarish uchun litsenziyaga ega bo'lgan, maxsus izlovchi tashkilot tomonidan bajariladi.

Loyiha va ishchi loyiha tasdiqlangunga qadar, mos keluvchi institutlarga ekspertiza va himoyaga beriladi. Tasdiqlanish hujjatlari bilan birgalikda loyiha – smeta hujjatlarining to'liq majmuasi buyurtmachi va bosh loyihachida saqlanadi. Yangi tarmoqlarni yaratishda va mavjudlarini modernizatsiyalashda kompyuterli loyihalash va modellashtirish usullaridan foydalanish, raqobatga qobiliyatli tarmoqlarni qurishga zamonaviy yondashuv hisoblanadi.

Boshlang'ich ma'lumotlarni o'zgartirishning soddaligi, grafik ko'rinishda tasvirlangan ma'lumot va natijalarning aniqligi, natijalarni olish tezligi, loyiha hujjatlarining olinadigan formalarining turiligi sababli loyihalashning zamonaviy kompyuterli usuli qo'lda bajarilgandagisidan foydaliligi va qulayligi bilan farqlanadi. Bundan tashqari, kompyuterli loyihalash optimallashtiruvchi algoritmlarni ishlatish afzalliklari hisobiga loyiha qarorlarining optimallashtirishini ta'minlaydi.

15.3. Loyihalashning asosiy bosqichlari

Uzatish liniyasini loyihalashda quyidagi masalalar echiladi:

- Uzatish liniyasining trassasini tanlash;
- Oxirgi va oraliq punktlarning ijtimoiy-iqtisodiy xarakteristikalari;
- Talab etiladigan kanallar sonini asoslash va hisoblash;
- Regeneratsiyalash punktlarini joylashtirish va boshqalar.

Uzatish liniyasining trassasini tanlash texnologik loyihalash normalariga muvofiq izlanish jarayonlarida amalga oshiriladi. Trassa uzunligi minimal bo'lishi kerak. Trassaning shahardan tashqaridagi qismi avtomobil yo'llari bo'ylab, o'pirilish va cho'kish bo'lmasligi uchun qishloq xo'jaligi uchun mo'ljallanmagan erlar, shuningdek, kemiruvchi xayvonlar bo'lmasligi uchun bo'ylab o'tishi kerak. Loyihalashda turli xildagi yer osti kommunikatsiyalarning, yuqori voltli

liniyalarning va elektr temir yo'llarining joylashuvini hisobga olish kerak. Trassaning mos keluvchi obyektlar bilan kesishuvi va yaqinlashuvini loyihalash normativ hujjatlarda aniqlanadi.

Aholi punktlarida trassa asosan mavjud yoki loyihalashtirilayotgan kabelli kanalizatsiya bo'ylab, tonnelerde va ayrim xollarda yerda o'tishi kerak. Trassa bo'ylab punktlar orasidagi masofa izlanishlar jarayonida aniqlanadi. Bunda trassaning bir necha variantlari tanlanadi, ular eng afzal variant deb tanlangan uzatish liniyasining holat plani ko'rinishida aks ettiriladi.

Elektrik hisoblashlar uchun punktlar orasidagi masofa, trassaning to'g'ri emasligini va ularni aylanib o'tishda kabel bukilishlarini hisobga oluvchi, kabel uzunligi bo'yicha aniqlanadi. Odatda kabellar uzunligi mos keluvchi trassa uchastkasi uzunligidan oshadi. Normativ zapaslar mos keluvchi uchastka uzunligidan o'rtacha 2% ni tashkil etadi.

Kabelli liniya trassasi shunday tanlanadiki, xamma punktlarni (loyihalash topshirig'ida ko'zda tutilgan) aloqa bilan ta'minlashda inshootlarga va uzatish liniyasining ekspluatatsiyasiga sarf etiladigan xarajatlar minimal bo'lishi kerak.

Trassaning optimal variantini tanlash quyidagi me'zonlar bo'yicha olib boriladi:

- qurilishga minimal kapital xarajatlar;
- minimal ekspluatatsiya xarajatlari;
- xizmat ko'rsatish qulayligi.

Ko'rsatilgan me'zonlarni qoniqtirish uchun trassa berilgan punktlar orasida eng qisqa masofa va qurilishni murakkablashtiruvchi va qimmatlashtiruvchi, to'siqlarning eng kam soniga ega bo'lishi kerak. Agar kabelni avtomobil yo'li bo'ylab yotqizish, trassani juda ham uzunlashtirib yuborsa, trassa kabelini to'g'rilashga ruxsat etiladi.

Suvli to'siqlarni kesib o'tish uchun eng kichik kenglikka ega joy tanlanadi.

Ko'rilgan variantlarning qiyosiy tahlil natijalari jadval ko'rinishida rasmiylashtiriladi, tomonlar yo'nalishi va masshtab ko'rsatilgan kartadan nusxa olinadi va shartli belgilar qo'yiladi.

Oxirgi va oraliq punktlarning ijtimoiy-iqtisodiy xarakteristikalari, tanlangan oxirgi va trassada joylashgan oraliq punktlar orasida aloqaning tashkil etilishini asoslash uchun zarur.

Turli xildagi telekommunikatsiya xizmatlari bo'yicha tanlangan punktlarning bir-biriga intilishi, punktlarning ijtimoiy-iqtisodiy va ma'daniy rivojlanganlik darajasiga, birinchi navbatda aholi soniga

bog‘liq. Shuning uchun xarakteristikada oxirgi ro‘yxatga olish ma‘lumotlari bo‘yicha aholi soni, og‘ir va yengil ishlab chiqarish korxonalari haqidagi moliyaviy-kredit va investitsiya muassasalari, ma‘daniyat markazlari, ilmiy tadqiqot markazlari va o‘quv yurtlari, transport va aloqa, savdo-sotiq va b.q. haqidagi ma‘lumotlar keltiriladi.

Keltirilgan ma‘lumotlar asosida belgilangan aholi punktlarining bir-biriga intilish darajasi haqida, ularni turli xildagi telekommunikatsiya xizmatlari bilan ta‘minlash haqida xulosa qilinadi.

Berilgan aholi punktlarini bog‘lovchi, kerakli kanallar sonini hisoblash va asoslash, bu punktlardagi aholining soniga va aholining ayrim guruhlarining o‘zaro aloqa va turli xildagi xabarlar bilan almashinuviga qiziquvchanlik darajasiga bog‘liq. Istalgan aholi punktidagi aholi soni oxirgi ro‘yxatga olishning statistik ma‘lumotlari asosida aniqlanishi mumkin. Istiqbolli loyihalashda aholining o‘rishini e‘tiborga olish kerak. Istiqbolli loyihalash yili hozirgi vaqtga nisbatan 5...10 yil oldinga qabul qilinadi.

Bir abonent hosil qiladigan solishtirma yuklamani, berilgan yo‘qotishlar qayd etilgan ulanishlarni va loyihalashtirilayotgan magistralniig ma‘lum punktlarida telefon zichligini hisobga olish bilan dastlabki telefon kanallarining soni aniqlanadi.

Turli vazifali telekommunikatsiyalarni (ovozli signallarni uzatish, telegraf aloqasi, ma‘lumot signallarini uzatish, televidenie kanallari va mobil radio aloqa roumingini tashkil etish, internet tarmog‘iga va h.k.) tashkil etish uchun zarur bo‘lgan kanallar soni, ma‘lum punktlarning telefon kanallari soni va telefon zichligi orqali ifodalanishi mumkin. Telekommunikatsiya kanallarining umumiy soni ARK-asosiy raqamli kanal yoki TCHK-tovush chastotali kanallarning ekvivalent sonidan kelib chiqadi.

Uzatish tizimi va kabel turini tanlash birlamchi telefoniya tarmog‘ini quyidagi yo‘nalishlar bo‘yicha rivojlantirishni e‘tiborga olgan holda amalga oshiriladi:

- kabel va raqamli uzatish tizimlarini qo‘llash bilan yangi magistralarni qurish;

- mavjud magistralarni optik kabellarni va optik uzatish tizimlarini qo‘llash bilan rekonstruksiya qilish.

RUT va kabel turini tanlash uchun loyihalashtirilayotgan raqamli uzatish liniyasining vazifasi, talab etiladigan aloqa masofasi, oxirgi va oraliq punktlar orasida talab etiladigan raqamli oqimlar soni haqidagi axborot kerak.

Rekonstruksiya qilish holatida aloqani tashkil etishning variantini tanlash va turli tipdagi TOUT qoʻllanilganda bir turdagi kabel uchun kapital va yillik ekspluatatsiya xarajatlarini taqqoslash asosida olib boriladi.

Kabel markasi trassadagi erning xarakteri, kabelni yotqizish usuliga bogʻliq holda tanlanadi. Barcha hollarda RUT kanal va traktlarining zaruriy sifat koʻrsatkichlarining saqlanilganligi, raqamli uzatish liniyasining iqtisodiy samaradorligi eng asosiy shart hisoblanadi.

Regeneratsiyalash punktlarini joylashtirish quyidagi talablarni hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Raqamli liniya trakti oxirgi punktlar (OP) ning uzatuvchi va qabul qiluvchi liniya trakti uskunalari (LTU) dan, xizmat talab qiladigan (XTQRP) va xizmat talab qilmaydigan regeneratsiyalash punktlari (XTQyRP) dan, regeneratsiyalash uchastkalari (RU) dan va optik kuchaytirish punktlari (KU) dan tarkib topgan.

XTQyRP OP yoki XTQRP dan distansion manba bilan taʼminlanadi, shuning uchun ularni imkon qadar tejimli qilib tayyorlashga intilinadi.

XTQyRP ni taʼminlovchi OP va XTQRP orasidagi masofa distansion taʼminot (DT) masofasi deyiladi va har bir RUT ning pasport maʼlumotlaridan biri hisoblanadi.

OP-XTQyRP, XTQyRP-XTQyRP yoki XTQyRP-XTQRP orasidagi masofa regeneratsiyalash uchastkasi uzunligi deyiladi. RUT ning optik kabeli RU uzunligi uning energetik potensialiga, yaʼni maksimal qoplanadigan soʻnish va optik kabel turiga bogʻliq [123].

Dispersiya buzilishlari uncha katta boʻlmagan hollarda va toʻlqin uzunligi boʻyicha ajratilgan TOUTda kuchaytirish punktlarini qoʻllash maqsadga muvofiq. Kuchaytirgichlarning soni shovqindan himoyalanganlik talablaridan kelib chiqqan holda chegaralanadi. Buzilishlar darajasi yuqori, shovqindan himoyalanganlik talab doirasida boʻlmaganda liniya traktida kuchaytirish punktlari bilan birgalikda maʼlum masofalardan keyin regeneratsiyalash punktlarini ham joylashtirish zarur.

15.4. Tolali optik uzatish liniyalarini loyihalash boʻyicha asosiy qoidalar

Tolali optik uzatish liniyalari (TOUL) ni loyihalashda, istiqbolli loyihalash bilan bogʻliq, ishonchlilikni oshirish, ekspluatatsiya va

kapital xarajatlarni kamaytirish maqsadida, quyidagilarni koʻzda tutish tavsiya etiladi:

- hattoki kichik oʻtkazish qobiliyatli tarmoq uchastkalarida ham faqat bir modali optik tolali (OT) optik kabellarni ishlatish;
- rezerv OTli optik kabellarini qoʻllash;
- talab etilgan oʻtkazish qobiliyatli qismda boshlangʻich maʼlumotlarga nisbatan, liniya traktining yuqoriroq tezlikli apparaturasini qoʻllash.

Bir modali optik tolali optik kabellarning yaratilishi va kelgusi mukammallashuvi, $B \cdot L$ ifodaning chegaraviy qiymatini keskin oshirish imkonini yaratdi, bu yerda V - uzatish tezligi, L - regeneratsiyalash uchastkasi uzunligi. Masalan, eng arzon OTli optik kabel uchun $L=100$ km uzunlikda chegaraviy uzatish tezligi STM-16 (30 ming ARK) sathga mos keladi.

Rezerv OTli optik kabellarni yotqizishning maqsadga muvofiqligi bir necha afzalliklarga ega. Birinchidan, bu axborotlarni fazaviy zichlashtirish deb ataluvchi, istiqbolli rivojlanishga TOUL ning oʻtkazish qobiliyati boʻyicha zaxirani taʼminlaydi. Bunda optik kabeldagi OTlar sonining 10 martaga ortishi TOUL inshootlariga xarajatning atiga 20 % ga oshishiga olib keladi. Ikkinchidan, bu TOUL ning ishlash ishonchligini oshirish uchun rezerv optik toladan samarali foydalanishni taʼminlaydi. Bunda rezerv OTlar ishlatilishi mumkin:

- ishchi OT oʻrnini bosish uchun, agarda ishchi OT ning parametrlari kabelni yotqizish yoki ekspluatatsiya qilishda ruxsat etilgan chegaralar doirasidan chiqib ketgan boʻlsa;

- SRI TOUL uchun rezerv multipleksorlash ulanishini tashkil etish uchun;

- aloqani uzmasdan optik reflektometrni rezerv OT ga ulash yoʻli bilan muntazam rivojlanuvchi rad etishlar sababini aniqlash va lokalizatsiya qilish uchun, agar optik kabeldagi hamma OT lar uchun bu sabab umumiy hisoblansa (masalan, erning siljishidan optik kabelda bukilishlar yuzaga kelishida, ulovchi muftalar buzulganda va h.k.).

Talab etilgan oʻtkazish qobiliyatiga nisbatan liniya traktining yuqori tezlikli, oxirgi apparatini qoʻllash maqsadga muvofiq.

SRI TOUL loyihalashda ham yuqori oʻtkazish qobiliyatli apparaturani qoʻllashni koʻzda tutish maqsadga muvofiq. STM-16 sinxron multipleksor narxi STM-4 multipleksor narxidan 30-40 % ga qimmat, bu ham yana TOUL inshootlariga toʻliq xarajatlarni bir necha foizgagina oshishiga olib keladi. Biroq SRI apparaturasining qoʻshimcha

o'tkazish qobiliyati, istiqbolli rivojlanishda uzatish tezligini oshirish zaruriyati talab etilgunga qadar, tarmoqda rezervlashlarni ishlatish hisobiga ishonchlilik ko'rsatkichlarini oshirish uchun samarali ishlatilishi mumkin.

Shuningdek, TOUL ni loyihalashda quyidagilarni nazarda tutish kerak:

- mahalliy birlamchi tarmoqlarda (bir kuchaytirish uchastkali) TOUL ni tashkil etish;

- regional va magistral birlamchi tarmoqlarda ikki qo'shni tarmoq tugunlari o'rtasida (bir kuchaytirish uchastkali) TOUL uchastkasini tashkil etish, buning uchun zaruriyat tug'ilganda optik kuchaytirgichlar (OK) ni qo'llash;

- imkoniyatlariga va vazifasiga bog'liq holda axborotlarni turli zichlashtirish usullarini to'liq uzunligi bo'yicha, vaqt bo'yicha va fazoviy zichlashtirish usullarini moslashuvchan ishlatish.

Darhaqiqat, TOUT komponentlarining zamonaviy darajasi, birinchi avlod (Fabri – Pero lazerlari) nurlanish manbalari qo'llanilgan, etarlicha arzon va kompakt liniya traktining oxirga apparaturalari (LTA) asosidagi mahalliy birlamchi tarmoqlarda bog'lovchi liniyalarni tashkil etishda, bir yoki bir necha shaffoflik darchalarida ishlashda barcha mumkin bo'lgan masofalarni bir kuchaytirish uchastkasibilan qoplash imkonini beradi.

Bugungi kunda LTA ni ishlab chiqaruvchi ko'pgina kompaniyalar, aloqa vositalari bozorini ko'zda tutgan holda, qoida bo'yicha, qoplanadigan so'nishga bog'liq holda (regeneratsiyalash uchastkasi uzunligi 10 dan 150 km gacha), yagona konstruksiyada, lekin turli narxlarda LTA ning butun bir oilasini ishlab chiqaradi, bu uning aloqa oeratorlari tomonidan tarmoqlarda qo'llanilishi bo'yicha yuqori moslashuvchanlikka olib keladi.

Optik kuchaytirgichlar (OK) ning yaratilishi va ularning LTA tarkibida qo'llanilishi regeneratsiyalash uchastkasining maksimal chegaraviy qiymatini oshirish imkonini berdi, ya'ni ko'pgina hollarda TOUL trassasini zona ichi – regional va magistral birlamchi tarmoqlarda xamroh tarmoq tugunlari orqali loyihalash imkoni yuzaga keldi.

OK ning kuyidagi uch turi aniqlangan:

OK₁ – to'yinish quvvatining katta qiymatiga ega uzatish OK, bevosita LTA ning optik uzatgichi (OUz) chiqishida signal quvvatining sathini oshirish uchun ishlatishga mo'ljallangan;

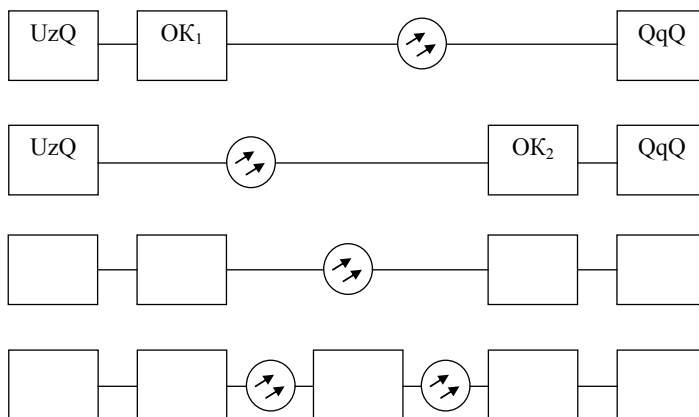
OK₂ – juda kichik shovqin sathiga ega qabul qilish OK, bevosita

LTA ning optik qabul qilgichi (OQq) kirishida uning sezgirligini oshirish uchun ishlatishga mo'ljallangan;

OK₃ – kichik shovqin sathiga ega oraliq OK, uni regeneratsiyalash uchastkasi uzunligini oshirish uchun passiv tolaning uchastkalari orasida o'rnatish tavsiya etiladi.

Turli OK ning qo'llash mumkin bo'lgan sxemalari 15.1-rasmda keltirilgan.

OK qo'llanilgan LTA ning optik ulanish joylari regeneratsiyalash uchastkasi uzunligining masofasi bo'yicha V (very – juda uzun) va U (ultra – eng katta uzunlikli) turdagi ulanish joylari tasniflangan. V turdagi ulanish joylari UzOK + OK₁ + QqOK sxemasiga yoki UzOK + OK₂ + QqOK sxemasiga U turdagi ulanish joylari esa UzOK + OK₁ + OK₂ + QqOK sxemalariga mos keladi.



15.1-rasm. Turli optik kuchaytirgichlarni qo'llash sxemalari

OK ni LTA tarkibida qo'llash imkoniyati TOUL xizmat talab qilmaydigan regeneratsiyalash punktlari (XTQyRP) ning elektr ta'minot muammolarini yuzaga kelmaslik imkonini beradi.

Yuqori tezlikli SRI TOUT ning birinchi avlodlarini tadbqiq etish malakasi ko'rsatgandek, TOUL ni loyihalashda va uni tashqi ruxsat etilmagan ulanishlardan himoyalash zaruriyatiga bog'liq holda imkon qadar XTQyRP inshootlarini qo'llamaslik ham maqsadga muvofiqdir.

Regional va magistral birlamchi tarmoqlarda bir kanalli TOUT uchun OK₃ ni qo'llash ko'pgina holatlarda maqsadga muvofiq, chunki

XTQyRP ning elektr ta'minoti muammolarini xal etish imkonini bermaydi (15.1, v-rasmdagi sxemada masofa OK₃ kiritadigan qo'shimcha shovqin tufayli 15.1, g-rasmda har doim bir kuchaytirish uchastkasigako'p). Boshqa tomondan, mavjudligi bo'yicha OK₂ + OK₁ zanjirni texnologik namoyon etuvchi OK₃ tan narxi bo'yicha STM-4 sathidagi SRI regeneratori narxi bilan o'lchanadigan darajadadir. Shu sababli juda past tezlikli tizimlar uchun (regeneratorli) XTQyRP ni tashkil etish, xizmat talab qilmaydigan (OK₃ li) kuchaytirish punkti (XTQyKP) ni tashkil etishga nisbatan iqtisodiy jihatdan ustun hisoblanadi.

Biroq, OK₃ ni ishlatish samaradorligi, ulardan hattoki bir kanalli TOUT uchun optik tarmoqqa ulanishlarda foydalanishda va to'lqin uzunligi bo'yicha zichlashtirilgan TOUT uchun barcha telekommunikatsiya tarmoqlari uchastkalarida keskin ortadi.

Aloqa tarmoqlarining kelgusi rivojlanishida loyihalashda (o'tkazish qobiliyati bo'yicha) an'anaviy tarzda butun rivojlanish davri rivojlanishning katta (liniya – kabeli inshootlarni almashtirish, ya'ni yangi uzatish liniyasini qurish) va kichik (LTA ni eng yuqori tezlikka almashtirish) hisobiy davrlari deb ataladigan alohida bosqichlarga ajratiladi.

Vaqt omilini hisobga olish bilan texnik vositalar tarkibini optimallashtirish bu bosqichlarning har birida xarajatlar samaradorligining tahlil natijalari bo'yicha amalga oshiriladi.

Zamonaviy optik kabellarning imkoniyatlari TOUL ni jihozlashda o'tkazish qobiliyatining katta zaxirasini ta'minlaydi, bu aloqa tarmog'ini optimallashtirish jarayonida rivojlanishning katta davrlarini hisobga olmaslik imkonini beradi. Boshqacha aytganda, rivojlanish davri mobayniga aloqa tarmog'ini loyihalashda shunday turdagi OT li optik kabellar tanlanadiki, bu OT loyihalashtirilayotgan rivojlanish davri oxiriga TOUL ning talab etiladigan o'tkazish qobiliyatini ta'minlashi kerak.

Bundan tashqari, yuqorida aytib o'tilgandek, rivojlanish davrining boshida talab etilgan o'tkazish qobiliyatiga nisbatan o'tkazish qobiliyatining katta zaxirasiga ega bo'lgan apparaturani qo'llash uchun iqtisodiy asoslangan, qator shart – sharoitlar mavjud.

Natijada zamonaviy TOUL asosidagi taomoqni loyihalashda butun rivojlanish davrida texnik vositalar tarkibini optimallashtirish jarayoni yuqori darajada soddalashadi, chunki vaqt omili hisobga olinmay, mohiyati bo'yicha kapital xarajatlarni optimallashtirish amalga

oshiriladi. Vaqt omili rivojlanish jarayonida TOUL ning oʻtkazish qobiliyatini bosqichma – bosqich oshirishda namoyon boʻladi, bu TOUL ni qurishda boshlanishiga nisbatan kapital xarajatlar (va mos ravishda ekspluatatsiya xarajatlari) ning haqiqatdan juda kichik darajada ortishi bilan kuzatiladi.

Lekin, aynan ana Shu istiqbolli rivojlanishga TOUL ni loyihalashda axborotlarni zichlashtirishning barcha mumkin boʻlgan usullaridan foydalanishni shartlaydi.

Mohiyati boʻyicha, zamonaviy TOUL uchun texnik vositalar tarkibini optimallashtirish bu birinchi navbatda

$$R_{opt} = n \cdot m \cdot B \quad (15.1.)$$

ifoda bilan aniqlanuvchi, oʻtkazish qobiliyati boʻyicha optik kabelning optimal resursini tanlashdir. Yuqoridagi munosabatda n – OT soni, shuningdek, rezerv tolalar soni ham; V – maʼlum L uzunlikli regeneratsiyalash uchastkasidagi chegaraviy uzatish tezligi (OT turi, apparatura xarakteristikalarini va $B \cdot L$ koʻpaytmani oshirish imkonini beruvchi boshqa imkoniyatlar bilan aniqlanadi); m – maʼlum B va L dagi optik kanallarning chegaraviy soni (OT turi, apparatura xarakteristikalarini va toʻlqin uzunligi boʻyicha ajratilgan TOUL uchun xarakterli boʻlgan noxiziqli effektlar taʼsirini kamaytiruvchi boshqa imkoniyatlar bilan aniqlanadi).

15.5. Uzatish liniyasi uchastkalarining uzunligini hisoblash va loyihalash

Tolali-optik uzatish liniya (TOUL) li uchastkalar uzunliklarini XTQyRP sonini kamaytirish uchun iloji boricha katta tanlash kerak. Uchastkaning maksimal uzunligi ikki marta hisoblanadi: fizik uzatish muhitidagi yoʻqotishlardan kelib chiqqan holda va bu muhitning dispersiya xususiyatlariga bogʻliq holda.

Uzatish liniyalari ni loyihalashda ishlatiladigan, tolali optik kabellarning optik tolalari ning asosiy parametrlari 15.1-jadvalda keltirilgan, unda quyidagi belgilashlar qabul qilingan; α – OT ning soʻnish koeffitsiyenti, dB/km; λ – optik nurlanishning toʻlqin uzunligi, mkm; τ – OT ning xromatik dispersiya koeffitsiyenti, ps/nm·km.

Apparaturaning texnik pasporti (sertifikati) da odatda quyidagi parametrlar koʻrsatilgan:

1. Optik signalning uzatish tezligi V , Mbit/s.
2. Nurlanish manbaining toʻlqin uzunligi λ , mkm.

3. Nurlanish manbai turi.
4. Nurlanish manbaining spektr kengligi $\Delta\lambda$, mkm.
5. Nurlanadigan quvvat sathi r_{uz} , dBq.
6. Qabul qilishning minimal sathi $r_{qq\ min}$, dBq.
7. Qabul qilishning maksimal sathi $r_{qq\ maks}$, dBq.
8. Optik traktning qo'shimcha yo'qotishlari ΔA , dB.

Nurlanadigan quvvat sathi ekspluatatsiya muddatining boshida qabul qiluvchi - uzatuvchi optik modul QqUzM chiqishidagi (15.2-rasm) o'rtacha quvvatga mos keladi. Vaqt o'tgan sari nurlanish manbai eskiradi, nurlanadigan quvvat kamayadi. Bu kamayish yoki qo'shimcha yo'qotishlar ΔA yoki minimal nurlanadigan quvvat sathi ($r_{uz\ 0\ min}$, dBq) ni (xizmat muddati oxirida) ko'rsatish bilan e'tiborga olinadi.

Qabul qilishning minimal sathi $r_{qq\ min}$ regeneratorming xatolik ko'effitsiyentining pasportda ko'rsatilgandan yuqori bo'lmagan miqdorini xarakterlaydi. Agar xatolik ko'effitsiyenti loyihalash jarayonida aniqlansa, $r_{qq\ min}$ ni aniqlash kerak.

