

006

621.37

M-45



Kirish

Telekommunikatsiya tizimlarining rivojlanishi optik tolali uzatish liniyalarini (OTUL) borgan sari katta hajmlarda qo'llanilishi bilan tavsiflanmoqda. Bunda optik tolali uzatish tizimlarini (OTUT) yaratish, qurish va ishlatishning turli bochqichlarida OTUL parametrlarini nazorat qilish masalasi juda dolzarbdir. OTUL parametrlarini aniqlash vazifasini hal etish uchun maxsus o'lchash metodlari va vositalari ishlab chiqilgan. OTUL ni ishlatadigan va mazkur asboblardan foydalanadigan xodimlar faqat amaliy malakalargagina ega bo'lib qolmasdan, balki ixtisoslashgan o'lchash jihozlari bilan yaxshi ishlata biladigan va olingan natijalarni savodli baholay oladigan darajada yetarlicha chuqur nazariy tayyorgarlikka ham ega bo'lishi lozim. Ular optik signallarning optik kanallar bo'ylab uzatilishining fizik asoslari haqida tasavvurga ega bo'lishlari, OTUL da asosiy o'lchash vositasi — teskari sochilishli optik reflektometrning ishlash prinsipini bilishlari lozim. Shu bilan bir qatorda OTUL ning so'ndirishi, dispersiyasi va boshqa parametrlarini o'lchash uchun metodlar va qo'llaniladigan vositalar bilan ham tanishishlari zarur. Bularning hammasi bu sohada mehnat qiladigan mutaxassislarining jiddiy tayyorgarlikka ega bo'lishlarini talab qiladi.

OTUL uchastkalarining hajmlari va ularni ishga tushirish muddatlari, amalga oshirilayotgan loyihalar doirasida ular hajmlarining ortib borayotganligi, qurilishda ishtirok etayotgan, optik tolali aloqa liniyalarini texnik ishlatishni va texnik nazoratni amalga oshirayotgan mutaxassislarni qayta tayyorlash zaruratini yuzaga keltirmoqda.

Mazkur ma'ruzalar matni ayni shu dolzarb vazifalarni hal etish maqsadida yozildi.

R.



2098433

1. Optik tolali uzatish tizimining tuzilish prinsiplari

1.1. OTUT ning umumlashma sxemasi va asosiy xarakteristikalar

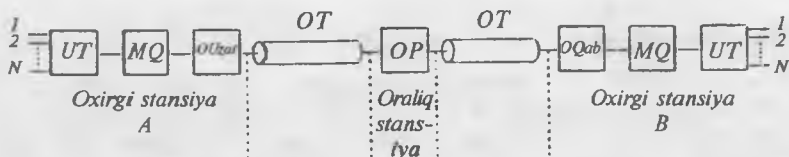
Hozirgi vaqtda optik tolali aloqa faqat telefon aloqasini tashkil etish uchungina emas, balki kabelli televideniye, videotelefoniya, radioeshittirish, hisoblash texnikasi, texnologik aloqa va hokazolarda ham keng qo'llanilmoqda. OTAL ning noyob xossalari — keng polosaligi va kabellardagi so'nishning juda kichikligi uzoq masofali aloqani yaratishda keng istiqbollar yaratmoqda.

OTUT deb axborotni masofaga optik to'lqinlar va signallar yordamida optik tolalar (OT) bo'ylab uzatish uchun mo'ljallangan aktiv va passiv qurilmalar majmuiga aytiladi. Boshqacha aytganda, OTUT — bu optik signallarni yaratish, ishlov berish va uzatish uchun optik qurilmalar va optik uzatish liniyalari to'plamidir. Bunda optik signal bo'lib, lazerning (svetodiodning) OT bo'ylab turli tipdagi optik to'lqinlar (modalar) to'plami ko'rinishida uzatiladigan modulatsiyalangan nurlanishi xizmat qiladi. Optik to'lqinning tipi (modasi) deyilganda OT da o'zining maxsus elektromagnit maydoni taqsimoti va o'z tarqalish tezligi bilan tavsiflanadigan elektromagnit obrazi tushuniladi.

OTUT ning umumlashtirilgan strukturaviy sxemasi 1.1-rasmda ko'rsatilgan. OTUT tarkibiga quyidagilar kiradi: uzatish tizimi (UT), muvofiqlashtirish qurilmasi (MQ), optik uzatgich (OUzat), optik tola (OT), optik retranslator (OR), optik qabul qilgich (OQab).

UT, MT, OUzat va UT, MT, OQab majmualari A va B oxirgi stansiyalarning mos ravishda uzatish trakti va qabul qilish traktini hosil qiladi. Oraliq stansiyalarda OR lar o'rnatiladi. Optik tolali liniyalik trakti tarkibiga OUzat, OT, OR va OQab kiradi.

1.1-rasmda ko'rinib turganidek, uzatuvchi stansiya N dan elektr signallari uzatish tizimiga keladi. UT chiqishidan ko'p kanalli elektr signali MQ ga beriladi, bu yerda u optik tolali chiziqli trakt bo'yicha uzatish uchun maqsadga muvofiq bo'lgan shaklga



1.1-rasm. OTUT ring umumlashtirilgan strukturaviy sxemasi.

o'zgartiriladi. Optik uzatkichda elektr signali optik eltuvchi signal bilan modulatsiyalash yo'li orqali optik signalga o'zgartiriladi va keyin OT bo'ylab uzatiladi.

Optik signalning OT bo'ylab tarqalishida uning susayishi va buzilishi sodir bo'ladi. Aloqa masofasini (uzoqligini) oshirish maqsadida *retranslyasiya uchastkasi* deb ataluvchi masofadan keyin oraliq stansiyalar o'rnatiladi va u yerda buzilishlarni korreksiyalash va so'nishni kompensatsiyalash amalga oshiriladi. Hozirgi vaqtda, asosan, texnik sabablarga ko'ra bu stansiyalarda elektr signaliga ishlov berishgina (kuc haytirish, korreksiyalash, regeneratsiyalash va h.k.) amalga oshirilishi mumkin. Shu sababli stansiya kirishida optik signal elektr signaliga, chiqishida esa u yana optik signalga o'zgartiriladi. Bu o'zgartirishlar mos ravishda fotoqabul qilgich va optik uzatgichda amalga oshiriladi. Aslida esa optik kvantli kuchaytirgichlar asosida sov optik oraliq stansiyalari qurish ham mumkin.

OTUT ni keng joriy etishning eng asosiy omillaridan biri so'nish va dispersiyalar qiymatlari past bo'lgan optik tolalarni olish imkoniyatidan iborat. Bu esa regeneratsiya uchastkasi uzunligini juda oshirish va bitta tolada 2 Tb/s gacha tezlik bilan axborot uzatish imkonini ta'minlaydi.

OTUT ning muhim afzalliklari quyidagilardan iborat: talab etilayotgan o'tkazish polosasini amalga oshirishda moslashuvchanlik; turli tiplardagi OT lar raqamli aloqa tizimlarining barcha iyerarxik darajalarida elekt kabellarini almashtirish imkonini berdi; aloqa tizimini yangi nurlanish manbalari, xarakteristikalari yaxshilangan OT va fotoqabul qilgichlar paydo bo'la borishi bilan doimiy takomillashtirish; kabeldagi qo'shni OT lar orasidagi hisobga o'lmaslik mumkin bo'lgan ayqash xalaqitlar.

OTUT ning ko'plab qo'llanishlaridagi juda ham muhim sifati ularning tashqi elektromagnit maydonlari ta'siriga berilmasligidir. Bu sifat juda ham bebahodir. Turli tabiatli elektromagnit xalaqitlar, jumladan, ko'p sonli aloqa vositalarining o'zaro xalaqitlari bilan kurashish muammosi hozirgi sharoitlarda eng o'tkir muammolardan biridir. Odatdagi aloqa tizimlarida elektr tortkichli transport, turli-tuman energetik, texnologik va boshqa elektrojihozlar tomonidan yaratiladigan xalaqitlardan himoyalashning juda murakkab va qimmat vositalari ko'zda tutiladi. Elektromagnit moslik (muvofiqlik) deb nom olgan muammo ayniqsa og'ir bo'lib, bunda nisbatan katta bo'lmagan fazoda ham energetik qurilmalarni, ham avtomatika va teleboshqaruv tizimlarini, ham tarmoqlangan aloqa tarmog'ini ko'p sonli abonent qurilmalari bilan joylashtirishga to'g'ri keladi. Bunday vaziyat ko'pchilik sanoat korxonalarida, turli boshqaruv markazlarida, transport vositalarida — kemalarda, samolyotlarda yuzaga keladi va h.k.

OTUT dan foydalanish elektromagnit muvofiqlik (moslik) muammosini to'la-to'kis hal qiladi. Bu yerda gap katta uzatish tezliklari haqida emas, buning ustiga katta masofalarga aloqa ustida bormayotganligini aytib o'tamiz. Shunday qilib optik tolali aloqa tashqi xalaqitlarda, shu jumladan qo'shni OTUT lar tomonidan bo'ladigan xalaqitlardan holi bo'lganligi uchun ham bebahodir.

Aloqaning erishiladigan yashirinligi ham bundan kam ahamiyatga ega emas. Optik kabel bo'ylab uzatilgan signalni amalda payqash mumkin emas va «tinglash» qiyin.

Optik kabellarning yana bir afzalligi gabarit o'lchamlarning va massasining kichikligidir. Magistral va zonaviy aloqa liniyalarini yotqizish juda soddalashadi. Trassalarni tayyorlashda yer va qurilish ishlari uchun, og'ir kabellarni tashish va yotqizish uchun zarur bo'ladigan og'ir mashinalar texnikasidan foydalanishga zarurat bo'lmaydi. Yangi bir sifat, chunonchi katta o'tkazish qobiliyatiga ega bo'lgan kabel liniyalarini, shu jumladan borish qiyin joylarda, suv va boshqa to'siqlarni o'tishli joylarda tezkor o'tkazish imkoniyati paydo bo'ladi.

Uzilishlarda, qisqa tutashuvlarda, ishonchli bo'lmagan ulanishlarda uchqun chiqish hodisalarining yo'qligi portlashga xavfli

va yong'inga xavfli binolarda OTUT dan foydalanish to'la xavfsizlikni ta'minlashini ham ta'kidlab o'tamiz. Bundan tashqari, xizmatchilar ishlayotgan kabel bilan ishlayotganlarida elektr razryadlanishlari bilan zararlanishlari xavfi yuzaga kelmaydi. Oxirgi apparatura uchun, odatdagi elektr aloqa apparaturasida qisqa tutashuvlarda ko'pincha yuzaga keladigan avariya holatlari, bu yerda yuzaga kelmaydi.

OTUT ning ijobiy sifatleri ro'yxatining so'ngida shuni qayd etamizki, tolali svetovodlar dielektrik materiallardan kvars — ko'p komponentli shishalardan, polimerlardan tayyorlanadi. Ularni tayyorlashda kamyob rangli metallar sarf qilinmaydi. Mix va qo'rg'oshinning dunyo zaxiralari cheklanganligi sezilayotgan hozirgi sharoitlarda kamyob bo'lmagan xom ashyolarga o'tish kabelli aloqa texnikasining kelajakdagi rivojlanishi uchun muhim omildir.

Hozirgi vaqtda turli vazifali va strukturali TOUT uchun tolali svetovodlar va optik kabe'llarning keng ro'yxati ishlab chiqilgan va yaratilmoqda.

Uzoq masofali aloqaning keng polosali tizimlari uchun, xususan, magistral tizimlar uchun bir modali tolalardan, ya'ni faqat asosiy tipdagi tebranishlar tarqaladigan tolalardan iborat kabellar ishlab chiqarilmoqda. Shu bilan bir vaqtda bu yerda so'nishlarni va dispersion buzilishlarni pasaytirish bo'yicha ham eng yuqori talablar qo'yiladi. Tarqalayotgan optik nurlanishda qutblanishning saqlanishini ta'minlovchi tolalar ishlab chiqarilmoqda. Magistral aloqa uchun mo'ljallangan bunday kabellar tayyorlanishi bo'yicha murakkab va qimmatdir. Bulardan tashqari, ulardan foydalanish lazerli uzatgichlar bilash ishlashni ko'zda tutadi, bularga ham nurlanishning spektral sofligi, nurlanishning barcha xarakteristikalarining yuqori stabil bo'lishi bo'yicha yuqori talablar qo'yiladi.

100 Mbit/s gacha tezlikli va uzoqligi cheklangan (10 km gacha) tizimlar uchun ko'pincha nisbatan arzon va oxirgi qurilmalar bilan oson muvofiqashtiriladigan ko'p modali tolalardan iborat kabe'llardan foydalanish afzalroq bo'ladi. Bu yerda eltuvchi tebranishlar manbalari sifatida ko'p nurlanishli va maxsus murakkab stabilash

tizimlariga ega bo'lmagan eng sodda tipdagi lazerli yarimo'tkazgichli diodlardan foydalanish mumkin. Buning ustiga, ko'pchilik hollarda svetodiodlar kabi nokogerent nurlanish manbalaridan foydalanish o'zini oqlaydi.

Nihoyat, qisqa masofali, uzoqligi taqriban 1 km gacha bo'lgan aloqalar uchun nisbatan katta diametrli (svetovod o'zaginging diametri 200 mkm va undan ortiq) optik tolali kabel liniyalari qo'llaniladi. Bu yerda birinchi o'rinda yuqori texnologiklik va konstruksiyalik, puxtalik va ishonchlik, ulanishning oddiyligi, ta'minlanish osonligi turgani holda, uzatishning yuqori tezligi va uzatish masofasini ta'min etadigan ko'rsatkichlar bo'yicha bir vaqtda yutqaziladi. Bunday kabellarda yo'qotishlar (20 dB/km) va dispersion buzilishlar nisbatan yuqoridir.

Pirovardida shuni ham aytyshimiz kerakki, optik diapazonda mikromodulli va integralli asoslarda ishlangan volnovodli va volnovodli-elektron texnikaning ko'plab qurilmalarini amalga oshirish bo'yicha alohida imkoniyatlar yuzaga keldi. Jumladan, uzatuvchi va qabul qiluvchi qurilmalarning eng ko'p ishlatilayotgan tiplari sanoat tomonidan o'lchamlari bo'yicha juda kichik optoelektron modullar ko'rinishida ishlab chiqarilmoqda. Bir necha svetovodli chiqishlarga ega bo'lgan va elektron boshqariladigan pereklyuchatellar ham o'zlashtirilgan. Turli funksional modullar — tashqi modulyatorlar, svetovodli kommutatorlar, regeneratolar, uzatuvchi-qabul qiluvchi modullar, optik signallarni geterodinli ishlov berish va shu kabilarni ishlab chiqarish bilan integralli optika va optoelektronikani keng o'zlashtirilishi ko'zda tutilmoqda.

Optik diapazonning barcha afzalliklarini nazarda tutgan holda uni o'zlashtirish yo'lida turgan katta qiyinchiliklarni ham hisobga olish kerak. Ko'pchilik elementlar va bog'lamalar (uzellar) juda murakkab texnologiya va texnik imkoniyatlarning deyarli eng yuqori chegaralari doirasida ishlab chiqariladi. Shuni e'tiborga olishning o'zi kifoyaki, geometrik o'lchamlarga beriladigan qo'yimlar (dopusklar) to'liq uzunligining bir ulushini, ya'ni mikrometrning bir ulushini tashkil etadi. Optik diapazonning elementlar bazasi hali to'liq darajada ishlab chiqilmagan va, demak,

sanoat tomonidan o'zlashtirilmagan. Nihoyat, bu diapazonda ba'zi prinsipial, dialektik muqarrar kamchiliklar ham mavjud. Bulardan eng muhimlarini qayd etamiz.

Eltuvchi chastotani radiotexnik diapazonga nisbatan bir necha tartibga oshirish generator qurilmasining chastotalarini stabillash va sinxronlash vazifasini hal etishda katta qiyinchiliklarga olib keladi. Optik signal chastotasining nisbatan unga katta bo'lmagan, ularning absolut qiymatlari modulatsiya bilan belgilangan spektr kengligidan ancha katta bo'lib qoladi. Ravshanki, bunda polosaviy filtrlash imkoniyatlari va samaradorligi cheklanadi, mos ravishda signal-shovqin nisbati yomonlashadi.

Optik signallar chastotalarining nostabilligi, shuningdek, ko'p modalilik bilan bog'liq effektlar nisbatan katta dispersion buzilishlarga olib keladi, bu esa uzatish sifati va masofasini cheklaydi. Bu effektlar signallarga kogerent ishlov berish usullaridan foydalanishga to'sqinlik qiladi. Hatto radiotexnik tizimlardagi odatiy geterodinlash bu yerda juda murakkab texnik yechimlarga duch keladi.

Bundan tashqari, ulardan foydalanishda mikrobukilishlar, mikrodarzliklar yuzaga kelish xavfi tufayli katta qiyinchiliklar yuzaga keladi. Kabelli magistrallarning oraliqlari (qurilish uzunliklari) orasida ishonchli ulanishlarning o'ziga xos muammolari mavjud.

OTUT liniyali trakti bir necha usullar bilan tashkil etilishi mumkin. OTUT qurilishining quyidagi prinsiplari farq qilinadi: ikki tolali bir polosali bir kabelli yoki klassik; bir tolali bir polosali bir kabelli, bir tolali ko'p polosali bir kabelli yoki spektral zichlanishli.

Axborot signalini optik eltuvchi bilan modulatsiyalash uchun chastotaviy modulatsiyadan (ChM), fazaviy modulatsiyadan (FM), amplitudaviy modulatsiyadan, qutbiy modulatsiyadan (QM), intensivlik bo'yicha modulatsiyadan (IM) foydalaniladi.

Asosiy ko'pchilik hollarda optik nurlanishli intensivligi bo'yicha modulatsiyadan foydalaniladi. IM ning keng qo'llanilishi bunday modulatsiyalash turi yarimo'tkazgichli nurlarin manbalari

(svetovodlar, lazerli diodlar) optik uzatkichlarida foydalaniladigan keng chastotalar diapazonida sodda texnik qurilmalar bilan bajarilishi bilan izohlanadi. Yarimo'tkazgichli manba nurlanishining intensivligini boshqarish uchun injeksiya tokini (nakachka toki — kuchaytirish toki — moddani termodinamik muvozanatdan chiqarib, nurlanuvchan qilish toki) modullovchi signalga muvofiq o'zgartirish yetarlidir. Bu tok kuchaytirgichi ko'rinishidagi elektron uyg'otish sxemasi orqali oson ta'minlanadi. Optik nurlanish intensivligini modulatsiyalash optik signalni elektr signalga teskari o'zgartirishda ham sodda yechimlarga olib keladi. Haqiqatan ham, fotoqabul qilgich tarkibiga kiruvchi fotodetektor kvadratik asbob bo'lib, uning chiqish toki optik maydon amplitudasi kvadratiga, ya'ni fotosezgir sirtga tushayotgan optik signal quvvatiga proporsionaldir. Demak, intensivligi bo'yicha modulatsiyalangan optik signalni bevosita fotodetektorga uzatib, uni elektr signaliga, ideal holatda modullovchi signal shaklini saqlagan holda, juda oson o'zgartirish mumkin.

Optik signalni bu qabul qilish prinsipi bevosita fotodetektorlash metodiga (nokogerent qabul, energetik qabul) mansubdir. Boshqa metod fotosiljitiş metodidir (kogerent qabul, geterodinli qabul, gomodinli qabul va sh.k.).

Geterodinli qabul bevosita detektorlashdan murakkabroq tarzda amalga oshiriladi va geterodinli nurlanish manbasi maydonining to'liq frontini signal maydoni to'liq fronti bilan ustma-ust tushirilishini talab qiladi. Yig'indi maydonni fotodetektorlash natijasida amplitudasi, chastotasi va fazasi qabul qilinayotgan optik signalning shu ko'rsatilgan parametrlariga mos oraliq (ayirma) chastotali signal paydo bo'ladi.

Gomodini qabul geterodin nurlanishlari va uzatgich chastotalari ustma-ust tushishi bilan geterodinli qabuldan farq qiladi. U signal-shovqin nisbatini 3 dB shacha qo'shimcha yaxshilanishiga imkon beradi, biroq uni amalga oshirish lazerli geterodin chastotasini fazaviy avtosozlash zarurati tufayli yana ham qiyinroqdir.

Hozirgi vaqtda OTUT da oxirgi apparatura sifatida, odatda, RUT dan foydalaniladi, ya'ni OTUT lar raqamli tizim sifatida

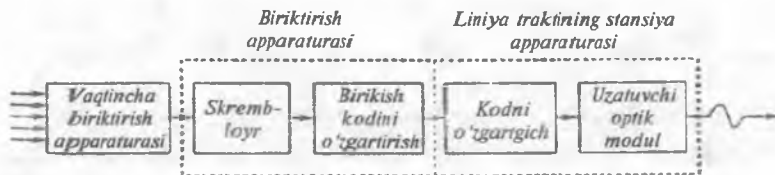
foydalaniladi. Bu RUT larning analogli tizimlariga qaraganda muhim afzalligi: yuqori xalaqitbardoshligi, uzatish sifatining liniya trakti uzunligiga kam bog'liqligi, yuqori texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari va boshqalar bilan izohlanadi. Kanallarni chastotali ajratiladigan (KChA) analogli uzatish tizimlari optik nurlanish manbalarining nisbatan yuqori nochiziqligi va analogli uzatish uchun talab qilinadigan xalaqitbardoshlikni texnik ta'minlashning murakkabligi sababli hozircha OTAL larda qo'llanilmaydi. Shunga qaramasdan, analogli OTUT sohasidagi tadqiqot ularning bir qator sohalarda (optik kabelli televideniye, telemetriya, operativ va xizmat aloqalari) istiqbolli ekanligini ko'rsatmoqda.

1.2. Raqamli optik tolali uzatish tizimlari

Elektr aloqaning analogli signalini raqamli signalga o'zgartirishning asosiy metodi impulsli-kodli modulatsiyadir (IKM). IKM li optik tizim mos kabelli tizimdan asosan liniya jihozi va signallarni uzatilish muhiti bilan farq qiladi. Shu sababli raqamli OTUT ishini ko'rib chiqilayotgan da eng avvalo signalni uzatish liniyasidagi kodni, optik uzatgich va qabul qilgichni, liniya traktining tuzilishini ajratish lozim.

OTUT ni amalga oshirishda elementlar bazasini va uning liniya trakti parametrlarini tanlash raqamli signal simvollarining uzatilish tezligiga bog'liqdir.

MKKTT tomonidan raqamli signallarni birlashtirish qoidalari o'atilgan va elektr aloqa raqamli signallarini vaqtincha birlashtirish apparaturasining iyerarxiyasi belgilangan. Ierarxiyaning mohiyati bosqichli (pog'onali) joylashishdan iborat bo'lib, bunda har bir bosqichda oldingi simvollarini uzatish tezligi oldingi bosqichga mos bo'lgan ma'lum sondagi raqamli signallar birlashtiriladi. Ikkilamchi, uchlamchi va hokazo tizimlardagi raqamli signallar oldingi iyerarxik tizimlar signallarini birlashtirish bilan hosil bo'ladi. Bu signallarni birlashtirish bajariladigan apparatura raqamli signallarni vaqtincha birlashtirish apparaturasi deb ataladi (1.2-rasm). Bu apparaturaning chiqishidagi signal skremblyor deb ataladigan quril-



1.2- rasm. Raqamli OTUT ning oxirigi apparaturasi.

mada simvollarini uzatish tezligini o'zgartirmasdan strukturasi bo'yicha o'zgartiriladi, ya'ni uning tezligini o'zgartirmasdan strukturasi bo'yicha o'zgartiriladi, ya'ni uning xossalari tasodifiy signal xossalariiga yaqinlashgan bo'ladi. Bu aloqa liniyasi axborot manbasining statistik xossalariiga bog'liq bo'lmagan holda turg'un ishlashiga erishish imkonini beradi. Skrembyorlangan raqamli signal biriktirish apparaturasi yordamida istalgan raqamli aloqa tizimi kirishiga berilishi mumkin. MKTTT har bir iyerarxik tezlik uchun o'zining birikish kodini tavsiya etgan, masalan, ikkilamchi kod uchun HDB-3 kod, to'rtlamchi kod uchun SMI kodi va hokazo. Vaqtincha birlashtirish apparaturasidan keladigan binar signalni birikish kodiga o'zgartirish operatsiyasini birikish kodini o'zgartirgich bajaradi. Birikish kodi optik liniya traktida qabul qilingan koddan farq qilishi mumkin. Birikish kodini raqamli OTUT kodiga o'zgartirish operatsiyasini liniya traktining kod o'zgartirgichi bajaradi va uning chiqishida uzatuvchi optik modul nurlatgichining tokini modulatsiyalaydigan raqamli elektr signal hosil bo'ladi.

Modulatsiyalangan optik nurlanish optik ulagich yordamida optik kabel tolasiga kiritiladi. Svetovodning so'ndirishi u bo'ylab tarqalayotgan optik impulslar intensivligining kamayishiga, o'tkazish polosasi kengligining oxirgi (chegaraviy) qiymatlari esa bu impulslarning kengayishiga olib keladi.

OTUT dagi raqamli ketma-ketlikning shaklini, amplitudasini va vaqtiiy xarakteristikalarini tiklash uchun, signalni boshqa o'tkazish muhitiga ega bo'lgan raqamli tizimlardagi kabi, regeneratorlardan foydalaniladi. Regenerator qabul qiluvchi optik modul, signalga ishlov berish qurilmasi, uzatuvchi optik modul va nazorat

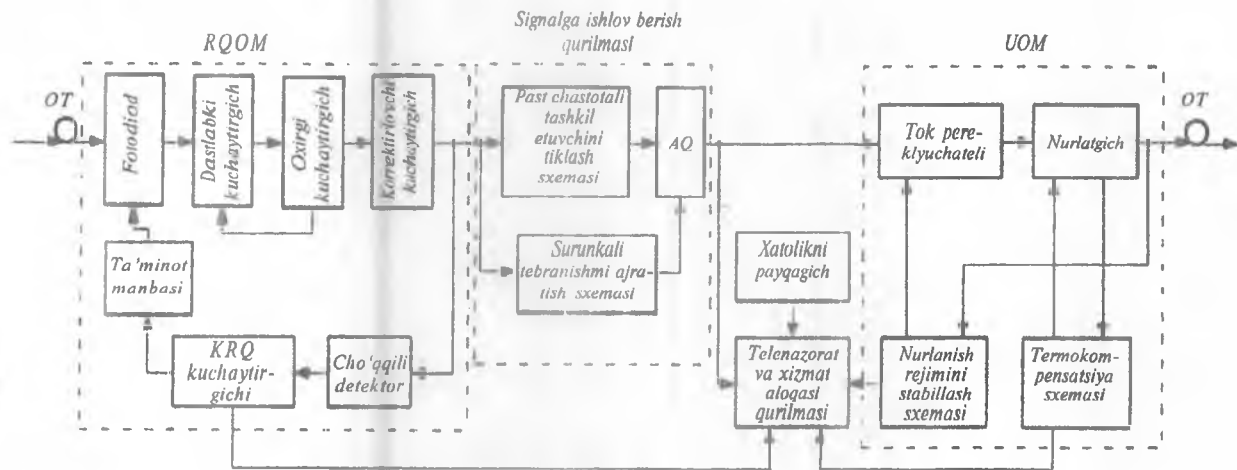
qurilmasidan iborat. Tizimning liniya trakti bo'ylab xizmat ko'rsatilmaydigan punktlarda o'rnatiladigan liniya generatorlarini (XKRP), kafolatlangan elektr ta'minotli xizmat ko'rsatiladigan liniya generatorlarini (XRP) va oxirgi stansiyalarda o'rnatiladigan va liniya traktining stansiya apparaturasining qabul qiluvchi qismi tarkibiga kiradigan stansiya regeneratrlarini farq qilinadi. Regeneratorda tiklangan signal navbatdagi regeneratsiya uchastkasidan o'tadi, navbatdagi regeneratorda tiklanadi va hokazo. Bu jarayon toki optik signal stansiya regeneratrlarining qabul qiluvchi optik moduliga kelguniga qadar davom etadi.

Elektr raqamli signal stansiya regeneratrida tiklanganidan so'ng birlashtirish kodida kod o'zgartgich (dekoder) tomonidan raqamli signalga o'zgartiriladi, keyin ulanish liniyasi bo'ylab birlashtirish apparaturasining kod o'zgartgichiga (dekoderga) keladi va uning chiqishida binar kodli signal hosil bo'ladi. Shundan keyin deskremlashda signal ustida skremberlashga teskari operatsiya bajariladi va dastlabki raqamli signal vaqtincha ajratish apparaturasiga keladi.

Raqamli OTUT ning qabul qiluvchi-uzatuvchi apparaturasining tuzilish xususiyatlarini ko'rib chiqamiz.

Optik retranslyator. Uning strukturaviy sxemasi 1.3-rasmda keltirilgan bo'lib, optik qabul qilgich (raqamli qabul qiluvchi optoelektron modul — RQOM)dan, signalga ishlov berish qurilmasidan, optik uzatgich (raqamli uzatuvchi optoelektron modul — UOM)dan, xatolikni payqagich va telenazorat qurilmasidan iborat.

Raqamli signal optik qabul qilgich tomonidan qabul qilinadi va kuchaytiriladi, signalga ishlov berish qurilmasidan shakli, amplitudasi taktli intervalga nisbatan uzunligi va holati bo'yicha tiklanadi, keyin esa nurlatgich tokining pereklyuchateli ishini boshqaradi, uning chiqishida raqamli signalning boshlang'ich ketma-ketligi hosil bo'ladi. Telenazorat qurilmasi uzatuvchi va qabul qiluvchi qurilmalarning ishlayotganligi haqidagi axborotni ishlab chiqish va uzatish, shuningdek, xatoliklar mavjudligi haqida xatolik payqagichdan keladigan signalni uzatish uchun mo'ljallangan.



1.3-rasm. Optik retranslatorning strukturaviy sxemasi.

Optik retranslator ayrim elementlarining vazifasini ko'rib chiqamiz.

Dastlabki kuchaytirgich kirishida fotodetektor bo'lgan yuqori sezgir keng polosali kuchaytirgichdir. Dastlabki kuchaytirgichning asosiy vazifasi optik signalni berilgan chastotalar polosasida signal-shovqin nisbati maksimal bo'lgan elektr signaliga o'zgartirishdan iborat.

Magistral, zonaviy va shahar tizimlarida fotoqabul qilgich qurilmasining sezgirligini oshirish muhimdir, chunki bu qabul qilib uzatish uchastkalari sonini kamaytirish, nurlatgichning chiqish quvvatiga qo'yiladigan talablarni pasaytirish, butun tizimning bahosi kichik bo'lishiga imkon beradi. Dastlabki kuchaytirgichning shovqin xossalari ko'plab omillarga: amalga oshirilish sxemasiga, fotodiod tipiga, talab qilinayotgan o'tkazish polosasiga, foydalanilayotgan tranzistor (maydonli yoki biroyar) tipiga, tayyorlanish texnologiyasiga (diskret, gibrid-qolip plyonkali yoki yupqa plyonkali), korrektor filtri turiga, tranzistor rejimining tanlanishiga va hokazolarga bog'liq.

Dastlabki kuchaytirgichni gibridli integral sxemalar texnologiyasi bo'yicha yasashi sxema elementlarining parazit va induktivlik sig'implarining kamayishi oqibatida o'tkazish polosasini kengaytirish, tashqi maydonlardan ekranlanishini yaxshilash, neytral mug'itda germetiklashni qo'llab, ishonchliligi yuqori bo'lishini ta'minlash imkonini beradi.

Oxirgi kuchaytirgich dastlabki kuchaytirgichdan keladigan va 20...50 dB diapazonda o'zgaradigan raqamli signalning kichik noxiziqli va chiziqli buzilishlarda ajratuvchi qurilmaning (AQ) ishonchli ishlashi uchun zaruriy darajagacha oshirilishini ta'minlaydi. Oxirgi kuchaytirgich chiqish kaskadining kirish signali o'zgarganida va qisqa liniyalar qo'llanilganida liniya traktining so'ndirish bo'yicha zaxirasi yuqori bo'lishi tufayli ortiqcha (o'ta) yuklanishini bartaraf etish uchun fotoqabul qilgichda kuchaytirishni avtomatik rostlash (KAR) zanjiri mavjud. KAR zanjiri, odatda, ikki bosqich bilan ishlaydi: optik signalning darajasi 10 dB tartibida minimal bo'lganida fotoqabul qilgichning kuchaytirishi

LFD da siljish kuchlanishi hisobiga o'zgaradi, optik signal darajasining katta qiymatlarida esa fotoqabul qilgichning kuchaytirishi oxirgi kuchaytirgich dastlabki kuchaytirgichlarining kuchaytirish koeffitsiyenti o'zgarishi hisobiga o'zgaradi. Oxirgi kuchaytirgichning chiqish kaskadini KAR zanjiriga ulash mumkin emas, chunki bu aytilgan kaskadning kuchaytirishini rostdash uning dinamik diapazoni kamayishiga (nochiziqli buzilishlarning oshishiga) olib keladi. Shunday qilib, fotoqabul qilgich kuchaytirishini 50 dB gacha rostdash mumkin. AQ kirishida signal amplitudasi berilganida nochiziqli buzilishlarni kamaytirish maqsadida oxirgi kuchaytirgichning chiqish kaskadini yaxshisi parafazali chiqishli differensial kaskadli qilib bajarish va mos ravishda AQ komparatorini parafazali kirishli qilib amalga oshirish kerak.

ARQ tizimi ishlayotganida qabul qilgichning amplitudaviy-chastotaviy xarakteristikasi (AChX), odatda, o'zgaradi (chiziqli buzilishlar o'zgaradi), biroq u berilgan o'zgarishlar intervalida qolishi kerak.

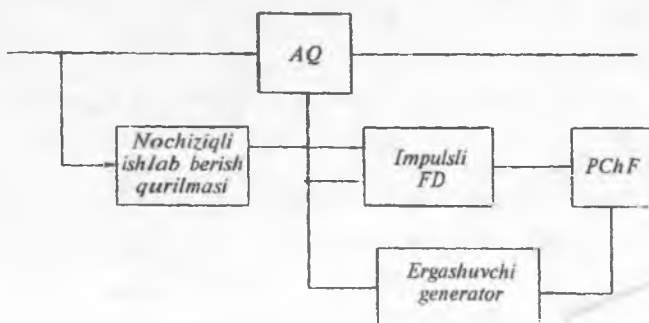
Qabul qilgich kirishidagi optik signalning minimal darajasida LFD da ARQ hisobiga optimal rejim signal-shovqin nisbatining maksimumi nuqtai-nazaridan tiklanishi lozim. Odatda, fotodetektor va kuchaytirgich umumiy ekranlovchi kojux ichiga joylashtiriladi va yagona ROEM konstruksiyasini hosil qiladi.

Signalga ishlov berish qurilmasi signalning amplitudasi shaklini, uzunligini va takt intervaliga nisbatan holatini tiklash uchun mo'ljallangan. Uning tarkibiga AQ kiradi. Unda ROEM dan keladigan kuchaytirilgan va filtrlangan signal elementar jo'natish ichki takt intervali momentida bo'sag'a signali bilan taqqoslanadi (qaror qabul qilish momenti), u tegishli sxema yordamida ajratiladigan surunkali tebranish bilan aniqlanadi.

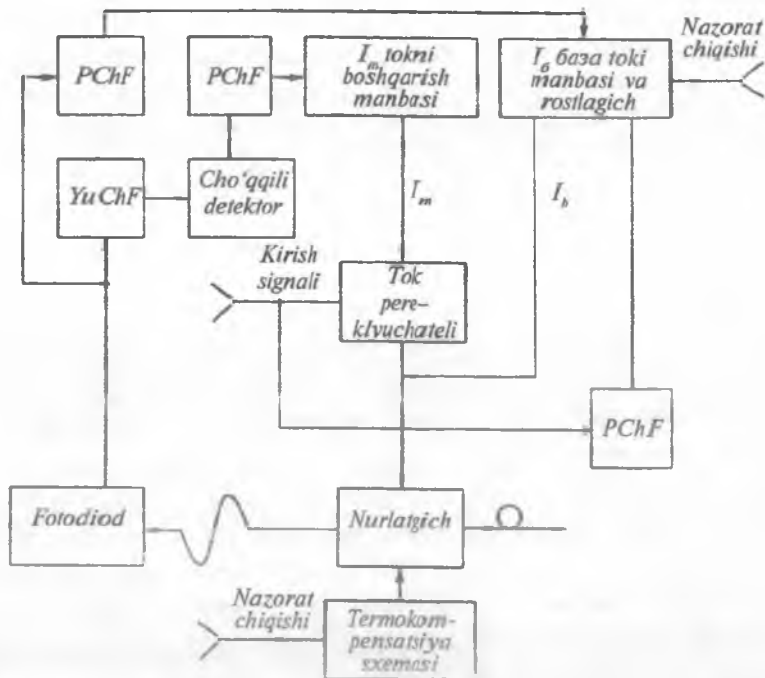
Agar OTUT ning liniya kodi energetik spektr uzluksiz qismining past chastotali tashkil etuvchisiga ega bo'lsa, u holda AQ sxemasi oldida past chastotali tashkil etuvchini tiklash sxemasi ulanadi. Bunda signalning ajratuvchi qurilma bo'sag'a darajasi U_b ni o'ratiladigan minimal darajasi fiksirlanadi, ya'ni qabul qilishda bo'sag'a darajasini optimal o'ratiladi.

Surunkali tebranishlarni ajratish sxemasi strukturasi bo'yicha identik kodlardan foydalanilganda signalning tarqalish muhiti boshqacha bo'lgan raqamli uzatish tizimi retranslyatorining mos sxemasidan farq qilmaydi. Bu sxemaning asosiy qismi aslligi 500...1000 darajasida bo'lishi lozim bo'lgan tor polosali filtrdan iborat. OTUT da surunkali tebranishlarning fazaviy fluktatsiyalari, masalan, kabelli raqamli uzatish tizimidagiga qaraganda ancha katta tartibda yuqori bo'lishiga qaramasdan, bu asllik kattaligi amalda yetarli bo'lar ekan. Bunday asllikka ega bo'ladigan filtr akustik bog'langan kvarsli rezona torlar yoki sirtiy akustik to'liqlardagi kvarsli filtrlar asosida bajarilishi mumkin. Yuqori tezkor raqamli OTUT da surunkali tebranishni ajratish sxemasini chastotani fazaviy avtosozlash (FAS) tizimi asosida bajarish maqsadga muvofiqdir. 1.4-rasmda bunday sxemaning misollaridan biri keltirilgan. Nochiziqli ishlab berish qurilmasi qabul qilinayotgan raqamli ketma-ketlikning spektrini o'zgartirish amalga oshadi, buning natijasida taktli chastotaning diskret tashkil etuvchisi paydo bo'ladi. Bu signal impulsli fazaviy detektor (FD)da bu detektorning chiqishidan PChF orqali keladigan kuchlanish bilan boshqariladigan generator signali bilan taqqoslanadi. Shunday qilib, generator chastotasi qabul qilinayotgan raqamli ketma-ketlik signali va AQ ga keladigan stroblovchi signal fazalari ayirmasiga muvofiq o'zgaradi.

Qabul qilinayotgan signal jo'natmalarining kelish chastotasi o'zgarganida surunkali tebranish fazasi o'zgaradi, demak, qaror qabul qilish momenti, avvalgidek, optimal bo'ladi.



1.4-rasm. FAS dan surunkali tebranishni ajratish sxemasi.



1.5-rasm. Optik uzatuvchi qurilmaning strukturaviy sxemasi.

Umumlashgan strukturaviy sxemasi 1.5-rasmda keltirilgan optik uzatkich yarim o'tkazgichli nurlatgichning kuchaytirish tokini boshqaradigan tok pereklyuchateliga va nurlanish darajasini stabilashtirish zanjiriga ega.

Tiklangan raqamli signal ishlov berish qurilmasidan tok pereklyuchateli kirishiga keladi, u esa «0» va «1» signallaridan qaysi biri kelishiga muvofiq ravishda siljitish toki manbasi I_n ni uzadi yoki ulaydi va nurlanayotgan optik quvvat darajasini «0» uzatilganida P_0 dan «1» uzatilganida cho'qqi qiymat P_1 gacha o'zgartiradi. Modulyasiyalovchi tok I_m qoldiq quvvat darajasini aniqlaydigan o'zgarmas siljitish toki I_b ga qo'yiladi. I_b tok rostlanadigan bazaviy tok manbasidan keladi. I_m va I_b toklarning qiymatlari optik raqamli signalning parametrlariga qo'yiladigan talablarga muvofiq o'rnatiladi.

Retranslatorning AQ kirishida signal-shovqin nisbatini stabilishtirish uchun uzatgichda cho'qqi va qoldiq quvvatlar ayirmasi $P_1 - P_0$ ni o'zgarimas qilib ushlab turish va optik impuls old frontining fazaviy fluktuatsiyalarini pasaytirish lozim.

Xatoliklarni payqagich xatoliklarni nazorat qilish uchun mo'ljallangan. Bu qurilma tuzilishi bo'yicha sodda bo'lishi, ishonchli ishlashi, kam energiya iste'mol qilishi (chunki, odatda, NRP da joylashgan bo'ladi) lozim. Xatoliklarni nazorat qilish kod strukturasi buzilishi (ta'qiqlangan kombinatsiyalarning aniqlanishi, simvollarning almashib kelishi) bo'yicha, kod xossalari buzilishi (joriy raqamli yig'indini, joriy disparitetlikni, jarayon quvvati spektral zichligi diskret tashkil etuvchisining nolinci chastotadagi qiymatini nazorat qilishga asoslanib xatoliklarni payqash va h.k.) bo'yicha amalga oshirilishi mumkin.

Raqamli tarmoqning turli uchastkalari uchun xatolikning ruxsat etiladigan ehtimolligi beriladi va unga asoslanib, OTUT retranslatoriga qo'yiladigan talablarni aniqlash mumkin. Ruxsat etiladigan ehtimollik bitta retranslyatorga, masalan, magistral uchastka uchun 10^{-11} tartibidagi kattalikni, mahalliy uchastka uchun 10^{-9} tartibdagi kattalikni tashkil etadi.

Telenazorat va xizmat aloqasi oxirgi stansiyalarga retranslyator qismlarining holati haqidagi axborotni, xatolik ehtimolligi kattaligini, xizmat aloqasi signallarini uzatishni ta'minlaydi. Bu axborotni uzatish uchun kabelda alohida optik tolalarni ajratish yoki, agar kabel konstruksiyasida nazarda tutilgan bo'lsa, metalli simmetrik juft simlardan foydalanish mumkin. Biroq bunday texnik yechimlar ko'pincha iqtisodiy jihatdan foydali emas. Telenazorat va xizmat aloqasi signallarini axborot tolalari bo'ylab uzatish maqsadga muvofiqroqdir. Raqamli axborot oqimi hamda telenazorat va xizmat aloqasi signallarini birlashtirish turli usullar bilan bajarilishi mumkin: signallarni raqamli shaklda birlashtirish va ajratish; signallarni optik diapazonda turli optik chastotalarda spektral birlashtirish va ajratish; yonaki eltuvchi chastotalarda chastotaviy birlashtirish va ajratish, bunda telenazorat va xizmat aloqasi signallarini dastlab chastotasi raqamli axborot signali spektridan tashqarida yotadigan tebranishning yonaki elektr

eltuvchilari modulatsiyalaydi. So'ngra modulatsiyalangan signallar nurlatgichning kuchaytirish tokini boshqaradi. So'nggi uzatish usulida asosiy axborot kanalidagi xalaqitbardoshlik yomonlashadi; energetik bir necha desibelni tashkil etadi.

Raqamli traktning sozlash uchun axborot signali alfavitiga kirmaydigan kodli so'zlardan foydalanishi mumkin, bunda ularning diskretliligi axborot signalining kodli so'zlaridagi kodi bo'lishi lozim.

Past tezlikli tizimlar uchun barcha mamlakatlarda CMI, 1B2B tiplaridagi katta ortiqlikka ega kodlardan, yuqori tezlikli tizimlar uchun Yevropa mamlakatlarida 5B6B va 7B8B blokli kodlari, Yaponiyada esa mB1C:8B1C va 10B1C ishlatiladi, ularning ortiqchaligi unda katta bo'lmagan qiymatga ega. Keyingi vaqtlarda duobinar va ko'p darajali uzatish kodlari qo'llaniladigan OTUT keng tarqalmoqda.

1.3. Analogli optik tolali uzatish tizimlari

Analogli OTUTda signal tashuvchining parametrlaridan biri uzluksiz o'zgarishi bilan tavsiflanadigan modulatsiya metodlaridan foydalaniladi (intensivlikni modulatsiyalaganda optik nurlanish quvvati, pozitsion-impulsi modulatsiyalashda optik impulsning vaziyatini kenglikli-impulsi modulatsiyalashda uning uzunligi va h.k.) 16-rasmda analogli OTUT ning strukturaviy sxemasi tasvirlangan. Kirish elektr signali $s(t)$ modulyator M ga keladi, uning yordamida nurlatgichning chiqish optik signali parametrlaridan birining vaqt bo'yicha uzluksiz o'zgarishi amalga oshiriladi. Optik qabul qilgich yorug'likni elektr signaliga, demodulator DM esa chiqish elektr signaliga o'zgartiradi.

Analogli uzatishni raqamli uzatishga qiyoslagandagi xususiyati optik qabul qiluvchi qurilmaning chiqishida katta signal-shovqin nisbatini va butun trakt bo'yicha yuqori chiziqilikni ta'minlashdan iborat, chunki aks holda uzatilayotgan analogli signalning turli chastotaviy tashkil etuvchilaridan keladigan o'zaro xalaqitlar bo'lishi mumkin.



1.6-rasm. Analogli OTUT ning strukturaviy sxemasi.

Sxematexnik amalga oshirilishi nuqtayi nazaridan analogli OTUT raqamli OTUT dan ancha soddaroqdir. Analogli modulatsiyalash usullaridan, xususan, bir necha keng polosali signallarni (masalan, bir necha televideniye dasturlarini) bitta optik tola bo'ylab uzatish uchun foydalanish qulaydir.