15.1-jadval

XEA-T tavsiyalariga javob beruvchi OT	λ_1 , mkm	α , dB/km	ΔF , Mgs/km	τ , ps/nm·km
G.651	0,85 1,31	2,5...3,0 0,5...0,7	500 800	- -
G.652	1,31 1,55	0,35...0,5 0,22...0,25	- -	2,5...3,5 17...19
G.653	1,31 1,55	0,35...0,5 0,22...0,25	- -	17...19 2,5...3,5
G.654	1,55	0,17...0,19	-	17...19
G.655	1,55	0,22...0,25	-	6...8

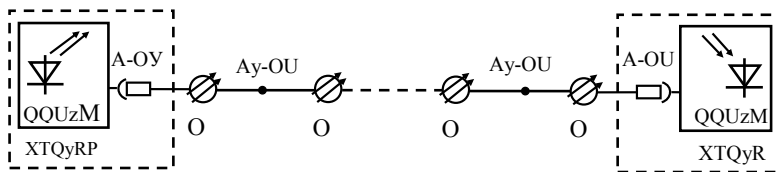
Qabul qilishning maksimal sathi $r_{qq\ maks}$ qabul qilishning shunday sathiga mos keladiki, bu sathning oshishi fotoqabul qilgichning ortiqcha yuklanishiga va berilgan xatolik ko'effitsiyentining ortishiga olib keladi. Ba'zan $r_{qq\ maks}$ o'rniga QqUzM qabul qiluvchi optik modulining

kuchayishni avtomatik rostlovi (KAR) ning chegaralari ΔA_{KAR} , dB (QqUzM dinamik diapazoni) beriladi.

Uzatish sathi va qabul qilishning minimal sathi orasidagi farq tizimning energetik potentsiali deb ataladi

$$E = r_{uz} - r_{qq \min}. \quad (15.1)$$

Regeneratsiyalash uchastkasi uzunligini aniqlash uchun 15.2-rasmda ko'rsatilgandek, uning hisobiy sxemasi tuziladi.



15.2-rasm. RTOU regeneratsiyalash uchastkasining hisobiy sxemasi

Rasmda quyidagi belgilashlar qabul qilingan:

A-OU – ajraladigan optik ulagich; XTQyRP – xizmat talab qilmaydigan regeneratsiyalash punkti; QqUzM – qabul qiluvchi-uzatuvchi optik modul, optik signalni elektr signalga o'zgartiradi, elektr signalning parametrlarini qayta tiklaydi va uni optik signalga o'zgartiradi (optik traktning oxirgi apparaturasi); Ay-OU – ajralmaydigan optik ulagich; OT – optik tola. 15.2-rasm bo'yicha regeneratsiyalash uchastkasining so'nishi quyidagiga teng:

$$A_{maxc} = 2 \cdot A_A + q \cdot A_{Au} + \alpha \cdot l_{py} + A_t + A_B, \text{ dB}, \quad (15.2)$$

bu yerda: l_{RU} – regeneratsiyalash uchastkasi uzunligi; A_A – ajraladigan optik ulagichning so'nishi, 0,5...1,5 dB ga teng; A_{Ay} – ajralmaydigan optik ulagichning so'nishi, 0,05 dB ga teng; α – optik tolaning so'nish koeffitsiyenti, dB/km; A_t – raqamli TOUT, shuningdek, OT parametrlarining harorat o'zgarishlariga ruxsat etilgan qiymati, tipli raqamli TOUT (RTOU) uchun 0,5...1,5 dB ga teng; A_V – vaqt o'tishi (eskirish, degradatsiya va b.q.) bilan RTOU elementlari parametrlarining yomonlashuviga ruxsat etilgan qiymat, optik nurlanish manbai va qabul qilgichining turi va ularning kombinatsiyasiga bog'liq va $A_V = 2 \dots 6$ dB ga teng.

(15.2) da q – ajralmaydigan optik ulagichlar sonidan tashqari hamma kattaliklar ma'lum. q soni optik kabelning qurilish uzunliklari l_{qur} sonidan bittaga kam:

$$q = l_{ru \text{ maks}} / l_{qur} - 1. \quad (15.3)$$

q qiymatni (15.2)ga qo'yib va murakkab bo'lmagan o'zgartirishlarni bajarib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$l_{py \text{ макс}} = \frac{\mathcal{E} + A_{\text{Аи}} - 2A_{\text{А}} - \mathcal{E}_3}{\alpha + A_{\text{Аи}}/I_{\text{кyp}}}, \text{ км}, \quad (15.4)$$

bu yerda $E_e = A_t + A_v$ – energetik ekspluatatsion zaxira, mos ravishda optik tola va TOUT apparaturasi elementlarining eskirish effektini kompensatsiyalash uchun zarur.

QqUzM ning qabul qiluvchi qurilmalari kuchayishni avtomatik rostlash KAR tizimlari bilan jihozlanadi. KAR rostlash chegarasiga ega bo'lib, u regeneratsiyalash uchastkasining minimal loyihaviy uzunligini aniqlaydi:

$$l_{py \text{ мин}} = \frac{\mathcal{E} + A_{\text{Аи}} - 2A_{\text{А}} - \mathcal{E}_3 - A_{\text{APV}}}{\alpha + A_{\text{Аи}}/I_{\text{кyp}}}, \text{ км}, \quad (15.5)$$

Agar mahalliy sharoitlarga mos holda uchastka uzunligi minimal uzunlikdan qisqa bo'lishi kerak bo'lsa, QqUzM kirishida optik attenuator joylashtiriladi. Shuningdek, loyihalashda optik toladagi dispersiya bo'yicha ham regeneratsiyalash uchastkasining chegaraviy uzunligi l_{ruD} hisoblanishi kerak.

Ko'p modali (KM) optik tola (XEI G. 651 tavsiyalariga mos keluvchi) uchun l_{ruD} optik tolaning keng polosaliligi ΔF va raqamli signallarni uzatish tezligi V (Mbit/s) bilan aniqlanadi:

$$l_{py \text{ д}}^{\text{KM}} \leq 2 \cdot \Delta F / B, \text{ км}. \quad (15.6)$$

Bir modali (BM) OT uchun l_{ruD} nafaqat uzatish muhiti (OT) ning parametrlariga, balki apparatura (QqUzM) ning xarakteristikalariga ham bog'liq:

$$l_{py \text{ д}}^{\text{KM}} \approx E \cdot 10^6 / \tau \cdot \Delta \lambda \cdot B, \text{ км}, \quad (15.7)$$

bu yerda τ – OT ning xromatik dispersiya koeffitsiyenti (15.1-jadval); $\Delta \lambda$ – optik nurlanish polosasining o'rtacha kvadratik kengligi, nm; yorug'lik diodlari (YOD) uchun 24... 40 nm ga va yarim o'tkazgichli lazer diolar (LD) uchun 0,2...5 nm ga teng. E qiymati YOD va bir modali LD uchun 0,306; STM – 16 trakti uchun 0,491; ko'p modali LD uchun 0,115 deb olingan.

Agar spektr kengligi – 20 dB ($\Delta \lambda_{20}$) sathda aniqlangan bo'lsa, u holda o'rtacha kvadratik kenglik $\Delta \lambda = \Delta \lambda_{20} / 6,07$ singari aniqlanadi.

Raqamli tolali optik uzatish tizimining liniya trakti parametrlarini baholash

Optik nurlanishni qabul qilish sathi regeneratsiyalash uchastkasi uzunligi bo'ylab energetik potensialning taqsimlanishi, regeneratorning qaror qabul qilish nuqtasida signalni xalaqitlardan himoyalanganligi, QqUzM ning tezkorligi va sezgirlik chegarasi bilan aniqlanadi.

Regeneratsiyalash uchastkasi uzunligi bo'ylab energetik potensialning taqsimlanishini hisoblash. Liniya regeneratoring QqUzM kirishiga tushuvchi, optik quvvatning sathi TOUT ning energetik potensialiga, OTdagi quvvat yo'qotishlariga, ajraladigan va ajralmaydigan ulagichlarda optik nurlanish quvvatining yo'qotishlariga bog'liq.

Hisoblashlarni bajarishdan avval regeneratsiyalash uchastkasi uzunligi bo'ylab energetik potensialning taqsimlanishini hisoblash uchun boshlang'ich ma'lumotlardan iborat jadvalni tuzish kerak (15.2-jadval).

15.2-jadval

№	Parametrlar	Belgil a- nishi	O'Ich ov birligi	Parame tr-ning qiyamati
1	Optik signalni uzatish quvvatining sathi	r_{uz}	dBq	- 4
2	Optik nurlanishni qabul qilish quvvatining minimal sathi	r_{qq}	dBq	-35
3	RTOUT ning energetik potentsiali	E	dB	31
4	Regeneratsiyalash uchastkasining uzunligi	l_{ru}	km	24
5	Optik kabelning qurilish uzunligi	l_{qur}	km	4
6	Ajraladigan ulashlar soni	q_{Au}	-	2
7	Ajraladigan ulagichda optik signalning so'nishi	A_A	dB	0,5
8	Ajralmaydigan ulashlar soni	q	-	7
9	Ajralmaydigan ulagichda optik signalning so'nishi	A_{Ay}	dB	0,1
10	Optik kabelning so'nish koeffitsiyenti	α	dB/km	0,7

Misol. RTOUT uchun regeneratsiyalash uchastkasi uzunligi bo'ylab energetik potensialning taqsimlanishini hisoblash, uning texnik parametrlari 15.2-jadvalda keltirilgan.

Echish.

1. Birinchi ajraladigan ulagichdan (A-OU) keyin optik signalning sathini aniqlaymiz:

$$r_{A1} = r_{uz} - A_A = -4 - 0,5 = -4,5 \text{ dBq.}$$

2. Stansiya optik kabelining birinchi ajralmaydigan ulagichi (Ay-OU) dan keyin uzatish sathini aniqlaymiz

$$R_{Ay1} = r_{A1} - A_{Ay} = -4,5 - 0,1 = -4,6 \text{ dBq.}$$

3. So'ng signal qurilish uzunligi $l_{qur} = 4 \text{ km}$ va so'nish koeffitsiyenti $\alpha = 0,7 \text{ dB/km}$ bo'lgan liniya optik kabeli bo'yabuzatiladi. Ikkinchisi Ay-OU kirishida signal sathi quyidagiga teng bo'ladi

$$r_{Ay2kir} = r_{Ay1} - \alpha \cdot l_{qur} = -4,6 - 0,7 \cdot 4 = -7,4 \text{ dBq.}$$

Regeneratsiyalash uchastkasining barcha tashkil etuvchilari uchun shunday hisoblashlarni bajarib, ikkinchi A-OU kirishida oltinchiqurilish uzunligidan keyinsignal sathi $r_{Ay7} = -22,0 \text{ dBq}$ ga teng bo'ladi.

Qabul qilish sathi, ya'ni ikkinchi A-OU chiqishida optik nurlanish sathi quyidagiga teng

$$r_{qq} = r_{Ay7} - A_A = -22,0 - 0,5 = -22,5 \text{ dBq.}$$

Regeneratsiyalash uchastkasining umumiy so'nishi

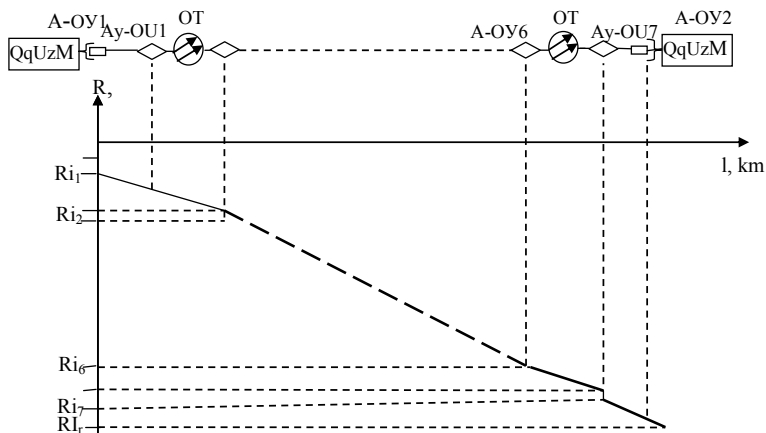
$$A_m = r_{uz} + r_{qq} = -4 - (-22,5) = 18,5 \text{ dB.}$$

Hisoblash natijasi bo'yicha xulosa qilish mumkinki, RTOUT ning regeneratsiyalash uchastkasining so'nishi, $E = 31 \text{ dB}$ ga teng bo'lgan energetik potensialidan kichik. Eksploatatsion zaxirani $E_z = A_t - A_v = 6 \text{ dB}$ ga teng deb qabul qilish mumkin.

Energetik potensial taqsimlanishining hisoblangan natijalarini jadval yoki diagramma (15.3-rasm) ko'rinishida keltirish mumkin. Rasmda quyidagi belgilashlar qabul qilingan: QqUzM - qabul qiluvchi uzatuvchi modul; A-OU - ajratiladigan optik ulagich; Ay-OU - ajralmaydigan optik ulagich; OT - optik tola.

Energetik potensialning taqsimlanish diagrammasining hamma uzatish sathlari hisoblanganligi uchun, u shartli masshtabda tasvirlanishi mumkin, lekin diagrammaning xarakterli, asosiy nuqtalari ko'rsatilgan bo'lishi shart.

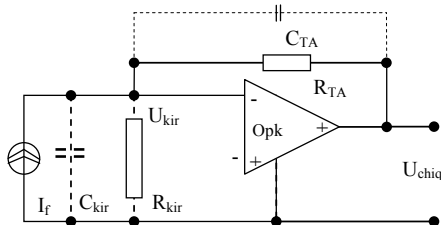
Energetik potensialning taqsimlanish diagrammasi optik liniya traktining asosiy parametrlarini hisoblash uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Bu parametrlar: shovqinlarning har xil turlari, birlamchi regeneratoring xatolik ehtimolligi, RTOUT tezkorligi va liniya regeneratori QqOM ning sezgirlik chegarasi.



15.3-rasm. Energetik potensialning taqsimlanish diagrammasi

Optik traktning regeneratoring qaror qabul qilish nuqtasi (RQQN) da signalni halaqitlardan himoyalanganligini hisoblash.

QqUzM ning qabul qiluvchi optik modulida signalga asosan xususiy va drob xalaqitlari taʼsir etadi.



15.4-rasm. Fotodetektor kuchaytirgichining tipli sxemasi

Xususiy xalaqitlar, fotodetektor kuchaytirgichi kirishiga taʼsir etuvchi issiqlik xalaqitlari va uning ichki xalaqitlari bilan aniqlanadi. Drob xalaqitlari fotodetektorda roʻy beradigan jarayonlarning kvant tabiati bilan tushintiriladi. Fotodetektor kuchaytirgichi sifatida odatda transimpedansli deb ataladigan kuchaytirgich ishlatiladi, u “tok – kuchlanish” oʻzgartirgich hisoblanadi. Bunday kuchaytirgich kuchlanish boʻyicha kuchaytirishning katta koeffitsiyentiga ega operatsion kuchaytirgich (OpK) dan, va kirish va chiqish boʻyicha parallel, chuqur

umumiy teskari aloqani hosil qiluvchi R_{TA} rezistoridan (15.4-rasm) tuzilgan. R_{kir} rezistori FQq diodining dinamik qarshiligini, uning siljish zanjirlarini va OpK kirish qarshiligini aks ettiradi. S_{kir} kondensator fotodetektorning yig'indi sig'imini, OpK ning kirish sig'imi va montajini, S_{TA} kondensatori esa – R_{TA} ulanish nuqtalarida parazit sig'imni aks ettiradi. Odatda $R_{kir} > R_{TA}$, $S_{kir} > S_{TA}$. Aytib o'tilgan shartlar bajarilganda quyidagilarni yozish mumkin: $U_{chiq} \approx I_f \cdot Z_{TA}$, quyi chastotalarda $U_{chiq} \approx I_f \cdot R_{TA}$, chegaraviy chastota – $f_{cheg} = (2\pi R_{TA} \cdot S_{TA})^{-1}$ dan yuqorida uzatish koeffitsiyentining $\sqrt{2}$ martadan kattaga kamayishi ro'y beradi. Agar kirish optik signali o'zida NRZ kodi ketma-ketligini namoyon etsa, chegaraviy chastotani signalning f_t taktili chastotasiga teng deb olish mumkin, unda teskari aloqa rezistorining qarshiligi:

$$R_{TA} \leq (2\pi f_t \cdot S_{TA})^{-1} \quad (15.8)$$

shartni qanoatlantirishi kerak.

Issiqlik xalaqtlari tokining ta'sir etuvchi qiymatini Naykvist formulasi bo'yicha aniqlash mumkin:

$$I_{is,x} \approx (4kTf_V / R)^{1/2},$$

Bu yerda $k=1,38 \cdot 10^{-23}$, Dj/grad - Bolsman doimiysi; T – Kelvin graduslaridagi temperatura; f_V , Gs – xalaqitlar toki aniqlanadigan chastota polosasi; R, Om – xalaqitlar tokini hosil qiluvchi rezistorning qarshiligi.

Ushbu holatda $f_V = f_t$ va $R = R_{TA}$ deb taxmin qilish mumkin. Kuchaytirgichning ichki xalaqitlarini uning xalaqitlar koeffitsiyenti F_{kuch} yordamida hisobga olish qulay. F_{kuch} bu kuchaytirgich orqali o'tuvchi signalning xalaqitdan himoyalanganligi qanchaga kamayishini ko'rsatadi. Shu tarzda, kuchaytirgich kirishidagi xususiy xalaqitlarning toki

$$I_{xx} = (4kTF_{kuch} \cdot 0,7f_t / R_{TA})^{1/2} \quad (15.9)$$

ga teng bo'ladi.

Fotodetektor kuchaytirgichi kirishida drob xalaqtlari tokining ta'sir etuvchi qiymati SHottki formulasi bo'yicha aniqlanadi

$$I_{dx} = (2qI_f M^{(2+\alpha)} f_V)^{1/2}, \quad (15.10)$$

bu yerda $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$, K - elektron zaryadi; I_f - fototokning o'rtacha qiymati; M - ko'chkisimon ko'payish koeffitsiyenti; f_V - drob toki aniqlanadigan chastota polosasi; α – fotodiod materialining xususiyatlariga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent (kremniy diodlari uchun $\alpha = 0,2...0,4$; germaniy diodlari uchun - $\approx 1,0$; indiy fosfadi va boshqa materialli diodlar uchun $\approx 0,8$).

I_f - fototok o'rtacha qiymati FQq kirishidagi yorug'lik

nurlanishining o'rtacha quvvati R_{kir} bilan, monoxromatik tok sezgirligiga bog'liq

$$S_i = I_f / R_{kir} = \lambda \eta q / (hc), \quad (15.11)$$

bu yerda λ - nurlanish to'liq uzunligi; η - kvant samaradorligi; $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Dj·s – Plank doimiysi; s – vakuumdagi yorug'lik tezligi.

Agar λ mkm da ifodalansa, unda $S_i = \lambda \eta / 1,24$ A/Vt. r-i-n fotodiodlar uchun $M = 1$, ko'chkisimon fotodiodlar (KFD) uchun chiqish fototoki birlamchi fototokdan M martaga ko'p.

Kuchaytirgich chiqishida kutiladigan signal-xalaqit nisbati – Q ni aniqlaymiz. $QqUzM$ ning keyingi elementlari bu nisbatni amalda yomonlashtirmaydi deb hisoblash mumkin, Shu tarzda bu nisbat $RQQN$ da signalning xalaqitlaridan himoyalanganligini $A_{x,him} = 20 \lg Q$ xarakterlaydi

$$Q = I_f M / [2q I_f M^{(2+\alpha)} + 4kTF_{kuch} / R_{TA} f_v]^{1/2}. \quad (15.12)$$

Yuqori sifatli bo'lmagan $QqUzM$ ga ega uskunada, (15.11) formulaga qorong'ilik tokining o'rtacha kvadratik qiymatini ham kiritish kerak. Qorong'ilik tokining o'rtacha kvadratik qiymati foydali signal bilan bog'liq bo'lmagan, fonli nurlanish ta'sirida tashuvchilarning tasodifiy issiqlik generatsiyasi bilan aniqlanadi

$$I_q^2 = 2e I_q M^{(2+\alpha)} f_v,$$

bu yerda I_q – qorong'ilik tokining o'rtacha qiymati, germaniyli fotodiod uchun $(1...8) \cdot 10^{-7}$ A, kremniyli fotodiod uchun $(1...8) \cdot 10^{-8}$ A ga teng.

(15.11) ifodani M funksiya kabi, maksimumga tadqiq etib, ko'chkisimon ko'payish koeffitsiyentini aniqlaymiz, bunda signal-xalaqit nisbati maksimal bo'ladi:

$$M_{opt} = [4kTF_{kuch} / (R_{TA} q \alpha I_f)]^{1/(2+\alpha)}. \quad (15.13)$$

Ko'payishning optimal koeffitsiyentida drob va xususiy xalaqitlar nisbati $2/\alpha$ ga teng.

r-i-n fotodiod uchun $M = 1$ va drob shovqinlari juda kichik. Shuning uchun

$$Q = [I_f^2 R_{TA} / (4kTF_{kuch} f_v)]^{1/2}. \quad (15.13a)$$

$$(4kTF_{kuch} / R_{TA})^{1/2} = i_{esh}, A / \sqrt{f_v} \text{ kattaligi ekvivalent shovqin toki}$$

deyiladi va odatda r-i-n diod asosidagi fotodetektor kuchaytirgichlari parametrlarini ko'rsatadi. Bu holda

$$Q = I_{\varphi} / (i_{esh} \sqrt{f_B}).$$

Misol. Uchinchi sinxron ierarxiya pog'onasi (STM-16, $f_t=2,5$ GGs) uchun xalaqitlardan himoyalanganlikni aniqlaymiz. Uzatgichning to'liq uzunligi $\lambda=1,55$ mkm, agar kirish signalining sathi $r_{kir} = -28$ dBq bo'lsa, fotoqabul qilgich bir holat uchun r-i-n fotodiod, boshqasida esa KFD asosida tayyorlangan. KFD materiali – indiy fosfadi, ikkala holda kvant samaradorligi $\eta=0,85$. Kuchaytirgich xona temperaturasi $T=293^\circ$ K da ishlaydi, teskari aloqa zanjirida parazit sig'im $S_{TA}=0,12$ pF.

(15.8) munosabatdan R_{TA} ning maksimal ruxsat etilgan qiymatini aniqlaymiz:

$$R_{TA} = (2\pi \cdot 2,5 \cdot 10^9 \cdot 0,12 \cdot 10^{-12})^{-1} \approx 530 \text{ Om}$$

Fotoqabul qilgich kirishida o'rtacha kirish optik quvvat quyidagiga teng:

$$R_{kir} = 1 \cdot 10^{0,1 \cdot r_{kir}} = 1 \cdot 10^{0,1 \cdot (-28)} = 1,585 \cdot 10^{-3} \text{ mVt} = 1,585 \cdot 10^{-6} \text{ Vt}.$$

Monoxromatik tok sezgirligi (15.10) $S_i = 1,55 \cdot 0,85/1,24 = 1,06$ A/Vt ga teng, bundan fototokning o'rtacha qiymati

$$I_r = S_i \cdot R_{kir} = 1,06 \cdot 1,585 \cdot 10^{-6} = 1,68 \cdot 10^{-6} \text{ A}.$$

(15.13) munosabatdan r-i-n fotodiod qo'llanilgan holda signal-xalaqit munosabatini aniqlaymiz

$$Q = [(1,68 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 530 / (4 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 2,5 \cdot 10^9)]^{1/2} = 5,14$$

Shu tariqa, bu holda $A_{x,him} = 20 \lg 5,14 = 14,22$ dB.

KFD qo'llanilganda ko'payishning optimal koeffitsiyenti (15.13) munosabatdan aniqlanadi

$$M_{opt} = [4 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 2 / (530 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,8 \cdot 1,68 \cdot 10^{-6})]^{1/(2+0,8)} = 7,52.$$

Bu qiymatni (15.12) ga qo'yib, RQQN da signal xalaqit nisbatiga ega bo'lamiz, u quyidagiga teng

$$Q = \frac{1,68 \cdot 10^{-6} \cdot 7,52}{[(2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,68 \cdot 10^{-6} \cdot 7,52^{(2+0,8)} + 4 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 2/530) \cdot 0,7 \cdot 2,5 \cdot 10^9]^{1/2}} = 20,7,$$

bu RQQN da xalaqitlardan himoyalanganlikka $A_{x,him} = 20 \lg 20,7 = 26,3$ dB ga mos keladi, u holda r-i-n fotodiod asosidagi fotoqabul qilgichga nisbatan taxminan 12 dB yutuq mavjud.

Xususi va drob xalaqitlari (uning ko'chkisimon ko'payish sharoitida) oniy qiymatlarning gaussov taqsimlanishiga ega, bu regeneratorning xatolik koeffitsiyentini bu holatlarda etarlicha oson baholash imkonini beradi.

Ko'pincha teskari vazifani echish talab etiladi: Q_{te} talab etiladigan xalaqitlardan himoyalanganlik bo'yicha, u regeneratorning ruxsat etiladigan xatolik koeffitsiyenti va ekspluatatsion zaxira bilan aniqlanadi, masalan,

$$\hat{A}_{yq} = 4,63 + 11,42 \lg(1/p_x) + 20 \lg(m_y - 1) + \Delta A_{\text{daz}}, \text{ dB},$$

dan fotoqabul qilgichning mos keluvchi (minimal) sezgirligi p_{\min} ni aniqlash. Minimal sezgirlik uning kirishida optik signalning minimal o'rtacha quvvatiga mos keladi.

$$P_{\min} = 10^{(0,1 p_{\min})} \cdot 10^{-3}, \text{ Vt}.$$

p-i-n FD asosidagi fotoqabul qilgich uchun (15.11) va (15.13a) munosabatlaridan quyidagi kelib chiqadi

$$P_{\min} = (Q_{te}/S_i) \cdot (4kT \cdot F_{kuch} \cdot f_B/R_{TA})^{1/2}. \quad (15.14)$$

Agar ekvivalent shovqin toki i_{esh} berilgan bo'lsa, unda bu ifoda soddalashadi

$$P_{\min} = Q_{te} \cdot i_{esh} \cdot \frac{\sqrt{f_B}}{S_i} f_v(16.14a)$$

Fotoqabul qilgichning minimal sezgirligi

$$P_{\min} = 10 \lg(P_{\min}/1), \text{ mBt, dBq}$$

ni tashkil etadi.

Misol. Yuqoridagi ko'rilgan holat uchun p-i-n fotoqabul qilgichning minimal sezgirligini aniqlaymiz, RQQN da talab etiladigan xalaqitlardan

himoyalanganlik $A_{te,him}$ 27 dB dan kichik bo‘lmasligi kerak.

$$Q_{te}=10^{(27/20)}=22,4.$$

$$P_{min}=(22,4/1,06) \cdot (4 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 2,5 \cdot 10^9/530)^{1/2}=6,91 \cdot 10^{-6} \text{ Bt},$$

$$P_{min} = 10 \lg (6,91 \cdot 10^{-3}) = -21,6 \text{ dBq}.$$

SHunga o‘xshash topshiriq KFD li fotoqabul qilgich uchun bir muncha murakkabroq echiladi. Buning uchun (15.12) formulaga (15.13) formuladan aniqlangan, ko‘chkisimon ko‘payish koeffitsiyentining optimal qiymatini qo‘yish kerak. Shuningdek, shuni e‘tiborga olish kerakki, optimal ko‘payish koeffitsiyentida drob va xususiy halaqitlarning quvvatlarining nisbati $2/\alpha$ ga teng, ya‘ni $U_{dx}^2 = 2 \cdot U_{xx}^2/\alpha$. Bundan fotoqabulqilgich kirishidagi optik signalning minimal o‘rtacha quvvati quyidagicha ifodalanadi:

$$P_{min}=S_1^{-1}[(Q_{te}^2(1+2/\alpha) \cdot f_v)/((4kTF_{kuch}/R_{TA})^{-\alpha/(2+\alpha)} \cdot (q \cdot \alpha)^{-2/(2+\alpha)})]^{(2+\alpha)/(2(1+\alpha))}. \quad (15.15)$$

(15.15) munosabat haqiqiy bo‘lishi uchun signal sathiga bog‘liq bo‘lmasligi kerak. Bu p-i-n FD uchun xarakterli, chunki unda xalaqitlarning drob tashkil etuvchisini hisobga olmasa ham bo‘ladi. Impulslar uzatilganda xalaqitlarning ortishi va drob tashkil etuvchi hisobiga pauzalar o‘tishida xalaqitlarning kamayishi KFD li fotoqabulqilgich uchun xarakterli. Malaka shuni ko‘rsatadiki, (15.15) munosabat ana shu holatda ishlatilishi mumkin, lekin regeneratorda qaror qabul qilish chegarasi signal kuchlanishining o‘rtacha qiymatidan bir muncha kichik qiymatda qabul qilinishi kerak. Misol: yuqoridagi misollarda ko‘rsatilgan sharoitlarda KFD asosidagi fotoqabulqilgichning minimal sezgirligini aniqlaymiz. Qabul qilishda minimal o‘rtacha quvvatni (15.15) formula orqali aniqlaymiz:

$$P_{min} = 1,06^{-1} \left[\frac{22,4^2(1+2/0,8) \cdot 0,7 \cdot 2,5 \cdot 10^9}{(4 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 2/530)^{-0,8/(2+0,8)} \cdot (1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,8)^{-2/(2+0,8)}} \right]^{2(1+0,8)} = 1,895 \cdot 10^{-6} \text{ Bm}$$

U holda fotoqabul qilgichning minimal sezgirligi

$$P_{\min}=10\lg(1,895 \cdot 10^{-3})=-27,2\text{dBq}$$

bo'ladi, ya'ni oldingi holatga nisbatan taxminan 6dB yutuqqa ega.

Tolali optik uzatish liniyasining tezkorligini hisoblash.

Tolali optik uzatish liniyasi (TOUL) ning tezkorligi QqUzM elementlarining inertligi va OTning dispersiya xususiyatlari bilan aniqlanadi. Tezkorlikni aniqlash va ularni taqqoslash kerak.

Raqamli TOUL ning ruxsat etiladigan tezkorligi uzatiladigan signalning xarakteriga raqamli liniya signalining uzatish tezligiga bog'liq va

$$t_{re} = \beta / B, \text{ ns} \quad (15.16)$$

munosabatdan aniqlanadi, bu yerda β raqamli liniya signalining liniya kodi xarakterini hisobga oluvchi koeffitsiyent va NRZ kodi uchun 0,7 ga va qolgan hamma kodlar uchun 0,35 ga teng; V - raqamli liniya signalining uzatish tezligi.

TOUL ning kutiladigan tezkorligi (tolali-optik uzatish tizimi va optik kabel majmuasi sifatida) quyidagiga teng

$$t_{kym} = \sqrt{t_{y3}^2 + t_{kk}^2 + t_{OT}^2}, \text{ ns}, \quad (15.17)$$

bu yerda t_{y3} - uzatuvchi optik modul (UzOM) ning tezkorligi, u raqamli liniya signalining uzatish tezligiga va nurlanish manbaining turiga bog'liq; t_{kk} - QqOM tezkorligi bo'lib, raqamli liniya signalining uzatish tezligi va fotodetektor turi bilan aniqlanadi; t_{OT} - optik nurlanish impulsning regeneratsiyalash uchastkasining optik tolali kabeli bo'ylab o'tgandagi uning kengayishi, ko'p modali OT uchun u quyidagiga teng

$$t_{OT} = 10^3 \cdot l_{py} / \Delta F, \text{ HC}, \quad (15.18)$$

bu yerda ΔF - OT ning nisbiy o'tkazish polosasi, MGs/km, bir modali optik tola uchun esa

$$t_{OT} = 10^{-3} \cdot \tau \cdot \Delta\lambda \cdot l_{py}, \text{ HC}, \quad (15.19)$$

bu yerda τ - optik tolaning xromatik dispersiya koeffitsiyenti, ps/nm·km; $\Delta\lambda$ - optik nurlanish polosasining o'rtacha kvadratik kengligi, nm; yorug'lik diodlari uchun 24...40nm va yarim o'tkazgichli lader diodlar uchun 0,2...5 nm ga teng.

UzOM va QqOM larning tezkorligi tipli uzatish tezliklari uchun 15.3-jadvalda keltirilgan.

Agar $t_{kut} < t_{re}$ bo'lsa, kabel turini va regeneratsiyalash uchastkasi uzunligini tanlash to'g'ri bajarilgan bo'ladi.

$t_{re} - t_{kut} = \Delta t$ – kattalik tezkorlik bo'yicha zaxira. Uning etarlicha katta qiymatida TOUL komponentlariga talabni kamaytirish mumkin. Agar $t_{kut} > t_{re}$ bo'lsa, boshqa parametrlri UzOM, QqOM va optik kabellarni tanlash kerak.

15.3-jadval

QqUzM tezkorligi	Raqamli oqimning uzatish tezligi, Mbit/s						
	8	34	140	565	155	622	2500
$t_{uz, ns}$	5	3	0,5	0,15	1	0,1	0,05
$t_{qq, ns}$	4	2,5	0,4	0,1	0,8	0,08	0,04

Misol. XEI ning G.652 tavsiyalariga javob beruvchi OT bo'ylab $\lambda = 1,55$ mkm to'lqin uzunligida ishlovchi, regeneratsiyalash uchastkasi uzunligi

$l_{ru} = 80$ km, xromatik dispersiya koeffitsiyenti $\tau = 18,2$ ps/nm·km, $\Delta\lambda = 0,5$ nm ga teng TOUL ning tezkorligini aniqlash. Axborot oqimining uzatish tezligi

$V = 140$ Mbit/s, liniya kodining turi 10V1R1R.

Echish.

1. $V = 140$ Mbit/s va 10V1R1R turdagi kod qo'llanilganligi uchun (15.16) munosabatga $\beta = 0,35$ ni qo'yib, ruxsat etiladigan tezkorlik t_{re} qiymatini aniqlaymiz:

$$t_{re} = \beta / V = 0,35 / 140 \cdot 10^6 = 2,5 \text{ ns.}$$

2. (15.19) munosabatga $l_{ru} = 80$ km qiymatni qo'yib, regeneratsiyalash uchastkasi bo'ylab tarqalishdagi impulsning kengayish miqdorini topamiz

$$t_{OT} = 10^{-3} \cdot \tau \cdot \Delta\lambda \cdot l_{py} = 18,2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 80 = 0,728 \text{ ns.}$$

3. (15.17) munosabat orqali unga 15.3-jadvaldan olingan $t_{uz} = 0,5$ ns va

$t_{qq} = 0,4$ ns qiymatlarini va $t_{ot} = 0,728$ qiymatini qo'yib, kutiladigan tezkorlik t_{kut} miqdorini aniqlaymiz

$$t_{\text{dov}} = \sqrt{t_{\text{oc}}^2 + t_{\text{ee}}^2 + t_{\text{OT}}^2} = 0,5 + 0,4 + 0,728 = 1,628 \text{ ns.}$$

Olingan qiymatlarni taqqoslash shuni ko'rsatmoqdaki, $t_{kut} < t_{re}$ shart bajarildi, ya'ni TOUL va uning komponentlarining asosiy parametrlari to'g'ri tanlangan.

Tezkorlik bo'yicha QqUzM ning sezgirlik chegarasini hisoblash. QqUzM ning asosiy parametrlaridan biri bu uning sezgirliigi, ya'ni QqUzM fotodetektorida barqarortutiladigan, $\tau=1/V$ davomiylikka ega optik signalning minimal detektorlanadigan quvvati (MDQ) hisoblanadi.

Taxminan MDQ sathi r_{min} quyidagi munosabat orqali aniqlanishi mumkin:

$$P_{\text{iei}} = \begin{cases} -55 + 11 \lg B, \\ -55 + 10 \lg B, \end{cases}$$

va

$$P_{\text{iei}} = \begin{cases} -70 + 10,5 \lg B, \\ -70 + 10 \lg B, \end{cases}$$

ko'chkisimon fotodiod uchun.

r_{min} MDQ ning absolyut sathini va QqUzM ning uzatish sathlarini bilgan holda, tezkorlik bo'yicha TOUT ning energetik potensialini olish mumkin:

$$E_t = r_{uz} - r_{min}, \text{ dB.} \quad (15.22)$$

Misol. Raqamli liniya signallarining uzatish tezligi $V=41,242$ Mbit/s ga teng va uzatish sathi $r_{uz} = -4$ dB bo'lgan RTOUT uchun tezkorlik bo'yicha energetik potensial va r_{min} MDQ sathini aniqlash. Fotodetektor KFD asosida ishlab chiqarilgan.

Echish. Mos keluvchi (15.22) formulaga $V=41,242$ Mbit/s ni qo'yib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$r_{min} = -70 + 10,5 \lg V = -70 + 10,5 \lg 41,242 = -53 \text{ dBq.}$$

Tezkorlik bo'yicha energetik potensialning taqribiy qiymati (15.22)

$$E_t = r_{uz} - r_{min} = -4 - (-53) = 49 \text{ dB ga}$$

teng bo'ladi.

Energetik potensialning olingan qiymati tezkorlik bo'yicha ushbu RTOUT ning imkoniyatlariga mos keladi.

Nazorat savollari

1. Optimal loyihalashga tizimli yondashuvning asosiy prinsiplariga ta'rif bering.
2. Loyihalash uchun qanday boshlang'ich ma'lumotlar kerak bo'ladi?
3. Loyihalashning asosiy bosqichlari nimalardan iborat?
4. Trassaning optimal variantini tanlash qaysi mezonlar bo'yicha olib boriladi?
5. Apparaturaning texnik passportida odatda qanday ma'lumotlar keltiriladi?
6. Raqamli tolali optik uzatish tizimining liniya traktlari qanday baholanadi?
7. To'lqin uzunligi bo'yicha ajratilgan tolali optik uzatish tizimlariga ta'rif bering.
8. Raqamli signallarni uzatishning qanday sifat mezonlarini bilasiz?
9. Tolali optik uzatish liniyasi uchastkasini hisoblashda nimalarga e'tibor berish kerak?
10. Raqamli tolali optik uzatish tizimining liniya trakti parametrlari qanday baholanadi?
11. Optik traktning regeneratoring qaror qabul qilish nuqtasida signalni halaqitlardan himoyalanganligi qanday hisoblanadi?

16-BOB. TOLALI OPTIK ALOQA TIZIMLARI VA TARMOQLARIDA O'LCHOV VOSITALARI

16.1 Optik signal generatorlari

40G tipidagi optik signal generatorlari optik signallarni S-diapazondagi tashuvchi chastota va almashib turishi bilan aniqlanadigan modulyatsiya turiga qarab generatsiya qilish uchun mo'ljallangan.

40G tipidagi optik signal generatorlari S-diapazonda DWDM texnologiyasi qo'llanilgan zichlagich apparaturalari asosida ishlaydigan optik aloqa liniyalarida o'lchov va sinov stendlari sifatida qo'llanilishi mumkin.

Generatorga 300-pin MSA (OIF SFI-5) formatli, 12S raqamli interfeysi bilan, MSA Rev4.2 komanda tizimiga javob beruvchi, almashinuvchi modul o'rnatilgan bo'lishi mumkin. Modullar generator komplektatsiyasiga kiradi. Modullar tarkibi jihozlarga berilgan buyurtmaga qarab aniqlanadi. Almashinuvchi modullarning tarkibiga uzatgich va qabulqilgichlar ham kiradi. Optik signal generatori tomonidan modulning qabulqilgich qismi umuman ishlatilmaydi.



16.1-rasm.

Generator laboratoriya-o'lchov stendlari tarkibi sifatida tunu-kun ishlatish uchun mo'ljallangan:

- Havoning harorati +5 dan +45 °S gacha;
- Havoning namligi 80 % gacha 25 °S da;
- atmosfera bosimi 60 kPa (450 mm rt.st.)dan kam bo'lmasligi zarur.

Ishlash prinsipi.

Optik signallar generator, elektrik signallarni generatsiya qilish

qurilmasi, optik uzatkich moduli, energiya manbayi va korpusidan iborat.

Elektrik signallarni generatsiya qilish qurilmasi (ESGQ) – bu OIF SFI-5 turdagi elektron interfeyslarni va optik uzatkich moduliga uzatuvchi qurilmani boshqarish uchun mo'ljallangan elektron uskunadir. ESGQning ichida (ularning formati, uzunlik ketma-ketligi va strukturasi) saqlanadi, jihozning ushbu versiyasi buyurtma qilinayotganda beriladi va o'zgartirilmaydi. ESGQni kompyuter orqali boshqarish uchun USB interfeysidan foydalaniladi. Optik generatorni boshqarish va nazorat qilib borish USB interfeysi orqali alohida maxsus dasturiy ta'minotga (MDT) ega bo'lgan tashqi kompyuter yordamida amalga oshiriladi.

Tuzilishi.

40G Optik signallar generatori konstruksiyasi jihatidan tugallangan, yopiq energiya manbayiga ega. Oldi va orqa ponellari elementlari quyidagi jadvalda keltirilgan:

Texnik xarakteristikasi

16.1 jadval

№	Parametr	Miqdori	O'lchov birligi
1	Chiqish signali	O'ratilgan modul turiga qarab aniqlanadi	
2	Elektrik boshqaruv interfeysi	USB	
3	Kuchlanish	220	V
4	Iste'mol quvvati	100	Vt
5	Optik kirish	FC/APC	
6	O'lchamlari	352x138.2x265.5	mm
7	Qizdirish vaqti:		
	- Ish boshlangunga qadar, sek - Turg'un ishga tushgunga qadar, min.	30 3	

16.2 Optik quvvatni o'lchash vositalari

Optik aloqa tarmoqlarini qurishda, ekspluatatsiya qilishda va texnik xizmat ko'rsatish jarayonida optik signalni nurlanish quvvatini

o'lchash qurilmalaridan foydalanish zarurati yuzaga keladi. Bunday qurilma yordamida uzatilayotgan optik signalning quvvatini o'lchash mumkin bo'ladi. Bunday qurilmalarga misol qilib Germaniyaning Acterna Eningen GmbH firmasi tomonidan yaratilgan va ishlab chiqarilayotgan OLP-5 va OLP-6 turlaridagi optik nurlantirgichlarning quvvat o'lchagichlarini keltirish mumkin.

Yangi turdagi OLP-15C, OLP-16C va OLP-18C quvvat o'lchagich modellari 1000ta natijaga ega bo'lgan ichki xotira kurilmasiga ega bo'lishi bilan birga xotiradan printer yordamida oq qog'zga bosmalash mumkin yoki keyinchalik tahlil etish uchun shaxsiy kompyuterga uzatib maxsus Fiber Assistant dasturi yordamida www.acterna.com saytidan bemalol ravishda yuklantirish mumkin.



16.2-rasm. OLP turidagi optik nurlantirgich quvvatini o'lchov priborining tashqi ko'rinishi.

Optik nurlantirgich quvvatini o'lchov pribori uchun elektr ozuqa ta'minoti akkumulyator batareyalaridan yoki adapter/zaryadlovchi qurilma orqali o'zgaruvchan tok tarmog'idan olinadi.

16.2-rasmda OLP turidagi optik nurlantirgich quvvatini o'lchovchi priborning tashqi ko'rinishi keltirilgan.

16.3-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar asosida bunday priborlar yordamida bir vaqtning o'zida ikkita to'lqin uzunliklarda hamda TWintest deb ataluvchi rejimda o'lchash ishlarini olib borish mumkin.

Optik nurlantirgichning quvvat o'lchagich pribori optik signalni o'lchash jarayonidagi spektral diapazon 0,8...1,7 mkm ruxsat etiladigan xususiyati 0,01 dBm, ishchi harorat diapazoni -19-0,,,+55 °S bo'lib 25

°S havо haroratida 95 % havо namlik holatida priborni saqlash va transportirovka harorati -40...+70 °S. Uning o'lchov gabaritlari 95x49x185 mm bo'lib, massasi 0,5 kg atrofida.

Keltirilgan o'lchov natijalari dBm, dB o'lchov birliklarida ko'rsatilsa OLP-15C, OLP-16S va OLP-18S uchun mVt va mkVt ulchov birligida kursatadi.

16.2-jadval

Optik nurlantirishning quvvat o'lhagichlari

Parametr ulchanuvchi sath	O'lchov birligi	OLP-5	OLP-6	OLP-15C	OLP-16C	OLP-18C
Maksimal diapazoni	dBm	-60 ... +5	- 65...+10	-70...+20	-80...+15	-60...+26
Sozlangan qayta ulanuvchi to'lqin uzunliklar	Mkm	820, 850, 1300, 1550	780, 850, 1300, 1310, 1550	850, 1300, 1310, 1480, 1510, 1550, 1625	850, 980, 1310, 1480, 1510, 1550, 1625	
Ishlash rejimi		Ko'p modali TWintest	Bir modali TWintest			
850, 1300, 1310, 1550, 1625 nm to'lqin uzunliklardagi sathdagi o'lchov xatoligi	dB dBm	± 0,2 ± 0,2 ± 0,2 - -50...+5	± 0,2 ± 0,2 ± 0,2 - -50...+5	± 0,25 ± 0,2 ± 0,4 - -60...+18	± 0,3 ± 0,2 ± 0,2 ± 0,35 -70...+11	± 0,33 ± 0,25 ± 0,25 ± 0,5 -50...+23

OLS-5, OLS-6, OLS-15 turidagi optik nurlantirgich manbalari

OLS-5, OLS-6, OLS-15 turidagi optik nurlantirgich manbalari Germaniyaning Acterna Eningen GmbH firmasi tomonidan yaratilgan va ishlab chiqarilmoqda.

Bunday turdagi nurlantirgich manbalari bir modali va ko'p modali optik kabellarni quvvat o'lchagichi yordamida so'nish qiymatini o'lchash uchun qo'llaniladi (16.3-rasm).

Bunday turdagi pribor yordamida Twintest rejimi bo'yida modulyatsiyasiz rejimi mavjud. OLS-5 va OLS-15da esa signal turli to'lqin uzunliklarda o'zgaruvchan ravishda uzatiladi. OLS-6 turidagi priborda esa Dual yoki ketma-ket ravishda turli to'lqin uzunlari rejimida 270 Gs, 1 kGs yoki 2 kGs chastotada modulyatsiyalanadi. OLS-5 priborida esa chastotali modulyatsiya 1, 2 kGs bo'lib identifikatorlar mo'ljallangan (16.4-jadval).



16.3-rasm. OLS turidagi optik nurlantirgich manbaining tashqi ko'rinishi.

Pribor uchun manba quruq batareyalardan, akkumulyator batareyalaridan yoki adapter/zaryadlovchi qurilma orqali o'zgaruvchan tok tarmog'idan amalga oshiriladi.

Ishchi harorat diapazoni.....	-10 ... +55 °S
Saqlash va transportirovka harorati.....	-40... +70 °S
Gabarit o'lchamlari.....	95x49x195mm
Massasi.....	0, 5 kg

Optik nurlantirgich manbalari

Parametr	O'lchov birligi	OLS-5	OLS-6		OLS-15
Nurlantiruvchi to'liqin uzunliklar	Nm	850 ±20 1550 ±50	1310 ±20 1550 ±20	780 ±15 1300 ±20	1310 ±20 1550 ±20
Spektr kengligi	Nm	850 ±50 1300 ±120	≤7		≤5
Chiqish quvvati	dBm	Tola o'lchoviga qarab -40 dan -13±1,7 gacha	-7+1	-7+1,5	-7+1
-10...+55 °S haroratda 15 minut mobaynida ΔT=0,3°S holatida va 8 soat mobaynida ΔT=3°S holatida quvvat stabilligi	dB	±0,05 ±0,2	±0,02 ±0,2	±0,05 ±0,3	±0,02 ±0,2

16.3 Optik reflektometrlar

Optik reflektometrlar – tolali optik aloqa tizimida optik tolaning parametrlarini o'lchash maqsadida qo'llaniluvchi o'lchov qurilmasidir. Optik reflektometrlarning ishlash prinsipi optik reflektometr uzatgan optik singanlning optik toladan akslanishini tahlil qilishga asoslangan.

Optik reflektometrlar optik toladagi so'nishlarni, optik tolalarning ulanish nuqtalaridagi so'nishlarni, optik tolaning uzunligini va optik toladagi nobirjinslikkacha (неоднородность) yoki uzilish nuqtasigacha bo'lgan masofani aniqlash uchun xizmat qiladi. Shu maqsadda optik reflektometrlar optik tolalarni ishlab chiqarishda, ularni montaj qilish va

ekspluatatsiya qilishda, shuningdek, optik kabellarning doimiy nazoratda saqlash uchun ekpluotatsiya jaroyonlarida qoʻllaniladi.



16.4-rasm. **MTS 5100e/5200e** reflektometri.

MTS 5100e/5200e turidagi universal optik reflektometr Germaniyaning Acterna Eningen GmbH firmasi tomonidan ishlab chiqarilgan.

MTS 5100e/5200e universal optik reflektometr (16.4-rasm) kichik oʻlchamli koʻtarib yuriluvchi pribor boʻlib, u bazoviy blokdan va almashtiriluvchi moduldan tashkil topadi.

Bu pribor koʻp modali va bir modali optik tolalardan iborat boʻlgan tolali kabellarda soʻnishni qayta sochilish usuli yordamida, bir jinsli boʻlmagan joygacha boʻlgan masofani, oʻlchashga, optik tolalar payvandlab ulangan joylardagi yoʻqotuvchanlikni aniqlash uchun, optik signalning quvvatini oʻlchash uchun, optik tolalar shikastlangan joyini vizual ravishda aniqlash uchun hamda WDM va DWDM rejimida spektral zichlashtirish tizimlaridagi spektrni tahlil qilish uchun moʻljallangan.

Pribor uchun elektr ozuqa manbasi bitta yoki ikkita NiMH akkumulyator batareyalaridan yoki 100 dan 250 Volt kuchlanishi oʻzgaruvchan tok tarmogʻidan foydalaniladi.

Ishchi harorat diapazoni0...+50°S

Havoning nisbiy namligi.....80% gacha

Saqlash va transportirovka paytidagi harorat-20°S...+60°

25°C haroratda havoning nisbiy namligi.....95% gacha

Gabarit oʻlchovlari:

MTS 5100e90x235x300 mm

MTS 5200e130x235x300 mm

Massasi:

MTS 5100e (modul va ozuqa batareyasi bilan).....-35 kg

MTS 5200e (printer, 2 ta modul va ozuqa batareyasi bilan)....-55 kg

Priborning bazoviy bloki va almashinuvchi modullarining asosiy tavsilotlari 16.5...16.9-jadvalda keltirilgan.

16.4-jadval

Reflektometrning bazoviy bloki

Display	8 “yoki rangli 8.4” monoxromli, kengligi 640x480 nuqta
O‘lchov rejimlari	Real vaqt oralig‘i va o‘rtacha vaqt (o‘rtacha vaqti 5 sek-10 minutgacha)
Reflektogrammadagi nuqtalar soni	128000 gacha
Masofa shkalasi: O‘lchash-ruxsat etiladigan xususiyati Asosiy xatolik	Ikkita nuqta orasidagi masofa 0.01 m $\pm 1 \pm 5 \times 10^5$ (o‘lchanuvchi masofa, hisoblashlar orasidagi interval)
So‘nish shkalasi: O‘lchash Ruxsat etiladigan xususiyati Asosiy xatolik	Ikki nuqta orasidagi va ikki nuqta usulidagi lokal nuqtada hamda minimal kvadratlar usulidagi so‘nish va so‘nish koeffitsiyentini 0.001 dB $\pm 0.05 \text{ dB} \pm 0.05 \times$ (o‘lchanuvchi so‘nish qiymati)
Reflektometrning Quvvat o‘lchagichining Optik nurlanishning funksional imkoniyatlari	O‘lchanuvchi parametrlarga qo‘l va avtomatik sozlash. Bir jinslilik bo‘lmaganlikni avtomatik ravishda qidiruv va parametrlar jadval hisobi. Bir vaqtning o‘zida ikkita reflektogrammaning ko‘rinishi. Avtomatik ravishda to‘lqin uzunlikni va modulyatsiya rejimini aniqlash. Avtomatik ravishda va qo‘l yordamida sozlash. Avtomatik ravishda nur korreksiyasi

16.4-jadvalning davomi

Optik diapazonning qo'shimcha qurilmasi	635±10mm to'liq uzunlikdagi ko'rinuvchi yorug'lik nur manbaini bir jinsli bo'lmaganligi vizual lokalizatsiyasi uchun Dinamik diapazoni 35 dB dan kam bo'lmagan holatdagi so'zlashuv qurilmasi
Ma'lumotlarni saqlanishi	3 Mbaytli 400 ta reflektrogrammani yoki 300 tadan ortiq quvvat o'lchov natijalarini saqlovchi ichiga o'rnatilgan hotiraga ega bo'lgan qurilma. 250 reflektrogramma uchun 3.5 moslashuvchan disk. 100 000 ta reflektrogramma uchun 1 Gbayt ichiga o'rnatilgan qattiq disk MTS 5200e uchun ichiga o'rnatilgan printer yoki tashqi printer uchun ulanuvchi joy chiqarilgan

16.5 jadval

**Ko'p modali optik tolalar uchun MTS 5100e/5200e
reflektrometrining almashinuvchi optik modullari**

Parametr	O'lchov birligi	5021 mm	5022 mm	5023 mm	5024 mm
To'liq uzunlik	nm	850±20	1300±20	850±20	1300±20
Impuls davomiyligi	ns	3 dan 200 gacha			
O'lchanuvchi masofa diapazoni	km	80 gacha			
Dinamik diapazon (maksimum shovqinlardan 98% gacha effektiv kuchlanish sathi bo'yicha)	dB	20	18	20/18	16/14
Dinamik diapazon (RMS' kuchlanish qiymatining o'rtacha kvadrati bo'yicha)	dB	25	23	25/23	18/16

16.5-jadvalning davomi

Aks qaytish bo'yicha o'lik zona	m	1.5	2
So'nish bo'yicha o'lik zona	m	5	10
Izoh: 1) maksimal doimiylikdagi impulsda va o'rtacha vaqti $t=25^{\circ}\text{C}$ da 3 minutni tashkil etadi.			