Analogli OTUT lar nazorat tizimlarida telemetriya, boshqarish signallarini ukzatish uchun qo'llaniladi. Ular asosida ko'p vazifali (funksiyali) OTUT lar va kabelli televideniye tizimlari yaratiladi. Bu tizimlar uchun xos bo'lgan modulatsiya metodlarini ko'rib chiqamiz va ularning xalaqitbardoshligini taqqoslaymiz.

Analogli modulatsiyaning eng sodda turi intensivlikni modulatsiyalash (IM) yoki optik nurlanishni analogli elektr signali bilan bevosita modulatsiyalash bo'lib, bunda nurlatgichning chiqish quvvati uzatilayotgan signalning kattaligiga biror o'rtacha qiymatga nisbatan proporsional o'zgaradi. Zamonaviy lazerli diodlarni katta darajada modulatsiyalashda uzatishning sifat ko'rsatkichlarini yomonlash tiradigan katta noxiziqli buzilishlar yuzaga keladi. Shu sababli bunday tizimda asosiy nurlanish manbasi yorug'lik nurlatuvchi diod bo'ladi. Bir necha televideniye va radioeshittirish signallarini bitta optik tola bo'ylab birgalikda uzatishda noxiziqli buzilishlarning xalaqit beruvchi ta'sirini televideniye va radioeshittirish kanallari eltuvchi chastotalari vaziyatini chastotalar o'qida eng yuqori darajaga ega bo'lgan ikkinchi va uchinchi tartibli noxiziqlilik mahsulotlari uzatilayotgan signallarning chastotalar polosalariga tushmaydigan qilib tanlash yo'li bilan ma'lum darajada kamaytirishga erishish mumkin bo'ladi.

Yonaki eltuvchi chastota bilan chastotaviy modulatsiyalab (ChM) keyin optik nurlanish quvvatini modulatsiyalash signalshovqin nisbatini IM ga qaraganda oshirilishini ta'minlaydi, biroq kattaroq chastotalar polosasini va qabul qilish-uzatish apparaturasining texnikaviy ijro tomonidan murakkabroq bo'lishini talab

qiladi. Biroq bunda modulatsiya xarakteristikasining chiziqiliga qo'yiladigan talablar kamayadi. Bunda modulatsiya darajasini, va, demak, uzatish uzoqligi chegarasini ham oshirish mumkin.

Impulsi rejimda uzluksiz generatsiya darajasiga qaraganda modulatsiya darajasining kattaroq bo'lishiga yo'l qo'yiladi. Shu sababli OTUT da xalaqitbardosh analogli impulsi modulatsiyalash metodlaridan foydalanish amaliyotda katta qiziqish uyg'otadi, bular jumlasiga quyidagilar mansubdir: keng polosali-impulsi modulatsiya (KIM), pozitsion-impulsi modulatsiya (PIM) (u fazali-impulsi (FIM) deb ham ataladi), chastotaviy impulsi modulatsiya (ChIM), intervalli-impulsi modulatsiya (IIM) va h.k.

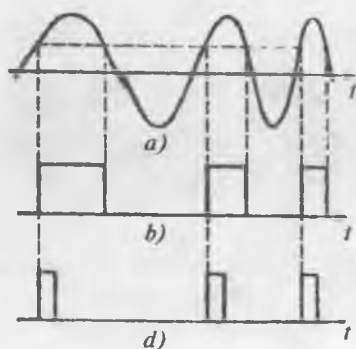
Analogli OTUT larda KIM ning qo'llanilishi maqsadga muvofiq emas ekan, chunki bunday modulatsiyalash turida nurlanish manbasining chiqish kuchlanishidan nisbatan nosamarali foydalaniladi va, bundan tashqari, ChIM va IIMga nisbatan xalaqitbardoshlik pastroq bo'ladi.

PIM, ChIM va IIM da axborotni uzatish uchun bir xil uzoqlikdagi nisbatan qisqa impulslar qo'llaniladi, bu esa optik nurlanishning chiqish quvvatidan samaraliroq foydalanish imkonini beradi.

PIM bo'lgan holda uzatilayotgan analogli signal $s(t)$ ning sanoq qiymatlari haqidagi axborot taktli nuqtalar va signal impulsleri orasidagi vaqt intervallarida joylashgan. Shunday qilib, mazkur modulatsiya turi qabul qilish va uzatish apparaturalarining majburiy sinxronlashtirilishini talab etadi, bu esa yo maxsus sinxrosignalni uzatish bilan, yoki qabul qilish apparaturasini axborotli PIM signal bo'yicha sinxronlash bilan ta'minlanadi. Bu tizim qabul qilish qismining qo'shimcha murakkablashuviga olib keladi.

ChIM da impulsi ketma-ketlik chastotasi uzatilayotgan analogli signal $s(t)$ ga mos qonun bo'ysicha o'zgaradi. ChIM ning o'ziga xos xususiyati shundaki, uzatuvchi-qabul qiluvchi apparaturaning sinxronlashtirishli ushlab turish zarurati yo'q, demak, uni amalga oshirish ancha soddaroqdir.

ChIM li OTUT va PIM li OTUT ning xalaqitbardoshligini taqqoslash shuni ko'rsatdiki, ChIM ni qo'llash PIM bilan

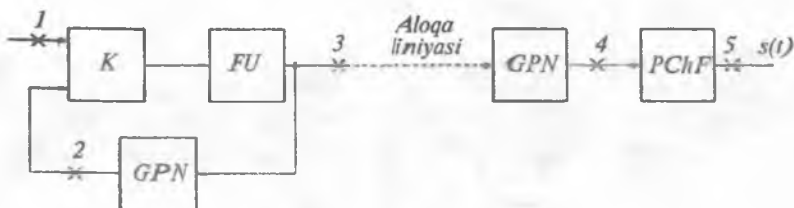


1.7-rasm. ChM, TChIM va ChIM signallar.

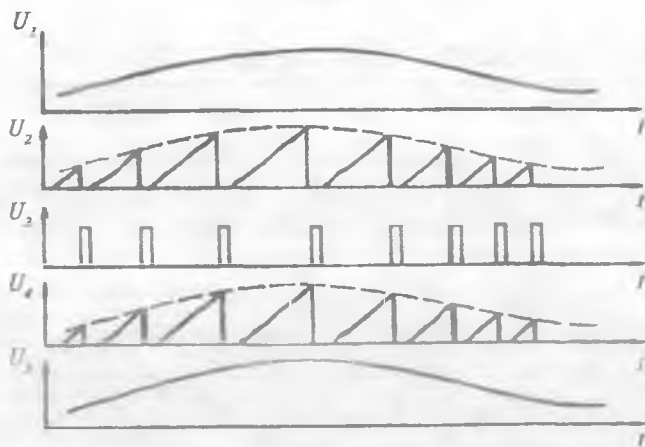
taqqoslaganda xalaqitbardoshlik bo'yicha yutuqni ta'minlashi mumkin. Biroq kanallarni vaqt bo'yicha ajratish bilan ko'p kanalli uzatishda PIM ustunlikka ega, chunki chastotaviy-bog'liqmas fazaviy siljishga ega.

ChM tebranishni ikki tomonlama chegaralanganda to'g'ri-burchakli chastotaviy-impulsli modulatsiya (TChIM) yuzaga keladi. 1.7-a rasmda ChM tebranish, unga mos TChIM (1.7-b rasm) va ChIM (1.7-d rasm) signallar ko'rsatilgan. Shuni qayd etish lozimki, televizion signallarni nisbatan uncha katta bo'lmagan masofalarga uzatishda ChM, TChIM va ChIM dan foydalanish maqsadga ko'proq muvofiqdir, chunki modulatsiyaning bu turlarida OTUT qabul qilish apparat urasining chiqishidagi shovqinning energetik spektri kvadratik qonun bo'yicha o'zgaradi, bu esa shovqinning xalaqitli ta'sirini susaytiradi. ChIM va TChIM da OTUTning xalaqitbardoshligini oshirish uchun parametr $m = \Delta f_m / f_0$ ni oshirish maqsadga muvofiqdir, bu yerda Δf_m - chastota deviyatsiyasi va PIM da impulslar kelishining o'rtacha chastotasi. Biroq m haddan tashqari katta bo'lsa, u holda foydali signal polosasiga modulatsiyaning chastota bo'yicha pastki parazit mahsulotlari tushib qoladi.

IIM li optik tizimlarda analogli signal haqidagi axborot uzatilayotgan impulslar vaqt intervallarida joylashgan bo'ladi.



1.8- rasm. SIM li TOUT qabul qiluvchi-uzatuvchi apparaturasining strukturaviy sxemasi.

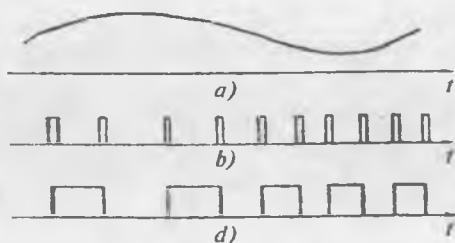


1.9-rasm. SIM li optik tizimlarda signallarning vaqt diagrammalari.

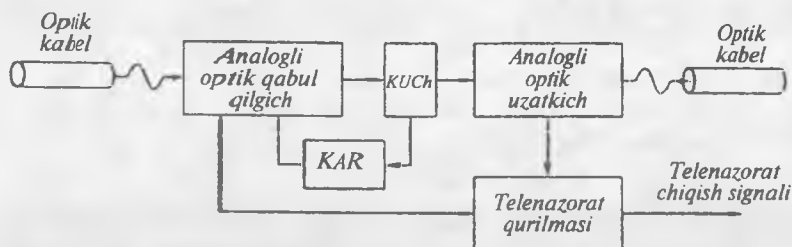
1.8 rasmda IIM li uzatish tizimi qabul qiluvchi-uzatuvchi apparaturasining ishini tushuntiruvchi soddalashtirilgan strukturaviy sxemasi keltirilgan. 1.9-rasmda esa sxemaning 1...5 nuqtalarida signallarning vaqt diagrammalari tasvirlangan. 1.9-rasmdan ko'rinib turganidek, qabul qilish tomonida IIM signalning davomiyligi o'zgaritirilishi amalga oshiriladi. IIM da analogli signal $s(z)$ ni strobirlashning o'rtacha chastotasi uzatishda PIM ga qaraganda yuqoriligini aytib o'tamiz. Bundan tashqari, qabul qiluvchi uzatuvchi jihozni sinxronlashtirishga zarurat bo'lmaydi.

KIM, IIM va ChIM li OTUT larda optik signal egallaydigan chastotalar polosasining kengligi (ϵ_n) taxminan IKM dagi kabidir.

O'tkazish polosasini kamaytirish intervalli-kenglikli impulsli-



1.10-rasm. IKIM signalning shakllanishi.



1.11-rasm. Analogli optik translyatorning strukturaviy sxemasi.

mdulyasiya (IKIM) yordamida ta'minlanishi mumkin. Bunda uzatishda analogli signal (1.10-a rasm) IIM signalga (1.10-b rasm) o'zgartiriladi va u sanoqli kirishli trigger kirishiga keladi. TrIGGERning chiqishida 1.10-d rasmda ko'rsatilgan IKIM signal shakllanadi. Bu signalda modulatsiyalanuvchi parametrlar ham qo'shni impuls orasidagi interval, ham ularning kengligi bo'ladi. Qabul qiluvchi tomonda IKIM signal IIM signalga o'zgartiriladi, shundan so'ng demodulatsiyalanadi. TChIM va IKIM ni svetodiody OTUT da optik nurlanish manbasi sifatida qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Analogli OTUT larda detektorlashning geterodinli metodini qo'llash katta imkoniyatlar ochadi va u optik qabul qilish qurilmasining sezgiriligini 10–20 dB ga oshirish imkonini beradi. Bunday tizimlarda optik eltuvchini chastotaviy yoki fazaviy modulatsiyalash amalga oshirilishi mumkin. 1.11-rasmda analogli optik retranslyatorning strukturaviy sxemasi keltirilgan. U optik qabul qilgich (analogli qabul qiluvchi optoelektron modul) kuchaytirgich (KUCH), optik uzatkich (analogli uzatuvchi optoelektron modul), KAR sxemasi va telenazorat qurilmasidan iborat.

Yorug'lik signalini optik qabul qilgich qabul qiladi, elektr signaliga o'zgartiriladi, kuchaytirgich bilan kuchaytiriladi, unda modulatsiyalash metodiga bog'liq ravishda bo'sag'a qurilmasi ham bo'lishi mumkin, keyin esa optik uzatgich nurlatgichining tokini boshqarish uchun foydalaniladi.

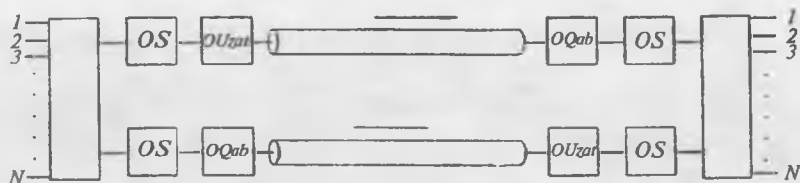
Qabul qilgich kirishidagi yorug'lik oqimining darajasi va, shuningdek, qabul qilgichdagi LFD kuchaytirish koeffitsiyentining tebranishlaridagi o'zgarish KAR sxemasi bilan kompensatsiyalanadi. Telenazorat qurilmasi retranslator kirishi va chiqishida optik signalning mavjudligi haqida va uning ayrim elementlarining sozligi haqida axborot uzatadi. Bunday axborotning uzatilishi kabellarda ajratilgan alohida optik tola bilan, yoki optik kabel konstruksiyasida ko'zda tutilgan metall simmetrik juftliklar, yoki axborot tolasida bo'ylab vaqt bo'yicha yoki chastota metodlari bilan zichlashtirish yordamida amalga oshirilishi mumkin.

Pirovardida shuni qayd etamizki, keng dinamik diapazonli va spektral analogli signallar uchun modulatsiyalangan signalning kvantli shovqinlari ayniqsa muhimdir. Bunday sharoitlarda xalaqitbardoshlikni tubdan ko'tarishga bir modali optik tolali tizim va qabul qilishning geterodinli usullarini qo'llab erishish mumkin. Bundan tashqari, analogli OTUT sifatlarining yaxshilanishi boshqa, geterodinli qilish shartlariga adekvat (mos) modulatsiya turlarini qo'llash hisobiga hosil qilinishi mumkin. Xususan, lazerli nurlanishni QYoPSE (qo'sh yonaki polosali va so'ndirilgan eltuvchili) tipidagi tashqi modulatsiya afzalroq bo'lishi mumkin.

1.4. OTUT lar ikki tomonlama liniya traktlarining qurilish tamoyillari

Yuqorida qayd etilganidek, liniya traktlari ikki tolali bir polosali bir kabelli, bir tolali bir polosali bir kabelli, bir tolali ko'p polosali bir kabelli (spektral zichlash bilan) qurilishi mumkin.

OTUT ning 1.1-rasmda keltirilgan umumlashtirilgan sxemasi uzatishning faqat bitta yo'nalishini ko'rsatadi. Bunday qurilishda optik signallarni uzatish va qabul qilish ikkita tola bo'ylab (1.12-rasm) va bitta λ uzunlikdagi to'lqinda amalga oshiriladi. Kabelning



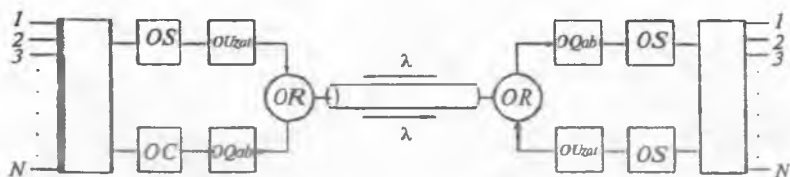
1.12-rasm. Ikki to'rali bir polosali bir kabelli OTUT sxemasi.

OT lari orasida o'zarota'sirlar amalda yo'qligi sababli turli tizimlarning uzatish va qabul qilish traktlari bitta kabel bo'yicha tashkil etiladi, ya'ni OTUT lar bir kabellidir. Shunday qilib, optik liniya traktini (OLT) mazkur tashkil etish sxemasi ikki to'rali bir polosali bir kabellidir, ya'ni koaksial kabellar bo'ylab ishlaydigan bir polosali to'rt simli bir kabelli uzatish tizimlarining ekvivalentidir.

Aloqani bunday tashkil etish sxemasining afzalliklari jumlasiga oraliq va oxirgi stansiya lar uzatish va qabul qilish jihozlarining bir tipligini kiritish lozim. Muhim kamchiligi OT o'tkazish qobiliyatidan foydalanish ko'effitsiyentining juda kichikligidir. Kabelli jihozga qilinadigan xarajat ulushi aloqa tizimi narxining juda katta qismini tashkil etishini, OK larning narxi esa hozirgi vaqtda yetarlicha yuqoriligini hisobga olinsa, hozirgi vaqtda OT dan bir vaqtda katta hajmli axborotni uzatish hisobiga uning o'tkazish qobiliyatidan samarali foydalanish vazifasi yuzaga keladi. Bunga, masalan, bitta OT bo'ylab qarama-qarshi yo'nalishlarda axborot uzatish bilan erishish mumkin.

Bir to'rali bir polosali bir kabelli OLT ni qurish sxemasi 1.13-rasmda ko'rsatilgan. Mazkur sxemaning xususiyati OT dan ikki yo'nalishdagi bitta to'liq uzunlikdagi signallar uchun foydalanishdan iborat. Bu usul istiqbolli bo'lib, shu sababli unga mufassalroq to'xtalamiz.

Dupleks axborot uzatish tizimlarining prinsipial xususiyati uchrashma yo'nalishlarda tarqalayotgan axborot oqimlari orasida o'tish xalaqtlarining mavjudligidir. O'tish xalaqtlari OT da va tarmoqlagichlarda teskari reley sochilishlari,urning payvand choklari va liniya oxirlaridagi raz'yomli ulagichlardan qaytishi hisobiga yuzaga keladi.

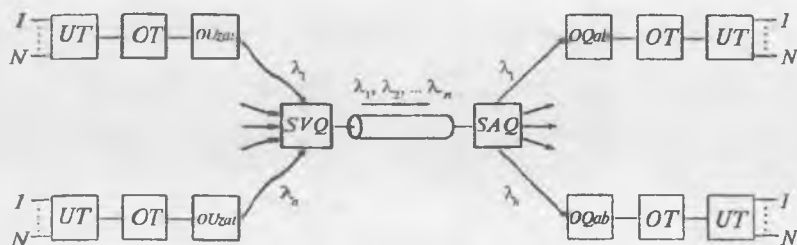


1.13-rasm. Bir tolali bir polosali bir kabelli OTUT sxemasi.

Shovqin darajasi va uning spektral tarkibi ko'p darajada uzatilayotgan signalga (uzatish tezligi, impulslar shakliga) va liniya trakti parametrlariga (tolaning so'ndirishi, uning uzunligi sonli aperturasi, sindirish ko'rsatkichi profiliga) bog'liq. Amaliy maqsadlar uchun teskari sochilish xalaqiti o'tish so'nishining OLT ga bog'liqligini bilish muhimdir.

Spektral zichlanishli (bir tolali ko'p polosali bir kabelli) OTUTlarda bitta optik tola bo'ylab bir nechta spektral ajratilgan optik eltuvchilar uzatilib, ularning har biri, odatda, ko'p kanalli raqamli signal bilan modulatsiyalanadi. Bunday tizimlarni qurish imkoniyati OK so'nish koeffitsiyentining foydalanilayotgan spektral diapazon chegaralarida optik eltuvchining chastotasiga (yoki to'liq uzunligiga) nisbatan kuchsiz bog'liqligiga asoslanadi. Shuning uchun, chastotaviy ajratish metodini qo'llab, ko'p stvolli radioreleli uzatish tizimlari kabi, bitta OT da bir necha keng polosali optik kanallarni tashkil etish mumkin, shu bilan axborotni natijaviy uzatish tezligi orttiriladi. Bu bitta OT bo'ylab uzatish tezligi dispersion buzilishlar bilan bog'liq bo'lgan chegaralashni chetlab o'tish imkonini beradi. Optik kanallarni spektral ajratishli uzatish tizimining strukturaviy sxemasi 1.14-rasmda ko'rsatilgan.

Uzatuvchi stansiyada n ta uzatish tizimi bor, ulardan signallar to'liq uzunliklari $\lambda_1; \lambda_2; \dots, \lambda_n$ bo'lgan optik eltuvchilarni oladigan n ta optik uzatkich OUzat larga beriladi. Spektral birlashtirish qurilmali (SBQ) yordamida turli optik eltuvchilarni bitta OT ga kiritish amalga oshiriladi. Qabul qilish tomonidan spektral ajratish qurilmasi (SAQ)da optik eltuvchilar fazoda ajratiladi va optik qabul qilgich OQab larga keladi. Shunday qilib, bitta OT bo'yicha spektral ajratilgan n ta optik kanal tashkil etiladi, ya'ni o'tkazish qobiliyatidan



1.14-rasm. Spektral ajratilishli OTUT ning strukturaviy sxemasi.

foydalanish koeffitsiyenti optik tizimlar liniya traktlarini an'anaviy qurishga nisbatan n marta ortadi.

Optik eluvchilarni birlashtirish va ajratish uchun turli optik spektral qurilmalar: multipleksorlar va demultipleksorlardan foydalanish mumkin. Ularning ishi fizikaning ma'lum hodisalari: dispersiya, difraksiya va interferensiyaga asoslanadi. Multipleksorlar va demultipleksorlar strukturasi asosida optik prizma, ko'p qatlamli dielektrik, difraksion panjara va boshq. bo'lishi mumkin.

2.1. Optik aloqa kabellarining konstruksiyalari va xarakteristikalari

Optik kabel (OK) deb tolali svetovodlar va tolali svetovodlar guruhining optik va mexanik talablar majmuyiga va atrof-muhit sharoitlariga javob beradigan konstruksiyaga birlashtirishga aytiladi.

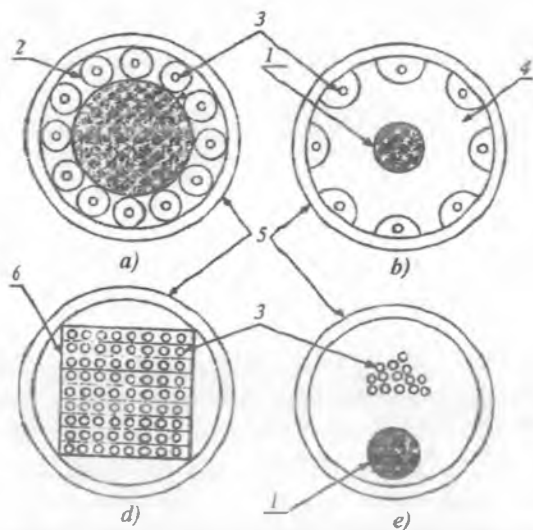
Optik kabellarning barcha konstruksiyalarini texnologik nuqtai nazardan quyidagi 4 ta tipga ajratish mumkin (2.1-rasm).

1. Modulli konstruksiyali optik kabel (2.1-a rasm).
2. Profillovchi o'zakli optik kabel (2.1-b rasm).
3. Lenta tipidagi optik kabel (2.1-d rasm).
4. Nay konstruksiyali optik kabel (2.1-e rasm).

OK konstruksiyaning asosiy elementlari quyidagilardir:

— optik tolalar — o'zak va himoyaviy — mustahkam qoplamali qobiqdan iborat;

— optik modullar — polimer naylarga erkin yotqizilgan OT lar;



2.1-rasm. Optik kabellar konstruksiyalari:

1 – markaziy kuch elementi; 2 – optik modul; 3 – optik tolalar;
4 – profilangan o‘zak; 5 – tashqi qobiq; 6 – optik matritsa.

– *mustahkamlovchi kuch elementlari* – SYuM (sintetik yuqori molekular material), shisha sim, po‘lat trosalar, simlar, bronli qoplamlar (lentalar, simlar, shisha simlar);

– *to‘ldiruvchi elementlar* – OT ni demperlash uchun turli nornerli paxta iplari, gidrofob to‘ldirmalar;

– *metalli elementlar* – masofali ta‘minot mis simlari, metalli qobiqlar (aluminiyli, kam hollarda misli), armaturalovchi (kuch) elementlari (trosalar, simlar bronli metallar va h.k.). Kabeldagi optik tolalar soni 2 tadan 96 tagacha. Kabel konstruksiyasiga generatorlar va telemetriyani distansiyali ta‘minoti uchun mos simlar kiritilishi mumkin.

Modulli konstruksiyadagi optik kabelda OT lar optik modul – maxsus polimer naylarga yotqizilgan. Optik moduldagi OT lar soni 1 tadan 4 tagacha. Modullar, o‘z navbatida markaziy kuch elementi (MKE) atrofida yo o‘ramli, yoki dastali o‘ramli qilib o‘raladi.

Profillovchi o‘zakli optik kabelda optik tolalar 1 tadan 4 tagacha bo‘lib, MKE ga o‘tkazilgan o‘zakning maxsus pazlariga joylanadi.

Lenta tipidagi optik kabelda optik tolalar qatlamma-qatlam yotqiziladi, to'g'ri to'rtburchakli yoki kvadrat matritsaga yotqiziladi.

Nayli konstruksiyali OK da optik tolalar kuch elementi bilan birgalikda umumiy qobiqda erkin joylangan bo'ladi.

OK konstruksiyasi quyidagilarni ta'minlashi lozim:

– tashqi mexanik, iqlimiy va boshqa turdagi ta'sirlardan himoyalash;

– cho'zilganda uzilishdan himoyalash;

– statik charchash buzilishidan himoyalash;

– OT ning mikrobukilishlaridan himoyalash;

– optik xarakteristikalarining stabilligi;

– OK ning ishlatish va ta'mirlashning soddaligi;

– nisbatan past qiymat;

– texnologiklik, ya'ni tayyorlanishning soddalik va katta qurilish uzunligi.

OT ni bo'ylama mexanik yuklamalar ta'sir etganda himoyalash uchun OK konstruksiyasiga turli mustahkamlovchi, kuch elementlari kiritiladi. Ular, odatda OK markazida (MKE – markaziy kuch elementlari) joylashtiriladi, biroq ular periferiya bo'ylab ham joylashtirilishi mumkin.

Ezuvchi yuklamalarda n himoyalash uchun OT larni polimer naylarda (optik modullar) yoki figurali o'zakning pazlarida erkin taxlanadi. Bundan tashqari, OK konstruksiyasiga OT larni dempferlash uchun to'ldiruvchi elementlar (ip-gazlama iplari va h.k.) kiritiladi. Bukilishlarda OT ni himoyalash uchun ular MKE atrofiga o'raladi. Statik charchoq yemirilishlari, OT da mikrodarzlarning mavjudligi va turli tashqi ta'sirlar tufayli ularning rivojlanishi bilan bog'liq. Bunda namlik va yuqori yoki past temperatura alohida rol o'ynaydi. Shuning uchun bu turdagi yemirilishdan himoyalash – birinchi navbatda namlik kirishidan himoyalash va temperatura to'siqlarini yaratishdan iborat. Shu maqsadga OK va uning elementlarining polimerli qoplamalari OK ni suv o'tkazmaydigan, to'ldirgichlar – germetiklar (gidrofob to'ldirish) bilan to'ldirish xizmat qiladi.

Temperatura va namlikning ta'siri OT so'ndirishining oshishiga olib keladi. OT lar zich joylashtirilganda temperatura ta'sirlari

OT ga materiallarning chiziqli kengayish temperaturaviy koeffitsiyentlarining farqi hisobiga ko'ndalang mexanik yuklamalarni yuzaga keltiradi. Erkin joylashganda esa temperaturaviy ta'sirlar tufayli OT laming mikrobukilishi yuzaga keladi.

OT uzatish xarakteristikalarining stabiligi OK konstruksiyasini optimallashtirish, OK materiallari, elementlari, o'lchamlarini hamda OT lar va OK ning elementlari orasidagi zazorlarni (tirqishlarni) optimal tanlash bilan ta'minlanadi.

OK ning axborotli xarakteristikasini belgilaydigan asosiy element optik tola (OT) dir.

Optik tolalarning barcha parametrlari majmuyini quyidagi guruhlariga bo'lish qabul qilingan:

1. Konstruktiv parametrlar, ular jumlasiga: 1.1 geometrik va 1.2 optik parametrlar kiradi.

1.1. Geometrik parametrlar o'z navbatida quyidagi parametrlarga bo'linadi:

1.1.1. Geometrik «ko'ndalang» parametrlar – OT ko'ndalang kesimi o'lchamlarini va shaklini tavsiflaydigan parametrlar. O'lchanadigan parametrlar nokoaksiallik, o'zak va qobiqning o'rtacha diametrlari.

1.1.2. Geometrik «bo'ylama» parametrlar – turli uzunliklarni va masofalarni o'lchash (qurilish uzunligi, buzilishi va ulanish joylarigacha bo'lgan masofalar va h.k.).

1.2. Optik parametrlar o'z ichiga quyidagilarni oladi:

1.2.1. O'zakning sindirish ko'rsatkichi (SK) n_o .

1.2.2. Qobiqning sindirish ko'rsatkichi n .

1.2.3. O'zak va qobiqning SK larining maksimal va nisbiy ayirmalari:

$$\Delta n = n_o - n_1; \quad \Delta = \frac{n_o^2 - n_1^2}{2n_o^2} = \frac{n_o - n_1}{n_o}$$

1.2.4. Sindirish ko'rsatkichining profili (SKP):

$$\delta n(r) = n(r)/n(r)_{\max}$$

Gradiyentli tolalar uchun

$$n(r) = n_o \cdot \left[1 - 2\Delta \left(\frac{r}{a} \right)^q \right]^{1/2}$$

munosabat bilan berilgan sindirish ko'rsatkichi profili haqida gapiriladi.

Daraja ko'rsatkichi q profil turini aniqlaydi (odatda $q = 2$).

1.2.5. Apertura burchagi (apertura – Q_A) – bu OT ning optik o'qi va OT toresiga tushayotgan yorug'lik konusining yasovchisi orasidagi to'la ichki qaytish sharti bajariladigan holdagi burchak.

1.2.6. Raqamli apertura NA :

$$NA = n_0 \sin \Theta_A = n_0 \sqrt{n_o^2 - n_i^2}, \text{ havo uchun } n_0 = 1.$$

Bu parametrlar guruhida, odatda, SKP va NA o'lchanadi.

2. Nurlanishning tarqalish parametrlari.

2.1. So'nish parametri.

2.1.1. So'nish ko'rsatkichi yoki to'la so'nish – OTda nurlanishning to'la susayishini aniqlaydi.

2.1.2. Yutish ko'rsatkichi material o'zaginging xususiy yutishi tufayli nurlanishning susayishini tavsiflaydi.

2.1.3. Sochilish ko'rsatkichi – OT ning bir necha sochilish mexanizmlari bilan bog'liq susaytirishini aniqlaydi.

2.1.4. So'ndirish koeffitsiyenti – OT ning uzunlik birligiga keltirilgan to'la so'ndirishni aniqlaydi.

2.1.5. Nurlanish susayishi optik tashkil etuvchilari.

An'anaviy o'lchanadigan parametrlar to'la so'ndirish va so'ndirish koeffitsiyentlaridan iborat.

2.2. Keng polosalilik parametrlari.

2.2.1. Modali dispersiya – τ_{mod} .

2.2.2. Moddiy dispersiya – τ_{mat} (SK ning chastotaga bog'liqligiga).

2.2.3. Volnovodli dispersiya – τ_{vv} (modaning tarqalish koeffitsiyentining to'lqin uzunligiga bog'liqligi bilan aniqlanadi).

2.2.4. Xromatik dispersiya – τ_{xr} (sekinlatishning to'lqin uzunligiga bog'liq guruhli vaqti bilan aniqlanadi):

$$\tau_{\text{xr}} = \tau_{\text{mat}} + \tau_{\text{vv}}.$$

2.2.5. OT ning to'la dispersiyasi: $\tau = \sqrt{\tau_{\text{mod}}^2 + \tau_{\text{xr}}^2}$.

2.2.6. OT ning o'tkazish polosasi: $\Delta F = 0,25/\tau$.

Yo to'la dispersiyani, yoki o'tkazish polosasini o'lchanadi.

Optik kabelning muhim mexanik parametrlaridan biri yo'1 qo'yiladigan cho'zuvchi kuchlanishdan iborat. U kabelni kanalizatsiyaga tortilganda uning qurilish uzunligini va mazkur kabel yotqizilishi mumkin bo'lgan grunt kategoriyasini bolgilaydi. Uning qiymatini oshirish uchun kabel konstruksiyasiga metall yoki shisha ipdan maxsus kuch elementlari kiritiladi.

Kanalizatsiyaga yotqiziladigan kabellar uchun ruxsat etiladigan cho'zuvchi kuchlanish 1000 dan 3000 N gacha, gruntga yotqiziladigan kabellar uchun 20000 dan 80000 N gacha tashkil etadi.

Navbatdagi parametr — optik kabelning ishchi temperaturalar diapazonidir. Kabel temperaturasining nominal temperaturadan o'zgarishi natijasida unda qobiq va o'zakning va, shuningdek, OT hamda optik kabelning himoyaviy qobig'i va barcha konstruksiyalarining kengayish temperaturaviy koeffitsiyentlarining turlichaligi sababli elastik zo'riqishlar yuzaga kelishi ro'y beradi. Natijada sochilishga doir yo'qotishlarning o'sishi tufayli so'nish sezilarli ortadi.

Optik kabellarning temperaturaaviy diapazoni -40 dan $+50^{\circ}\text{C}$ gacha chegaralarda yotadi.

Vazifasi, yotqizish sharoitlari va tashkil etuvchi elementlarining konstruksiyasiga bog'liq ravishda TOK (optik tolali kabellar)ning katta sondagi tiplari mavjud.

Aloqa vazifasiga ko'ra OK lar shahar, zonaviy va magistral kabellarga bo'linadi.

Yotqizilish sharoitlariga ko'ra barcha kabellarni uch kategoriyaga ajratish mumkin:

- 1 — ichki yotqizish (indoor);
- 2 — tashqi yotqizish (outdoor);
- 3 — maxsus.

Ichki yotqiziladigan kabellar

Ichki yoki obyekt ichida yotqiziladigan kabellar telefon stansiyalari, ofislar, binolar va xonalar ichida foydalaniladi. Yotqizish sharti bo'yicha bu kabellarni o'z navbatida quyidagilarga ajratish mumkin:

- vertikal yotqiziladigan kabellar (rises cable);
- gorizontal yotqizish kabellari (distribution cable);
- kommutatsiya shnurlari (patch cord).

Tashqi yotqizish kabellari

Tashqi yotqizish kabellari istalgan (qishloq, shahar, zonaviy va magistral) aloqa liniyalarida qo'llanilishi mumkin.

Yotqizilish sharoitlariga ko'ra bu kabellarni, o'z navbatida, yana quyidagilarga bo'lish mumkin:

- havo (aerial);
- erosti (buried);
- suv osti (undersea, underwater).

Havoda tortiladigan kabellar

Havoda tortiladigan kabellar turli tipdagi tayanchlarga osib qo'yiladi va, o'z navbatida, quyidagi kabellarga bo'linadi:

– o'z o'zini ko'taruvchi (self-supporting, masalan, ADSS – All-Dielectric self-supporting – to'la dielektrik o'z-o'zini ko'taruvchi) ko'taruvchi trosli yoki usiz, turli tipdagi tayanchlarga, jumladan, EUL va temiryo'llarning kontaktli tarmog'iga osib qo'yiladigan;

– mahkamlanadigan (lashed, masalan, ADL tipidagi – to'la dielektrik mahkamlanadigan), ular ko'taruvchi simga dielektrik shnurlar yoki lentalar yordamida, yoki maxsus qisqichlar, yoki metall simning spiralsimon bo'laklari yordamida mahkamlanadi;

– o'raladigan (wrapped, masalan, Shywrapp tipidagi) – ko'taruvchi, masalan, fazaviy sim yoki yerga ulash simi (yashin trosi) atrofida o'raladi;

– yashin trosi ichiga o'rnatiladigan (OPGW – Optical bround Wire – YaTOK – yashin trosidagi optik kabel).

Yer ostida yotqiziladigan kabellar, o'z navbatida kabel kanalizatsiyasiga, yoki tunnellariga yotqiziladigan kabellarga, yoki gruntga qo'shiladigan kabellarga bo'linadi:

– maxsus quvurlarda avtomatik yotqiziladigan (AYo) kabellar (masalan, Silicore tipidagi).

Suv osti kabellari

Bu kabellar o'z navbatida quyidagilarga bo'linadi:

– kema yurmaydigan daryolar, sayoz ko'llar va botqoqliklar tubida yotqiziladigan kabellar (unga uzunmas suv to'siqlarini yotishda foydalaniladi);

– okeanlar va dengizlar tubida yotqiziladigan kabellar (bu faqat tubga yotqizishnigina emas, balki ma'lum chuqurlikda mahkamlash yoki ma'lum chuqurlikda tubining gruntiga ko'mishni ham anglatadi).

Maxsus kabellar

Maxsus kabellar jumlasiga quyidagilar kiritiladi:

– yupqa maxsus qobiqli bir tolali to'la dielektrik (TD) – turli maxsus qurilmalar va asboblari (priborlar)ning ichki kommutatsiya tarmog'ida foydalanish uchun;

– ko'p tolali yassi TD kabellar – superkompyuterlarning ichki shinalari va kompyuter tarmoqlari uchun foydalaniladi;

– ko'p tolali hajmiy (matritsali) TD kabellar – obyektlarning yassi grafik tasvirlarini bevosita (skanerlamadan) uzatish uchun foydalaniladi (masalan, videotasvirlarni uzatish uchun – minglab va o'ng minglab tolalarga ega bo'ladi).

OT konstruksiyasiga bog'liq ravishda monotolali va jgutli OK larni farq qilinadi. Aloqa texnikasi sohasida faqat monotolalar qo'llaniladi.

OT ni tayyorlash uchun foydalaniladigan materialga bog'liq ravishda kvars-kvars tipidagi (o'zagi va qobig'i kvarfdan) va kvars-polimer tipidagi (OT ning o'zagi kvarsdan, qobig'i – polimerli) OK larni farq qilinadi.

Aloqa liniyasi OK lari uchun faqat kvars-kvars tipidagi OT lardan foydalaniladi.

Boshlang'ich himoyaviy-mustahkamlovchi qoplama (BHMQ)ga bog'liq ravishda OT lari polietilen, poliamid, silikon, epitalaksial va eloksiakrilat qoplamali OK larga ajratiladi.

OT ning ikkilamchi qoplamasi konstruksiyasiga bog'liq ravishda

OT si yaxlit qoplamali va naysimon qoplamali OK larni farq qilinadi. Yaxlit qoplamalarni, o'z navbatida bir qatlamli va ko'p qatlamli qoplamalarga ajratiladi.

OT ning xarakteristikalariga bog'liq ravishda OK larni bir modali yoki ko'p modalilarga va, shuningdek, sindirish ko'rsatkichi profili (SKP)ga bog'liq ravishda pog'onaviy (bosqichli), gradiyentli OK larga va murakkab SKP li OK larga ajratiladi.

OT mo'ljallangan to'liqning uzunligiga bog'liq ravishda 0,85 mkm, 1,3 mkm va 1,55 mkm to'liq uzunligiga mo'ljallangan OK lar farq qilinadi.

O'zakning konstruksiyasiga bog'liq ravishda OK larni modulli konstruksiyali kabellarga figurali o'zakli kabellarga va lentali OK larga, OT lari qatlamli joylashtirilgan va yo to'g'ri to'rtburchakli, yoki kvadrat matritsa hosil qiladigan kabellarga ajratiladi.

Modulli konstruksiyali kabellar eshingan o'ramali ham, dastlab buralgan ham bo'lishi mumkin.

Bundan tashqari, OT larning o'ralishiga bog'liq ravishda OT lari o'ralgan OK larni va OT lari parallel yotqizilgan OK larni farq qilinadi. Odatda, bitta polimer nayda to'rttadan ortiq bo'lmagan OT yotqiziladi.

Shuningdek, OK larni kuch elementlarining materiali va o'rnatilish joyiga bog'liq ravishda ham farq qilinadi. Sintetik va metall kuch elementli OK larni, shuningdek, kuch elementi markazda yoki periferiyada joylashgan OK larni farq qilinadi.

Bronli qoplamalarga bog'liq ravishda OK larni:

- po'lat simlardan qilingan bronli;
- po'lat lentadan qilingan bronli;
- po'lat to'qimadan qilingan bronli;
- shisha toladan qilingan bronli OK larga ajratiladi.

OK larni distansiyali ta'minot (DT) simli va ularsiz OK larni farq qilinadi. Shuningdek, metall elementli va ularsiz OK larni farq qilinadi.

OTK ni tanlashda yoki uni boshqa OTK lar bilan qiyoslashda iste'molchilar, odatda, maxsus jadvallardan foydalanadilar yoki markalanishi (tamg'alanishi)ga murojaat etadilar. Afsuski, har bir

OTK ishlab chiqaruvchisi o'z markalash tizimiga ega. Odatda, ikki tipdagi markalashdan foydalaniladi:

- harfiy raqamli kodli;
- bevosita, bunda kabel markasidan so'ng asosiy paramterlarining qiymatlari ketma-ket ko'rsatiladi.

3. OTUT larini o'lchash metodlari va vositalari

3.1. O'lchashlarning vazifasi va turlari

OTUT ni qurish va ishlatish (ekspluatatsiya) jarayonida kabellar, liniya qurilmalari holatini, liniya apparaturasining ishlash sifatini aniqlash, shuningdek, aloqaning ishonchligini oshirish choralarini ishlab chiqish maqsadida statistik ma'lumotlarni to'plash uchun o'lchashlar majmuasi (kompleksi) o'tkaziladi.

OK lar va OTUT apparaturasini ishlab chiqarish jarayonida o'lchanadigan parametrlar va xarakteristikalar pasport ma'lumotlari ko'rinishida hujjatlashtirilishi lozim bo'lib, ular amaldagi DSt va TSh lar me'yorlariga mos bo'lishi kerak. Ko'rsatilgan moslikni tekshirish kirish nazoratida amalga oshiriladi.

OTUT ni qurish jarayonida qurilish va aloqa sifatini nazorat qilish maqsadida quyidagi parametrlar o'lchanadi: OT ning qurilish uzunliklarida va montaj qilingan regeneratsiyalash uchastkalarida so'nishi; OT laming ulanishlari kiritadigan so'nishlar; uzatuvchi chiqish a qabul qiluvchi kirish optoelektron modullaridagi optik nurlanish quvvatining darajalari; xatoliklar koeffitsiyenti. Zarurat bo'lganda buzilish (shikastlanish) joylari aniqlanadi.

OK da metall o'tkazgichlar mavjud bo'lganda kabelga oid TSh larga muvofiq ravishda elektr zanjirlarining parametrlarini o'lchash va sinash o'tkaziladi, jumladan metall elementlar va tashqi qobiq izolyasiyasining elektr qarshiligi yuqori kuchlanishli o'zgarmas yoki o'zgaruvchan tokda o'lchanadi (metall elementlar orasidagi metall qobiq va bron orasidagi, bron va suv orasidagi izolatsiyalar va h.k.). O'lchash apparaturasini ko'pincha maxsus moslashtirilgan avtomashinalarda joylashtiriladi, bu esa qurilish va montaj qilish jarayonini tezlashtirish imkonini beradi.

Ishlatish jarayonida o'lchashlar liniya qurilmalarining va ogohlantiruv va buzilishlarning oldini olish apparaturasining texnik holatini aniqlash uchun bajariladi. Ularni profilaktik, nazorat va avariyaaviy o'lchashlarga ajratiladi.

Profilaktik o'lchashlar tasdiqlangan reja bo'yicha o'tkaziladi. O'lchashlar tarkibi, hajmi va davriyligi mahalliy sharoitlar, kabelning holati va h.k. larga bog'liq holda belgilanadi.

Nazorat va sinov o'lchashlari ta'mirlashdan keyin ta'minlash-tiklash ishlari sifatini aniqlash maqsadida bajariladi.

Avariyaaviy o'lchashlar kabelning buzilgan joyi va parametrini aniqlash maqsadida o'tkaziladi.

Yuqori tezlikli kogerent OTUT larning joriy etilishi bilan hozirgi vaqtda nazorat qilinmaydigan parametrlarni o'lchash ehtiyoji tug'iladi.

Tezkor modulatsiyali OTUT ning xarakteristikalarini va ishonchiligi lazerli diodlarning spektral xarakteristikalariga kuchli bog'liq bo'lganligi uchun optik nurlanish manbalarining sifatini nazorat qilish zarurati tug'iladi. Bunda spektr enini, modalar sonini, to'lqin uzunligini, spektral chiziq kengligini (taqsimlangan teskari aloqali lazerlar uchun va tashqi rezonatorli lazerlar uchun), nurlanayotgan quvvatning maksimumiga mos to'lqin uzunligini, simmetriyani, yonaki modalarni so'ndirish koeffitsiyentini, to'lqin uzunligining turg'unligini, ya'ni «chirp-effekt» o'lchanadi. Bundan tashqari, tor polosali filtrlar uchun tashqi rezonatorlar effektlarini baholash va generatsiyaning modadan modaga sakrashi yoki modalarning bo'linishi ro'y berayotgani-bermayotganini tekshirish lozim. Modulatsiyalangan signalning impuls xarakteristikalarini; impulsning ortish va pasayish vaqtini, kuchsizlanish koeffitsiyentini, impulsning davomiyligi va silliqiligin o'lchanadi. Fotoqabul qilgichning sifatini baholashda ishchi chastotalar polosalarini, sezgirligini, shovqin darajasi va sur'at tokini o'lchanadi.

Kogerent OTUT lar uchun OT ning so'nishi va dispersiyasi bilan bir qatorda tolaning polarizatsion (qutbiy) xarakteristikasi ham muhim rol o'ynaydi. Bir modali bir polarizatsion svetodiodlardan foydalanilganda ularni o'lchash zarurati tug'iladi. OTUT ning passiv komponentlari (tarmoqlagichlar, attenuatorlar, filtrlar, raz-

yomlar) uchun spektral xarakteristikalarini va qaytish soʻndirishini nazorat qilishga toʻgʻri keladi. Keyingisi katta ahamiyatga ega, chunki ROS lazerlar va Fobri-Pero lazerlari bu parametrga katta sezgirlikka ega.