16.6-jadval

Bir modali optik tolalar uchun MTS 5100e/5200e reflektrometrining almashinuvchi optik modullari

Parametr	O'l-chov birligi	5024 SR 5025 SR 5026 SR	5024 DR 5025 DR 5026 DR	5024 HD 5025 HD 5026 HD	5027 HD	5024 VHD 5025 VHD 5026 VHD	5029 VHD
		Qisqa masofalar u/n	Yuqori kenglikk a ega bo'lgan o'rtasofalar u/n	Katta dinamik diapazon, uzun masofalar u/n		O'ta uzun masofalar u/n	
To'lqin uzunlik	nm	1310±20/ 1550±20	1310±20 / 1550±20	1310±20 / 1550±20	1625±10	1310±20/ 1550±20	1550±20/ 1625±20
Impuls davomiyligi	ps	10dan 10000 gacha	5 dan 10000 gacha	10 dan 20 000 gacha			
O'lchanuvchi masofa diapazoni	km	260 gacha		380 gacha			
Dinamik diapazon (maksimum shovqindan 98%)	dB	27.5/25	31/29	36.5/35	35	-	-

16.6-jadvalning davomi

effektiv kuchlanish sathi bo'yicha)							
RMS kuchlanishi qiymatining o'rtacha kvadrati dinamik diapazoni	dB	31/29	35/33	40/38	39	42/43	43/41
Aks qaytish bo'yicha o'lik zona	M	4	1	4	8		
So'nish bo'yicha to'liq zona	M	25	15	25	30		
Izoh: 1) maksimal doimiylidagi impulsda va o'rtacha vaqti $t=25^{\circ}\text{C}$ da 3 minutni tashkil etadi.							

16.7-jadval

Optik nurlanish manbaining almashinuvchi optik modullari

Parametr	O'lchov birligi	Lazerli nurlantirgich	Yorug'lik diodli nurlantirgich		
			850±30	1300+30	850±30/ 1300±30
Optik nurlanishning to'lqin uzunligi	nm	1310±30/ 1550±30	850±30	1300+30	850±30/ 1300±30
Nurlanish spektr kengligi (quvvati 0.5 sathi bo'yicha)	nm	5	50	150	50/150
Chiqish quvvat (kalibrovkalanuvchi)	dBm	0	-17	-19	-18/-20
Chiqish quvvatining rostlash chegarasi	dB	0dan-10 gacha	-	-	-
1 soat mobaynida, 24 soat mobaynida	dB	±0.05 ±0.15			

16.7-jadvalning davomi

Chiqish quvvatining stabil bo'lmagan sathi		
Optik tolaning identifikatsiyasi uchun signalning modulyatsiya chastotasi	Gs	270,330,1000,2000

16.8-jadval

Optik nurlantirgichning quvvatini o'lchovchi almashinuvi optik moduli

Parametrlar	O'lchov birligi	Qiymati
To'lqin uzunlik diapazoni	nm	800...1650
To'lqin uzunlik kalibrovkasi	nm	850,1310,1550
850 nm 1310/1550 nm to'lqin uzunliklarda quvvatlarning o'lchash diapazoni	dBm	+5...+65 +5...-70
Ruxsat etiladigin xususiyati	dB/nVt	0.01/0.01
O'rnatilgan-30 dBm quvvat qiymatida kalibrovkalanagan to'lqin uzunlikda o'lchangandagi asosiy xatolik	dB	±0.2
Optik tolali identifikatsiyalovchi kiritiluvchi signalning modulyatsiya chastotasi	Gs	270,330,1000,2000

FTB-100 turidagi optik mini-reflektometr

FTB-100 optik mini-reflektometr kanadaning EXFO firmasi tomonidan ishlab chiqarilgan va ishlab chiqarilmoqda.

FTB-100 turidagi optik mini-reflektometrning sensorli ekrani EXFO firmasining optik reflektometrining har qanday moduli uchun bazoviy bo'lib hisoblanadi. (16.5-rasm).

Bundan tashqari FTB-100 moduli FTB-300 universal o'lchov tizimi bilan moslashtirilgan. Modullar 1310,1410, 1550, 1625 nm to'lqin uzunliklar uchun ishlab chiqarilgan bo'lib, ular WDM spektral

zichlashtiriluvchi tolali-optik uzatish tizimlari kabi uzundan-uzun liniyalarda ham qo'llanilishi bilan birga kichik uzunlikdagi liniyalarda va lokal tarmoqlarda ham qo'llanilishi mumkin. Bunday optik reflektometr yordamida trassada 5200 ta nuqtada har 8 sm da ruxsat etiladigan xususiyatga ega.



16.5-rasm. FTB-100 optik mini reflektometri.

Dasturlash hisobiga shaxsiy kompyuter yordamida quyidagi funksiyalarni bajarishi mumkin:

- ikki yo'nalish uzatuvchi bo'yicha reflektogrammani tahlil qilish;
- o'lchangan reflektogrammani etalon reflektogramma bilan avtonom ravishda solishtirish mumkin;
- buyurtma bo'yicha reflektogrammani qog'ozga chiqarish mumkin;
- paketli raspechatka qilish;
- reflektogrammalarni Telecordia yoki ASCII formatiga o'zgartirish mumkin.

Reflektometr RS 232 standart interfeysi yordamida shaxsiy kompyuter bilan bog'lanish mumkin. Reflektometrning ichki xotirasida 200÷700 tagacha + PCMCIA flesh hotira yordamida 6000 ta reflektogrammalarni saqlashi mumkin. Bundan tashqari reflektometr 3.5" moslashgan disk uning ichki diskovodida joylashgan. Shuningdek, ushbu reflektometr bir jinsli bo'lmagan joyini yoki shikastlanib uzilgan joyiga qadar bo'lgan masofani, optik tolalarning so'nishini, ajraluvchi va ajralmas ulagichlar bo'lgan joyini hamda bir modali va ko'p modali optik

tolalarning bir jinsli bo‘lmagan joylaridan qaytuvchi so‘nishlarni o‘lchashi mumkin.

Reflektometrning elektr manba bilan oзуqlanishi 100..240 Volt bo‘lgan o‘zgaruvchan tok tarmog‘idan yoki akkumulyator batareyasidan olishi mumkin.

Uning ishchi harorat diapazoni..... +5...+50°S

Saqlash va bir joydan ikkinchi joyga eltish harorati..... -40...+60°S

Havoning nisbiy namligi..... 90%

Reflektometrning o‘lchov gabaritlari..... 216x336x89 mm

Massasi..... 3.68 kg

Reflektometrning modul tavsilotlari 16.9 va 16.10-jadvallarda keltirilgan.

16.9-jadval

FTB-7212 B,C yoki D turidagi minig‘reflektometrlar moduli

Modul turi	Ishlatilgan to‘lqin uzunlik, nm	10 mks	20 mks	Holati bo‘yi-cha, m	So‘nish bo‘yicha, m
				O‘lik zonasi	
FTB-7212B,-C,D	850/1300±20	23/25(C), 25/27(D)	-	1.4/1.4	5/7
FTB-7223B-B	1310/1550±20	30/28	-	3.3	10/15
FTB-7323B-B		35/33	36.5/34.5		
FTB-7423B-B		40/38	41.5/39.5		
FTB-7523B-B		43.5/41.5	45/43		
FTB-7405B-B	1410±10	38	39.5	3	10
FTB-7304B-B	1625±10	35	36.5		20
FTB-7404B-B		38	39.5		
FTB-7504B-B		40	41.5		

16.9-jadvalning davomi

FTB-7334B-B	1550±20/ 1625±10	35/35	36.5/36.5	3.3	15/20
FTB-7434B-B		40/38	41.5/39.5		
FTB-7534B-B		42/40	43.5/41.5		
Izox: dinamik diapazon signal/shovqin =1 nisbati bo'yicha, t=25°C haroratda 3 min mobaynida to'ldirish vaqtida aniqlangan					

16.10-jadval

720 seriyadagi mini-reflektometr modullari

Parametrlar	O'lchov bir-gi	7200 B-C/D seriyasi	7200B-B seriyasi	7300B-B, 7400B-B, 7500B-B seriyalari
O'lchanadigan masofa diapazoni	km	0.1;0.3; 0.625;1.25; 2.5;5.0;10;20;40	1.25; 2.5;5;10; 20;40;80;160	0.1;0.3; 0.625;1.25; 2.5;5.0;10;20;40
Impuls kengligi	ns	10;30;100; 275;1000	10;30;100; 275;1000;2500; 4000;10000	10;30;100; 275;1000;2500; 10000;20000
Lineynost	dB/dB	±0.05	±0.05	±0.05
So'nish porogi	dB	0.01		
So'nish bo'yicha ruxsat etiladigan xususiyat	dB	0.01		
Diskretizatsiya qadami	m	0.08...2.5	0.08..5.0	
Diskretizatsiyadagi qadamlar soni		32000 gacha		52000 tagacha
O'lchanayotgan masofadagi xatolik	m	±(1m-0.0025%L)		
Manbadan chiquvchi quvvat	dBm	-7	-10	5
Shikastlanishning vizual detektor	nm	LD. 650±10		

Nazorat savollari

1. Optik signal generatorlari nima?
2. Optik quvvatni o'lchash vositalariga misollar keltiring.
3. OLP turidagi optik nurlantirgich quvvatini o'lchov priborining ishlash prinsipi qanday?
4. Optik reflektometrlar nima ish bajaradi?
5. FTB-100 turidagi optik mini-reflektometr nimalarni o'lchashga xizmat qiladi?
6. **MTS 5100e/5200e** reflektometriga ta'rif bering.

17-BOB. TOLALI OPTIK ALOQA ELEMENTLARI VA QURILMALARI

17.1 Optik krosslar

Odatda, optik kross jihozlari liniyadan keluvchi optik kabellarning oxir uchini jihozlab optik tolalarni optik uzatish tizimlarining apparaturalariga ulash hamda ekspluatatsiya jarayonida optik kabellarni tavsilotlarini nazorat qilish uchun qoʻllaniladi. Rossiya Federatsiyasining aloqa tarmoqlarida qoʻllaniluvchi uskunalarga qoʻyiladigan asosiy talablar: “Kabellarning oxirgi jihozlariga umumiy texnik talablar” deb nomlangan 45.064–99 raqamli rahbariy hujjat bilan asoslanadi.

Turli xil kross jihozlari ishlab chiqaruvchilar tomonidan ikkita guruhga boʻlinadi:

- ekspluatatsiya jarayonida optik tolalarni ulash konfiguratsiyasini oʻzgartirib boʻlmaydigan namunaviy tuzilishda;
- ekspluatatsiya jarayonida konfiguratsiyaning maʼlum bir qismini oʻzgartirish imkoniyatiga ega boʻlgan maʼlum bir optik tolalarning imkoniyati uchun tuzilishda.

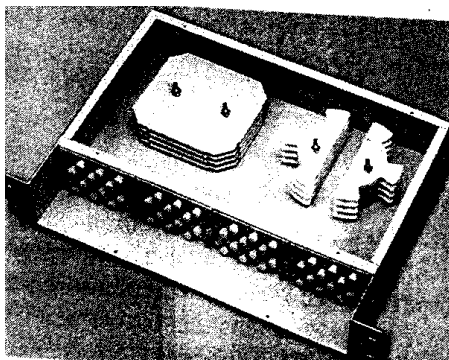
Rossiyaning optik uzatish liniya tarmoqlarida kross jihozlarining birinchi guruhi keng qoʻllaniladi. Ikkinchi guruhga taʼluqli boʻlgan kross jihozlari esa katta sigʻimga ega boʻlgan optik tarmoqlarda qoʻllanadi, chunki bunda maʼlum bir optik tolalar bilan ishlash imkoniyati mavjud.

Hozirgi zamon optik kross jihozlari ODF– Optical Distribution Frame – optik taqsimlash qurilmalari deb yuritiladi va ular asosan blok shkaf yoki (stoyka) ustun koʻrinishida tayyorlanadi. Ular xona ichida ekspluatatsiya qilish uchun qoʻllanilishidan tashqari optik uzatish tizimlarining uskunali bilan birgalikda yoki toʻgʻridan-toʻgʻri yer ostiga oʻrnatiluvchi xizmat koʻrsatilmaydigan regeneratsiya punktlarining optik konteynerlarida optik uzatish tizimlarining uskunali bilan birgalikda joylashtiriladi.

Kross jihozlari konstruktiv tuzilishiga quyidagilar kiradi:

- optik kabellarni va kiritish mahkamlash elementlari;
 - liniyadan keluvchi optik kabelning optik tolalarini bir tomoni optik ulagichlar bilan mahkamlangan bir tolali stansion optik shnurlarni payvandlab ulangan joylarini mahkamlovchi elementlar;
 - ikkala tomonidan optik ulagichlar bilan mahkamlangan bir modali stansion optik shnurlarni ulash uchun qoʻllanuvchi adapterlar.
- Kross (ulanuvchi razetkalar) jihozi bir qancha talablarni bajarishi lozim, bular:

- optik kabel uchini jihozlab uzatish va ishonchlilik tavsilotlarini kamaytirmaslik holatida bo'lishi kerak;
- optik kabelning kuchlantiruvchi elementlarini mahkamlash;
- egilish radiusi 30 mm qiymatidan kichik bo'lmagan holda optik tolalarning zaxira uzunliklarini joylashtirish;
- optik tolalar ulangan joylardagi muhofazalovchi gilzalarini mahkamlash;
- optik tolalarni qaytadan ulash ishlarini bajarish imkoniyatini yaratish;
- agar jihozga bir tomondan borish imkoniyati bo'lmasa qaytadan montaj qilish imkoniyati;
- optik ulagich adapterlarini panellarga yoki devorga osilgan jihozlarga joylashtirilganda unga ikki tomondan borish imkoniyatini yaratish;
- optik ulagichlarni qaytadan oxir uchlarini jihozlash va ularni qaytadan ulash ishlarini bajarish imkoniyatini yaratish;
- FC, SC, ST va boshqa turdagi optik ulagichlarni o'rnatish imkoniyati bo'lishligi;
- Mexanik muhofazalash va optik ulagichlarni hamda unga ulanuvchi optik shnurlarni identifikatsiya qilish;
- optik kabelning kross jihozlarda ajraluvchi ulanuvchilarni ichki kommutatsiya (shleyf qilish imkoniyati) ishlarini bajarish;
- kross jihozlarini "ustun ustunga" qo'yish qilib qatoriga o'rnatish imkoniyatini yaratish.

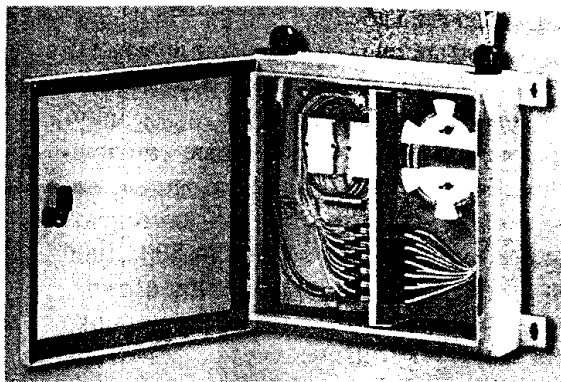


17.1-rasm. "Telekom kompleks servis" tomonidan ishlab chiqarilgan KRS-48 blok tuzilishidagi kross jihozi.

Blok va ustun ko‘rinishida tayyorlangan kross jihozlari asosan, yirik aloqa korxonalarida yoki optik kabellarning katta sig‘imlarida oxir uchini jihozlash uchun qo‘llanadi. Ustun ko‘rinishidagi kross jihozi xuddi ustun qavatida joylashgan blok ko‘rinishida bo‘lib, sig‘imi 12 tadan 96 tagacha bo‘lgan optik tolalardan iborat optik kabel oxir uchini jihozlab ulash uchun qo‘llanadi, hamda u keyingi 600 mm yoki 19`` bo‘lgan ustunning standart karkasiga o‘rnatiladi (17.1–rasm).

Kross jihozining bloki o‘rnatiluvchi ustun kerkasi vazifasini ustun bajarib unga optik uzatish tizimining uskunalari joylashtiriladi yoki boshqa ustun joylashtirilib unga oxir uchi jihozlangan optik aloqa kabellar uchun qo‘llanadi. Ba‘zi bir holatlarda 120 kengligi 120 yoki 240 mm bo‘lgan “tor” konstruktiv tuzilishga ega bo‘lgan ustun qo‘llanib u qavatlariga bo‘linmagan hamda uning oldi tomoni optik ulagichlarning adapterlari bilan jihozlangan.

Shkaf ko‘rinishidagi kross jihozi kichik o‘lchamli shkafga yoki quticha singari bo‘lib xonaning devoriga o‘rnatiladi. Bunday kross jihozi uncha katta bo‘lmagan aloqa obyektlarida yoki ofis xonalarida o‘rnatiladi, ba‘zi bir holatlarda esa u namdan muhofazalangan ko‘rinishda bo‘lishi mumkin



17.2-rasm. “Telekom Komplekt Servis” tomonidan ishlab chiqarilgan shkafli namlikdan muhofazalangan KRN–24 turidagi kross jihozi.

Shkaf ko‘rinishidagi kross jihozi quyidagilardan iborat:

- optik kabelni kiritish elementlari;
- liniyadan keluvchi optik kabelning optik tolalarining zaxira uzunliklarini va ularni ulangan joylarini joylashtirish uchun konstruktiv elementlar hamda kassetalar va bitta tolali pigtail turidagi optik shnurlar;

- optik ulagich adapterlarini pigitail va patchcard turidagi optik shnurlarni kommutatsiya qiluvchi panel;
- patchcard turidagi bir tolali optik shnurlarning zaxira uzunliklarini joylashtirish uchun konstruktiv elementlar.

Bugungi kunda kross jihozlarini Moskvaning “Volokonno-opticheskaya texnika”, Sankt-Peterburgning “Lentelefonstroy”, Moskvaning “Opticheskaya telekommunikatsii”, Samaraning “Svyaz avtomatika montaj”, Moskvaning “SSKTБ–TOMASS”, Sankt-Peterburgning “Perespektivnie texnologii”, “Perespektivnye texnologii plyus”, Moskvaning «Posik TR», «Telekom komplekt servis», Moskva oblastining Chernogolovka poselkasidagi «EZAN» korxonalari hamda AQSH “Corning Inc”, Shvetsiyaning “Ericsson”, Yaponiyaning “NEC”, AQSH–Belgiyaning “Tuso Electronics Raychem”, Shveysariyaning “Reichle& De Massari” va hokazo kompaniyalari ishlab chiqarmoqdalar.

14.2 Optik muftalar

Shahar telefon tarmoqlarining optik tolali aloqa liniyalarida optik kabellar uzunliklari o‘zaro optik kabel muftalari yordamida ulanadilar.

Ularning asosiy vazifasi optik kabel tarkibidagi optik tolalarni ulangan joylarini joylashtirish va himoya qilishdir.

Optik kabel muftasining splays- kassetalardan (bunday kassetalarga payvand qilinib termo o‘tiruvchi gilza bilan himoyalangan tolalar joylashadi). Kassetani ichiga egilishning ruxsat etilgan minimal radiusida (30 mm.dan kam bo‘lmagan) optik tolalar zaxirasi joylashtiriladi. Muftaning qobig‘i (korpusi) tolalarni va ular payvand qilingan joyni namlik kirishidan, mexanik va iqlimiy ta’sirlaridan himoya qilishi lozim. Optik kabel muftalari kirishlarining joylashuviga bog‘liq ravishda ulovchi - o‘tkazuvchi muftalarga (muftaga kabellar qarama-qarshi tomondan kiritilad) va tupik muftalarga (kirishlar bir tomonli) bo‘linadilar.

Optik kabel muftalari konstruksiyasi shuningdek, yassi va aylana shaklida bo‘lishi mumkin. Muftaning turini tanlash uni o‘rnatilish sharoitiga bog‘liq ravishda amalga oshiriladi.

Yassi muftalar deforlarga, quduqlarga, uy cherdagiga o‘rnatish uchun qulaydir.

Tupik tuzilishli muftalar bir tomondan kelgan kabellarni montaj qilishda qulaydir. Masalan, tayanchlarga metal kronshteynlar yordamida

o‘rnatish qulaydir. Quyidagi 17.3-rasmdagi tupik va aylana konstruksiyali optik kabel muftasi ko‘rsatilgan.



17.3- rasm. Tupik va aylana konstruksiyali optik kabel muftasi.

Ulovchi-o‘tkazuvchi muftalar tuproqqa va kabel kanalizatsiyasiga yotqizish uchun qulaydir. Shuningdek, osma trosslarga maxsus qisuvchi skobalar yordamida osilgan optik kabellarni ulashda ham qo‘llash qulaydir. Kabellarni muftaga kiritish tuynugi namlik va boshqa uzoq vaqt ta’sir etuvchi omillarning ta’siriga bog‘liq bo‘lmagan holda ishonchli darajara germetiklanishi lozim. Quyidagi 17.4 -rasmdagi ulovchi-o‘tkazuvchi va yassi konstruksiyali optik kabel muftasi ko‘rsatilgan.



17.4-rasm. Ulovchi-o‘tkazuvchi yassi turdagi optik kabel muftasi.

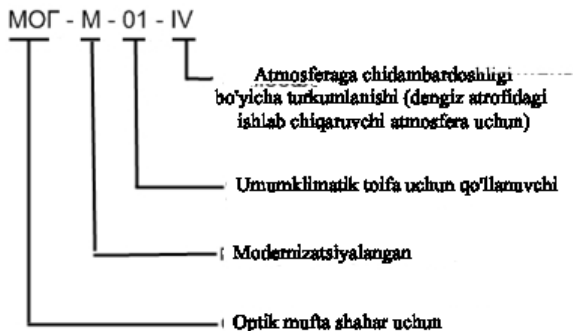
Optik kabelli liniyalarda asosiy shikastlanishlar quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

- optik kabel tolalarida mikro va makro bukilishlar;
- optik kabellarning tashqi qobig‘ining shikastlanishi;
- “uzilish” (“обрыв”) bu holda optik kabellargi biror tashqi ta’sir bo‘lganda kabelning butkul uzilishi yoki uning tarkibidagi loptik toallarning qisman uzilishi;

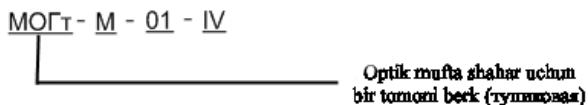
- bundan tashqari, bitta yoki yuqorida qayt etib ko'rsatilgan bir nechta shikastlanishlar bir vaqtning o'zida sodir bo'lishi mumkin.

17.2.2 MOG – M turidagi muftaning konstruktiv tuzilishi va texnik tavsilotlari

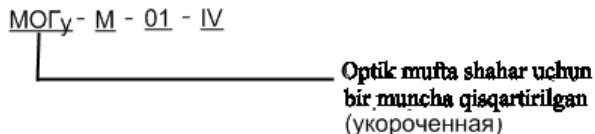
a)



b)



v)



17.5-rasm. MOG –M turidagi muftaning rusumlanishi: a)-umumiy holda; b)-bir tomoni berk holda; v)- bir muncha qisqartirilgan holda.

Kabelli shikastlanishlarni bartaraf etish yoki yo'qotish uchun shkaslangan joyni aniqlash maqsadida optik o'lchov asboblari yordamida o'lchov ishlarini olib borish boshlanadi. Avariya holati ro'y berganda bir vaqtning o'zida kabel yotqizilgan trassadan hamma quduqlar ochilib uning ichida yotqizilgan kabellar juda ham aniqlik bilan ko'zdan kechiriladi. Trassadagi kabel quduqlarida ish olib borish jarayonida quduq oldiga albatta, to'siqlar qo'yilishi kerak quduq lyuki ochilib uning ichidagi havo gazoanalizator uskunasi yordamida zaharli gazlar bor yoki yo'qligi tekshiriladi. Kanalizatsiyadagi kamida uchta

quduq qopqoqlari ochilib uni shamollatish zarur, quduq ichidagi turli hil oqava suvlarni tortib olib tashlash, quduqlarni yorug'lik lampalari yordamida yorug'lantirish, quduq devorlarini kuritish va maxsus narvon yordamida quduq ichiga tushish kerak. Bu ishlar bajarilib bo'lingandan so'ng quduq ichidagi kabellar ichida shikastlangan kabelni ustiga kiydirilgan halqa yordamida ajratib topib olinadi va kabel ustidagi kabel qobig'i yaxshilab tozalab artiladi. Kabelni usti artilyotganda muftalarga va kabel qobig'larini ezilmasligiga katta e'tibor bermoq kerak. Kabelni artib bo'lingandan so'ng kabel va undagi mufta usti qo'l bilan ushlab ko'rib, uning usti issiq bo'lgan joy tekshirib ko'zdan o'tkaziladi.

Quduqdagi optik kabellar ichidan shikastlangani ajratib olingach quduqdagi kabel zaxirasidan foydalangan holda optik kabelning shikastlangan qismi tashqariga tortib chiqariladi. Agar optik tolalarda uzilish yuzaga kelgan bo'lsa ularni payvandlash maqsadida maxsus palatkalar tikiladi yoki xizmat mashinasidan ham foydalanish mumkin. Muhimi tola montaj qilinuvchi joyda harorat -10°S dan past bo'lmasligi va chang, g'ubor ta'siri bo'lmasligi lozim.

Muftalarning o'lchallari va ruxsat etiladigan qo'llanilish sharoiti haqidagi ma'lumotlar 17.1-jadvalda keltirilgan.