OK larni va OTUT liniya traktlarini qurish va ishlatish bosqichlarida oʻtkaziladigan oʻlchash va sinash natijalarini DSt va TSh larda koʻrsatilgan parametrlar va xarakteristikalarining meʼyorlariga mosligini tekshiriladi.

Optik kabellarning eng muhim parametrlari soʻnish boʻlib, uni oʻlchash OTUT ni yaratish va ishlatishning barcha bosqichlarida amalga oshiriladi.

3.2. Soʻnishni oʻlchash metodlari va vositalari

TOAL ni ishlatish jarayonida OK ning toʻla soʻndirishi katta ahamiyatga ega boʻlib, ushbu sabablar bilan belgilanadi:

- OT ning yutishi va sochishi bilan bogʻliq soʻnishi;
- ishlatish jarayonida yuzaga keladigan qoʻshimcha soʻnish (yuzaga keladigan mikrodarzlar, mikrobukilishlar va h.k. sababli);
- nurlanishni svetovodga kiritishda va birjinslilikmasliklar sababli yuzaga keladigan kirish oxiridan qaytish soʻnishi.

Umumiy koʻrinishda TOAL ning 1 va 2 nuqtalari orasida signalning soʻnishi

$$A = A_1 - A_2$$

munosabat bilan aniqlanadi, bu yerda A_1 va A_2 – mos ravishda 1 va 2 nuqtalarda signalning quvvat boʻyicha absolut darajalari.

$$A_1 = 10 \lg P_1 / P_0$$

bu yerda P_1 – signalning 1 nuqtadagi quvvati, V_t ; P_0 – normal generatorning quvvati, $1 \cdot 10^{-3} \text{ W}$.

Demak, soʻnishni aniqlashda optik signalning OT kirishi va chiqishidagi quvvatini oʻlchash masalasi yuzaga keladi. Bunda OT ga kiritilgan optik quvvat darajasining aniqligi eng koʻp qiyinchilik tugʻdiradi. U svetovod kirish toresining tayyorlanish sifatiga, nurlatgich uygʻotuvchi dastasini yustirlash aniqligiga, svetovod

o'zagi hamda o'zak va nurlatgich orasidagi fazoni to'ldiruvchi muhitning sindirish ko'rsatkichi orasidagi munosabatga, nurlatgich chiqish kuchlanishi stabiligiga bog'liq va h.k. Shuning uchun OT kirishida optik nurlanish quvvatini o'lchash murakkabdir.

Shu bilan bir qatorda ko'p modali OT lardagi so'nishlarni bir qiymatli aniqlash uchun kirishda shunday nurlanish tarqalishi rejimini ta'minlash kerakki, bunda uning modalari orasida o'zgarmas taqsimot — modalarning muvozanatli taqsimoti (MMT) saqlansin. Bu, ayniqsa, OT dagi so'nish koeffitsiyentini o'lchashda muhimdir. Nurlanishni tolaga kiritilganda o'zakda yo'naltiriladigan modalar bilan bir qatorda nurlantiriladigan va qobilqi modalar ham uyg'otadi, bu esa nurlanish quvvatining modalar orasida qayta taqsimlanishiga olib keladi. Nurlanadigan va qobiqli modalar OT ning bir jinsli mos joylarida, mikrobukilishlarida ham yuzaga kelishi mumkin. Shunday qilib OT kirishida MMT rejimini ta'minlash uchun nurlanadigan va qobiqli modalarni susaytirish kerak. Bu vazifani modalarni aralashtirgichlar bajaradi, ularni ba'zan skremblyorlar deb ataladi. Bu qurilma bir jinsli emasliklari tekis taqsimlangan OT tolasini ko'rinishida bo'lib, ularda nurlanadigan va qobiqli modalarning so'nishi o'sadi, shuningdek, nurlanishlarning ayrim modalari orasida energiyaning biridan ikkinchisiga o'tishiga olib keladigan aloqalar yuzaga keladi. Ravshanki, skremblyor yetarlicha katta so'nish kiritadi, biroq uning qiymati o'lchash natijasiga kirmaydi. Mikrobukilgan tolali modalar aralashtirgichlari eng ko'p tarqalgan. Konstruksiyasi jihatidan ular $(10-20)R$ radiusli bitta yoki bir nechta silindrlarga o'ralgan 5-10 ta OT o'ramidan iborat, bu yerda R — bukilishning OT parchalanadigan kritik radiusi.

Qobiqli modalarni bartaraf etish uchun moda filtridan foydalaniladi. U halqa shaklida bukilgan va immermsion yoki absolyut yutilgan suyuqlikli idishga botirilgan tola kesmasidan iborat. Immersion suyuqlikning sindirish ko'rsatkichi qobiqning sindirish ko'rsatkichiga yaqin, buning natijasida qobiqli modalari immersion suyuqlikka nurlanadi va u yerda so'nadi.

Soʻnishni oʻlchashning quvvatning OT ga kiritilishining aniqlanish bilan bogʻliq boʻlgan sistematik xatolikni yoʻqotishga bir qator maʼlum metodlar imkon beradi. MSET-T G651 va tavsiyalari G 652 hamda GOST 26814-86 ga muvofiq amaliyotda soʻnishni oʻlchashning uchta metodi qoʻllanilmoqda:

- uzish metodi γ – etalon metod;
- kiritiladigan soʻnish metodi – 1-alternativ (muqobil) metod;
- teskari sochilish metodi – 2-alternativ metod.

Bu metodlarning har biriga batafsilroq toʻxtalamiz.

Uzish (kesish) metodi – toʻlaning ikki nuqtasida (OT ning boshi va oxirida P_1 va P_2 quvvatlar nurlanishning kiritilish sharoitlarini oʻzgartirmasdan oʻlchanadi.

Oʻlchashning umumlashtirilgan strukturaviy sxemasi 3.1-rasmda koʻrsatilgan. Unda quyidagilar belgilangan:

1 – yarimoʻtkazgichli lazer (YaL) yoki yorugʻlik nurlatuvchi diod (YOND) qoʻllanishi mumkin. Unga qoʻyiladigan asosiy talablar butun vaqt davomida xarakteristikalarining stabilligidir.

2 – modalar aralashtirgichi – oʻlchanayotgan toʻlaning uygʻo-nishida modalarning muvozanatli taqsimotini (MMT) taʼminlaydi. U yoʻq boʻlganida oʻlchash xatoligi 1 dB/km gacha etishi mumkin;

3 – qurilma-optik nurlanish manbasi;

4 – oʻlchanadigan OT;

5 – modalar filtri – qobiqli modalarni kiritish uchun moʻljallangan. U yoʻq boʻlganida oʻlchash natijasiga OT qobigʻi boʻyicha tarqalayotgan modalar taʼsir qiladi, chunki nurlanishni qabul qilgich fotodiodning yorugʻlik sezgir maydonchasining diametri OT diametridan ancha katta boʻladi;

6 – adapter (optik ulagich) OT ning oxirini nurlanish qabul qilgichga ulash uchun moʻljallangan;

7 – yorugʻlik qabul qilgich (optik vattmetr).

Oʻlchanayotgan OT ni nurlatgich blokiga ulash yoʻ texnologik kabelga payvandlash bilan, yoki kordinatli-yustirlash qurilmasi yordamida amalga oshiriladi.

Soʻnishni oʻlchashni quyidagi tartibda amalga oshiriladi. Nurlanish manbasi texnologik kabelining chiqishiga oʻlchanayotgan

OT ning kirishi ulanadi. Quvvat darajasi P_2 ni o'lchash sinalayotgan OT ning chiqishiga adapter yordamida ulangan quvvat o'lchagich yordamida amalga oshiriladi. Nurlanishni kiritish sharoitlarini o'zgarishsiz qoldirib, OT ning chiqish toresini, tolaning 1–3 sm kesmasini sindirib, tayyorlanadi. Yana OT ning chiqishida quvvat darajasi P_2 ni o'lchanadi. P_2 quvvatni o'lchash kamida uch marta bajariladi. Agar istalgan ikkita o'lchash orasidagi ayirmaning absolyut qiymati 0,1 dB dan ortiq bo'lsa, natijalardan birini chiqarib tashlanadi va o'lchashlar soni oshiriladi. Bunday protsedura tola toresiga yomon ishlov berish va uni adapterga sifatsiz o'rnatish bilan yuzaga kelgan tasodifiy xatolikni kamaytirishga qaratilgan. Nurlanishni kiritish sharoitlarini o'zgartirmasdan, optik tolni texnologik kabel bilan payvandlangan joyidan ≈ 1 m masofada sindiriladi, OT qisqa kesmasining chiqish uchi tayyorlanadi va uning chiqishidagi quvvat darajasi A_1 o'lchanadi.

Signalni kiritish sharoitlarini (o'lchashlar boshlanishidan boshlab) o'zgartirmasdan, OT dan 1–3 sm uzunlikdagi kesmani sindirib, A_1 quvvatni ham kamida uch marta o'lchanadi.

So'nish A ni va so'nish koeffitsiyenti α ni ushbu formula bo'yicha hisoblanadi:

$$A_{o'r} = (A_1)_{o'r} - (A_2)_{o'r} \quad (3.1)$$

Bu yerda

$$(A_1)_{o'r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_1)_i, \quad (A_2)_{o'r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_2)_i, \quad (3.2)$$

$$\alpha = \frac{A_{o'r}}{L}, \quad (\text{dB/km}) \quad (3.3)$$

bu yerda $(A_1)_i$ – OT ning qisqa (≈ 1 m) uchastkasi chiqishida i -o'lchashdagi quvvat darajasi, dB; $(A_2)_i$ – sinalayotgan L uzunlikdagi OT chiqishda i -o'lchamdagi quvvat darajasi, dB; $A_{o'r}$ – so'nishning n o'lchashdagi o'rtacha qiymati, dB, $n_{\min} = 3$; α – so'nish koeffitsiyenti, dB/km; L – sinalayotgan OT uzunligi, km.

Mazkur metod OT ga kiritiladigan nurlanishning quvvati o'zgarmas bo'lishini va moda tarkibi stabil bo'lishini nazarda tutadi. Shu sababli nurlanishni kiritish sharoitlari o'zgarmasligiga rioya



3.1-rasm. Umumlashgan strukturaviy sxema.

qilish, tolaning yustirlash qurilmasidagi vaziyatini o'zgartirishsiz saqlash, signal manbasi nurlanishini stabilashtirish bo'yicha choralar ko'rish zarur.

Sanab o'tilgan metodlar orasida etalonmetodi eng aniq metodlar jumlasiga kiradi. So'nishni o'lchashning absolyut xatoligi 3.1-rasmdagi strukturaviy sxemasi komponentlarining tegishli metrologik xarakteristikalarida (0,02–0,03) dBm ni tashkil etishi mumkin. Metodning kamchiliklari jumlasiga uning buzuvchi xarakterini (har bir o'lchashda 1 dan 5 m gacha optik tola yo'qotiladi) va faqat oxiri tugun qilinmagan tola uchun qo'llanilishini kiritish lozim. Shu sababli u OK ni laboratoriya sinovlarida, optik ulagichlar bilan mahkamlanmagan optik kabellarning so'nishini o'lchashda qo'llaniladi.

Kiritiladigan so'nish metodi sinalayotgan tola chiqishidagi va optik ulagich bilan armaturalangan yordamchi OT chiqishidagi quvvatni ketma-ket o'lchashga asoslangan. Bu metod optik tolalari optik ulagichlar bilan armaturalangan OTAL ning so'nishni o'lchash uchun mo'ljallangan. Metod optik nurlanish quvvatini dastlab nurlanish qabul qilgichni bevosita manbaga ulash, keyin esa oxirlari optik ulagichlar bilan armaturalangan sinaladigan OT orqali ulashga asoslangan. Kiritiladigan so'nishni o'lchashning strukturaviy sxemasi 3.2-rasmda berilgan.

Birinchi o'lchash 3.2-a rasm sxemasi bo'yicha o'tkaziladi. Bunda optik nurlanishning «ekvivalent manba» chiqishidagi quvvat darajasi A_{kir} o'lchanadi. U o'ziga uchlari amaturalangan yordamchi qisqa OT bo'lagi ulangan nurlanish manbasidan iborat. So'ngra tadqiq qilinayotgan OT chiqishidagi quvvat darajasi A_{chiq} 3.2-b rasm bo'yicha o'lchanadi. Bu holda nurlanish o'lchanayotgan OT ga, «ekvivalent nurlanish manbasi» chiqishidan yordamchi va o'lchanayotgan OT larning armaturalangan oxirlarini o'tish rozetkasi orqali ular yo'li bilan kiritiladi. A_{kir} va A_{chiq} quvvatlar

darajalari kamida uch marta o'lchanadi. Kiritiladigan so'nish so'nish darajalarining ayirmasi kabi aniqlanadi:

$$a_{kir} = (A_{kir})_{o'r} - (A_{chiq})_{o'r}, \quad (3.4)$$

bu yerda

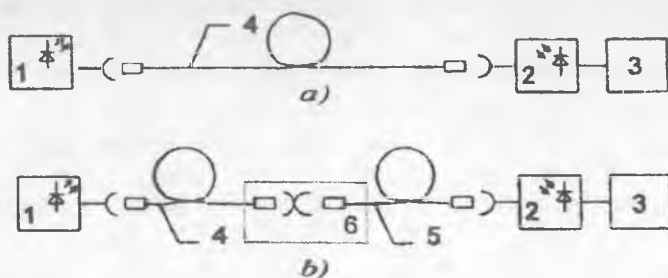
$$(A_{kir})_{o'r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_{kir})_i,$$

$$(A_{chiq})_{o'r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_{chiq})_i, \quad n \geq 3,$$

$(A_{chiq})_i$ va $(A_{kir})_i$ — optik nurlanishning «*i*-o'lchash»dagi quvvat darajasi.

Ishlatish sharoitlarida OT ning kirish va chiqishi ancha katta masofalarda joylashgan bo'lib, kiritiladigan so'nishni o'lchashda ikkita optik quvvat o'lchagichdan foydalanishga to'g'ri keladi va ularning ko'rsatishlarini bitta optik nurlanish manbasi bo'yicha solishtirish zarurati yuzaga keladi. Mazkur metodda o'lchash xatoliklarining asosiy manbalari quyidagilardan iborat.

- nurlatgich chiqishidagi quvvat darajasining stabiligi;
- optik ulagichlar xarakteristikalarining stabiligi va takrorlanishligi;



3.2-rasm. Optik nurlanish quvvati darajasini «ekvivalent nurlanish manbasi» (a) va o'lchanayotgan OT chiqindilarida (b) o'lchash sxemalari:

1 — optik nurlanish manbasi; 2 — optik nurlanishni qabul qilgich; 3 — optik nurlanishni qabul qilgich qabul qiladigan quvvat darajasi indikator; 4 — oxirlari armaturalangan qisqa (1...3 m); 5 — oxirlari bo'yicha armaturalangan o'lchavchi OT; 6 — armaturalangan tolalarni razyomli ulash uchun o'tish rozetkasi.

- MMT rejimini, yoki bir modali tolalar uchun asosiy modani kiritish sharoitlarining aniqligi;
- ikkita quvvat o'Ichagich ko'rsatishlarini solishtirish xatoligi;
- quvvat o'Ichagichlarning nochiziqiligi;
- chegaralarni almashtirishdan yuzaga keladigan xatoliklar;
- OT so'ndirishining to'liq uzunligiga bog'liqligi.

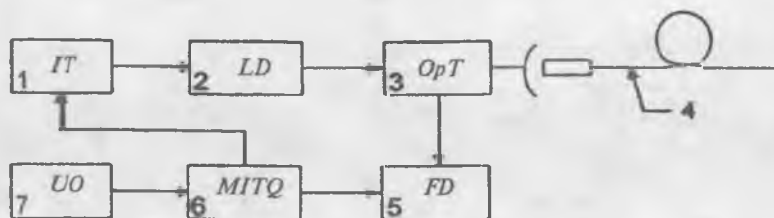
Mazkur metodning xatoligi, odatda, uzish metodiga nisbatan kattaroq, biroq so'nishni amaliy o'lchashlarda to'la qanoatlanadidir.

Teskari sochilish metodi

Bu metod asosida teskari reley sochilishi hodisasi yotadi. Bu metodni amalga oshirishda o'lchanayotgan tolani OT ga optik yo'naltirilgan tarmoqlagich orqali kiritiladigan optik impulslar orqali zondlanadi. O'zakning sindirish ko'rsatkichining tola bo'ylab fluktuatsiyalanishi, tolaning butun uzunligi bo'ylab tarqalgan, sochilgan va lokal bir jinsli mosliklardan qaytish tufayli teskari sochilish oqimi yuzaga keladi. Bu oqimning quvvatini toлага optik zondlovchi impulslarning kiritilish nuqtasida zondlovchi impulsning yuborilish vaqtiga nisbatan sekinlatish vaqtiga bog'liq ravishda o'lchanadi. Kelajakda teskari sochilgan oqimning tola bo'ylab quvvati taqsimotini – tolaning teskari sochilish xarakteristikasini hosil qilinadi. Teskari sochilish xarakteristikasining ayrim amalga oshirilishlarini qayd qilinadi, ularni zondlovchi impulslarning biror soni bo'yicha o'rtacha qiymatini topiladi va uni keyingi tahlil uchun akslantirish qurilmasiga chiqariladi.

Mazkur metodni amalga oshirish uchun maxsus asboblari – vaqt sohasida optik reflektometrlar yaratilgan – Optical Time Domain Reflectometer (OTDR). Ular universalligi sababli keng tarqaldi, chunki OT va OK larning bir qator juda ham muhim parametrlarini, chunonchi kabelning regulyarlik darajasini, bir jinslimaslik va buzilish joylarini, ulanish joylaridagi yo'qotishlarni, so'nishlarni va ulanish joylarigacha masofalarni, OT ning uzunliklarini bir vaqtda aniqlanishini ta'minlaydi. OTDR ning strukturaviy sxemasi 3.3-rasmda keltirilgan. Undagi belgilashlar:

- 1 – zondlovchi impulslar generatori (IG);
- 2 – optik nurlanish manbasi (lazerli diod LD);



3.3-rasm. Vaqt sohasida ishlaydigan optik reflektometning strukturaviy sxemasi.

- 3 – optik tarmoqlagich (OpT);
- 4 – tadqiq qilinuvchi tola (OT);
- 5 – fotoqabul qiluvchi qurilma (FQ);
- 6 – matematik ishlab chiqishni boshqarish qurilmasi (MIBQ).

OTUL parametrlarini reflektometrlar yordamida aniqlash tartibini va ularning asosiy xarakteristikalarini ko‘rib chiqamiz.

Mazkur sinf asboblarda teskari sochilish xarakteristikasi (reflektogramma) axborotli bo‘lib, teskari sochilish oqimi nurlanishni tolaga kiritish nuqtasidagi quvvati darajasining tahlil qilinayotgan nuqtagacha bo‘lgan masofaga bog‘liqligidan iborat va

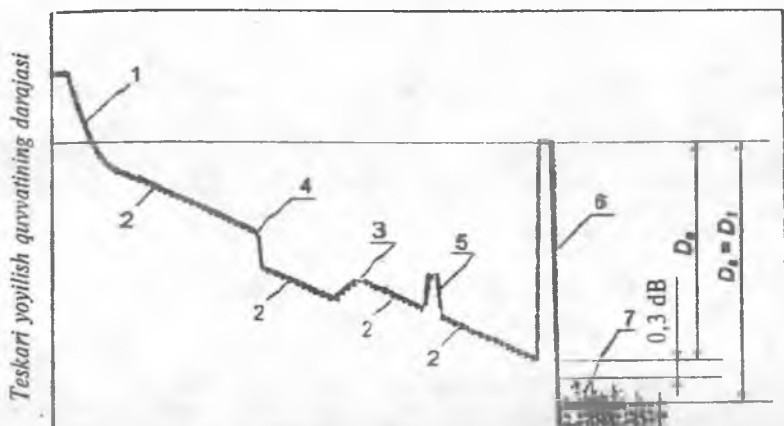
$$x = \frac{vt}{2} \quad (3.5)$$

munosabat bilan aniqlanadi, bu yerda: $v = \frac{c}{n}$ – nurlanishning OT o‘zagi bo‘ylab guruhli tarqalish tezligi; c – yorug‘likning vakuumdagi tezligi; n – OT o‘zagingin sindirish ko‘rsatkichi.

Reflektorning tipik sxemasi 3.4-rasmda keltirilgan. Uni identifikatsiyalash quyidagilarni nazarda tutadi:

- teskari oqim darajasining o‘zgarishlari yutilishiga va Reley sochilishiga doir yo‘qotishlar bilan bog‘liq bo‘lgan «kvaziregular» uchastkalarini aniqlash;

- teskari sochilish oqimining darajasi keskin o‘zgaradigan lokal birjinslilikka xos uchastkalarini ajratish. Masalan, 3.4-rasm uchun reflektogrammaning uchastklari quyidagicha identifikatsiyalanishi mumkin:



3.4-rasm. Optik liniya uchastkasining teskari sochilish xarakteristikasi.

1 — teskari oqim optik quvvati darajasini nurlanishni tolaga kiritilishida Frenel qaytarishi (akslantirishi) bilan bogʻliq boshlangʻich shiddatli uzatilishi;

2 — chiziqli funksiyalar bilan tavsiyalanadigan, «buzilmagan», «kvaziregular» uchastkalar, uning parametrlari boʻyicha tadqiq etilayotgan OT ning xarakteristikalarini haqida hukm chiqariladi;

3 — teskari oqim quvvatining payvandli ulanishlar tipidagi lokal buzilishlardagi yoʻqolishi;

4 — teskari oqim darajasining OT ning ichki birjinsli emasligi va mikrobuzilishlari yoki payvandli ulanishlar tufayli oʻzgarishi;

5 — teskari oqim darajasining lokal bir jinsli emaslik tipidagi mexanik ulanish, mikrodarz va h.k. larda oʻzgarishi va yoʻqotishlar;

6 — teskari oqimning OT oxiridan qaytish bilan bogʻliq chiqarib tashlanishi;

7 — optik reflektometr fotoqabul qilgichining shovqinlar darajasi.

Reflektogrammalarni oʻlchashlar natijalarini ishlab chiqish algoritmi quyidagilarni nazarda tutadi:

— «buzilmagan», «kvaziregular» uchastkalarni ajratish va ularni chiziqli bogʻlanishlar bilan approksimatsiyalash;

– reflektogrammalarning bir jinslilik uchastkalaridagi holatini unga yopishgan «kvaziregular» uchastkalaridagi chiziqli approksimatsiyalash natijalari asosida bashoratlash;

– OK ning izlanayotgan parametrlarini olingan nazariy bog'lanishlar asosida hisoblash;

– reflektogrammaning liniyadagi lokal bir jinslimasliklarga mos buzilgan uchastkalarini ajratish va ulargacha bo'lgan masofani aniqlash.

«Buzilmagan» uchastkalarini approksimatsiyalash

$$P(x) = y(x) = a + bx \quad (3.6)$$

munosabat asosida o'tkaziladi.

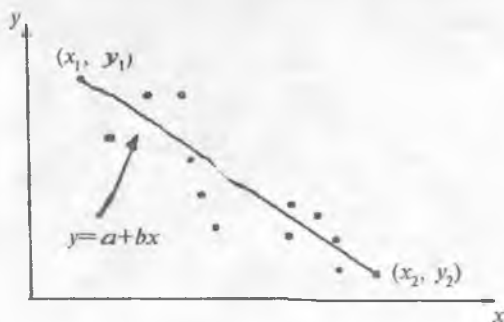
Approksimatsiyalash parametrlari yo ikki nuqta metodi (LRA) bilan, yoki eng kichik kvadratlar metodi (LSA) bilan aniqlanadi. Ikki nuqta metodi bilan approksimatsiyalash prinsipi 3.5-rasmda ko'rsatilgan.

Bunda $a = y_1$; $b = (y_2 - y_1)/(x_2 - x_1)$,

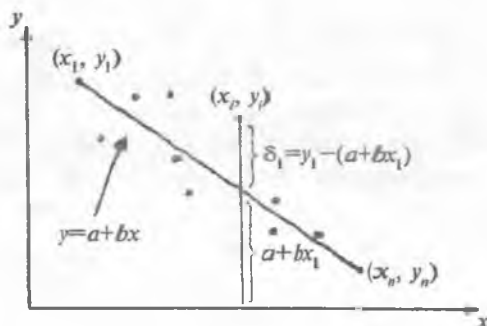
bu yerda y_1, y_2 – o'lchagich tanlangan nuqtalarda teskari sochilgan oqim darajasi (dBm); x_1, x_2 – nurlanish OT ga kiritilgan nuqtadan mos ravishda o'lchagich tanlangan 1, 2 nuqtalargacha bo'lgan masofa (km).

Approksimatsiya parametrlarini eng kichik kvadratlar metodi bilan aniqlash prinsipi 3.6-rasmda ko'rsatilgan.

3.6-rasmda ko'rsatilganidek, reflektogrammaning tanlangan (x_1, y_1) va (x_2, y_2) nuqtalari orasidagi tadqiq qilinayotgan uchastkasi $n - 1$ ta intervalga bo'linadi va reflektogramma bo'yicha (x_1, y_1) ,



3.5-rasm. Ikki nuqta metodi bilan chiziqli approksimatsiyalash.



3.6-rasm. Eng kichik kvadratlar usuli bilan chiziqni approssimatsiyalash.

$(x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ intervallarning har bir chegarasi uchun (x_i, y_i) qiymatlar aniqlanadi. Approssimatsiya parametrlari a va b ning qiymatlari nazariy va eksperimental egri chiziq Δ_i og'ishlari kvadratlar yig'indisi S ning minimumlik shartidan aniqlanadi:

$$S = \sum_{i=1}^n D_i^2 \quad (3.7)$$

yoki $S = (y_1 - a - bx_1)^2 + (y_2 - a - bx_2)^2 + \dots + (y_n - a - bx_n)^2$ dan

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a} = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial b} = 0 \end{cases}$$

Tenglamalar sistemasini yechish bilan hosil qilinadi, bu sistemani S kattalikning minimumi shartini tavsiflaydi. Bu tenglamalar sistemasining og'imi ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$\begin{aligned} a &= \frac{\bar{y} \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - \bar{x} \sum_{i=1}^n (x_i y_i)}{\sum_{i=1}^n (x_i)^2 - n(\bar{x})^2}, \\ b &= \frac{\bar{y} \sum_{i=1}^n (x_i y_i) - n \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sum_{i=1}^n (x_i)^2 - n(\bar{x})^2}, \end{aligned} \quad (3.8)$$

bu yerda

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i),$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i).$$

Odatda, optik reflektometrlarda chiziqli approksimatsiya parametrlarini aniqlash usulini reflektogrammalar nuri va tolaning o'lanayotgan xarakteristikasiga bog'liq ravishda tanlash imkoniyati mavjud.

Approksimatsiya natijasi

$$P(x) = a + bx$$

tenglamada a va b parametrlarni aniqlashdan iborat bo'ladi, bu yerda b — optik tolaning approksimatsiyalanayotgan kvaziregulyar uchastkadagi so'nish koeffitsiyenti.

Shunday qilib, liniyaning ixtiyoriy tanlangan ikkita nuqtasi 1 va 2 dagi so'nish $A_{1,2}$ bu nuqtalardagi teskari sochilgan quvvat oqimlari darajalarining ayirmasi sifatida aniqlanadi:

$$A_{1,2} = P(x_1) - P(x_2) = \alpha(x_2 - x_1) \quad (3.9)$$

bu yerda x_1 va x_2 — 1 va 2 nuqtalargacha bo'lgan masofa, km; α — so'nish koeffitsiyenti, $\alpha = -b$, dB/km.

x_1 va x_2 masofalar reflektogrammaning tegishli nuqtalarida me'yorlarni qo'yib chiqish yo'li bilan aniqlanadi. Markerlarga bo'lgan masofalar ushbu munosabatga muvofiq ravishda aniqlanadi:

$$x = \frac{ct}{2n},$$

bu yerda t — teskari sochilish oqimining tahlil qilinayotgan nuqtadan zondlovchi impulsning ketish vaqtiga nisbatan sekinlashish vaqti.

Optik kablarning uzunliklari va liniyadagi birjinslimasliklarga bo'lgan masofalar analogiya bo'yicha, reflektogrammalarda tegishli nuqtalarga markerlarni qo'yib chiqish bilan aniqlandi.

OK ning OTDR bilan o'lanadigan maksimal uzunliklari OT ning xarakteristikalarini va dinamik diapazon kattaligi bilan aniqlanadi.

Dinamik diapazon – OTDR ning asosiy xarakteristikalaridan biridir. Bu kattalikning bir necha baholarini farq qilinadi. Dinamik diapazonning teskari sochilgan quvvat oqimi bo'yicha reflektogrammalar bo'yicha aniqlanadigan tushunchalaridan keng foydalaniladi. Ular orasida eng ko'p tarqalganlari: dinamik diapazonning effektiv qiymati D_e va signal/shovqin nisbati 1 ga teng ($SNR = 1$) bo'lganidagi dinamik diapazon: – $D_s = D_1$.

Dinamik diapazonning effektiv quvvati D_e ni optik nurlanishni OT ga kiritish nuqtasidagi teskari sochilgan shovqinning maksimal darajasidan 0,3 dB ga yuqori daraja orasidagi ayirma sifatida aniqlanadi.

Dinamik diapazon D_1 (yoki D_s) – bu kiritish nuqtasidagi teskari sochilgan oqim quvvati darajasi va shovqinning o'rtacha kvadratik qiymati (u , odatda, shovqinning minimal qiymatining 0,707 qismi sifatida aniqlanadi) orasidagi ayirmasidir. D_1 va D_e kattaliklarni aniqlash prinsipi 3.4-rasmda ko'rsatilgan.

Teskari oqim quvvati darajalarini reflektogramma bo'yicha aniqlashda ordinatalar o'qi bo'yicha bo'limning ma'lum qiymati C_y [dB/bo'l.] dan foydalaniladi. Reflektogrammaning izlanayotgan nuqtasidagi quvvat darajasi

$$a = YC_y, \text{ dB}$$

munosabat bilan aniqlanadi, bu yerda Y – izlanayotgan nuqta ordinatasiga mos geometrik o'lcham, [bo'l] hisobi; C_y – ordinatalar o'qi bo'yicha bo'lim qiymati.

OTDR ning maksimal amal qilish uzoqligi (OK ning o'lchamayotgan uzunligi) ushbu munosabatdan aniqlanishi mumkin:

$$L_{\max} = \frac{D_p - \sum_{i=1}^n a_i}{\alpha_{\text{ort}}} \quad (3.10)$$

bu yerda $D_p = D_1 - SNR_T$; D_p – ishchi dinamik diapazon, dB; D_1 – bu $SNR = 1$ dagi dinamik diapazon, dB; SNR_T – talab qilinadigan signal/shovqin nisbati, dB; a_i – i -ulanish so'nishi, dB; n – liniyadagi ulanishlar soni; α_{ort} – liniya so'nish koeffitsiyentining o'rtacha qiymati.

Talab qilinayotgan signal/showqin nisbati (SNR_T)ni noregulyarlikdan so'nishga bog'liq ravishda ushbu munosabatlardan aniqlash mumkin:

$$SNR_T = 5 \lg \left(\frac{\frac{a_k}{10^{10} + 1}}{\frac{a_k}{10^{10} - 1}} \right) + 0,3, \text{ dB.} \quad (3.11)$$

3.3. OT o'tkazish polosasini va dispersiyasini o'lchash metodlari

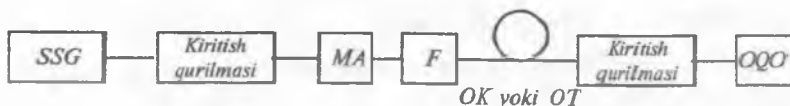
Optik tolali uzatish tizimlarining eng muhim parametri, so'nish bilan bir qatorda o'tkazish polosasi ΔF (o'tkazish qobiliyati)dir, uni esa dispersiya hodisasi chegaralaydi. Dispersiya — bu optik signal spektral yoki modali tashkil etuvchilarining vaqt ichida sochilishidir. U kirish signalining kengayishi (buzilishi) kabi namoyon bo'ladi. Kengayishning absolut qiymati

$$\tau = \sqrt{\tau_{\text{chiq}}^2 - \tau_{\text{kir}}^2}$$

munosabat bilan aniqlanadi, bu yerda τ_{kir} va τ_{chiq} — impulslarning TOAL kirish va chiqishida amplitudaning yarmi darajasida aniqlangan davomiyliklari.

Ko'p modali OK larning o'tkazish polosasini o'lchash uchun ikkita asosiy metoddan foydalaniladi: chastotali, impulsli. Chastota metodi OK ning o'tkazish polosasini amplitudaviy-chastotaviy modulatsiya xarakteristikasi (AChMX) bo'yicha o'lchashni nazarda tutadi. AChMX ni o'lchashning strukturaviy sxemasi 3.7-rasmda keltirilgan.

O'lchashlar sxemasida sinov signallari generatori qo'llaniladi, uning chiqishida OK ning o'tkazish polosasidan albatta ortiq bo'lgan f_m chastotalar polosasida intensivligi garmonik modulatsiyalangan optik signal shakllanadi. 3.7-rasmdagi strukturaviy sxemaning qolgan barcha bloklari (shu jumladan, optoelektron o'zgartgich va optik quvvat o'lchagich) f_m dan tor bo'lmagan o'tkazish polosasiga ega bo'lishi lozim. OK ga kiritiladigan nurlanishning to'liq uzun-



3.7-rasm. OT ning amplituda-chastotaviy modulatsiya xarakteristikasini o'lash shaxmatini o'lash strukturaviy sxemasi:

SSG – sinov signallari generatori; MA – modalar aralash tirgichi; OQO – optik quvvat o'lgagichi; F – modalar filtri.

ligi va spektri kengligi o'lganayotgan kabelga qo'yilgan TSh larga mos bo'lishi lozim.

O'lgashlar natijasida OK kabel chiqishidagi quvvat darajasining modulatsiya chastotasi f_m ga bog'liqligini hosil qilinadi. Hosil qilingan grafikda quvvat darajasining pasayishi 3 dB ni tashkil qiladigan nuqtani belgilanadi, chastotaning f_1 qiymati esa uzunligi L ma'lum kabelning o'tkazish polosasi ΔF ni aniqlaydi. 3.8-rasmda bunday bog'lanishga va ΔF ni aniqlashga oid misol keltirilgan.

Keng polosalilik koefitsiyenti

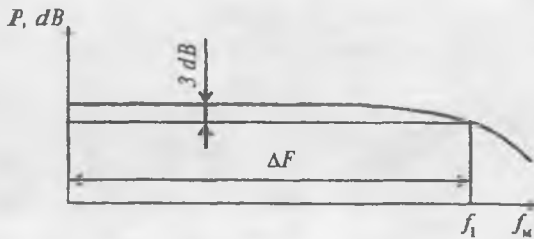
$$\Delta F = f_1 L^\gamma \text{ [Mgs} \cdot \text{km]} \quad (3.12)$$

formula bo'yicha hisoblanadi, bu yerda γ – TSh lar bilan belgilangan empirik koefitsiyent, $0,5 < \gamma < 1$ chegaralarda tanlanadi.

Impulsli metodda optik nurlanish impulsini o'tkazish polosasini o'lganayotgan kabelning chiqishida va kabelni boshidan uzishdan hosil bo'lgan uning bo'lgining chiqishida impulsni ketma-ket qayd etish bilan aniqlanadi. So'ngra chiziqli zanjirlar nazariyasining ma'lum munosabatlaridan foydalanib, impulslarning amplitudaviy spektrlarini va o'lganayotgan kabelning AChMX ni hisoblanadi va u bo'yicha o'tkazish polosasi aniqlanadi. Barcha hisoblashlar, odatda, o'lgash vositasi ichiga o'rnatilgan boshqaruvchi mikro-EHM yordamida bajariladi.

Agar o'lganayotgan kabelning kirish va chiqishidagi impuls-lar Gauss shaklida bo'lsa, u holda o'tkazish polosasini impuls-lar davomiyligini o'lgash asosida aniqlanadi. Bu holda ΔF_L , MHz ni

$$\Delta F_L = \frac{440}{\sqrt{t_{\text{chiq}}^2 - t_{\text{kir}}^2}} \quad (3.13)$$



3.8-rasm. OT chiqishida optik signal quvvati darajasining modulyasiya chastotasiga bog'liqligi grafigi.

formula asosida hisoblanadi, bu yerda t_{kir} , t_{chiq} – kabelning mos ravishda kirish va chiqishida 0,5 daraja bilan o'lchanadigan impuls davomiyligi, ns.

$$\tau = \sqrt{t_{chiq}^2 - t_{kir}^2}$$

kattalik kabel dispersiyasining bahosi bo'lgan-

ligi sababli impuls metodi dispersiyani o'lchash metodidir. Bir modali kabellar uchun xromatik dispersiya me'yorlanadi. Pasport ma'lumotlarida xromatik dispersiya koeffitsiyenti ko'rsatiladi, u OT ning 1,0 km iga optik nurlanish impulsining manbasi to'lqin uzunliklari polosasiga taqsimlangan kengayishi kabi aniqlanadi.

Bir modali kabellarning xromatik dispersiyasini o'lchash uchun vaqt bo'yicha sekinlatish metodidan va faza metodidan foydalaniladi. Ikkala metod ham natijalarning aniqligi va qayta tiklanuvchanligi shartlarini qanoatlantiradi va MSE tomonidan ma'qullangan. Biroq vaqt bo'yicha sekinlatish usulini amalga oshirish murakkabroqdir, chunki aloqa kabellarining xromatik dispersiyasi koeffitsiyenti 1,5 ps/(nm·km)dan kichik bo'lganligi sababli, u favqulodda tezkor qurilmalarni qo'llashni talab etadi.

Faza metodini amalga oshirish osonroqdir, shu sababli amaliyotda ko'proq qo'llaniladi. Bu metod nurlanish intensivligi bo'yicha modulatsiyalangan signalning fazaviy siljishini o'lchashga asoslangan bo'lib, bu bilan kabelning OT larini turli to'lqin uzunliklarida zondlanadi. Intensivlikni modulatsiyalash chastotasi odatda fiksirlangan bo'ladi va 30...100 MHz chegaralarda yotadi. Signallar orasidagi faza siljishi γ ning to'lqin uzunligi λ ga bog'liqligini o'lchash signalning vaqt bo'yicha sekinlashishi $\Delta\tau$ ning λ ga

bog'liqligini va uning hosilasi — xromatik dispersiya

$$\Delta\tau(\lambda) = \frac{\partial\tau(\lambda)/\partial\lambda}{L} = \frac{\partial\tau(\lambda)/\partial\lambda}{L} \quad (3.14)$$

ni topish imkonini beradi.

Odatda $\Delta\tau(\lambda)$ ni o'lchashni nuqtalar bo'yicha o'tkaziladi, keyin esa hosil qilingan $\Delta\tau(\lambda)$ bog'lanishni ko'phad bilan approksimatsiyalanadi. Odatda, barcha hisoblashlar va o'lchash jarayonining o'zi ham o'lchash vositasining ichiga o'rnatilgan mikroprotessor qurilmalari yoki tashqi EHM yordamida avtomatik bajariladi. Mazkur metodning aniqligi 1,0 ps/(nm·km) tartibida. Lazerli nurlanish va yuqoriroq modulatsiya chastotasiga o'tish o'lchash aniqligini oshirish imkonini beradi.

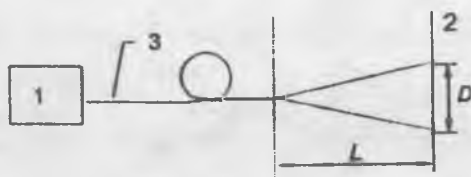
3.4. OT optik parametrlarini o'lchash metodlari

Raqamli aperturani o'lchash

Raqamli aperturani bilish OT larni o'zaro ulashda va, shuningdek, nurlanish manbalari va qabul qilgichlari bilan ulashda yaxshi muvofiqlashtirish, bir tomondan o'lchashlarda OT birikish joylaridagi yo'qotishlarni aniqlashtirish uchun zarurdir. Raqamli aperturani o'lchashning eng sodda usuli burchak aperturasini o'lchash orqali bilvosita aniqlashdir.

Modalar muvozanatli uyg'ongan holatda bo'lgan tolaning apertura burchagini chiqish quvvatining uzoqdagi zonada taqsimotini kuzatish yo'li bilan o'lchash mumkin. Buning uchun kinsh toresidagi $L = 10...20$ mm masofada gradatsiyalangan shkalali qaytaruvchi ekran o'rnatiladi. Dastlab OT toresi sirtiga u silliq va tola o'qiga qat'iy perpendikulyar bo'ladigan qilib ishlov beriladi. Agar OT ni qizdirgich o'lchash lampasi bilan uyg'otishda ekranda ko'rinadigan yorug'lik dog'ining diametrini D bilan belgilansa (3.9-rasm), u holda burchak aperturasi $Q_A = \arctg(D/2)$ bo'ladi va bu yerdan apertura $NA = \sin Q_A$.

Sindirish ko'rsatkichi profili OT ning keng polosaliligini aniqlaydigan asosiy parametrlaridan biridir. TOAL ni qurish va uni ishlatishning ayrim bosqichlarida uni o'lchashga ehtiyoj yuzaga



3.9-rasm. OT raqamli aperturasini o'lchash prinsipi.

kelishi mumkin. Sindirish ko'rsatkichi profilini o'lchash uchun turli metodlardan foydalanilishi mumkin: interferometrik, nurli va sochilish, toresdan skanerlash, nurlanishning fazoviy taqsimoti va h.k.

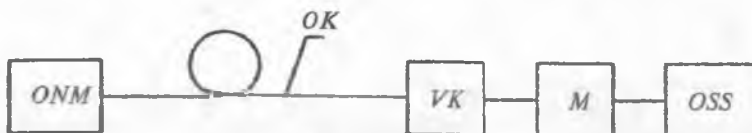
Interferometrik o'lchash metodlari eng aniqdir. U OT namunalari maxsus tayyorlashni talab etadi va faqat laboratoriya sharoitlarida tola toreslariga ishlov berish uchun maxsus jihozlar mavjud bo'lgandagina qo'llanilishi mumkin.

Sodda amalga oshirilishi tufayli hozirgi vaqtda nurlanishning yaqin zonada fazoviy taqsimlanishi metodi (yaqin maydon metodi)dan keng foydalanilmoqda. Mazkur metodning mohiyati shundan iboratki, yo'naltiriladigan modalarning tekis uyg'onishida tola kesimining istalgan nuqtasidagi optik nurlanish quvvati mazkur nuqtadagi va qobiqdagi sindirish ko'rsatkichlari ayirmasiga proporsional, ya'ni lokal raqamli apertura kvadratiga proporsional.

Barcha modalar tekis uyg'otilishi uchun nurlanish yo'nalganlik diagrammasi Lambert qonuniga bo'ysunadigan nurlanish manbasi zarur. Bunday yo'nalganlik diagrammasiga yorug'lik o'lchash lampalari va sirtiy nurlanishli svetodiodlarga ega. OT ni kirish toresida tekis uyg'otib, OT chiqish toresi kesimining turli nuqtalarida quvvatni skanerlash metodi bilan o'lchanadi va OT ning taxminan 2 m uzunlikdagi namunalari uchun sindirish ko'rsatkichi profilini

$$n_1(r) = [(NA)^2 P(r)/P(0) + n_1^2(a)]^{1/2} \quad (3.15)$$

formula bo'yicha hisoblanadi; bu yerda $P(r)$ — optik nurlanishning OT o'zagi markazidan r masofada o'lchangan quvvati; a — OT o'zagining markazi; $P(0)$ — nurlanishning OT markazidagi quvvati.



3.10-rasm. SKP ni videodiagnostika vositalari bilan o'lchashning strukturaviy sxemasi:

ONM – optik nurlanish manbasi; VK – videokamera; M – monitor; OSS – satrni ajratishli ossillograf.

Mazkur metodni bunday amalga oshirilishining kamchiliklari jumlasiga sindirish ko'rsatkichining absolyut qiymati haqidagi axborotning yo'qligi va dastlab raqamli aperturani topish va olingan natijalarini nurlanayotgan modalarni hisobga olib korreksiyalash zarurligi xosdir. Bundan tashqari, ishlab chiqarish laboratoriyalarida skanerlashni amalga oshirishdagi ma'lum qiyinchiliklarni ham aytib o'tish zarur.

Uzoq zonada fazoviy taqsimot metodi videodiagnostika vositalari bilan amalga oshiriladi. O'lchashlar sxemasi 3.10-rasmda tasvirlangan.

Svetodiодning bir toresida uyg'onadigan optik nurlanish ikkinchi toresda joylashgan videokamera obyektivi bilan qabul qilinadi va monitorda dog' ko'rinishida aks etadi. Dog'ning har bir nuqtasidagi yorug'lanish intensivligi svetodiод chiqish toresining yaqin zonasidagi optik nurlanish quvvatiga proporsional. Satr ajratiladigan ossillograf ekranida yorug'lanish intensivligi bog'liqligining tanlangan satr bo'ylab o'zgarishini kuzatamiz. Dog' diametriga mos satrni tanlanganda sindirish ko'rsatkichi profilini ma'lum taqribiylik bilan kuzatamiz. Profil parametrlarining qiymatlari nisbiy birliklarda (satrlar soni va h.k.) o'lchanadi. O'lchashlarni asbolyut birliklarda o'tkazish uchun qurilmani profil ko'rsatkichlari ma'lum bo'lgan OT namunalari bo'yicha kalibrlash lozim.

3.5. Bir tolali OT to'lqin uzunligi qirqimini o'lchash

Bir modali OT lar uchun nazorat qilinadigan paramterlardan biri to'lqin uzunligi qirqimi λ_{kr} to'lqinning tolada fundamental

(asosiy) moda HE_{11} tarqaladigan minimal uzunligidir. O'lchashlar bukilish metodi, uzatiladigan quvvat metodi yoki moda maydoni diametri metodi bilan o'tkazilishi mumkin.