17.1-jadval

Muftaning o'lcham turlari	Muftalarni ruxsat etiladigan joylashtirish sharoitlari
MOG – M – 01 – IV	- telefon kabel kanalizatsiyasida (yangi yoki to'liq to'ldirilmagan); - shahar kollektorlari ichida**
MOGu – M – 01 – IV	- namunaviy bo'lmagan quduqlarda* - kichik turdagi quduqlarda *** - podvallarda (yer to'lalarda).
MOGt – M – 01 – IV	- kabellar bilan to'lgan quduqlarda; - binoning texnik xonalarida; - temir beton va yog'ochli simyog'ochlarda va tayanchlarda

Hova: *-konsollar orasidagi masofa – 800 mm;

** - konsollar orasidagi masofa – 900mm;

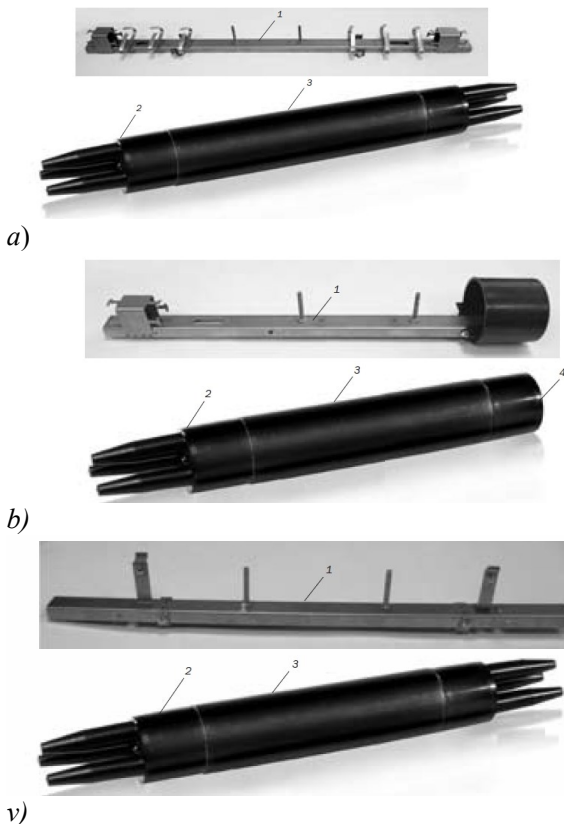
*** - konsollar orasidagi masofa – 800mm.

Muftalarning asosiy texnik tafsilotlari 17.2-jadvalda keltirilgan.

17.2 – jadval

Ko'rsatgichlar	MOG–M – 01 – IV	MOGu– M–01-IV	MOGt–M– 01 – IV
Mufta tuzilmasi	To'g'ri o'tib ketuvchi	To'g'ri o'tib ketuvchi	Bir tomoni berk
Optik tolalarning maksimallangan tugunlar soni, dona.	96	64	96
Mufta ichiga joylashtiriluvchi maksimal kassetalar soni, dona.	3	2	3
Maksimal kiritiluvchi optik kabellar soni, dona	6	6	3
Kiritiluvchi optik kabellar soni va kabellar diametri, mm		2x (9...19) 1x (9...21)	
Ekspluatatsiya harorati, °C	Minus 40 dan 50 gacha		
Gabarit o'lchamlar: diametr, mm	90 1090	90 784	90 670
Uzunlik, mm			
Massasi, kg	2.1	1.7	1.5

Muftalarning konstruktiv tuzilmalari haqidagi ma'lumotlar 17.6-rasmda keltirilgan.



17.6-rasm. MOG – M turidagi mufta tuzilmasi:

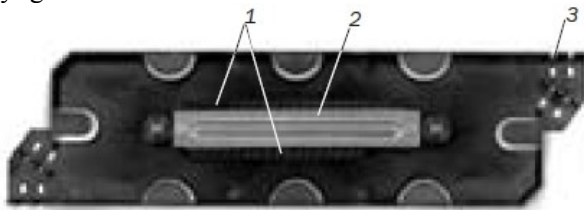
- 1– metalli lotok; 2–muftani kabel kiritiluvchi bosh tomoni;
3– korpus (quvur); 4– zaglushka (berkitgich).

Mufta lotogi zanglamaydigan po‘latda tayyorlangan, korpus qalinligi 3 mm bo‘lgan plastmassadan quvur ko‘rinishida tayyorlangan.

Muftaning kabel kiritiladigan bosh tomoni plastmassadan tayyorlangan bo‘lib, ular uchta bir tomoni berk bo‘lgan konus ko‘rinishidagi patrubkadan iborat va u lotokga ikkita o‘zi kesib boruvchi vint yordamida mahkamlanadi.

Lotokning o‘rta qismiga K – 01 turidagi kasseta mahkamlanib unga optik tolalarning bir-biri bilan payvandlab ulangan tugunlari va optik tolaning zaxira uzunligi joylashtiriladi (17.7-rasm).

Odatda, kasseta ichi lojement bilan jihozlangan bo‘lib uning ichiga 16 ta payvandlab ulangan optik tolalar tugunini joylashtirish mumkin, hamda u diametri 3mm va uzunligi 60 mm bo‘lgan optik tolalarning payvandlab ulangan joyini himoyalovchi jamlanma (KDZS – комплект для защиты спростков) bilan himoyalangan. Kassetada birinchidan oxirgi (16/32) tolalarni bir-biri bilan payvandlab ulangan joylarini joylashtiruvchi lojement uyalariga belgilar qo‘yilgan.



17.7-rasm. Lotok ichida joylashgan K – 01 turidagi kasseta:
 1– optik tolalarning ulangan tugunlari joylashtiriladigan o‘rni;
 2 – KDZS ni mahkamlash uchun metall planka; 3 – optik modullarni kiritiladigan joyi.

Tolalarni bir-biri bilan payvandlab ulangan tugunlarini joylashtiruvchi lojement quyidagilarni tashkil etib beradi:

- balandligi bo‘yicha bitta sathda 16 ta donagacha KDZS joylashtirish mumkin bo‘lib, (ularni tartib raqami 1÷16 tagacha qilib belgilangan).

- KDZSga balandlik bo‘yicha ikki sathda 32 tagacha (pastki sathda 1÷16 gacha bo‘lgan uyalar va yuqori sathda 17÷32 gacha bo‘lgan uyalar) tolalarni joylashtirish mumkin.

Kasseta lojementida bo‘sh joylar qoladigan bo‘lsa, u holda ular kasseta jamlamnasiga kiruvchi rezinali shnur bo‘laklari ko‘rinishidagi berkitgichlar bilan to‘ldiriladi.

Kasseta lojementiga joylashtirilgan KDZSni metall planka yordamida elastik qistirma qo‘yib kassetaning o‘zi kesib ochuvchi vintlar yordamida mahkamlanadi.

Payvandlab ulangan tugunning har ikkala tomonidan 1400 mm uzunlikdagi zaxira tolalar kassetaning ichki chetlari bo‘ylab yotqizilib chiqiladi. Kassetaning konstruktiv tuzilishi optik tolani 37.5 mm bo‘lgan minimal egilish radiusini ta’minlab beradi.

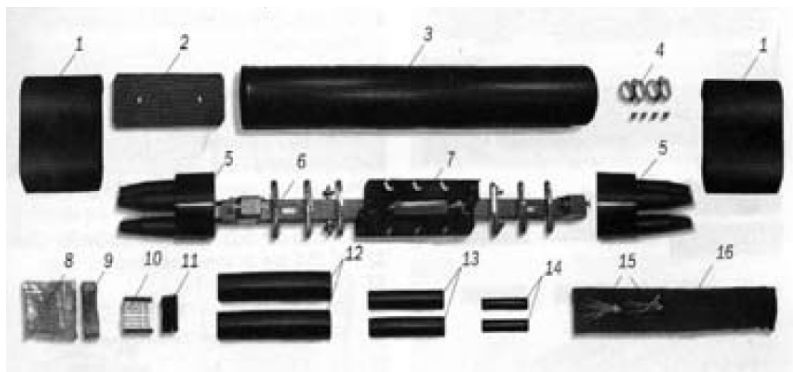
Mufta lotogi mufta ichiga kiritiluvchi optik kabelning markaziy kuchlantiruvchi elementini mahkamlash uchun maxsus tugunchalar bilan jihozlangan.

17.2.3 MOG-M turidagi mufta jamlanmasi

Odatda, muftalar materiallar va detallar jamlanmasi ko‘rinishida etkazilib beriladi va u mufta montaji uchun lozim bo‘lgan minimal (tayanch) jamlanmadan iborat bo‘lib, lozim bo‘lsa qo‘shimcha ravishda montaj qilinuvchi optik kabel va uni qo‘llanish sharoitiga qarab qo‘shimcha ravishda materiallar va detallar bilan to‘ldiriladi.

Tayanch jamlanma tarkibiga kiruvchi materiallar va detallar haqidagi ma‘lumotlar ekspluatatsion hujjatlarda ko‘rsatib o‘tiladi.

MOG–M turidagi mufta materiallari va detallari haqidagi ma‘lumotlar 17.8-rasmda ko‘rsatilgan.



17.8-rasm. MOG – M turidagi mufta tayanch jamlamasi:

1 – TUT 120/54 bo‘lakchasi; 2 – kasseta qopqog‘i; 3 – korpus (quvur ko‘rinishida); 4 – metall xomutlar; 5 – muftaning bosh tomoni; 6 – lotok; 7 – K–01 turidagi kasseta; 8 – silikagel solingan paket; 9 – mahkamlagich; 10 – modullar uchun markerlar; 11 – rei shunurlarda tayyorlangan to‘ldirgich; 12 – TUT 35/12; 13 – TUT 25/8; 14 – TUT 16/5; 15 – neonli tartib mahkamlagichlar; 16 – sayqallovchi qum qog‘oz.

14.3 Optik tolalarni ulash usullari va vositalari

TOA liniyalari bo'ylab axborotni uzatishni eng muhim masalalaridan biri optik tolalarni ishonchli ulanishini ta'minlash hisoblanadi. Optik ulagich – bu nurlanishni kiritish va chiqarish joyida, tolali optik aloqa liniya traktining turli komponentlarini ulash uchun mo'ljallangan qurilma. Ulagichlar optoelektron modullarni (qabul qilgich va o'tkazgichlarni) kabel tolalari bilan ulaydi, kabelning qurilish uzunliklarini bir-biri yoki boshqa komponentlar bilan ulaydi. Ulagichlar ajraladigan va ajralmaydiganga bo'linadi. Ajralmaydigan ulagichlar kabel tizimlarini doimiy montaj joylarida qo'llaniladi. Ajralmaydigan ulanishni ta'minlovchi, asosiy montaj usuli payvandlash hisoblanadi. Ajraladigan ulagichlar (konnektor, connectors termini keng qo'llaniladi) ko'p martalab ulash/ajratish imkonini beradi.

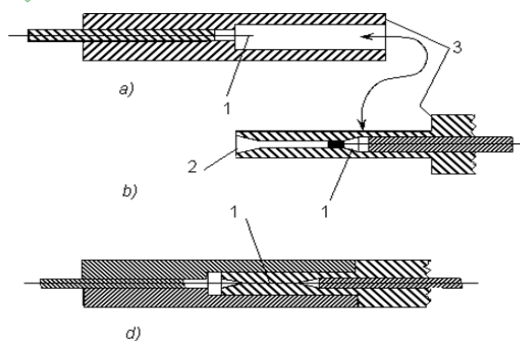
Amaliyotda ajraladigan optik ulagichlar kabelni ikkala oxirida va ajralmaydigan optik ulagichlar oraliq seksiyalarni ulashda qo'llaniladi. Bunga quyidagilar sababdir: ajralmaydigan ulagichlar kirituvchi yo'qotishlar sathi minimal bo'lib, 1 ta ulagichda 0,04 dBni tashkil etadi. Ajraladigan optik ulagichlar kirituvchi yo'qotishlar esa katta. Bundan tashqari ajralmaydigan ulagichlar aniq doimiylikni ta'minlaydi, bu ajraladigan optik ulagichlarni yuqorida aytib o'tilgandek bir necha va ko'plab ulash ajratish kutiladigan joylarda, masalan, kommutatsion panellarda yoki ulanishli krosslarda ishlatishni talab etadi.

Agar biz qurilmani almashtirishni istasak, unda buni ajralmaydigan optik ulagichlarga qaraganda ajraladigan optik ulagichlar orqali amalga oshirish qulay.

17.3.2 Ajraladigan optik ulagichlarning tuzilishi

Shtekerli ajraladigan optik ulagich 17.9-rasmda ko'rsatilgan. Bu ulagichda uya va shtir qismlari ulanadi. Ulanishdan so'ng gayka bilan mustahkamlanadi. Ushbu rasmda ulagichni uyali qismini yuzasida rezba va gayka ko'rsatilmagan.

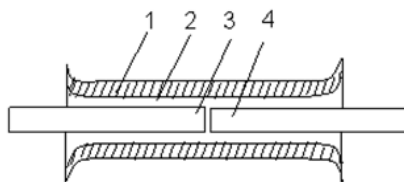
Ulagichlarga quyidagi talablar qo'yiladi: kirituvchi yo'qotishlari teskari va teskari aks etishlari kam, tashqi mexanik, klimatik va boshqa ta'sirlarga bardoshli, yuqori ishonchli tuzilishi sodda va ko'p martalab takroriy ulanishlardan so'ng xarakteristikalarini bir ozgina yomonlashishi mumkin.



17.9-rasm. Shtekerli ulash: a–uya; b–shtir; d–ajraladigan ulagich; 1–tola; 2–kanal; 3–birlashuvchi yuzalar.

17.3.3 Optik tolalarni ajralmaydigan ulashlar

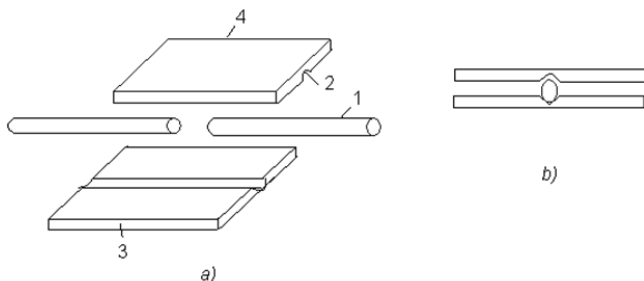
Ajralmaydigan optik ulashni keng tarqalgan usullaridan biri shishadan tayyorlangan trubka yordamida ulash hisoblanadi (17.10-rasm). Bunday ulashda kiritiluvchi soʻnish qiymati 0,29 dBni tashkil etadi.



17.10-rasm Turuba yordamida tolani ulash: 1– vtulka; 2– yopishtiruvchi kompaundni kuyish uchun teshik; 3,4–tola.

Dumaloq ariqchali-plastina yordamida tolalarni ulash (17.11-rasm) usulida kiritiladigan soʻnish sathi 0,5 dB ni tashkil etadi. Tola oxirlari aniq markazlashtirilib, soʻng yopishtiriladi yoki payvandlanadi.

Optik tolalarni doimiy ulash uchun payvandlashdan keng foydalaniladi. Hozirda payvandlash qurilmalari, amaliyoti takomillashib bormoqda. Natijada, payvandlashli ulash usuli qoʻllanilganda kiritiluvchi soʻnish qiymatlari bir modali va koʻp modali tolalar uchun 0,04-0,1 dB ni tashkil etadi.



17.11-rasm. Dumolok ariqchali plasina va V-turdagi forma yordamida tolani ulash: 1–tola; 2–ariqchalar; 3–plastina; 4–qopqoq:

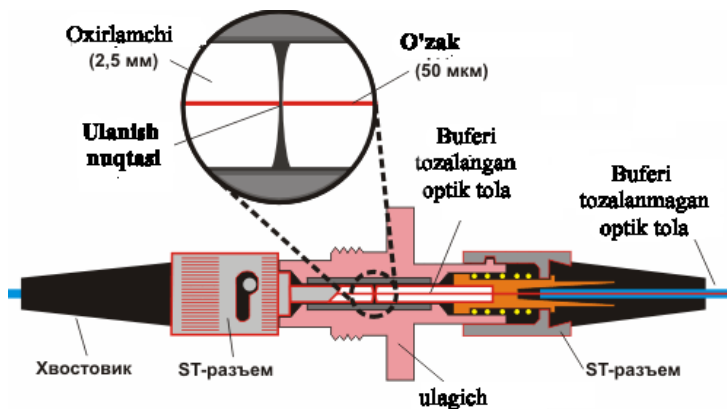
Ko‘p modali tolalarda payvandlashli ulash sifatiga ta‘sir qiluvchi, tolani o‘ziga bog‘liq bo‘lgan omillar mavjud. Bu omillarga tola diametrlarini, sonli aperturalarini va sindirish ko‘rsatkichlarini mos kelmasligi, o‘zakni qobiq markazida joylashmasligi kiradi.

Bir modali tolalarda (dispersiyasi siljimgagan holda) payvandlash sifatiga ta‘sir qiluvchi asosiy omil bu tolalarni moda maydoni diametrlarini mos kelmasligi hisoblanadi.

Shuningdek, bo‘ylama va burchakli siljishlar, o‘zakni ifloslanishi va deformatsiyasi ham payvandlash sifatiga ta‘sir qiluvchi omillardir. Bu omillarni ta‘siri malakali texniklar, tolani avtomatik tenglashtiruvchi qurilmalarni va zamonaviy payvandlash qurilmalarni ishlatish hisobiga minimumga etkazilishi mumkin.

Ajraladigan optik ulagichlar optik kabelning ikki uchini uzatuvchi va qabul qiluvchi optoelektron modullarning asosiy elementlari – yorug‘lik manbai va fotoqabulqilgichlar bilan ulashda, ajralmaydigan optik ulagichlar esa, optik tolaning oraliq bo‘laklarini ulashda qo‘llaniladi. Buning sababi shundaki, ajralmaydigan optik ulagichlarda ular tomonidan kiritiluvchi yo‘qotishlar sathi nisbatan past bo‘lib, uning son qiymati 0,04 dB ni tashkil etadi. Bundan tashqari ajralmaydigan optik ulagichlar ulanishlarda aniq doimiylikni ta‘minlaydi.

17.12-rasmda shtekerli ajraladigan optik ulagichning tuzilishi ko‘rsatilgan. Bu ulagich foydalanish chog‘ida bir-biri bilan ulanadigan ikki qismdan – uya va shtir qismlaridan tarkib topadi. Bu qismlar ulanishdan so‘ng o‘zaro gayka bilan mustahkamlanadi.



17.12-rasm. Shtekkerli ajraladigan optik ulagich.

Ulagichlarga quyidagi talablar qo‘yiladi: tuzilish jihatidan soddalik, kirituvchi yo‘qotishlarining imkon qadar kam bo‘lishi kerakligi, tashqi mexanik, atrof-muhit omillarining ta‘siriga va boshqa ta‘silarga bardoshlilik, yuqori darajadagi ishonchlilik, ko‘p martalab takroriy ulanishlarga nisbatan barqarorlik ana Shu talablar sirasiga kiradi.

Endi optik ajraladigan ulagichlar ta‘minlashi lozim bo‘lgan parametrlarni ko‘rib chiqamiz. Bular quyidagilar:

- Optik parametrlar;
- Mexanik parametrlar;
- Tashqi muhit ta‘siriga chidamliligi.

17.3.4 Ajraladigan optik ulagichlarning optik parametrlari

Optik ajraladigan ulagichlarning optik parametrlariga so‘nish hamda teskari akslanish kattaligi kiradi.

Ajraladigan optik ulagichning so‘nishi bu quvvatning yo‘qotilish deyiladi, va bu optik aloqa liniyasining to‘liq so‘nishiga qo‘shilib ketadi.

Optik signalning optik ajraladigan ulagich orqali o‘tishidagi so‘nishi quyidagicha aniqlanadi:

$$A = -10 \lg (P_1/P_2),$$

bu yerda, P_1 – liniyaga optik ulagich qo‘shilgandan keyingi nurlanish quvvati; P_2 – bazaviy optik quvvat(ya‘ni ajraladigan optik ulagich liniyaga qo‘shilmasdan oldingi optik signal quvvati).

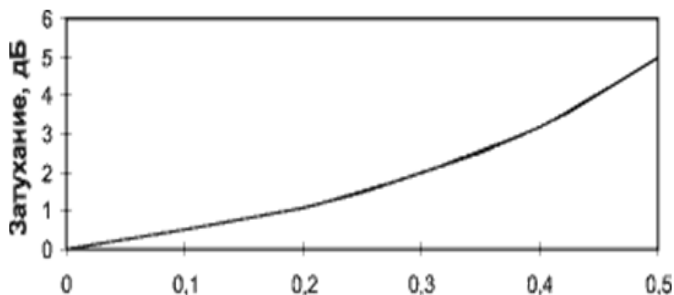
Nisbatan keng tarqalgan fizik kontaktli optik ulagichlar uchun xos boʻlgan oʻrtacha soʻnish qiymati 0,2 dB gacha, maksimal holatda 0,4 dB gacha boʻlishi mumkin.

17.3.5 Ajraladigan optik ulagichlarda soʻnishlarni yuzaga kelish sabablari

Ajraladigan optik ulagichlarda yuzaga keladigan kiritilgan soʻnishning qiymatiga turli faktorlar taʼsir qiladi. Ularni uch asosiy guruhga ajratish mumkin:

1. ichki-optik tolani tayorlashda yoʻl qoʻyilgan xatolilar sababli;
2. tashqi- ajraladigan optik ulagichni oʻzini tayorlashda yoʻl qoʻyilgan xatoliklar tufayli;
3. tizimli – OT da modaning tarqalishi bilan bogʻliq holda.

OT optik ulagichda oʻzining markaziy oʻqi boʻyicha aniq joylashishi lozim. Buning uchun OT ni joylashtirish uchun hosil qilingan tuynuk keramik oxirlamchi markazi boʻyicha aniq qilib yasalishi lozim (17.13-rasm).



17.13-rasm. Soʻnishning OT ning yonboshga siljish qiymatiga bogʻliqlik grafigi.

Koʻpchilik ajraladigan optik ulagichlar ishlab chiqaruvchilar OT va keramikali oxirlamchining markaziy oʻqlarini konsentrikligidagi siljishni 1 mkm dan oshib ketmasligini kafolatlaydilar.

Liniya inshootlarini qurilishida optik kabellarni yotqizishda turli usullardan foydalanish mumkin boʻlsada, optik kabellarni qurilish uzunliklarini bir-biri bilan ulash zaruriyati barcha usullarda vujudga keladi. Baʼzi bir holatlarda esa montaj texnologiyasi talab etiladi, misol uchun, stansiya va liniya optik kabellarini bir-biri bilan ulash lozim boʻladi.

Qurilish uzunliklaridagi optik kabellarni bir-biri bilan ulash ajralmaydigan optik ulagichlarni o'z ichiga olib, unda zirx katlamlari tashqi qobiq va kerak bo'lsa qattiqlovchi elementlarni butun holatga keltirilib tiklanadi.

Optik tolalarni ulashda ajralmaydigan ulagichni eng yaxshi va ancha mustahkam hamda ishonchli usullaridan biri bu tolalarni bir-biri bilan payvandlab ulashdir. Payvandlab ulanishda optik tolalarning oxir uchlari oldindan bir-biriga nisbatan sozlanadi va elektr yoy yordamida eritilib yopishtiriladi. Bunday operatsiyani avtomatik payvandlash apparati yordamida bajariladi (17.14-rasm).



17.14-rasm. Optik tolani avtomatik payvandlash apparati.

Payvandlab ulangan tugunning sifati ikkita parametr bo'yicha tavsiflanadi:

- hosil bo'luvchi yo'qotuvchanlik;
- cho'zilishga bo'lgan chidamliligi.

Shuningdek, bunday ulanish sifatiga optik tolalarning ifloslanishi va namgarchilik ham bir muncha salbiy ta'sir ko'rsatadi. Payvandlab ulangan joyga turli changlarni va namgarchilikni ta'siri yoki tegib ketishi o'z navbatida so'nish qiymatini o'sishga olib keladi va ulangan joyning mustahkamligini kamaytiradi, shuning uchun payvandlash ishlari olib boriladigan ish joylari shamoldan va namgarchilik tushishidan muhofazalangan bo'lishi kerak.



17.15-rasm. KL642HK markali optik kabel qobig'ini kesib ochish uchun maxsus kabel pichog'i.

Payvandlab ulash jarayonini amalga oshirishdan oldin dastlab optik kabelni payvandlashga tayorlash lozim, ya'ni har ikki o'zaro ulanuvchi optik kabellarning uski qobig'i 100-120 mm uzunligida maxsus kabel pichog'i yordamida kesib ochiladi (17.15-rasm). So'ngra zirx qatlami olinib keraksiz qismi tross kesgich asbobi yordamida kesib tashlanadi. O'zak ustiga o'ralgan turli xil himoya qobiqlari (belbog'li izolyatsiya, polietilen qobiq) ochiladi va o'zakdagi optik tolalar joylashgan optik modullar maxsus "D-gel" suyug'ligi yordamida tuksiz sochiq artib tozalanadi.

So'ngra "stripper" deb nomlanuvchi asbob yordamida polovinoxlorid modullar ko'ndalangiga kesiladi (17.16-rasm). Mo'duldan ozod bo'lgan optik tolalar ustidagi gidrofob moyi spirtlangan tuksiz sochiq yordamida artiladi. Artib tozalash tola uzunligi bo'ylab o'zaro perpendikulyar ikki marta amalga oshiriladi.



17.16-rasm. Stripper modul kesish asbobi.
Optik tolalarni qo'llanuvchi optik kabel muftalarining splays

kassetalariga o‘raladi va ortiqcha qismi kusachka yordamida kesib olib tashlanadi. Bundan so‘ng tolni yana kassetadan yechib olinadi uch qismidan 10 mm atrofida tolnaning ustki bufer qatlami shilib olib tashlanadi. Bu jarayon ikkinchi turdagi “stripper” asbobi yordamida amalga oshiriladi. Faqat bu ikkinchi turi tola bufer qatlamini tozalashga moslashgan. Tola bufer qatlami shilib olib tashlangandan so‘ng spirtlangan tuksiz sochiq yordamida artib tozalanadi.



17.17-rasm. Optik tola bufer qatlamini ajratuvchi stripper asbobi.

So‘ngra “skalivatel” (sindirgich) asbobi yordamida ko‘ndalang kesmi yuza qismi tekis qilib kesiladi (17.18-rasm).

O‘zaro payvandlanuvchi ikki tola ustida ham Shu amallar bajarilib ularni payvandlashga tyorlab bo‘lingach ularning biriga KZDS gilzasi o‘tkab qo‘yiladi. So‘ngra optik tolalarni payvandlash apparatining maxsus joyiga o‘rnatiladi va qopqoq yopiladi.



17.18-rasm. Tola ko‘ndalang kesimini tekis kesish uchun sindirgich asbobi.