Bukilish metodi tola bukilganda yo'qotishlarning tarqalayotgan nurlanish to'lqin uzunligiga bog'liqligiga asoslangan. O'lchanayotgan tola to'lqin uzunligi qayta rostlanadigan nurlanish manbasi bilan uyg'otiladi. Dastlab chiqish kuchlanishi P ning bog'liqligini tola bo'sh bukilganida (bukilish radiusi 250 mm dan ortiq), keyin esa nurlanish kirish-chiqishining o'sha sharoitlarida kuchli bukilishda (bukilish radiusi 10 mm atrofida) o'lchanadi.

Bukilishda to'lqin uzunligiga bog'liq ravishda yo'qotishlar

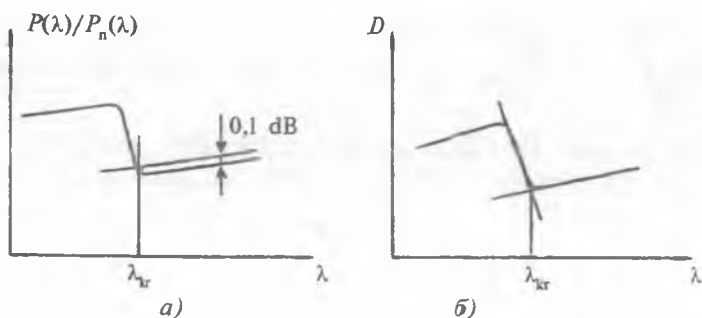
$$\alpha_{\text{buk}}(\lambda) = 10 \lg [P(d)] / P_{\text{buk}}(\lambda) \quad (3.16)$$

formula bo'yicha hisoblanadi.

To'lqin uzunligi qirqimi $\alpha_{\text{buk}}(\lambda)$ grafigi bo'yicha bukilishdagi yo'qotishlar 0,1 dB ni tashkil etadigan eng qisqa to'lqin uzunligi sifatida aniqlanadi.

Uzatiladigan quvvat metodi nurlanish quvvatining to'lqin uzunligiga bog'liqligiga asoslanadi. To'lqin uzunligi bo'yicha rostlanadigan manbadan uzatiladigan optik nurlanish quvvati $P(\lambda)$ o'sha manba va kiritish qurilmasida tayanch ko'p modali tola uzatadigan quvvat $P_m(\lambda)$ va nisbatan me'yorlanadi. P/P_n bog'lanish grafigi asosida to'lqin uzunligi qirqimi λ_{kr} aniqlanadi. Sinaladigan tola uzunligi 2 m atrofida. Tolaning bukilish radiusi 140 mm dan kam emas. Tayanch ko'p modali tolaning uzunligi ham shuncha. Kiritish qurilmasidan keyin moda filtri o'rnatiladi.

Moda maydoni diametri metodida tolada nurlanish maydoni diametrining to'lqin uzunligiga bog'liq ravishda o'zgarishi hodisasidan foydalaniladi. O'lchash tola chiqishida moda maydoni diametrini turli to'lqin uzunliklarida aniqlash va bu bog'lanish $D(\lambda)$ ning egri chizig'i bo'yicha to'lqin uzunligi qirqimini aniqlashdan iborat bo'ladi (3.11-b rasm).



3.11-rasm. Bir modali OT lar to'liqin uzunligi qirqimini aniqlashda o'lchanadigan bog'lanishlar grafiklari: a) uzatilaётgan quvvatni o'lchash; b) moda maydoni diametrini o'lchash.

3.6. Moda maydoni diametrini o'lchash metodlari

Asosiy moda maydoni diametri «W» bir modali tolaning ko'ndalang kesimida energiya taqsimotini tavsiflaydi. U turli birjinslimasliklar bilan bog'liq sochilishdagi yo'qotishlarni va ulanishlardagi yo'qotishlarni aniqlaydi. W ni bevosita o'lchashning bevosita metodlariga quyidagilarni kiritish mumkin:

- uzoq maydon metodi;
- ikkita bir modali tolni nisbatan siljitish metodi.

Ularning tamoyili bir modali svetovod nurlatuvchi toresining ko'ndalang kesimini fotoqabul qiluvchi qurilma bilan skanerlash va quvvat chegaralarini $1/e$ darajada aniqlashga asoslangan. Jumladan, uzoq maydon metodida quvvatning taqsimlanishini tadqiq qilinayotgan OT nurlanayotgan uzoq maydonni fotodetektor bilan skanerlash yo'li orqali topiladi. Ikkinchi holda maxsus uch koordinatali yustirlash qurilmasi qo'llanilib, u tola toresini boshqa, uyg'otiladigan bir tipli OT ning qo'zg'almas toresiga nisbatan ma'lum siljishini ta'minlaydi. Difraksiyani va qaytarishga oid yo'qotishlarni bartaraf etish uchun tolalarning toreslari immersion suyuqlikka nisbatan ≈ 5 mkm masofada joylashtiriladi.

W ni bilvosita o'lchashlar orasida moda dog'ini Gauss tavsifi uchun o'rinli bo'lgan



3.12-rasm. Asosiy moda diametrini o'lchash:

1 – lazer; 2 – qobiq modalari filtri; 3 – kiritish qurilmasi; 4 – bir modali kirish OT; 5 – zazorli ulash muftasi; 6 – chiqishdagi bir modali tola; 7 – fotoqabul qilgich; 8 – quvvat o'lchagich.

$$a(\lambda)_{dB} = 10 \lg \left[1 + \left(\frac{2\lambda\delta}{\pi w^2} \right)^2 \right] \quad (3.17)$$

munosabatga asoslangan metod qo'llaniladigan bo'ldi, bu yerda $a(\lambda)_{dB}$ – immersion suyuqlik bilan to'ldirilgan bir modali tolalarning bir xil toreslari orasidagi zazor (tirqish) so'ndirishi; δ – zazorning kattaligi; λ – o'lchash o'tkazilayotgan to'lqin uzunligi. λ kattalik ma'lum bo'lganda zazorning so'ndirishi o'lchanadi, keyin esa (3.17) munosabatdan izlanayotgan W qiymat topiladi. O'lchashlar 3.12-rasmdagi strukturaviy sxemaga muvofiq o'tkaziladi.

Lazer 1 dan chiqqan nurlanish qobiq modalari 2 dan va kirish qurilmasi 3 dan o'lchanayotgan tola 4 ga beriladi. Dastlab tola 4 chiqishidagi $P_1(\lambda)$ quvvat fotoqabul qilgich 7 va o'lchagich 8 ni ulab o'lchanadi. So'ngra tola 4 ga nurlanishni kiritish sharoitlarini o'zgartirmasdan, unga zazorli mufta orqali identik tola 6 ulanadi va uning chiqishidagi quvvat $P_2(\lambda)$ o'lchanadi. O'lchanadigan so'nish

$$a(\lambda)_{dB} = \left[10 \lg \frac{P_1(\lambda)}{P_2(\lambda)} \right] - \alpha_6(\lambda), \quad (3.18)$$

bu yerda $\alpha_6(\lambda)$ – toladagi so'nish.

3.7. OTUL asosiy parametrlarini o'lchash vositalari

Optik aloqa tizimlarida o'lchashlar texnikasi bir qator universal usullardan foydalaniladigan bir necha asosiy metodlar hamda cheklangan sondagi o'lchash jihozlari va yordamchi jihozlarga asoslanadi. Ko'pchilik o'lchash masalalari uzatuvchi va qabul

qiluvchi optik modullarning mos ravishda chiqishlari va kirishlaridagi optik nurlanish quvvati darajalarini, birjinslimaslik joylarini, shuningdek, OK ning zararlanish joylari va xarakterini aniqlashdan iborat.

Bu maqsadlar uchun tarkibiga optik quvvat o'lchagichlar, stabillangan nurlanish manbalari, OTAL dagi yo'qotishlarni o'lchagichlar, o'zgaruvchi optik attenuatorlar, optik reflektometrlar kiradigan jihozlardan foydalaniladi.

Optik quvvat o'lchagichlar (Optical Power Meter – OPM) OK dagi so'nishni stabillangan signal manbalari bilan birgalikda aniqlash uchun foydalaniladi. OPM ning asosiy parametrlari jumlasiga detektor tipi, ishchi to'lqin uzunligi, dinamik diapazon, ajratish qobiliyati, optik razyomlarning turli tiplarini qo'llash imkoniyati kiradi.

Turli firmalar OPM larining asosiy xarakteristikalari I-jadvalda keltirilgan.

I-jadval

Optik quvvat o'lchagichlar

Modeli	Ishlab chiqaruvchi	Detektor tipi	Diapazoni, dBm	To'lqin uzunliklari	O'lchamlar aniqligi, dB
TOP200		InGaAs	-60...+3	850/1300/1550	0,25
555 B	RIFOCS	InGaAs	-60...+3	850/1300/1550	
OLP-16	WAG	InGaAs	-75...+15	850/1300/1310/1550	0,13
OLP-18		InGaAs	-60...+26		
OLP-25	WAG	InGaAs	-75...+5	850/1210/1550	0,1
FOT02	EXFO	Ge	-50...+6	850/1300/1550	0,25
FM8515B	Wilcom	InGaAs	-60...+5	850/1300/1550	0,20
T339-61B		Ge	-60...0	850/1300/1550	0,30
T339-02		InGaAs	-65...0	1300/1550	0,20
17XTA		Ge	-60...0	850-1550	0,25
17 XTF		InGaAs	-73...0	850-1550	0,25

Optik detektor sifatida fotoelektrik ko'paytirgichlar (FEK) yoki qattiqjismli fotodiodlar qo'llanilishi mumkin. FEK larning afzallik jihatlari impuls davomiyligi 1 ns gacha bo'lganida yuqori sezgirlikni kiritish mumkin (o'zgartirish koeffitsiyenti 105 A/W gacha). Biroq u nisbatan katta o'lchamlarga ega, yuqori kuchlanishli ta'minot manbalarini talab etadi, ularning diapazoni uzun to'liq qismda 1,2 mkm bilan chegaralangan.

Shu munosabat bilan FEK, odatda, stasionar tekshirish qurilmalarida qo'llaniladi. OTAL da o'lchashlarda fotodiodli detektorli OPM lardan foydalanilmoqda, uning massasi (0,2...0,7) kg chegaralarda Eng qimmat OPM lar InGaAs qotishmasidan tayyorlangan detektorlarga ega, bu esa bitta asbob bilan uchta optik oynada (850, 1300 va 1550 nm) o'lchashlar o'tkazish imkonini beradi.

Germaniyli fotodiodlarga qiyoslaganda ular tekisroq o'lchash xarakteristikasiga, yuqoriroq temperatura stabiligiga va kamroq shovqin darajasiga ega.

Stabilizatsiya signal manbalari (Stabilised Light Source – SLS) liniyaga berilgan quvvatni va berilgan to'liq uzunlikli optik signalni kiritish uchun xizmat qiladi. Optik signal manbalarining ikkita asosiy tipi: yong'lik nurlatuvchi yarimo'tkazgichli diodlar (YoND) va yarimo'tkazgichli lazerlar (YaO'L) asosidagi manbalar qo'llanilmoqda. YoND, odatda, YaO'L dan afzalroq va kichik uzunlikdagi kabellarda yo'qotishlarni tahlil qilishda qo'llaniladi.

2-jadval

Modeli	Ishlab chiqaruvchi	λ , nm dB	Stabillash, darajasi, dBm	Chiqish
TOP130	Tektronix	850/1300	0,05	-20...-38
E5972A	HP	1300	0,003	-11...-38
252A	RIFOCS	850/1300	0,05	-20...-38
255A		1300	0,05	-20...-38
256A	RIFOCS	1550	0,08	-20...-38
OLS-10	W&G	1300	0,06	-36...-16
FOS-123A		1550	0,08	-25
FOS-124A	RIFOCS	850/1300	0,06	-36...-16
T363	Wilcom	850/1300		-45...-23

Biroq ular tolaga nurlanishni kichik raqamli aperturali kiritishda past samaradorlikka ega, keng nurlanish spektriga ega (spektr kengligi 50 dan 200 nm gacha). Modulyasion signallar chastotalari polosasi $(100...200) \cdot 10^6$ Gs ni tashkil etdi. YoND ning asosiy xarakteristikalarini 2-jadvalda berilgan.

Lazerli optik signal manbalari (YaO'D) amalda spektr kengligi (2...5) nm bo'lgan monoxromatik signalni generatsiyalaydi. Bu manbalar YoND ga qaraganda qimmatroqdir. Uzatilayotgan signalning quvati katta bo'lishi talab qilinganda, ya'ni katta uzunlikdagi OK larni o'lchashda qo'llaniladi. Raqamli aperturasi 0,2 dan kam bo'lgan nurlanishni tolaga kiritish samaradorligi 50% gacha etadi, modulyasion signal chastotalari polosasining kengligi 2 Hz ni tashkil etishi mumkin. YaO'D ning asosiy xarakteristikalarini 3-jadvalda mujassamlashgan.

3-jadval

Lazerli signal manbalari

Modeli	Ishlab chiqaruvchi	λ , nm	Stabil- ligi, dB	Uzoq vaqtga stabilligi (24 soat), dB	Temperatura- viy stabil- lash	Chiqish darajasi, dBm
TOP200	Tetronix	1310	0,05	0,15	0,45	-10
TOP150		1550	0,05	0,15	0,45	-10
E5974A	HP	1310/1550	0,1	0,15	0,5	-7
262A	RIFOCS	1310/1550	0,05	0,15	-	> -7
265A		1310	0,05	0,15	0,45	-10
267A		850	-	-	-	-
OLS-15	W&G	1310/1550	0,05	0,15	-	-
OLS-16		1310	0,05	0,15	-	-
OLS-17		1550	0,05	0,15	-	-
OLS-25		1300/1550	0,1	0,15	0,4	-10
OLS-26		1300	0,1	0,15	0,4	-10
FLS-132A	EXFO	1310	0,06	0,1	-	-7
FLS-133A		1550	0,08	0,12	-	-7
FLS-136A		1310/1550	0,06	0,1	-	-8
7XT	Photodyne	1300/1550	0,05	0,1	0,45	-10

TOAL ning parametrlarini o'lashda fiksirlangan chastotali YoND va YaO'D lardan foydalaniladi. Ularning massasi YoND uchun (0,20...0,50) kg ni, YaO'D lar uchun (0,20...0,80) kg ni tashkil etadi, bu esa ularni ko'tarib yuriladigan asboblarda qo'llash imkonini beradi.

Optik quvvat yo'qotishlar analizatorlari (Optical Loss Test Set – OLTS) TOAL dagi so'nishlarni o'lchashlarda qo'llaniladi va quvvat optik o'lhagich va optik signal manbasi kombinatsiyasidan iborat bo'ladi. Integratsiyalangan va ajratilgan yo'qotishlar o'lhagichlari qo'llaniladi. Integratsiyalangan o'lhagichlar bitta blokka birlashtirilgan signal manbasi va quvvat o'lhagichdan iborat. Ajratilgan yo'qotish o'lhagichi stabillangan optik signal manbasi va OPM dan iborat.

Yo'qotish analizatorlarining texnik xarakteristikalari SLS va OPM parametrlarining kombinatsiyasidan iborat. OLTS lar TOAL elementlari parametrlarini, jumladan, OK uchastkalari, ulanish va payvandlash joylari va, shuningdek, montaj qilingan TOAL ning regeneratsiyalash uchastkalari parametrlarini tahlil qilishda qo'llaniladi.

Optik reflektometrlar (Optical Damain Reflektometer – OTDR – ko'p vazifali asboblardan bo'lib, TOAL parametrlarini ishlatishda tahlil qilish uchun mo'ljallangan. U impulsli rejimda ishlaydigan optik nurlanish manbasini, tarmoqlagichni va teskari sochilish signalining qabul qilinishini ta'minlaydigan quvvat o'lhagichni o'z ichiga oladi. Barcha o'lashlar reflektogrammani tahlil qilish yo'li bilan amalga oshirilib, u so'nish koeffitsiyentini, OT ning payvandlangan joylari va tutashishlari kiritadigan so'nishlar kattaliklari va OK ning birjinslimasliklari va zararlangan joylarigacha bo'lgan masofalarni aniqlash imkonini beradi.

Reflektometrlarning asosiy xarakteristikalari jumlasiga ishchi to'lqin uzunligi, optik ulagich tipi, dinamik diapazon va ajratish qobiliyatini kiritish mumkin. Ular OK ni ishlatishda parametrlarini aniqlash uchun keng qo'llaniladi, biroq shunga qaramasdan, barcha o'lchamlar ro'yxatini qamrab ololmaydi.

Ikkita to'lqin uzunligi 1310/1550 nm da ishlaydigan reflektometrlarning tipik xarakteristikalari 4-jadvalda keltirilgan.

Modeli	Ishlab chiqaruvchi	λ , nm	Dinamik diapazon	Maksimal uzunlik	Qo'shimcha qurilmalar
FiberMaster	Tektronix	850/1310/1550	100	320	FDD 1,44; MS DOS; printer
8147	HP	1310/1550	40/39	—	—
AQ7210	Ando	1310/1550	37/34	320	—
FIB300	EXPO	1310/1550	35/33	—	—
Helios(7920)	Wavetek	1310/1550	35/33	200	—
7780	Wavetek	1310/1550	36/34	—	—
5350	Photodyne	1310/1550	24/22	160	—
MW9060A	Anritsu	1310/1550	34,5/33,0	—	—
TekRanger	Tektronix	1310/1550	26/24	—	—
E6000A	HP	1310/1550	29/27	—	—
AQ7220	Ando	1310/1550	31/29	—	—
FIB250	EXPO	1310/1550	28/26	—	—
Flash(7976)	Wavetek	1310/1550	28/26	—	—
7976HR	Wavetek	1310/1550	27/25	—	—
OFT-50	W&G	1310/1550	25	—	—
MW9070A	Anritsu	1310/1550	23/20,5	—	—

Qayta sozlanadigan attenyuatorlar optik signalning ma'lum (kalibrlash) so'nishini ta'minlash uchun foydalaniladi, bu liniyaning turli ish sharoitlarida liniya va terminal jihozlarining ish qobiliyatini tahlil qilish uchun zarur. Qayta sozlanish turi bo'yicha attenyuatorlarning uch tipini farq qilinadi: diskret, uzluksiz va kombi-natsiyali qayta sozlanadigan. Barcha attenyuatorlar, odatda, uch polosalidir, ya'ni o'z xarakteristikalarini optik aloqa tizimlarida foydalaniladigan uch shaffoflik oynasida ta'minlaydi. Diapazon va o'rnatish aniqligi parametrlari bilan bir qatorda qaytarish parametri qiymati ham ahamiyatga ega bo'lib, uning minimal bo'lishini ta'minlashga harakat qilinadi. Optik attenyuatorlarning asosiy xarakteristikalarini 5-jadvalda berilgan.

Qayta sozlanadigan optik attenuatorlar

Modeli	Ishlab chiqaruvchi	Kiritiladigan yo'qotishlar, dB	Ajratish, dB	Qaytarish parametri, dB	So'nish diapazoni, dB	Massasi, g
330A	RIFOCs	1,25	0,1	>40	1,25-35	310
338A		1,25	0,1	>55	1,25-35	310
OLA-25	W&G	3,00	0,1	>30	3-60	800
OLA-35		2,00	0,1	>42	2-65	800
FVA-60B	EXPO	2,00	--	--	2-70	--
19XT	Photodyne	3,5	0,1	35	3,5-70	1500

3.8. O'lchash jihozini ulash usullari

O'lchash jihozini OTUT ning turli nuqtalariga ulashda OT larni nurlanish manbalari va detektorlari va, shuningdek, boshqa OT lar bilan ulash zarurati yuzaga keladi. Bu razyomli (razyom, konektor) yoki razyomsiz (splays, «yamoq») ulagichlar bilan ta'minlanadi. Tolali optik ulagichlarning asosiy vazifasi nurlanishni bir toladan ikkinchisiga maksimal to'la uzatilishini ta'minlash uchun optik tolalar o'zaklarini (yadrolarini) aniq ustma-ust tushirishdan iborat. Ulagichlarga qo'yiladigan talablar ro'yxati quyidagilarni o'z ichiga oladi: past yo'qotishlar, o'ratishning soddaligi, ishonchlilik, ko'p karra ulashda (razyomli ulagichlar uchun) xarakteristikalarining o'zgarmasligi. Ulagich tipini tanlashda ulagich yo'qotishlarini minimallashtirish muhim talabdir. Qo'llash sohasiga bog'liq ravishda ulagichlarning quyidagi taxminiy ruxsat etiladigan yo'qotishlari qiymatlari tavsiya etilishi mumkin:

— < 0,2 dB, magistral telekommunikatsiya tizimlari va uzoq masofali aloqa tizimlari uchun;

— 0,3-0,5 dB, lokal va obyekt ichidagi tarmoqlar va ishlab chiqarishni boshqarish liniyalarida;

— > 1 dB, asosiy talabi ulagichlarning past qiymatidan iborat bo'lgan tizimlar uchun, ular, odatda, plastik tola bilan birgalikda qo'llanadi.

Shu bilan bir qatorda, ulagichlarning muhim xarakteristikasi qaytish so'nishi (qaytish yo'qotishlari darajasi) bo'lib, u ulagichdan orqaga, nurlanish manbasiga qaytarilgan energiya miqdorini aniqlaydi.

Bu parametr uchrashma nurlanishlar interferensiyasi lazerli diod ishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan bir modali tizimlar uchun ayniqsa muhim bo'lar ekan.

Istalgan ulagichlarni tayyorlashda OT lar avval tayyorlab olinadi. OK konstruksiyasiga bog'liq ravishda tayyorgarlik o'z ichiga tashqi ekranni, bufer nayini va boshqa qatlamlarni mos kabellar uchun odatdagi stripperlar, o'tkir jag'li ombor va pichoqlardan foydalanib olib tashlashdan iborat bo'ladi. Metall kuch elementlari o'tkir jag'li ombir va kevlar iplarini kesish pichoqlaridan foydalanib olib tashlanadi. So'ngra himoya qatlami mexanik usulda maxsus stripperlar yoki kimyoviy usullar yordamida olib tashlanadi. Tola toresini tayyorlash odatda, razyomsiz ulanishlar uchun presizion yo'nish yoki razyomlar uchun tekislash va silliqdash yordamida bajariladi.

Keyingi holda razyomli ulagichlarning qaytma yo'qotishlarini kamaytirish uchun tola oxirini dumaloqlashtiriladi.

Razyomsiz ulanishlar OK larning qurilish uzunliklarini biirktirib ulashda, qo'shilmalarni tashkil etishda va, shuningdek, TOAL xarakteristikalarini optik reflektometrlar yordamida o'lchadigan holda qo'shimcha OT g'altaklarini ulashda qo'llaniladi. Konstruktiv jihatdan ular juda sodda bo'lib, ko'pchilik hollarda maxsus payvandlash jihozi yoki mexanik razyomsiz ulagichlar yordamida bajariladi.

O'lchash jihozini OTAT ga ulash razyomli ulagichlar (ORU) yordamida amalga oshiriladi. Tolani optik o'q bo'yab tutib turish uchun ularda maxsus uchliklardan foydalaniladi, ular keramika, zanglamas po'lat yoki plastmassadan tayyorlanadi. Uchlik OT ning oxiriga epoksid yelimi yoki qisish metodi bilan mahkamlanadi. Uchlik o'matilgan ikkita OT bir-biri bilan ulash patroni yordamida bog'lanadi. Patron yuqori aniqlikda parralangan teshik va qismlarni tez mahkamlash uchun tashqi qurilmaga ega. Patron metallardan

bo'lishi mumkin yoki ulagichning elastik zichlanishini ta'minlaydigan plastik qo'shimchaga ega bo'lishi mumkin. Razyomli ulagichlarning geometrik o'lchamlari ishchi xarakteristikalari, tayyorlash uchun ishlatiladigan materiallar standartlangan (masalan, MIL-C-83522), bu bir tipli razyomlarning bir-biriga qo'shilishini ta'minlaydi. Hozirgi vaqtda razyomli ulagichlarning quyidagi tiplari tarqalgan: FC tipi. Bu tipdagi ulagichda rezbali korpus qo'llaniladi va u hatto vibratsiya mavjud bo'lganida hvam ishonchli ulanishni ta'minlaysdi. Biroq bunday konstruksiya tez ajratishda noqulaydir. Uchlik keramik, tashqi diametri 2,5 mm. Bunday tipdagi ulagich bir modali va ko'p modali variantga ega.

D4 tipidagi ulagich konstruksiyasi va xarakteristikalari bo'yicha FC ulagichiga identik. Asosiy farqi tashqi diametri 2 mm li uchlikdan foydalanishidir.

ST tipidagi ulagich lokal tarmoqlar, ichki kabel tizimlari, test jihozi va h.k. larda qo'llanish uchun ishlab chiqilgan xarakteristikalari FC tipidagi ulagichlar xarakteristikalariga yaqin bo'lgani holda, undan ulanishni fiksiraydigan tez ajratiladigan shtirli mexanizmi bilan farq qiladi (ulagich kallagini chorak aylanishga burish kifoya). Keramik, po'lat yoki plastik uchliklar bilan bir modali va ko'p modali variantlarda ishlab chiqariladi.

SC tipidagi ulagich – «subscriber connector» (ulanadigan ulagich) hozirgi zamon bir modali va ko'p modali global telekommunikatsiya tizimlarida FC va D4 tiplaridagi ulagichlar o'rniga keldi. Uning afzalligi ko'p tolali ulanishlar konstruksiyasining soddaligi bo'lib, ko'p pozitsiyali adapterga yoki ikki va undan ortiq vilkalarning korpuslarini birlashtiruvchi «klips»larga asoslangan. Konstruksiyasi o'z ichiga dupleks tizimlar, adapter va nasadka orasidagi biror cho'zuvchi kuchlanishni ko'taradigan shiqillovchi fiksatsiyalash mexanizmini o'z ichiga oladi.

FDDI ulagichi FDDI tarmoqlarda foydalanish uchun ishlab chiqilgan. U faqat dupleksli variantga ega bo'lib, 2,5 mm li nasadkadan foydalanadi. Nasadkani zararlanishlardan fiksirlovchi korpus xizmat qiladi. Yumshoq interfeysning mavjudligi ulanish ortiqcha zo'riqishsiz tashkil etish imkonini beradi.

Ulagich tipi	OT tipi	Uchlik tipi	Yo'qotish-lar	Qaytish so'nishi	Ulanish-uzilish sikllari soni
FC\PC	SM\MM	Keramik	0,3	40	1000
ST	SM\MM	Keramik	0,3	40	1000
	MM	Po'lat	0,6	—	1000
	MM	Plastik	0,7	—	250
SC	SM\MM	Keramik	0,3	40	4000
FDDI	SM	—	0,3	35	500
	MM	—	0,5	—	500
ESCON	MM	—	0,5	—	500
SMA	MM	—	1,5	—	200

ESCON-ulagich FDDI-tipidagi ulagichga o'xshash: duplek-sli bajarilgan, 2,5 mm li nasadka va yumshoq interfeys. Muhim farqi suriladigan korpus bo'lib, u ulagichni o'zgartgichga oson ulanishiga imkon beradi.

SMA-ulagichlar. Bu eng eski va ma'lum tip. Ularda SMA-tipidagi buraladigan kallakdan foydalaniladi. Bunday ulagichlar-ning ikki tipi mavjud: 905, unda to'g'ri nasadka ishlatiladi va 906, unda o'zgaruvchan diametrli vstavka bor: SMA-ulagichlardan po'lat nasadkali ko'p tolali tolalar uchun ham, keramik uchlikli bir modali tolalar uchun ham foydalaniladi.

3.9. Optik tolali kabellarning avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari

OTK-AMT ni qurish prinsiplari

Optik aloqa kabellari ishonchli va ularga xizmat ko'rsatish oson; biroq, shunga qaramasdan, optik tolalarning uzilishi kam uchraydigan hodisa emas. Biroq, ko'pincha, qurilish kompaniyalari kabel muhofaza zonasida yer ishlari bajarishlaridan avval aloqa operatorlarini ogohlantirishlari talab qilinishga qaramasdan, tolalar ekskavator va boshqa yer qazish mashinalari ishidan zararlanadi.

Qurilish ishlari, xalaqitlar, tabiiy ofatlar yoki bezorilik harakatlari tufayli uzilishlardan tashqari, sifatsiz payvandli ulanishlar, kabelga namlik o'tishi bilan yo'qotishlarning oshishi, OK ni yotqizish texnologiyasining buzilish tufayli tolaniqning tezkor o'zgarishi bilan bog'liq nosozliklar ham bo'lishi mumkin.

Global ma'lumotlar uzatish tarmoqlari (Wide Area Network – WAN)dan umumiy foydalaniladigan kommutatsiyali telefon tarmoqlarida (Public Switched Telephone Network – DSTN) optik tolali uzatish liniyalari (OTUL)dan foydalanishi optik kabellarning nosozliklarini markazlashtirilgan usulda aniqlashni birinchi o'rniga qo'yadi.

Bu maqsadlar uchun tolali optik kabellarni avtomatlashtirilgan monitoring tizimi (OTK-AMT)dan foydalaniladi, ularning ishlashi liniya parametrlarini (ma'lumotlarni uzatish uchun foydalaniladigan) aktiv yoki passiv (rezerv) tolada teskari yorug'lik oqimi bo'yicha o'lchaydigan optik reflektometrlardan (Optical Time Domain Reflectometr – OTDR) foydalanishga asoslangan.

OK buzilganida an'anaviy xizmat ko'rsatish maqsadlarida OTDR yordamida nuqson joyigacha bo'lgan masofani aniqlash lozim. Bu ko'p vaqtni band qilishi mumkin, chunki o'lchash jihozini va tajribali texnik xodimlarni o'lchashlarni o'tkazish mumkin bo'lgan joyga yetkazib borish kerak. Agar OTK-AMTdan foydalaniladigan bo'lsa, zararlanish joyini izlashga ketadigan vaqt qisqartirilishi mumkin, chunki tizim reflektometri OT ga doimiy ulangan va o'lchash uchun tayyor bo'ladi. Xorij aloqa operatorlari tajribasining ko'rsatishicha, OTK-AMT dan foydalanish OK ulanganida aloqani tiklash vaqtini o'rtacha 20% qisqartirish imkonini beradi.

Amalda barcha OTK-AMTlar o'z tarkibida tarmoq topologiyasini joyning elektron kartasiga Mapinfo(R) standartida bog'lash dasturiga ega. Bu funksiya (vazifa) OTAL ni geografik karta bo'yicha trassirovkalash va optik kabelning zararlangan joyini vizualashtirishga (ko'rinadigan holga keltirishga) imkon beradi.

Shunday qilib, geografik kartada belgilangan markerlar orasida masofalar va reflektogramma bo'yicha o'lchangan masofaning mosligi ta'minlanadi, bu esa zararlanishlarni lokallashtirishni jiddiy yaxshilaydi.

OK ning zararlangan joyini lokallashtirishdan tashqari OTK-AMT statistik ma'lumotlarni (davriy o'lchash natijalarini) to'plash vositasida tolalarning ishdan chiqishini prognozlash va, shuningdek, optik tolali tarmoqni samarali boshqarish uchun hujjatlarni yuritish imkonini beradi.

Dunyo bozorida xorijda ishlab chiqarilgan quyidagi OTK-AMT lar keng tarqalgan: Wavetek firmasining «ATLAS», Agilent Tech firmasining Access Fiber, Lazer Prescion firmasining ORION va Nicotra firmasining OSN-MS tizimlari.

O'zining imkoniyatlari va qurilishi bo'yicha bu tizimlar bir-biriga juda o'xshash, shu sababli ularni birgalikda ko'rib chiqamiz.

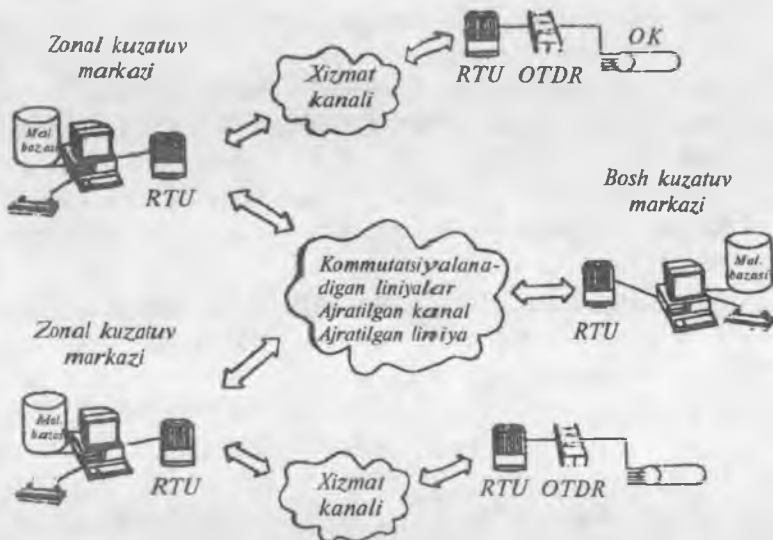
Bu sistemalarning har biri o'z tarkibida RTU (Remote Test Unit)ga – uzoqdagi optik qurilmaga ega bo'lib, ular turli tizimlarda turlicha nomga ega va yordamchi jihozlarning turli naboriga ega bo'lishi mumkin. Biroq umumiy holda qurilma (RTU) 19 yoki 21 dyuyimli karkasga o'rnatiladi. Kontroller moduli, OTDR, aloqa moduli, optik pereklyuchatel, WDM, filtrlarga ega.

Bu sistemalar tuzilish bo'yicha umumiy prinsiplarga ega. Ularni 3.13-rasmda tasvirlangan tarmoq arxitekturasi misolida ko'rib chiqamiz. Tasvirlangan variant bosh kuzatuv markazi (BKM) va tarmoqning muhim strategik punktlarida joylashgan testlash qurilmalari (RTU – Remote Test Unit) bilan bog'langan bir necha zonal kuzatuv markazlari (ZKM)ga ega. Bunda zonal markazlarning uzoqlikdagi qurilmalar (RTU) bilan o'zaro ishlashi raqamli xizmat kanallan bo'yicha V11 yoki G703 interfeysi bilan amalga oshirilishi mumkin. RTU bir nechta OTDR modullari, aloqa modullari, ta'minot bloki, OTDR dan boshqa qurilmalarni (masalan, ta'minotni distansion ulashni boshqarish va h.k.) boshqarishga imkon beradigan elektr kommutatori bilan jihozlanishi mumkin.

ZKM o'z zonasidagi barcha optik qurilmalarni boshqaradi va, shuningdek:

— optik monitoring qurilmalaridan olingan ma'lumotlarni to'playdi, ishlab chiqadi va saqlaydi;

— tolalarning nosozligi aniqlangan holda darhol xabar shakllantiradi va uni bosh kuzatuv markaziga uzatadi;



3.13-rasm. OTK-AMT tarmoq arxitekturasi misoli.

— o'ziga ulangan barcha qurilmalarni sozlashni o'tkazadi va holatini nazorat qiladi;

— quyidagi kabi tarmoq ma'lumotlarini boshqaradi va saqlaydi;

- tola (kabel uzunligi);
- kabeldagi tolalar soni;
- boshlang'ich reflektogrammalar (tizimni o'rnatish vaqtida olingan reflektogrammalar);

- tola nuqsonigacha bo'lgan masofa;

- tarmoq topologiyasida ta'mirlash yoki qayta konfiguratsiyalash oqibatida o'zgarishlar bo'lgan holda ma'lumotlar bazasini yangilaydi, yangi boshlang'ich reflektogrammalar olish uchun o'lchashlar o'tkazadi;

— o'lchash natijalari arxivini saqlaydi va h.k.

Yuqorida sanab o'tilgan barcha axborot tegishli ma'lumotlar bazasida saqlanadi va BKT da grafik yoki jadval shaklida aks ettirilishi mumkin.

BKM barcha axborotlarni ZKM lardan oladi va zarurat bo'lganida istalgan tolalarning reflektogrammasini monitor ekranida

aks ettirishi mumkin. BKM, bundan tashqari, ZKM ning vazifasini bajarishi ham mumkin.

Eng umumiy holda kuzatuv markazlari va uzoqlikdagi qurilmalar orasidagi aloqa quyidagi usullar bilan amalga oshirilishi mumkin:

- kommutatsiyalanadigan liniya, bu holda aloqa o'rnatish uchun telefon raqamini terish va ulanish sodir bo'lguniga bir necha sekund kutish lozim;

- ajratilgan ulashni, bunda aloqa ajratilgan liniya yoki ajratilgan kanal (raqamli, TCh li yoki boshqa) bo'yicha axborotni darhol almashish uchun uzluksiz ushlab turiladi.

OT larni testlash usullari

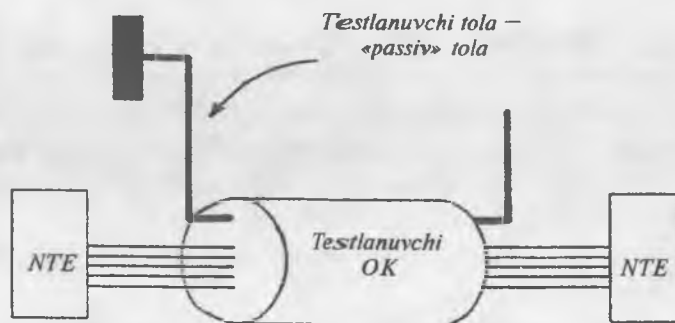
Bellcore ma'lumotlariga asosan, optik kabel barcha buzulishliklarining 80% chasi OTK-AMT tomonidan bitta rezerv (passiv) tolani testlashda topiladi (3.14-rasm).

Mazkur testlash metodi eng arzon va OK da bo'sh tolalar mavjud bo'lganida asosiy metoddir. Uning o'ziga xos xususiyatlari:

- faqat bitta tola talab qilinadi;
- testlash uchun istalgan to'lqin uzunligidan foydalanish mumkin;
- installyatsiyada aloqa ishida tanaffus bo'lishiga olib kelmaydi;
- reflektometrni va mavjud aloqa tizimini modernizatsiya qilishni talab etmaydi;
- OK dagi 80% gacha nosozliklarni payqash imkonini beradi.

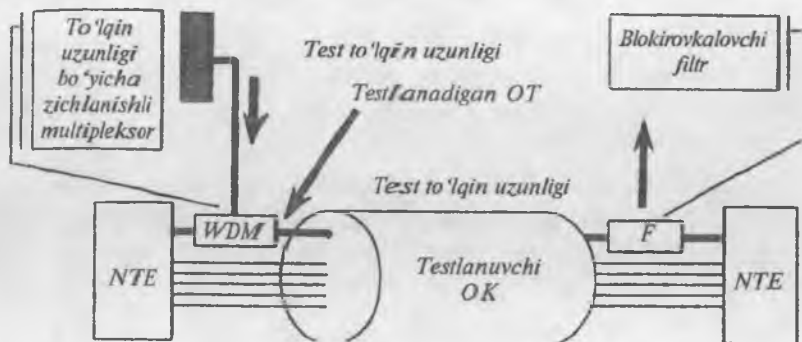
OK da bo'sh tolalar yo'q bo'lganida yoki juda mas'ul yo'nalishlarni nazorat qilish uchun aktiv, grafikni uzatish uchun foydalaniladigan optik tolalarni testlashdan foydalaniladi (3.15-rasm).

Aktiv tolalarda o'lchashlarda uzatish tizimi (NTE) va optik reflektometr ishlaydigan to'lqin uzunligi farq qilishi lozim. Hozirgi vaqtda aloqa tarmoqlarida axborotni uzatish uchun asosan ikkita to'lqin uzunligi 1310 va 1550 nm dan foydalaniladi, shu sababli testlash uchun, trafik 1350 nm uzunlikda uzatilganida 1550 nm dan foydalanish mumkin va aksincha.



3.14-rasm. OT ni passiv testlash.

NTE – Network Terminal Element (tarmoq terminal elementi – oxirgi qurilma)



3.15-rasm. Aktiv OK ni testlash.

MSET «polosasidan» tashqari to'lqin uzunligi sifatida 1625 nm ni qo'llashni tavsiya etadi. U 1550 nm dan yaxshi ajratilgan va optik reflektometrning o'sha unumdorligini ta'min etadi.

Optik reflektometr va uzatish tizimining birgalikda ishlashini ta'minlash uchun OTAL ning uzatish tomonida to'lqin uzunligi bo'yicha zichlanishli multipleksor (Wavelength Division Multiplexer – WDM) o'rnatiladi, u uzatish tizimi lazerlari nurlanishlarini birlashtiradi, qabul qilish tomonida esa uzatish tizimi qabul qilgichni OTDR signalidan himoyalash uchun blokirovkalovchi filtr (F) o'rnatiladi.

Agar WDM uzatuvchi tomonda talab etiladigan ajratishni ta'minlansa, u holda uzatish tizimi lazerining xalaqitlarini so'ndirish uchun OTDR kirishida ham blokirovkalovchi filtr o'rnatish lozim. Tajribaning ko'rsatishicha, uzatish tizimi liniya traktiga passiv elementlarni – WDM, optik kommutator va filtrlarning ulanishi liniyani taxminan 1,2–2 dB so'ndirishga olib keladi.

Aktiv OT larni testlash metodining xarakterli xususiyatlari quyidagilardan iborat.

- ma'lumotlarni uzatish uchun foydalaniladigan aktiv tolalarni testlash;

- optik kommutatorlardan foydalanilganda OK ning barcha tolalarini testlash imkoniyatining mavjudligi;

- qo'shimcha passiv komponentalar (WDM va filtrlar) talab qilinadi va buning natijasida quyidagilar sodir bo'ladi:

- ulanishlardagi qo'shimcha yo'qotishlar, bular aloqa tizimi energetika zaxiralarining kamayishiga olib keladi;

- qo'shimcha xarajatlar;

- OTDR ishlash masofasining kamayishi.

- testlash uzatish tizimi trafiki to'liq uzunligidan farqli to'liq uzunligida o'tkazilishi kerak;

- installasiyalashda mavjud OTUL larda WDM va filtrlarning ulanish vaqti davomida aloqa ishida tanaffus zarur bo'ladi.

OT ni testlashning u yoki bu usulini tanlanishi texnik-iqtisodiy hisob kitob asosida amalga oshiriladi va topologiya tarmog'i, mavjud monitoring tarkibi, reflektogrammalarning diapazoni, erkin tolalar mavjudligi va hokazolarga bog'liq bo'ladi.

OTK-AMT dan foydalanishning xususiyatlari

Optik tolali kabellarning atomatlashtirilgan monitoring tizimi vositalari tarkibini aniqlashda OK ni ishlatishda qilinadigan xarajatlarni qisqartirish va OK dan foydalanish samaradorligini oshirish maqsadlariga erishishga harakat qilinadi.

Bu maqsadlarga monitoring vositalari yordamida bajariladigan quyidagi vazifalar hisobiga erishiladi:

1. Optik tolalar (OT) holatini o'zgarishini prognozlash.
2. Optik tolalarning zararlanish joylarini distansiyadlan aniqlash.
3. OT parametri, OT dan foydalanish, OK o'tish trassalari bo'yicha ma'lumotlar bazalarini yuritish.

OTK-AMTning samaradorligi OK monitoringi vositalarini to'g'ri tanlash va foydalanishga bog'liq. Monitoringning har bir vazifasi bo'yicha OTK-AMT ni qilinadigan xarajatlariga va narxiga eng ko'p ta'sir etadigan asosiy parametrlarni ko'rsatamiz.

Yuqoridagi ikki vazifa bo'yicha bular jumlasiga quyidagilar kiradi:

- distansiyalash nazorat vositalari bilan jihozlangan OT lar soni;
- optik tolalarni nazorat qilish davomiyligi;
- masofadagi reflektometrning dinamik diapazoni;
- OTK-AMT vositalaridan foydalanish variantlari.

Uchinchi vazifa bo'yicha bularga qo'shimcha qilinadi:

- optik kabel o'tish trassalarini joyga bog'lash usullari.

Monitoring sanab o'tilgan vazifalarini amalga oshirishda ushbu xususiyatlar hisobga olinadi.

1. OT holati o'zgarishini prognozlash. OT holatining OK ni tayyorlash va muftalarni montaj qilishdagi texnologiyaning buzilishi bilan bog'liq o'zgarishlarini prognozlash uchun bitta optik tolani davriy nazorat qilib turish yetarlidir. Bu holda davriylik mavsumiy va iqlimiy sharoitlar bilan belgilanadi va oy hisobida olib boriladi.

OTDR dinamik diapazonini tanlash nazorat qilinayotgan tola uzunligiga bog'liq.

2. OT nosozlik joyini distansiyali aniqlash.

Kabel to'la zararlanganida OT ning nosozlik joyini aniqlash uchun bitta optik tolani nazorat qilish imkoniga ega bo'lish yetarlidir.

Kabel qisman zararlanganida barcha optik tolalar nazorat qilinishi lozim.

3. Ma'lumotlar bazasini yuritish.

90600

**“METROLOGIYA, STANDARTLASHTIRISH
VA SERTIFIKATLASHTIRISH” FANI
BO’YICHA
“OPTIK TOLALI LINIYALAR DA
O’LCHASH USULLARI” O’QUV
QO’LLANMASI KUNDUZGI VA SIRTQI
TA’LIM YO’NALISHLARI TALABALARI
UCHUN**

**Kafedra majlisi (12 – may 2008 yil, 24 – sonli
bayonnoma)da tasdiqlangan va TATU ilmiy – metodik
kengashi tomonidan nashrga tavsiya etilgan.**

Mualliflar:  dots. R.I. Isaev
kat. o’qit. U.N. Karimova

Muharrir:  O’. Husanov

Бичими 60x84^{1/16} Адади 25
302 - буюртма. Босма табоғи 5

Тошкент ахборот технологиялари университетининг тасарруфидаги
«ALOQACHi» нашриёт-матбаа марказида чоп этилди.
Тошкент ш, Амир Темур кўчаси, 108-уй