“Start” tugmasi bosilgach tolalar eritilib bir-biriga payvandlanadi. Payvandlash muvaffaqiyatli amalga oshgach payvandlangan joyga gilza surib qo‘yiladi. Bunda payvandlangan joy gilzaning o‘rtasiga mos

kelishi lozim. Shundan soʻng bu payvandlangan qism payvandlash apparatining oʻzida oʻrnatilga elektr qizdirgichiga oʻrnatiladi va “Heat” tugmasi bosiladi. Bunda gilza erib tolalarning payvandlangan joyiga yopishib qoladi. Uni sovutilgach optik kabel muftasining splays kassetalaridagi mos joyiga joylashtirish mumkin boʻladi.

Shu tarzda ulanuvchi optik kabel tarkibida nechta tola boʻlsa Shu jarayonlar ketma-ketligi amalga oshiriladi.

Koʻp modali va bir modali tolalarning bir-biri bilan payvandlangan tugunning sifati va yoʻqotuvchanlikning oʻrtacha qiymati 0.1 dBdan oshmasligi kerak.

Boglovchi muftalarning tuzilishiga qoʻyiladigan asosiy talablar XEIT-T tavsiyalarida koʻrsatiladi. Qoʻshimcha ravishda muftalarni ishlatilish sharoiti (telefon kabel kanalizatsiyasida, toʻgʻridan-toʻgʻri yer ostiga, sim yogʻochlarga, suv ostiga yoki bino ichida)ni uning montaji va kelajakdagi texnik ekspluatatsiya jarayonlarini eʼtiborga olish kerak. Bundan tashqari muftalar materialini va uning tuzilish elementlarini hamda optik kabel materiallarini bir-biri bilan moslashuvchanligini eʼtiborga olib ular orasida elektroximik reaksiyalar boʻlishiga yoʻl qoʻymaslik kerak.

Mufta elementlarining eng katta ekspluatatsion ishonchligi optik tolalarni mexanik taʼsirlardan va suv kirib borishidan muhofazalanish boʻlib hisoblanadi. Odatda, muftaning konstruktiv tuzilishida kassetalar qoʻllanilib, ular bir-biri bilan payvandlab ulangan tolalarni joylashtirish va hisobga olish uchun qoʻllaniladi. Zaxiradagi optik tolalarni joylashtirish uchun esa qoʻshimcha kassetalar bilan taʼminlanadi. Muftaga kiritilib mahkamlangan kabel qobiqlari ichiga suv kirib ketmasligi uchun ular ham pishmagan rezina yordamida muhofazalanadi.

Tolali optik uzatish tizimining liniya traktini turli xil kurilish usullari boʻyicha kurilish uzunliklarining montaji jarayonida payvandlab ulangan joylarning sifati doimo nazorat ostida boʻlib turadi. Bir vaqtning oʻzida liniyaning optik soʻnishini oʻlchovi olib borilib, unda optik kabellarning montaj qilingan kurilish uzunliklaridagi shikastlanishi mumkin boʻlgan joylarni aniqlash maqsadida bajariladi.

Hamma montaj ishlari, tolali optik aloqa liniyalarining ekspluatatsiyasi boʻyicha yoʻriqnomalar, ushbu turdagi optik kabel va boglovchi muftalarni ishlab chiqargan korxonalar yoki zavodning rahbariy hujjatlari asosida bajariladi.

Nazorat savollari

1. Optik krosslar nima va ular asosida qanday ish bajariladi?
2. “Telekom Komplekt Servis” tomonidan ishlab chiqarilgan shkafl namlikdan muhofazalangan KRN–24 turidagi kross jihozi shkafl ko‘rinishidagi kross jihozi nimalardan iborat?
3. Ulovchi-o‘tkazuvchi yassi turdagi optik kabel muftasiga ta’rif bering.
4. MOG – M turidagi muftaning konstruktiv tuzilishi va texnik tavsilotlarini aytib bering.
5. MOG-M turidagi mufta nimalardan tashkil topgan?
6. Ajraladigan optik ulagichlarning tuzilishi qanday?
7. Optik tolalarni ajralmaydigan ulashlar qanday amalga oshiriladi?
8. Shtekkerli ajraladigan optik ulagichning parametrlarini ayting.
9. Optik tolani avtomatik payvandlash apparati qanday ishlaydi?

18-BOB. OPTIK ALOQA TIZIMLARINING TEXNIK EKSPLUATATSIYASI

18.1. Texnik ekspluatatsiya jarayonini tashkil etish

Zamonaviy TOAT (tolali optik aloqa tizimi) jihozlarining ko'p funksionalligi (signallarni generatsiyalash va o'zgartirish, ularni filtrlash va kuchaytirish, korreksiyalash va regeneratsiyalash va boshqalar), ko'plab o'zaro bog'liq element va qurilmalarning mavjudligi, ularning ish sifati darajasining turiligi va murakkabligi bilan farq qiladi. Uzatish tizimlarining bir yoki boshqa tugunlarida bitta yoki hattoki, bir nechta elementlarning rad etishi tizimning ishga qobiliyatligini butunlay yo'qotishiga olib kelmaydi, faqatgina uning ish sifatini va samaradorligini kamaytiradi.

TOAT jihozlarning murakkablashuvi, ularning o'tkazish qobiliyatining o'sishi, kanal va traktlar sonining ko'payishi, ularning ish mexanizmiga axborot texnologiyalarining kiritilishi, ularning ekspluatatsiyasini tashkil etishga bo'lgan talablarni aniqlaydi.

Ekspluatatsiya so'zi nimadandir foyda olishni yoki ishlatishni anglatadi (keng ma'noda inson tomonidan ishlab chiqaruvchi kuchlarni talab va ehtiyojlarni qondiruvchi biror bir amaliy maqsadlar uchun tizimli ishlatilishini anglatadi). Ekspluatatsiya - TOAT ish davrining hayotiy bosqichi bo'lib, o'zida TOAT qurilmalarini sozlash va montaj qilishni, uni vazifasi bo'yicha ishlatishni, profilaktik texnik xizmat ko'rsatishni, rad etishlardan keyin qayta tiklash va ta'mirlashni mujassamlaydi. TOAT va uzatish liniyalari qurilmalari ishining maksimal samaradorligiga erishishga yo'naltirgan tashkiliy-texnik tadbirlar va axborot-dasturiy vositalar majmuasi texnik ekspluatatsiya (TE) tizimini tashkil etadi. Ekspluatatsiya jarayoni inson tomonidan to'g'ridan to'g'ri yoki vositalarorqali texnik ekspluatatsiya obyekti (TEO)ga ta'sir etish yo'li bilanamalga oshiriladi. TE jarayonida amalga oshiriladigan ko'plab ekspluatatsion operatsiyalar xizmat ko'rsatuvchi yoki texnik xodim tomonidan bajariladi.

TE jarayoni, uning qonuniyatlari, xarakteristikalari, tashkil etish va amalga oshirish usullarini o'rgatuvchi fan texnik ekspluatatsiya nazariyasi hisoblanadi.

TE nazariyasining asosiy tushunchalari:

- ekspluatatsiya sharoiti – TOAT jihozlariga ta'sir etuvchi omillar majmuasi. Ekspluatatsiya sharoitlariga iqlim sharoitlari, mexanik va

elektrik yuklamalar, xizmat ko'rsatuvchi xodimning malakasi, metrologik ta'minoti, zaxira qism va asboblarning holati va boshqalar kiradi;

- ish rejimi – TOAT vazifasi bo'yicha qo'llanilganda, ularning ekspluatatsion parametrlari qiymatlarining majmuasi. Ish rejimlariga quyidagilar kiradi: guruh va liniya traktlarini turli axborot signallari bilan yuklash; turli ierarxiyalarning raqamli oqimlarini ajratish, uzatish, qabul qilish va tranziti, regeneratsiyalash punktlarining ish sharoiti, trakt va seksiyalarni zaxiralash tizimi va boshqalar;

- ekspluatatsiya vositalari – TOAT va uning elementlarining ekspluatatsiyasi uchun zarur bo'lgan ekspluatatsiya materiallari va asboblari, zaxira blok va texnik qurilmalar majmuasi;

- texnik xizmat ko'rsatish (TXK) – vazifasi bo'yicha xizmat muddati davomida TEOning ishga qobiliyatligini va sozligini ta'minlash bo'yicha bajariladigan ishlar kompleksi.

Texnik ekspluatatsiya – aloqa korxonalarining ishlab chiqarish faoliyatining asosiy qismi hisoblanadi. Tarmoqning texnik ekspluatatsiyasi texnik xizmat ko'rsatish usullari va algoritmlari majmuasini namoyon etib, istalgan texnik ekspluatatsiya obyektining o'rnatilgan normalarini talab darajasida saqlaydi va tashkil etadi.

Texnik ekspluatatsiyaning asosiy maqsadi – rad etish holatlarining hosil bo'lishini va ularning ta'sirini kamaytirish hisoblanadi.

TE quyidagi xollarda amalga oshiriladi:

- obyektни ekspluatatsiyaga kiritishda (pasport tayyorlashda);
- ekspluatatsiya jarayonida sozlik holatini saqlash (texnik xizmat ko'rsatish);
- obyektни ishga qobiliyatligini qayta tiklash (ta'mirlash-sozlash va ta'mirlash-qayta tiklash ishlari).

TE jaryoniga quyidagilar kiradi:

- ishchi xarakteristikalarini o'lchash;
- rad etishlarni topish;
- ishchi xarakteristikalar va rad etishlarda signalizatsiya;
- zaxiralash;
- ishga qobiliyatligini qayta tiklash;
- nazorat qilish (qayta tiklashdan so'ng).

TEOga uzatish kanallari va traktlarida ulashlarning tarkibiy qismi hisoblangan, nazorat va boshqaruv signallari bilan almashinish uchun ulanish joylariga ega bo'lgan TOAT ning texnik vositalari kiradi. Texnik ekspluatatsiya objekti ulanish joylari orasida ma'lum funksiyalarni

bajarish uchun mo'ljallangan (11.1-rasm).

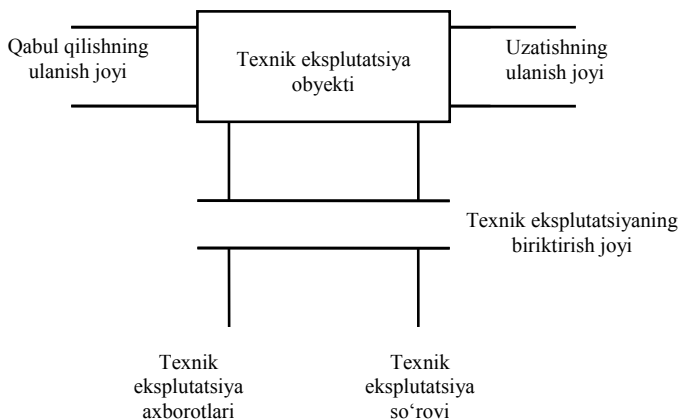
Ekspluatatsion nazorat qurilmalari tomonidan nazorat qilinuvchi, TEOni ishchi xarakteristikalarining tahlil natijalari ba'zan rad etish yuzaga kelgandan so'ng yoki ish sifati yomonlashgandan so'ng avtomatik, ba'zan texnik ekspluatatsiya axboroti haqidagi so'rov bo'yicha TE ulanish joylari bo'ylab ma'lum qilinadi.

Texnik xizmat ko'rsatish (TXK)ning quyidagi usullari tavsiya etiladi:

- profilaktik texnik xizmat ko'rsatish (PTXK), ma'lum vaqt oralig'idan keyin yoki oldindan belgilangan mezonlarga mos ravishda bajariladi va rad etish yuzaga kelishi yoki TEO funksiyalarning yomonlashuvi mumkinligi haqida o'z vaqtida ogohlantirishga yo'naltirilgan;

- to'g'rilovchi texnik xizmat ko'rsatish (TTXK), TEOning ishga noqobiliyatlik holati aniqlangandan keyin bajariladi va TEOning sifat parametrlarini o'rnatilgan doirada bo'lishiga yo'naltirilgan;

- boshqariladigan texnik xizmat ko'rsatish (BTXK), TEO ishchi xarakteristikalarini nazorat qiluvchi, uzatish sifatini boshqarish va nosozliklarni bartaraf etish vositalarini qo'llab, TEO holatini tahlil qiluvchi usullarni tizimli ishlatish yo'li bilan bajariladi va profilaktik xizmat ko'rsatishni minimumga etkazishga va to'g'rilovchi texnik xizmat ko'rsatishni qisqartirishga yo'naltirilgan.



18.1-rasm. Uzatishning birlashtirish joylarida ma'lum funksiyalarni bajarishga mo'ljallangan texnik ekspluatatsiya obyektı.

Profilaktik texnik xizmat ko'rsatish quyidagilarni o'zida namoyon etadi:

- davriy ekspluatatsion nazorat;
- ishchi xarakteristikalarini rejali o'lchash;
- apparatura komponentlarini rejali almashtirish.

To'g'rilovchi texnik xizmat ko'rsatish quyidagilarni o'zida namoyon etadi:

- uzluksiz ekspluatatsion nazorat;
- epizodik ekspluatatsion nazorat;
- operativ-texnik nazorat;
- ishchi xarakteristikalarini o'lchash.

Boshqariladigan texnik xizmat ko'rsatish o'zida quyidagilarni namoyon etadi:

- uzluksiz ekspluatatsion nazorat;
- operativ – texnik nazorat;
- ishchi xarakteristikalarini o'lchash.

Raqamli TOAT uchun TTXK afzalroq hisoblanadi, chunki ularga aloqani uzmasdan xatolik koeffitsiyent (yoki xatolik ko'rsatkich)lari bo'yicha rad etishlarni aniqlash mumkin. TTXKda texnik xizmat ko'rsatishga ketadigan vaqt, ya'ni rad etish joyini aniqlash va qayta tiklash bo'yicha ishlarni boshlashga ketadigan vaqt kamaytiriladi. Bunga, ayniqsa, optik kabelli raqamli uzatish tizimlari uchun samarali bo'lgan, optimal qayta tiklash strategiyasini qo'llash bilan erishiladi. Rad etishlarni bartaraf etish (qayta tiklash) bilan bog'liq ishlar, TTXK uchun xos bo'lgan, aloqani uzgan holda amalga oshiriladi.

TOA vositalari va ularni boshqarish tarmog'i rivojlanishining zamonaviy bosqichida BTXX birinchi ahamiyatga ega, chunki PTXX va TTXK ga nisbatan, yuzagakelishi mumkin bo'lgan rad etishlarni topish va bartaraf etish, shuningdek, TXKni aloqani uzmasdan amalga oshirish va ishga qobiliyatligini qayta tiklash imkonini beradi. Shuning uchun zamonaviy TOAT da yuqori sifatli TEni ta'minlovchi BTXX qo'llaniladi.

TEO bilan birgalikda yordamchi TEO (YOTE) ham mavjud, ular bevosita ma'lumotlarni uzatish funksiyasini bajarmaydi (rad etishlarni aniqlash, xizmat signallarini uzatish, avariya signalizatsiyalari, tashqi nazorat va boshqaruv tizimlari bilan muvofiqlashtiruvchi qurilmalar).

Bir yoki bir necha YOTEga ega, bir yoki bir necha TEO tarmoq elementini tashkil etadi. BTXXdan foydalanishga asoslangan, zamonaviy TOA vositalari uchun tarmoq elementi tarkibiga kiruvchi

TEOlari boshqariluvchi obyektlar hisoblanadi.

Ekspluatatsion nazorat TE jarayonida TEOlarini oʻrnatilgan talablarga mosligini aniqlashni namoyon etadi.

Ekspluatatsion nazoratda amalga oshiriladigan, TEOning ish sifatini baholash, TEO ishchi xarakteristikalarining normaga mosligini aniqlashni va ish sifati buzilganligini yoki ishchi xarakteristikalarni normadan ogʻanligini aniqlashni taʼminlaydi.

Rad etishlarni sinflash uchun anomaliya va defekt tushunchalari ishlatiladi.

Anomaliya – bu obyekt parametrining joriy qiymati va talab etiladigan qiymati orasidagi farq. Anomaliya obyektning talab etiladigan funksiyalarini bajarish qobiliyatiga taʼsir etishi yoki taʼsir etmasligi mumkin.

Obyektning talab etiladigan funksiyasini bajarish qobiliyatini chegaralanishi defekt hisoblanadi. U qoʻshimcha tahlil natijalarini baholashga bogʻliq holda TE boʻyicha faoliyatni talab etishi yoki talab etmasligi mumkin.

TEOning talab etiladigan vazifasini bajarish qobiliyatini kamayishiga olib keluvchi anomaliyalar ketma-ketligi defekt sifatida koʻriladi.

Ekspluatatsion nazorat TEO tarkibiga kiruvchi dasturiy-texnik vositalar va nazorat qurilmalari, yoki avtonom oʻlchov vositalari, shuningdek, oʻlchashlarni avtomatlashtirish va ularning natijalarini qayd etishni taʼminlovchi qurilmalar yordamida amalga oshiriladi.

Nazorat uzluksiz va birgalikda olib boriladigan uch jarayondan iborat:

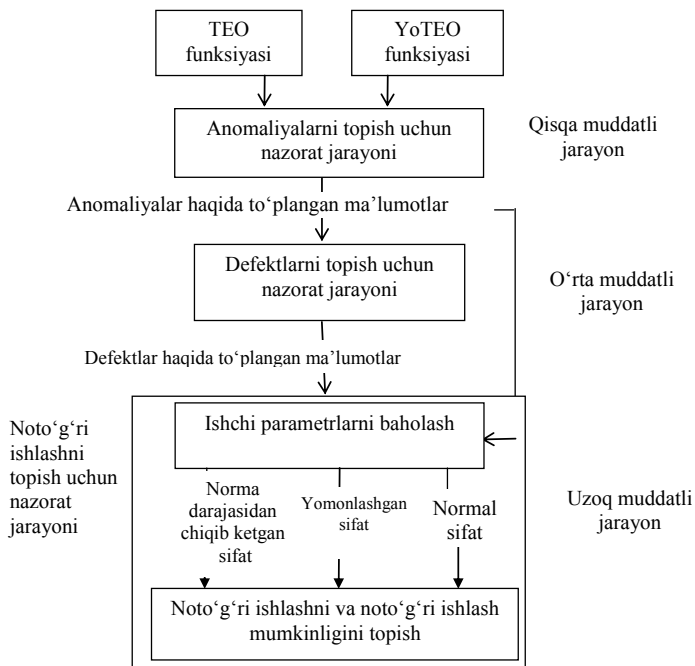
1) anomaliyalarni aniqlash uchun nazorat jarayoni (qisqa muddatli davr);

2) defektlarni aniqlash uchun nazorat jarayoni (oʻrta muddatli davr);

3) sifat yomonlashuvlarini aniqlash uchun nazorat jarayoni (uzoq muddatli davr).

Har bir jarayon anomaliya va defektlar haqidagi maʼlumotlarni toʻplash bilan olib boriladi. Anomaliya va defektlarning nazorat jarayonlari mos ravishda anomaliya va defektlarni yuzaga kelishini koʻrsatadi. Sifat yomonlashuvini nazorat jarayoni TEOning sifat darajasini aniqlaydi va sifat norma darajasidami, yomonlashganmi yoki norma darajasidan chiqib ketganligini aniqlaydi. Bu sifat sathlari berilgan vaqt oraligʻida olingan va tahlil qilingan anomaliya va defekt

haqidagi ma'lumotlar asosida aniqlanadi. Yomonlashuv va norma darajasidan chiqib ketgan sifat ko'rsatkichlarini ajratuvchi chegaralar va kuzatish davri har bir defekt uchun tasdiqlangan ishga noqobiliyatlik holati, anomaliya yoki defekt paketlari har bir TEO uchun aniqlanadi. Ishchi parametrlarning yomonlashgan va normadan chiqib ketgan qiymatlarining indikatsiyasi, har bir chegaradan oshish aniqlanganda beriladi. Bu jarayon 18.2-rasmda ko'rsatilgan.



18.2-rasm. Texnik ekspluatatsiya obektining noto'g'ri ishlashini topish jarayoni.

Turli datchiklardan birlamchi axborot signallari har bir TEOdan qayta ishlash blokiga beriladi yoki joyida qayta ishlanadi. Ishchi xarakteristika ko'rsatkichlari Shu axborot asosida aniqlanadi. ES va SES xatolik ko'rsatkichlari deb ataladigan har bir ishchi xarakteristika ko'rsatkichlari, TEOning ish sifati ko'rsatkichini hisoblash uchun alohida qayta ishlanadi.

Nazorat qilinuvchi obyektlar (NQO) sifatida uzatish tizimlari, tipli kanal va traktlar murakkab tizimni namoyon etib, ko'plab parametr va xarakteristikalariga ega.

Ahamiyatligi bo'yicha parametrlarning quyidagi turlari mavjud:

- aniqlovchi uning nazorati TEUmumiy ish qobiliyatini baholash imkonini beradi;

- bashoratlovchi TEOning texnik holatini bashorat qilish uchun zarur bo'lsa axborotni saqlaydi;

- avariya TEO ishida avariya rejimi yaqinlashishini aniqlovchi parametr.

Nazorat qilinuvchi parametrlarni tanlashda quyidagilarni hisobga olish kerak:

- TEO ish samaradorligiga parametrlarning ta'sir darajasi;

- parametrlarning nominal qiymatlardan og'ish kattaligi;

- nazorat qilinuvchi parametrlarning taqsimot qonuni;

- bog'liq emaslik (korrelyatsiyaning mavjud emasligi) yoki parametrlarning sozlik darajasi;

- nazorat narxi, ya'ni ushbu turdagi nazorat yoki o'lchashlarni o'tkazishni ta'minlash uchun sarf etiladigan xarajatlar.

Aloqa operatorining birlamchi tarmog'ida operativ-texnik nazorat – bu nazorat obyektlari (NO) deb ataluvchi, quyidagi TEOlarning holatlarini umumiy baholanishlarga mosligini aniqlash jarayoni demakdir:

- tarmoq (stansiya) tugunlari – NO – TT (ST);

- uzatish liniyalari – NO – UL;

- plezioxron raqamli ierarxiya (PRI) raqamli uzatish tizimlari (RUT)ning liniya traktlari va sinxron raqamli ierarxiya (SRI) RUTning multipleksorlash va regeneratsiyalash seksiyalari – NO –LT;

- SRI RUT virtual konteyner traktlari va ularning uchastkalari, PRI RUTning tarmoq traktlari – NO – TT_R;

- uzatish kanallari – NO –UK.

Zamonaviy raqamli TOAT uchun holatlarning umumiy baholanishini aniqlash, barcha TEO uchun amalga oshirilishi kerak.

NO (zamonaviy RUT TEO) lari holatlarning quyidagi baholanishlari bilan xarakterlanadi:

NORMA – sifat parametrlari va NO elementlari o'rnatilgan doirada bo'ladi;

OGOHLANTIRISH – sifat parametrlari o'rnatilgan doirada bo'ladi, NO elementlarining parametrlari, rejim va ish sharoiti NO rad etishi mumkin bo'lgan qiymatlardan oshishidan dalolat beradi (ma'qul sifat).

BUZILISH – NO rejimining buzilishi natijasida sifat parametrlari oʻrnatilgan doiradan chiqadi yoki ularda nosozliklar vujudga keladi, biroq NO ishga qobiliyatlilik holatini saqlaydi (yomonlashgan sifat);

AVARIYA – NO rejimining buzilishi natijasida sifat parametrlari oʻrnatilgan doiradan chiqadi yoki ularda nosozliklar vujudga keladi, buning oqibatida NOning rad etishi kuzatiladi (norma darajasidan chiqib ketgan sifat).

Operativ-texnik nazorat bevosita NO (zamonaviy RUT TEO) ni ekspluatatsiyadan chiqarmasdan amalga oshiriladi. NOning NORMA, BUZILISH va AVARIYA turdagi holatlari haqidagi maʼlumotlar boshqarish tizimiga uzatiladi.

NO–UL, NO–LT, NO–TT_R (UL, LT, TT_R)ning nosoz uchastkalari TE markazida NO holatining oʻzgarganligi haqidagi axborotni tahlil qilish yoʻli bilan aniqlanadi.

18.3-rasmda TEO haqida TE axborotini qayta ishlash jarayoni koʻrsatilgan, bunda notoʻgʻri ishlashni topish nazorat jarayonidan boshlangan.

TEOda OGOHLANTIRISH axborot signali yoki BUZILISH va AVARIYA kabi axborot signallari berilishi yoki berilmasligi mumkin. Qachon signal TEOdan tashqarida berilsa, avariya axborotlarini qayta ishlash jarayoni, avariya holati indikatsiyasi signali (AHIS) yoki oldingi uchastkadagi rad etishni koʻrsatuvchi signal (ORKS) larni, shuningdek, boshqa manbalardan (masalan, boshqa TEOdan, sutka vaqti haqida, yuklama intensivligi haqida va b.q.) beriladigan maʼlumotlar birlashtirilishi mumkin. Bu TE axborot signallarini yoki avariya signallarini berish kerakligini hal qilish uchun amalga oshiriladi.

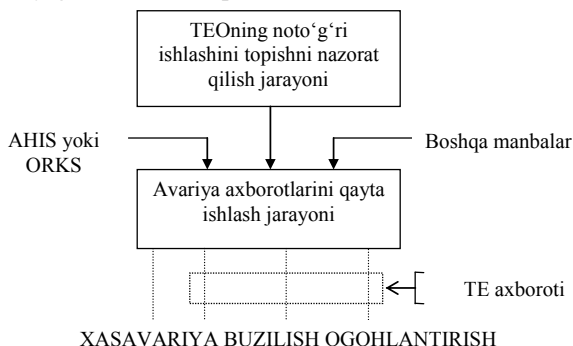
AHIS – TEOning ishga noqobiliyatligini bildiruvchi signal boʻlib, ishchi signallarni almashtirish maqsadida shikastlangan yoʻnalishda uzatadi va rad etish oqibati hisoblangan, TEning boshqa avariya signallarini blokirovkalash kerakligini boshqa ishga qobiliyatli boʻlgan TEO koʻrsatadi.

AHIS qabul qilinganda, TEOdan xizmatning avariya signali (XAS)ni berish talab etilishi mumkin.

Xizmatning avariya signali – TEOdan berilib, xizmatni taqdim etish boshlanishi yoki tugatilishini anglatadi. Xizmatning ishchi parametri kattaligi talab qiymatlaridan pastga tushib ketganda XAS berilishi kerak. Bu qiymat AVARIYA signali berilgandagi qiymatga mos kelishi mumkin.

Rad etish haqidagi maʼlumot (11.2-rasmga qarang), rad etgan

TEOni aniqlashda ishlatiladi. TEaxborotlari joyida, yoki avariya signallarini yig'ish tizimi orqali distansion tarzda uzatilishi mumkin.



18.3-rasm. TEO haqidagi TE axborotini qayta ishlash jarayoni.

Texnik ekspluatatsiya va boshqarish tizimini tashkil etish

Texnik ekspluatatsiya tizimi (TET), dasturiy-texnik vositalar, texnik xodimlar va TEOga texnik xizmat ko'rsatish usullari va algoritmlari majmuasi sifatida, TEOni talab darajasida sifatli va samarador ishlashini ta'minlashi kerak.

TETda texnik xodimning vazifasi quyidagilardan iborat:

- TOA uzatish tizimi qurilmalarining uzluksiz va yuqori sifat bilan ishlashini ta'minlash;
- barcha turdagi ma'lumotlarni o'rnatilgan sifat bilan uzatish;
- TOAT apparaturalarini, uzatish liniyasini, kanal va traktlarini va ularga mos keluvchi servis qurilmalarini soz holatda, parametr va xarakteristikalarini normativ - texnik hujjatlar (NTX)da belgilangan talab va normalar doirasida ushlab;
- ekspluatatsiya jarayonining metrologik ta'minotini mukammallashtirish;
- uzatish liniyasi va traktlarni tashqi va o'zaro ta'sirlardan himoyalash bo'yicha tadbirlarni o'tkazish;
- TOAT va uzatish liniyasi qurilmalarida yuzaga keladigan buzilish, rad etish va avariyalarni aniqlash va operativ bartaraf etish;
- belgilangan nizom, norma va instruksiyalarga mos holda TOA qurilmalari, kanal va traktlari pasportini tayyorlash bo'yicha ishlarni tashkil etish va o'tkazish;

- TEOning sifatini sonli baholash imkonini beruvchi ekspluatatsion xarakteristika va ko'rsatkichlarni aniqlash;

- TEning turli bosqichlarida o'tkaziladigan tadbirlarning mazmunini va hajmini asoslangan holda aniqlash;

- TEOga texnik va profilaktik xizmat ko'rsatishning yangi texnologik usullarini kiritish;

- TE sifati va samaradorligini pasaytiruvchi omillarni aniqlash, aloqa sifatini boshqarishning kompleks dasturini ishlab chiqish va tadbiq etish, mavjud va yaratilayotgan TEOning iqtisodiy ko'rsatkichlarini oshirish;

- TEOni ta'mirlash, profilaktik, texnik xizmat ko'rsatish bo'yicha ishlarni bajarishda texnika xavfsizligi qoidalariga qat'iy rioya qilish, TEning iqtisodiy, ergonomik va ekologik masalalarini birgalikda tadqiq etish va uning natijalarini amaliyotga kiritish;

- TEning texnologik jarayonlarini avtomatlashtirish vositalari va usullarini ishlab chiqish;

- qurilmalarni sifatli ekspluatatsiya qilishni ta'minlovchi uskunalarga, o'lchov asboblari, materiallarga, asboblarga, inventarlarga buyurtmalarni o'z vaqtida taqdim etish;

- texnik ekspluatatsiya tarmog'ini ishlab chiqish va ko'rish;

- texnik hujjatlarni yuritish, kanal, trakt va qurilmalarning ish sifatini tahlil qilish va hisob - kitobini olib borish;

- kanal va trakt qurilmalariga operativ xizmat ko'rsatishni qabul qilish va usullarini texnik xodimlarga o'rgatishning ilmiy asoslangan metodlarini ishlab chiqish.

Operativ - texnik hujjatlarda ko'zda tutilgan, boshqarish bo'yicha ishlar majmuasi operativ – texnik boshqarish tizimi (OTBT)ni tashkil etadi.

OTBTning asosiy vazifalari quyidagilar hisoblanadi: TOAT ning kanal va traktlari bo'ylab ma'lumotlarni sifatli va uzluksiz uzatishni ta'minlash, birlamchi tarmoqning mos keluvchi uchastkasining holatini nazorat qilish va uzatish liniyalarining avariyasida topologiyani o'zgartirish bo'yicha qaror qabul qilish.

OTBT birlamchi tarmoqning tashkil etuvchisi sifatida, TOAT va uzatish liniyasi, tipli kanal va traktlar ishini ta'minlovchi, dasturiy – texnik vositalar va texnik xodimlar mujassamligi ko'rinishida tashkil etiladi.

OTBT ikkilamchi tarmoq va turli foydalanuvchilarning keng doirasi (kanal va trakt arendachilari) bilan samarali o'zaro faoliyatni ta'minlaydi.

Operativ texnik xizmat ko'rsatish Tening ikkilamchi tashkil etuvchisi hisoblanadi va o'zida TEOning ishga qobiliyatligini va sozligini, ishonchlik ko'rsatkichlarini, kanal va trakt parametrlarini normativ texnik hujjatlarda belgilangan oraliqlarda ushlab turish va qayta tiklash bo'yicha ishlarni namoyon etadi.

Tening bu tashkil etuvchisining integrall ishlashi texnik xizmat ko'rsatish (TXK) ko'rinishida tashkil etiladi. Operativ-texnik hujjatlarda ko'zda tutilgan, kanal va traktlar ishining sifat ko'rsatkichlarini ta'minlash maqsadida, berilgan ekspluatatsiya sharoitlari uchun TXK bo'yicha ishlarni tashkil etish va o'tkazishni aniqlovchi nizom, me'yor, boshqaruvchi texnik materiallar va ko'rsatmalarining o'zaro bog'liq majmuasi operativ-texnik xizmat ko'rsatish (OTXK) tizimini tashkil etadi. Bu tizim turli ishlar va jarayonlarni o'tkazishni nazarda tutadi, ulardan asosiylari quyidagilar hisoblanadi:

- yordamchi jarayonlar – TXK bo'yicha ishlarni olib borish uchun ish joyini, asboblarni va nazorat-o'lchov asboblarini tayyorlash bo'yicha ishlar yig'indisi;

- texnik tekshirish – TEO parametr va xarakteristikalarini normativ texnik hujjatlarga mosligini tekshirishga yo'naltirilgan ishlar yig'indisi.

Holat bo'yicha TXK strategiyasi (XTXK), TXK bo'yicha ishlarning tartibi va davriyligi, shuningdek, TEO va uning elementlarini almashtirish, TEOni har bir elementining texnik holatini nazorat natijalari bo'yicha belgilanishi bilan xarakterlanadi.

XTXK strategiyasi faqatgina rad etishning yuqori darajasida va TEO ning ishga yaroqliligini nazorat qilishda (rad etgunga qadar ishlashi) maqsadga muvofiq. Rad etish yuzaga kelgandan so'ng, uning keyingi ta'sirlari bo'lmasligi, XTXK strategiyasini qo'llashning eng zarur sharti hisoblanadi. Agar rad etish jiddiy oqibatli avariya olib kelsa, XTXK strategiyasini qo'llash mumkin emas. Sinxron raqamli ierarxiya asosidagi TOA uzatish tizimlari bu shartlarning barchasiga to'liq holda javob beradi.

XTXK strategiyasi jarayonlari quyidagilar hisoblanadi:

- TEO texnik holatini uni funksional ishlatish joyida nazorat qilish;
- TXK bo'yicha ishlarning mazmunini va hajmini aniqlash (sozlash, ishlatish joyida sozlash; rad etish yoki rad etgunga qadar

bo'lgan holat aniqlanganda TXK rejimiga o'tkazish; buzilgan joyni o'chirish va uni bartaraf etish maqsadida diagnostika qilish);

- qayta tiklanishdan so'ng TEO holatini NTXga mosligini nazorat qilish;

- ishlatishdan oldin montaj qilish va tekshirish.

Ikkala TXK strategiyalarini taqqosiy tahlil qilish, texnik ishlatish koeffitsiyentlarining qiymatlarini hisoblash va taqqoslash yo'li orqali amalga oshirilishi mumkin.

TEO ning quyidagi ko'rsatkichlari ma'lum:

T_0 – rad etgunga qadar ishlash;

T_{txk} – TXK davri;

τ_{txk} – TXK vaqti;

τ_t – rad etish yuzaga kelganda qayta tiklash vaqti.

TEO ning rad etmasdan ishlash ehtimolligi eksponensial qonunga bo'ysunadi

$$p(t) = \exp(-t/T_0). \quad (18.1)$$

U holda XTXK strategiyasida texnik ishlatish koeffitsiyenti

$$K_{\text{mul}} = \frac{T_0 [1 - \exp(-T_{\text{mxx}}/T_0)]}{(T_0 + \tau_m) [1 - \exp(-T_{\text{mxx}}/T_0) + \tau_{\text{mxx}}(-T_{\text{mxx}}/T_0)]}. \quad (18.2)$$

XTXK strategiyasi uchun $\tau_{n \leq \tau_{\text{txk}}}$ nazorat vaqti davomida T_{txk} davriylikka ega parametrlarni nazorat qilishda texnik ishlatish koeffitsiyenti:

$$K_{\text{de 2}} = \frac{\dot{O}_0 [1 - \exp(-T_{\text{nj}}/\dot{O}_0)]}{\tau_t [1 - \exp(-T_{\text{dde}}/\dot{O}_0)] + \dot{O}_{\text{dde}} + \tau_t}. \quad (18.3)$$

$\tau_{n \leq \tau_{\text{txk}}}$ shart bajarilganda (TOA tizimlari uchun odatda bajariladi)

$$T_{\text{txk}} < T_0, K_{\text{mul 2}} > K_{\text{mul}}.$$

Turli strategiyalar bo'yicha TXKni tashkil etish masalasi ko'rsatadiki, XTXK strategiyasi boshqalariga nisbatan bir qator afzalliklarga ega: ish hajmining kamayishi, rad etishlar sonini kamayishi, asoslanmagan almashtirishlar sonini kamayishi hisobiga zaxira ehtiyot qismlari bilan ratsional ta'minlash va tejash.

SRI yoki PRI uzatish tizimlarining oxirgi avlodlari asosidagi TOAT va uzatish liniyalarining ekspluatatsiya amaliyotida XTXK strategiyasi asosiy hisoblanadi.

TEO qurilmalariga TXK bo'yicha tadbirlar davriyligi uning murakkabligi, TXK usullari va strategiyalarining turi bo'yicha aniqlanadi va quyidagi uch prinsipda belgilanadi:

1. **Kalendar prinsipi**, TXK bo'yicha tadbirlar, rad etgunga qadar ishlashga bog'liq bo'lmagan holda, ma'lum bir vaqt (kun, hafta, oy, kvartal, yarim yil, yil) davomida belgilanadi. Bu prinsipda o'tkaziladigan tadbirlar profilaktik texnik xizmat ko'rsatish (PTXK) deyiladi va TXK ning profilaktik usuliga mos keladi.

2. **Vaqt prinsipi**, vaqtga bog'liq bo'lmagan holda TEOni NTXda belgilangan vaqtgacha rad etmasdan ishlashiga erishilgandan so'ng, TXK bo'yicha ishlar amalga oshiriladi. Bu prinsipda o'tkaziladigan TXK ishlari reglamentli deyiladi va odatda rad etish eskirishlar (lazer diodlari, ko'chkili fotodiod, optik kuchaytirgichlar va boshqalar) sababli hosil bo'ladigan TEO uchun qo'llaniladi.

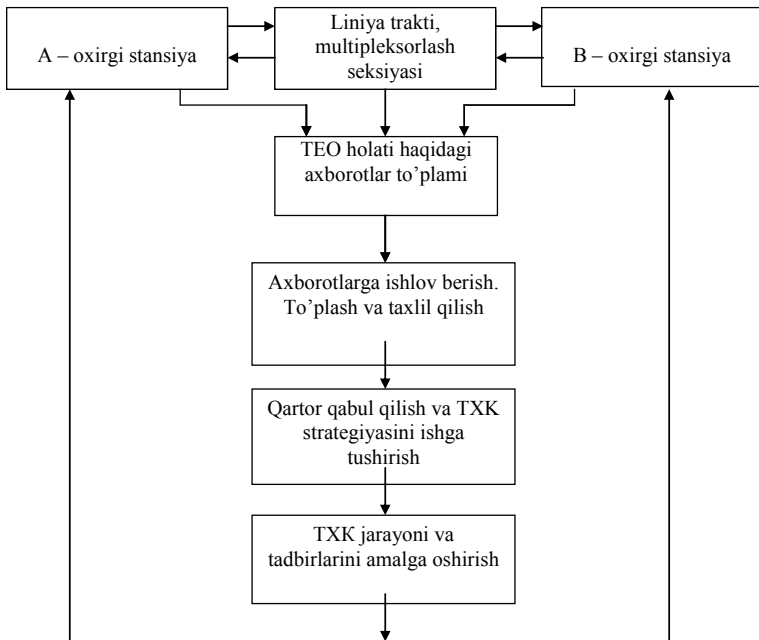
3. **Aralash prinsip**, ishlarning ma'lum bir qismi belgilangan kalendar muddatlarda, qolgan qismi esa rad etguncha ishlashiga bog'liq holda bajariladi. Bunday TXK ba'zan reglament – profilaktik ishlar deyiladi.

Nazorat qurilmalari bilan to'liq ta'minlanganligi bois, zamonaviy raqamli TOAT da TXKning nazorat – to'g'rilash usuli keng qo'llaniladi. Bu usulda TEOning holati tizimli nazorat qilinadi va o'rnatilgan sifat ko'rsatkichlari va TEO ishining samaradorligi yomonlashgan holda qayta-tiklash – to'g'rilash ishlari bajariladi. Ba'zan bunday TXK to'g'rilovchi texnik xizmat ko'rsatish (TTXK) deyiladi. TTXK TEO ishga noqobiliyatligi aniqlangach bajariladi va TEOning sifat parametrlari o'rnatilgan doiralarda bo'ladigan holatga qayta tiklash uchun yo'naltirilgan.

TTXKning umumiy sxemasi 18.4 – rasmda keltirilgan.

TOAT va tarmoqlarining rivojlanishi, qurilmalarining raqamlashtirilishi, ularning ekspluatatsiya amaliyotiga axborot texnologiyalarining kiritilishi operativ - texnik boshqarish tizimi (OTBT) va operativ - texnik xizmat ko'rsatish tizimi (OTXKT)larini yagona avtomatlashtirilgan texnik ekspluatatsiya tizimi (ATET)ga birlashtirdi. So'ng avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimini tashkil etilishiga olib keldi, u yagona majmua sifatida tarmoqni boshqarish va rivojlantirishning barcha masalalarini hal etadi, boshqa tarmoqlarning operatorlari bilan o'zaro faoliyatda bo'ladi va aloqa xizmatlarini taqdim etadi.

Umumiy foydalanish tarmoqlarida, bu tarmoqlarning mos keluvchi operatorlari tomonidan shaharlararo tarmoqlarning (SHT) va xududiy, regional tarmoqlarning (RT) TE tizimi tashkil etiladi. TE tadbirlarida ular bir biri bilan o'zaro avtomatlashtirilgan bog'liqlikda bo'ladi.



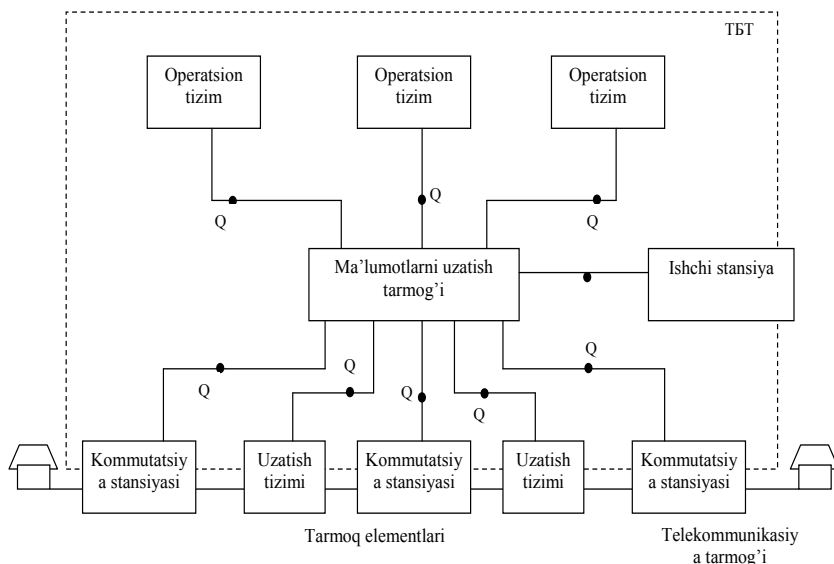
18.4-rasm. To‘g‘rilovchi texnik xizmat ko‘rsatishning umumiy sxemasi

TE jarayonida SHT va RTning TE tizimlari dasturiy – texnik majmua (DTM) bilan jihozlanadi. Boshqa tarmoqlarning TE tizimlari bilan o‘zaro bog‘liqlikda bo‘lish xizmat telefon aloqa kanallarini va ma’lumotlarni uzatishning axborot tarmoqlarini qo‘llash bilan amalga oshiriladi.

Aloqa operatorining birlamchi tarmog‘ini boshqaruv tizimi birlamchi tarmoq holatining turli o‘zgarishlarida, uning normal ishlashini, ikkilamchi tarmoq va boshqa foydalanuvchilar qiziqishlarida uning hamma imkoniyatlarini samarali ishlatish, uzatish kanali va traktlarini qayta tiklash vaqtini qisqartirish va texnik xodim mehnatini samaradorligini oshirishni ta’minlaydi.

Aloqani boshqarish tizimining asosi telekommunikatsiyalarni boshqarish tarmog‘i – TBT (Telesommunication Management Network - TMN) hisoblanadi. Bu maxsus tarmoq, Halqaro elektraloqa ittifoqi (XEI) tomonidan standartlashtirilgan, yagona interfeys va protokollar

asosida turli tarmoqlarning komponentlari bilan o‘zaro aloqa tarmoqlarini va ularning xizmatlarini boshqarishni ta’minlaydi.



18.5-rasm. Telekommunikatsiyalarni boshqarish tarmog‘i va aloqa tarmog‘i o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik

Tarmoqni boshqarish (menejement) tarmoq administratori tomonidan tarmoqni ma’uriy boshqarish vazifasini bajarishdan iborat, masalan, tarmoq konfiguratsiyasini shakllantirish, tarmoq resurslari bilan ishlash, tarmoqqa ulanish huquqlarini boshqarish va boshqa vazifalar.

TBT va aloqa tarmog‘i o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikning umumiy ko‘rinishi 18.5-rasmda keltirilgan.

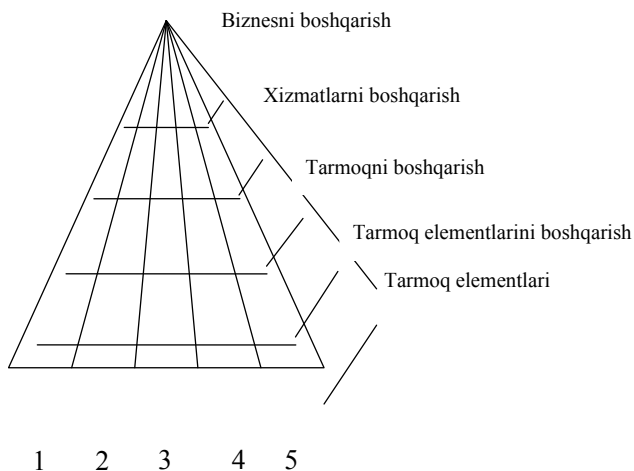
Boshqaruvchi axborotlarni qayta ishlash, saqlash va qidirish bo‘yicha vazifalarni operatsion tizimlar bajaradi. Ishchi stansiyalar F turdagi birikish (kompyuter tarmog‘ida ma’lumotlarni uzatishning fizik sathi) orqali birlamchi tarmoqning texnik xodimini boshqarish tarmog‘i bilan o‘zaro ta’sirlashuvini ta’minlaydi. Ishchi stansiyalar sifatida standart yoki maxsus kompyuter majmualari qo‘llaniladi. Ma’lumotlarni uzatish tarmog‘i Q turdagi birikish orqali tarmoq elementlari, operatsion tizimlar va TBTning boshqa komponentlari o‘rtasida aloqani tashkil etish uchun mo‘ljallangan (kompyuter tarmog‘ida uzatishning yuqori va

tarmoq sathlari).

Vazifasi nuqtai nazaridan, TBT mustaqil ajratilgan tarmoq hisoblanadi, u boshqariladigan aloqa tarmog'i bilan axborotlarni olish va tarmoq ishini boshqarish uchun o'zaro munosabatda bo'ladi. Standart ulanishlar orqali boshqaruv axborotlarni almashinuvi uchun umumiy arxitekturani ta'minlash TBT tuzilishining asosiy prinsipi hisoblanadi.

TBT ko'p sathli logik arxitektura ko'rinishida, beshta boshqarish sathidan iborat (18.6-rasm).

Eng quyi sath – tarmoq elementlari sathi (Network Elements Layer) tarmoq obyektlari bo'ylab taqsimlangan komponentlar (kommutatsiya tugunlari, tarmoq stansiyalari va tarmoq tugunlari, multipleksorlar, operativ ulanish apparaturalari, regeneratsiyalash punktlari, optik kabellar, ularni ulagichlar) orqali hosil qilinadi. Bu yerda tarmoq elementining funksional imkoniyatlari, ularni ekspluatatsiya qilish, o'z-o'zini diagnostikalash va testlash, rad etishlardan oldingi holat va rad etishlar haqidagi nosozlik signallarini generatsiyalash amalga oshiriladi.



18.6-rasm. Tarmoqni boshqarish tizimi:

1-konfiguratsiyani boshqarish; 2-nosozliklarni bartaraf etishni boshqarish; 3-uzatish sifatini boshqarish; 4-hisob-kitoblarni boshqarish; 5-axborotlarni himoyalashni boshqarish.

Ikkinchi sath – tarmoq elementlarini boshqarish sathi (Elements Management Layer - EML) tarmoq elementlari holatini nazorat qilish, ularni ish parametrlarini tasvirlash, texnik xizmat ko‘rsatish, testlash va tarmoq elementlarining konfiguratsiyalash vazifalarini bajaradi. Tarmoq elementi (TEI)ni boshqarish, boshqarishni texnik ekspluatatsiya markazi (TEM) orqali aloqa tarmog‘ining boshqarish markazi amalga oshiradi.

TEI boshqarish tizimi (Elements Management System) orqali amalga oshiradi, uning asosini element menedjer (EM) tashkil etadi:

- TEI konfiguratsiyasi, u foydali yuklama kanallarini taqsimlash, ularni manzilini belgilash, eng sifatli sinxronizatsiya manbalarini belgilash va boshqalarni nazarda tutadi;

- TEI monitoringi, ishga qobiliyatlilik darajasini aniqlaydi, signallarni yig‘adi va ishlov beradi;

- Uzatish funksiyasini boshqarish, ya’ni interfeyslar holatini baholash, zaxira qurilmalariga o‘tishda zaxiralash tizimlarini aktivlashtirish;

- TEOning aniq qurilmasi uchun xarakterli bo‘lgan testlar bo‘yicha TEI ni testlash;

- TEI dan berilayotgan axborotlarga ishlov berish, servisni amalga oshirish maqsadida, ma’lum qatlam doirasida TEI ni lokalizatsiyalash.

Belgilash joizki, EM nafaqat lokal tarmoqlarni, balki uzoqdagi tarmoq tugunlarini boshqarish uchun ham qo‘llanilishi mumkin. Uni uzatish liniyasi tarassasida ta’mirlash ishlarini bajarishda ishlatish mumkin.

EMni turli kompyuter platformalarida, shuningdek, turli operatsion tizimlarning boshqaruvi ostida shaxsiy kompyuterlarda ham amalga oshirish mumkin.

Uchinchi sath – tarmoqni boshqarish sathi (Network Management Layer - NML), turli tarmoq elementlari va ularning resurslarini umumiy moslashgan boshqaruvini amalga oshiradi. Boshqarish yagona markazdan tarmoqni boshqarish tizimi (Network Management System - NMS) orqali amalga oshiriladi, uning asosini tarmoq menedjeri (TM) tashkil etadi.

Tarmoq menedjeri quyidagi asosiy vazifalarni amalga oshiradi:

- monitoring – uzatish traktini, uzatish sifatini va aloqa imkoniyatini tekshiradi;

- avariya signalariga ishlov berish;

- tarmoq va uning elementlarining ishchi xarakteristikalarini boshqarish;

- tarmoqning xizmat ko'rsatish dasturini boshqarish va uning elementlarini testlash;

- tarmoq xavfsizligini boshqarish (ruxsatsiz ulanishlardan himoyalash);

- tarmoq menedjeri servisini amalga oshirish va TELaridan beriladigan axborotlarga ishlov berish.

EM dan farqi TM yuqori quvvatli kompyuter platformalarida amalga oshiriladi.

TM ishining ikki rejimi mavjud: boshqaruv rejimi va monitoring rejimi. Boshqaruv rejimi barcha imkoniyatlarni to'liq ta'minlaydi. Monitoring rejimida esa tarmoq va uning elementlarining ishga qobiliyatlilik ko'rsatgichlari yig'iladi va baholanadi, qolgan imkoniyatlar man etiladi.

To'rtinchi sath - xizmatlarni boshqarish sathi (Service Management Layer-SML), foydalanuvchilar bilan o'zaro bog'lanish (munosabatda bo'lish) uchun mo'ljallangan, masalan, foydalanuvchilarga talab etiladigan xizmat turini belgilash, uning sifatini, xizmat narxini va vaqtini aniqlash. Bu sath fizik obyektlarni boshqarish bilan bog'liq emas. Bu sathda boshqaruv servis- menedjer (SM) orqali amalga oshiriladi, u quyidagi funksiyalarni bajaradi:

- xizmatlarni taqdim etish imkoniyatining monitoringi;

- xizmat xarakteristikalarini boshqarish, shuningdek, uzatish traktlarini o'zgartirish uchun tarmoq boshqaruviga so'rovlarni shakllantirish.

Beshinchi sath - biznes- boshqaruv sathi (Busines Management Layer-BML), aloqa xususiyati (spetsifikatsiya)ga ega bo'lmagan korxonalar uchun. Bu sathda korxonalar (tarmoq operatori) moliyalarini boshqaruvini, aksiya paketlarining boshqaruvini, bozor iqtisodiyotini, xodimlarini boshqaruvini, boshqa aloqa korxonalar operatorlari bilan faoliyatni amalga oshiradi.

Boshqaruv tizimi tarmoq boshqaruvchining barcha funksiyalarini qamraydi, u operator va uning faoliyatini qo'llab - quvvatlash, shuningdek, xavf yuzaga kelgan holatlarda tarmoqni boshqarishni ta'minlaydi (11.6 –rasimga qarang).

Konfiguratsiyani boshqarish quyidagilardan iborat: boshqariluvchi tarmoqni rejaga kiritish, tuzish va rivojlantirish, yangi qurilmalarni

oʻrnatish va ekspluatatsiyaga kiritish, tarmoq elementlarini oʻrnatish va ular oʻrtasidagi bogʻlanishlarni oʻzgartirish, foydalanuvchilarga tarmoq resurslarini taqdim etish va boshqalar.

Nosozliklarni bartaraf etishni boshqarish - tarmoqdagi nosozliklarni aniqlash, qayd etish va bartaraf etishdan iborat.

Sifatni boshqarish - tarmoq va uning elementlarining ishi haqidagi statistik maʼlumotlarni toʻplash, ishlov berish, qayd etish, saqlash va koʻrsatish, sifat koʻrsatkichlarini tahlil etish va boshqalardan iborat.

Hisob-kitobni boshqarish - taqdim etiladigan aloqa xizmatlarini toʻplash va hisobga olish, ulardan foydalanganlikka toʻlangan toʻlovlarni hisoblash, hisob toʻlovlarini nazorat qilish va boshqalardan iborat.

Axborotlarni himoyalanganligini boshqarish - uzatilgan axborotlarni toʻliqligi va himoyalanganligini taʼminlash, ruxsatsiz ulanishlarda xavf signallarini berish va boshqalardan iborat.

Har bir boshqaruv sathida boshqarish vazifalari maʼlum tashkiliy – texnik tuzilmalar (masalan, korxonalar xizmatlari) orqali bajariladi.

TBT tarmogʻining funksional arxitekturasi telekommunikatsiya tizimlari, tarmoqlari va tarmoq xizmatlarining boshqaruviga taʼlluqli boʻlgan axborotlarni uzatish va ishlov berish uchun amalga oshiriladigan ish va vazifalarni turli bloklarga taqsimlanishini aks ettiradi.

Asosiy funktsiya va ularni amalga oshiruvchi bloklarga toʻxtalamiz:

OSF (OperationsSystemFunction) operatsion tizim funktsiyasi (OTF) yoki oʻzaro munosabatda boʻlish funktsiyasi (OʻMF) – TBTning logik obyekt, u aloqa tarmogʻini nazorat qilish va boshqarish maqsadida boshqaruv axborotlarini qayta ishlashni amalga oshiradi, buni OSF bloki amalga oshiradi. Shuningdek, OSF boshqaruvchi qoʻshimcha funktsiyasini OSF-MAF (Management Application Function), yaʼni TBTning boshqaruvchi servisini ham amalga oshiradi va boshqa funksional bloklarda ishlatiladi, Menedjer yoki Agent vazifasini bajarishi mumkin;

MF (Mediation Function) – oʻzaro munosabatda boʻlish qurilmasining funktsiyasi (logik obyekt) yoki oʻzaro munosabatda boʻlish funktsiyasi tuguniga mos keladi, u OSF va NEF (yokiQAF) bloklari oʻrtasida uzatiladigan axborotni qayta ishlaydi, axborotni xotirada saqlash, filtrlash, siqish imkonini beradi;

NEF – tarmoq elementi funktsiyasi – raqamli tarmoqning logik elementi doirasidagi funktsiya boʻlib, RUT bazasida tarmoqning transport xizmatlarini qoʻllab-quvvatlaydi, masalan: multipleksorlash, almashlab ulash, regeneratsiyalash NEF blokida amalga oshiriladi;

QAF – Q adapterining QA funksiyasi bo‘lib, QAF blokida amalga oshiriladi, u logik elementlarni TBTga ulaydi;

WSF – ishchi stansiya funksiyasi, WS bloki yordamida amalga oshiriladi.

TBT tarmog‘ining bloklari o‘rtasida axborotlarni uzatish uchun ma’lumotlarni uzatish funksiyasi DCF (DataCommunicationFunction) ishlatiladi. Axborot almashinuvchi funksional bloklar juftliklari o‘zaro etalon (yoki birikish, tutashish) nuqtalari (stʻyklar) bilan ajratilgan.

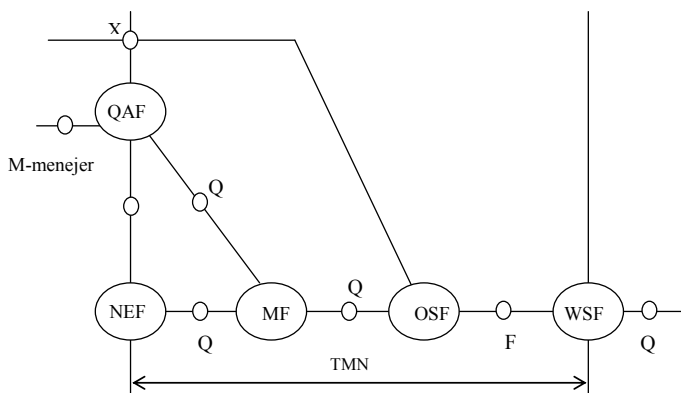
Turli bloklar o‘rtasidagi ulanishlar bir qator standart birikish nuqtalari yordamida amalga oshiriladi:

F - ma’lumotlar uzatish tarmog‘i (MUT) element-menedjerining ishchi stansiyasiga birikish joyi (stʻyklar);

Q – MUT orqali TEL bilan aloqa uchun Q – adapter yoki o‘zaro munosabatda bo‘lish qurilmasi (O‘MQ) orqali ulanishlar uchun birikish joyi;

X – MUT ning tashqi tarmoqlar bilan aloqasi uchun birikish joyi.

Turli birikish joylarining turlari va funksional bloklar orqali ularning o‘zaro munosabati 18.7-rasmda keltirilgan.



18.7-rasm. Ulanish joylarining turlari.

TBTning informatsion arxitekturasi.

TBTning informatsion arxitekturasi o‘zida quyidagi asosiy tushunchalarni mujassam etgan:

Obyektlar – boshqariladigan kommutatsion stansiyalar, uzatish tizimlari va boshqalarni ta’riflash vositasi. Muayyan tarmoq elementi

haqidagi informatsiya obyekt sifatida TBTning ma'lumotlar bazasida saqlanadi.

Bu arxitekturaning asosini amaliy boshqarish funksiyasi (ABF) – TBT elementini amaliy boshqarish jarayoni tashkil etadi. ABF agent (boshqariluvchi) va menedjerdan tashkil topgan. Har bir tarmoq elementi va operatsion tizim yoki O'MQsiga juda bo'lmaganda bir agent kirgan ABFsini qo'llab-quvvatlashi kerak.

Menedjer (M) - dasturli logika (boshqaruvchi dastur) yoki tarmoqni boshqarish funksiyasini bera oladigan (masalan: avariya haqidagi xabarlarini ajratishni, chegaraviy qiymatlarni o'rnatishni amalga oshirish) va avavriya va ishchi xarakteristikalar haqidagi axborotlarni qabul qila oladigan, ABFning bir qismi. RUTning tarmoq elementlariga menedjer kirishi ham, kirmasligi ham mumkin.

Operatsion tizim yoki O'MQga juda bo'lmaganda bita menedjer kiradi va u quyidagi ikki funksiyani bajarishi kerak:

1. Boshqaruvchi komanda generatsiyasi («O'rnatish», «Ajratish», «Rekonfiguratsiyalash», «Taqiqlash»);

2. Boshqaruvchi komandaning bajarilishi haqidagi tasdiqlashlarni qabul qilish va qayta ishlash.

Agent (A) – dasturiy logika (holatning monitoring dasturlari va resurs nazorati) ABFning bir qismini namoyon etadi, u menedjer tomonidan beriladigan, tarmoqni boshqarish operatsiyalariga chaqiriqni amalga oshirish imkoniyatiga ega va boshqariluvchi obyektlar nomidan xabarlarini berib, boshqariluvchi obyektlar bilan operatsiyalarni bajaradi.

Bu logika quyidagi imkoniyatlarga ega:

1. Menedjerdan olingan komandalarning muvofiq obyekt imkoniyati/resurslariga ta'sir etish qobiliyati.

2. Boshqariluvchi obyekt holatini doimiy nazorat (monitoring) qilish.

3. Tasdiqnomalarni berish.

4. Turli sathlarning boshqariluvchi obyektlari o'rtasida axborot almashinuviga yordam berish.

Agent va Menedjer o'rtasidagi barcha axborot almashinuvlari o'zaro munosabat protokoli vositasida ro'y beradi, u boshqaruvchi komandalar ketma-ketligi va almashinuv ko'rinishini aniqlaydi. Bu o'zaro munosabat protokoli CMIP (Common Management Information Protocol) debataladi.

18.2. Raqamli tolali optik aloqa tizimlari va tarmoqlarini ekspluatatsiya qilishga oid normalar

Umumiy qoidalar

Ekspluatatsiya qilishga oid normalar TEOni ekspluatatsiyaga tushirishda, ekspluatatsiya jarayonida va ularni qayta tiklashda maqsadli normalarni bajarish uchun o'rnatiladi. TEOni ekspluatatsion normalarga muvofiqligini baholash 15 minut, 2 soat va 24 soat oralig'ida o'tkaziladi.

Gipotetik etalon (to'liq raqamli) traktiga, maqsadli normalarga qaraganda yuqoriroq, boshlang'ich ekspluatatsion normalar (Maintenance Performance Objectives, MPO) aniqlanadi.

Ekspluatatsion normalar nazorat qilinuvchi parametrlarning oxirgi chegaraviy qiymatlari (limitlar va chegaralar)ni beradi, ular obyektning tushirishda yaroqlilik/yaroqsizligini yoki texnik xodimni ekspluatatsiya jarayoniga aralashuvini aniqlaydi. Ular asoslanadigan maqsadli normalardan farqli ravishda, ekspluatatsion normalar berilgan traktning amalga oshirishda qo'llaniladigan, uzatish muhitiga bog'liq bo'lishi mumkin.

Ekspluatatsiya jarayonida ekspluatatsion normalar uzluksiz (aloqani uzmasdan) nazorat olib borishni ko'zda tutadi. Shuningdek, aloqani uzgan holdagi o'lchashlar ekspluatatsiyaga tushirishda va ta'mirlashdan so'ng ishga tushirishda o'tkaziladi. Aniq o'lchanadigan parametrlar, o'lchash davomiyligi va ekspluatatsiya jarayonida qo'llaniladigan limitlar maqsadli norma talablariga javob bera oladigan darajada sifatli natijani ta'minlaydigan bo'lishi kerak. Lekin xatoliklar bo'yicha sifatga maqsadli normalar uzoq muddatli (bir oydan kam bo'lmagan) o'lchashlarga ta'lluqli, biroq foydalanishga kiritish va xizmat ko'rsatish uchun amaliyotda qo'llaniladigan limitlar va chegaralar qisqa muddatliga asoslanadi.

Ekspluatatsion nazorat yordamida maqsadli normalarni ta'minlovchi, sifat ko'rsatkichlarini normada saqlash uchun uch prinsip ishlatiladi:

- ekspluatatsiyaga tushirishda chegaralarni hisoblash uchun ishlatiladigan, gipotetik etalon trakt uchun boshlang'ich ekspluatatsion normalar;
- ekspluatatsion chegaralarni hisoblashda, uzatish muhiti va appara-turaning eskirishini hisobga oluvchi koeffitsiyent qo'llaniladi;
- ekspluatatsion chegarani hisoblash uchun formulalarga

chegaraviy kattaliklarni o'lchash davomiyligiga bog'liqligi kiritiladi.

Sifatni kamayishi (DPL - Degraded Performance Limit) va ruxsat etilmaydigan sifat (UPL - Unacceptable Performance Limit) ekspluatatsion chegaralar, uzluksiz nazorat natijalari bo'yicha xizmat ko'rsatuvchi xodim aralashuvi zarurligini aniqlaydi. Buning uchun 24 soat davomiyligi vaqt oraliqlarini o'lchashda xatoliklarni uzluksiz nazorat natijalari DPL bilan, 15 minut davomiyligi vaqt oraliqlarini o'lchashda xatoliklarni uzluksiz nazorat natijalari UPL bilan taqqoslanadi.

Raqamli traktida xatolik parametrlariga qo'yiladigan normalarni aniqlash uchun real raqamli traktning bir turdagi uchastkalariga shunday ajratishni amalga oshirish kerakki, bunda real trakt normalari bir turdagi uchastkalar tashkil etuvchilarining yig'indisiga teng bo'lsin. Bir turdagi uchastkalar doirasida bir operator javobgar bo'ladi, bir turdagi uzatish muhiti mavjud bo'ladi va raqamli trakt bir toifaga ta'liqli bo'ladi (ya'ni transport tarmog'ining tranzit uchastkasi yoki mahalliy uchastkasi yoki ulanish uchastkasi hisoblanadi).

Sinxron raqamli TOATli traktning transport tarmog'ining ma'lum (tranzit yoki mahalliy) uchastkasiga ta'liqliligini aniqlash quyidagilarni e'tiborga olgan holda amalga oshiriladi:

- xatolik ko'rsatkichlarini o'lchash natijalari bo'yicha;
- xorijiy davlatlarning halqaro trafigining berilgan trakti orqali tranzitni tashkil etish imkoniyati bo'yicha;
- sinxron raqamli TOATning magistral trakti transport tarmog'ining ham tranzit, ham mahalliy uchastkasiga ta'liqli bo'lishi mumkin;
- mahalliy tarmoqning sinxron raqamli TOATtraktlari transport tarmog'ining mahalliy uchastkasiga ta'liqli;
- sinxron raqamli TOATning xududiy trakti transport tarmog'ining mahalliy uchastkasiga ta'liqli.

Barcha holatlarda operator traktning aniq vazifasi va xatolik ko'rsatkichlarining o'lchov natijalariga bog'liq ravishda traktning ma'lum toifaga ta'liqliligini aniqlaydi. Shuni nazarda tutish kerakki, juda yuqori normalar bo'yicha (masalan, transport tarmog'ining tranzit uchastkalari normalari bo'yicha) mos keluvchi o'lchovlardan keyin raqamli traktning ekspluatatsiyaga topshirish, ushbu traktning raqamli traktlar bozorida jalb etilishini oshiradi. Bir turdagi uchastkalarining har biri uchun xatoliklarga bo'lgan normalar, ulushlarga mos holda aniqlanadi.

Nazorat savollari

1. Eksploatatsiya soʻzining maʼnosini tushintiring.
2. Texnik eksploatatsiya (TE) tizimini taʼriflang.
3. «Eksploatatsiya nazariyasi» nimani oʻrgatadi?
4. TE oʻzida nimani namoyon etadi va TEDan maqsad nima?
5. Texnik xizmat koʻrsatish deganda nimani tushinasiz?
6. TE jarayoni qanday tashkil etiladi?
7. TE jarayoni qanday tadbirlarni oʻzida namoyon etadi?
8. TEO deganda nimani tushinasiz?
9. Texnik xizmat koʻrsatish deganda nimani tushinasiz?
10. Texnik xizmat koʻrsatish qanday tadbirlarni oʻziga birlashtiradi?
11. Texnik xizmat koʻrsatishning qanday usullarini bilasiz?
12. Texnik xizmat koʻrsatishni qanday optimallashtirish mumkin?
13. Tizim yoki elementlarni rad etish deganda nimani tushunsiz?
14. Nazorat qilish deganda nimani tushinasiz?
15. Eksploatatsion nazorat tushinchasini taʼriflang.
16. Nazorat qilishning qanday turlarini bilasiz?
17. Nazorat qilinuvchi obyektlar qaysi holatlar orqali baholanadi?
18. Norma, buzilish, avariya tushinchalarini taʼriflang.
19. TE tizimi qanday tashkil etiladi?
20. TEOning qanday ishonchlilik koʻrsatkichlarini bilasiz?
21. TEOning rad etmasdan ishlash ehtimolligi qaysi miqdoriy munosabatdan aniqlanadi?
22. Telekommuniksiyalarni boshqarish tarmogʻi (TBT)ning vazifasi nimadan iborat?
23. TBT qanday boshqarish sathlaridan tuzilgan?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. I.A.Karimov, Mamlakatimizni yanada obod etish va modernizatsiya qilishni qat'iyat bilan davom ettirish yo'lida. 2013.
2. SH.M.Mirziyoev, Tanqidiy tahlil, qat'iy tartib-intizom va shaxsiy javobgarlik – har bir rahbar faoliyatining kundalik qoidasi bo'lishi kerak. 2017.
3. SH.M.Mirziyoev, Erkin va farovon, demokratik o'zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz. 2017.
4. Isaev R.I. Optik aloqa tizimlari va tarmoqlari. Toshkent. TATU 2009.
5. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. – М.: Эко-Трендз, 1998.
6. N.M.Jo'raev, Telekommunikasiya uzatish tizimlariga texnik xizmat ko'rsatish. Farg'ona 2013.
7. Юнусов Н.Ю. Оптик алоқа асослари. Тошкент 2009
8. Васильев В.Н. Оптические кабели. Справочное пособие. ч.1. Ташкент. ТУИТ. 2003г.
9. Слепов Н.Н. Волоконно-оптические системы передачи : современное состояние и перспективы.- М: Радио и связь, 2004
10. Строительство кабельных сооружений связи: Справочник. С 86 Д.
11. А.Барон, И. И. Гроднев, В. Н. Евдокимов и др. – 4-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1988.
12. Мальке Г., Гессинг П. Волоконно-оптические кабели. – Новосибирск: Издатель 1997-1999.
13. O'zbekiston Aloqa va Axborotlashtirish Agentligi Fan -Texnika va Marketing Tadqiqotlari Markazi: Aloqa liniyalari va uzatish tizimlariga oid atamalarning ruscha-o'zbekcha izohli lug'ati.
14. Андреев В.А., Попов Б.В., Польников И.А. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линия связи: Учебник для Вузов, под ред Б.В.Попова.-М. Радио и связь,1995.
15. Портнов Л. Оптические кабели связи: конструкции и характеристики. М.: Горячая линия-Телеком, 2002.-232с.
16. Фриман Ф. Волоконно-оптические системы связи.-М.: Техносфера. 2003.-400с.
17. O'zbekiston davlat standarti "Tolali optik uzatish tizimlari. Atamalar va ta'riflar", Toshkent, 2011.

18. Бакланов И.Т. Технологии измерений в современных телекоммуникациях. 1997
19. Волоконная - оптика: компоненты, СП, измерения. Иванов А.Б.- Москва: компания Сайрус системс, 1999.
20. Harry J. R. Dutton., “Understanding optical communications”/ International Technical Support Organization/ 1998.
21. Casimer DeCusatis., “Handbook of Fiber Optic Data Communication”., Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego Academic Press is an imprint of ElsevierElsevier Academic Press/ 2008.
22. Stamatiou V. Kartalopoulos. Free Space Optical Networks for Ultra-Broad Band Service., Wiley-IEEE Press. August 2011
23. Muriel Médard. Security issues for all-optical networks. 1998.
24. Max Ming-Kang Liu. Principles and applications of optical communications. Quickturn Design Systems, Inc. 1996
25. L.A. Backman. “Application in Optical Communication: Optical Transmission of Millimeter – Wave Signals; and, An All – Optical Wavelength – Router Switching Network”. Ph.D. thesis. University of California, Berkeley, 1996.
26. A, Budman, E. Eichen, J. Schalafer, R. Olshansky and F, McAleavey. “Miltigigabit Optical Packet Switch for Self – routing Network with Subcarrier Addressing”, in OFC’92 (San Jose, CA), 2010.
27. D.J. Blumenthal, P.R. Prucnal, and J.R. Sauer. “Photonic Packet Switches: Architecture and Experimental implementations”. Proceedings of the IEEE, 1994.

www.okbmei.ru

www.bibliofond.ru

www.extusur.net

www.radioland.net

<http://strategy.regulation.gov.uz/uz/document>

MUNDARIJA

Kirish	3
1. Optik aloqa tizimlari. Asosiy ta’rif va tushunchalari	
1.1 Asosiy ta’rif va tushunchalar. Optik aloqa tizimlarining tuzilish prinsiplari. Ochiq optik aloqa tizimlari va tolali optik aloqa tizimlari.....	6
2. Optik aloqa tizimlarining tasnifi	
2.1 Optik aloqa tizimlarining tasnifi. Raqamli va analog tolali optik aloqa tizimlari. Halqaro, magistral, regional, mahalliy va abonent ulani optik aloqa tizimlari.....	19
3. Optik tola bo‘ylab signallarni tarqalishi va optik tola turlari. Optik tolaning asosiy uzatish parametrlari	
3.1 Optik tola bo‘ylab signallarni tarqalish xususiyatlari.....	25
3.2 Tolaning xususiy yo‘qotishlari.....	32
3.3 Kabel yo‘qotishlari. Mikro va makrobukilishlar.....	33
3.4 Tolali optik kabelning ishonchliligi.....	36
4. Optik aloqa tizimlarining aktiv elementlari. Optik aloqatizimlarining nurlanish manbalari	
4.1 Nurlanish manbalari. Optik nurlanish manbalariga qo‘yiladigan talablar.....	40
4.2 yorug‘lik diodlari. Yorug‘lik diodlarining turlari, xarakteristika va parametrlari.....	41
4.3 Lazer diodi, uning xarakteristika va parametrlari.....	46
4.4 Bir modali lazerlar.....	49
4.5 Nurlanish manbalarining qiyosiy tavsifi, ularga tashqi omillarning ta’siri.....	53
5. Optik modulyatorlar	
5.1 Optik signalni modulyatsiyalash usullari.....	57
5.2 Optik modulyatorlarning turlari. Elektrooptik, akustooptik, magnitooptik, yupqa pardali va yarim o‘tkazgichli optik modulyatorlar.....	62

6.	Optik aloqa tizimlarining fotoqabul qilgichlari	
6.1	Fotoqabul qilgichlarning ish prinsipi va ularga qo‘yiladigan talablar.....	69
6.2	Fotoqabul qilgichlarning xarakteristika va parametrlari.....	70
6.3	Fotoqabulqilgichlarning turlari. p-i-n fotodiodlar, ko‘chkili fotodiodlar.....	73
6.4	Optik signalni qabul qiluvchi modul.....	76
7.	Tolali optik aloqa tizimlarining liniya trakti	
7.1	Optik liniya trakti.....	78
7.2	Optik liniya traktining klassifikatsiyasi.....	78
7.3	Tolali optik aloqa tizimlarida shovqinlar va nochiqlik buzilishlar.....	81
8.	Raqamli tolali optik aloqa tizimlarining liniya kodlari	
8.1	Optik liniya kodlariga qo‘yiladigan talablar.....	88
8.2	Raqamli tolali optik aloqa tizimlari liniya kodlarining turlari va ularning shakllanishi. Raqamli signallarni skrembrlash.....	89
9.	Tolali optik aloqa tizimlarining regeneratoirlari	
9.1	Optik signallarni regeneratsiyalash.....	101
9.2	Regeneratoirning tuzilish sxemasi va ish prinsipi.....	103
10.	Optik kuchaytirgichlar	
10.1	Optik kuchaytirgichlarning klassifikatsiyasi va asosiy parametrlari.....	106
10.2	Optik kuchaytirgichlarning ish prinsipi.....	107
10.3	Yarim o‘tkazgichli optik kuchaytirgichlar.....	109
10.4	Raman optik kuchaytirgichlari.....	109
10.5	Tolali optik EDFAkuchaytirgichlari, ularning tuzilishi, ish prinsipi, xarakteristika va parametrlari.....	111
11.	Tolali optik aloqa tizimlarining passiv elementlari	
11.1	Passiv optik qurilmalar va ularning asosiy parametrlari.....	118
11.2	Nurlanishni kiritish va chiqarish qurilmalari.....	119
11.3	Ajraladigan va ajralmaydigan optik ulagichlar.....	119
11.4	Optik tarmoqlagichlar: daraxtsimon va yulduzsimon	

tarmoqlagichlar, Shaxoblagich.....	122
11.5 Optik attenyuatorlar.....	124
11.6 Optik filtrlar.....	124
11.7 Optik izolyator.....	126
11.8 Optik multipleksor, demultipleksorlar.....	128
11.9 Optik kommutatorlar.....	130
12. Tolali optik aloqa tizimlari	
12.1 Halqaro, shaharlararo va mahalliy tarmoqlarda qo‘llaniladigan raqamli uzatish tizimlari.....	139
13. To‘lqinli zichlashtirishli tolali optik aloqa tizimlari	
13.1 To‘lqin uzunligi bo‘yicha zichlashtirish texnologiyasining asosiy prinsiplari.....	156
13.2 To‘lqin uzunligi bo‘yicha zichlashtirish tizimining tuzilish sxemasi.....	159
14. Abonent kirish optik tarmoqlari	
14.1 Keng polosali optik kirish tarmoqlari, abonent kirish optik tarmoqlarining tuzilish prinsipi va arxitekturasi.....	162
14.2 Telekommunikatsiya aloqa tarmog‘ining tuzilishi	162
14.3 Passiv optik tarmoq texnologiyalari. Passiv optik texnologiyalarining xususiyatlari. A-PON texnologiyasi, E-PON texnologiyasi, G-PON texnologiyasi.....	166
15. Tolali optik aloqa tizimlarini loyihalashtirish asoslari	
15.1 Uzatish tizimlari va liniyalarini loyihalashga tizimli yondoshish asoslari.....	179
15.2 Loyihalash uchun zarur boshlang‘ich ma‘lumotlar. Asosiy loyiha hujjatlari.....	182
15.3 Loyihalashning asosiy bosqichlari.....	187
15.4 Tolali optik uzatish liniyalarini loyihalash bo‘yicha asosiy qoidalar.....	190
15.5 Uzatish liniyasi uchastkalarining uzunligini hisoblash va loyihalash.....	195
16. Tolali optik aloqa tizimlari va tarmoqlarida o‘lchov vositalari	
16.1 Optik signal generatorlari.....	211

16.2	Optik quvvatni o'lash vositalari.....	212
16.3	Optik reflektometrlar.....	216
17.	Tolali optik aloqa elementlari va qurilmalari	
17.1	Optik krosslar.....	227
17.2	Optik mufatlar.....	230
17.3	Optik tolalarni ulash usullari va vositalari.....	237
18.	Optik aloqa tizimlarining texnik ekspluatatsiyasi	
18.1	Texnik ekspluatatsiya jarayonini tashkil etish.....	248
	Foydalanilgan adabiyotlar.....	272

TOLALI OPTIK ALOQA TIZIMLARI VA TARMOQLARIGA TEXNIK XIZMAT KO‘RSATISH

Toshkent – «Aloqachi» – 2017

Muharrir: M.Mirkomilov
Tex. muharrir: A.Tog‘ayev
Musavvir: B.Esanov
Musahhiha: N.Hasanova
Kompyuterda
sahifalovchi: F.Tog‘ayeva

Nashr.lits. AIN№176, 11.06.11.
Bosishga ruxsat etildi: . Bichimi 60x841 /16.
«Timez Uz» garniturası. Ofset bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i . Nashriyot bosma tabog‘i .
Adadi 100. Buyurtma № 71.

«Nihol print» Ok da chop etildi.
Toshkent sh., M. Ashrafiy ko‘chasi, 99/101.

