Қазақстан Республикасының білім және ғылым министрлігі
«Кәсіпқор» холдингі» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

**Ғ.А. АЙГАРАЕВА, Қ.С. АСАНОВА,
М.Т. ТУЛЕУЖАНОВА, О.Б. НУРМАНОВ**

ТАЛШЫҚТЫ ОПТИКАЛЫҚ ТАРАТУ ЖҮЙЕСІ

1309000 – «Оптикалық және электрондық құрал-жабдықтар (түрлері бойынша)» мамандығы бойынша техникалық және кәсіптік, орта білімнен кейінгі білім беру жүйесіне арналған, өзектілендірілген үлгілік оқу жоспарлары мен бағдарламалары бойынша оқу құралы ретінде әзірленді

Нұр-Сұлтан, 2019

ӘОЖ 621.38 (075)
КБЖ 31.85 я 73
Т 16

Талшықты оптикалық тарату жүйесі: Оқу құралы / Ғ.А. Айгараева, Қ.С. Асанова, М.Т. Тулеужанова, О.Б. Нурманов.– Нұр-Сұлтан: «Кәсіпқор» холдингі» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, 2019 ж.

ISBN 978-601-333-757-9

Оқу құралы 1309000 – «Оптикалық және электрондық құрал-жабдықтар (түрлері бойынша)» мамандығының ПМ 01 «Талшықты - оптикалық байланыс желілері мен оптикалық жабдықтардың көмегімен ақпарат беру жүйелерінің қазіргі заманғы технологияларын қолдану» модулі бойынша өзектілендірілген оқу жоспарына сәйкес әзірленген. Оқу құралын әзірлеу кезінде ПМ 01 модулін қалыптастыратын бағдарламалар қарастырылып, талданды.

Оқу әдістемесінде талшықты-оптикалық байланыс желілері арқылы ақпарат беру жүйесінің қазіргі заманғы технологияларын қолдану мен оларды пайдалану үдерістері қарастырылған. Сонымен қатар талшықты оптикалық тарату жүйесінде заманауи талапқа сай қолданылатын байланыс телекоммуникация желі қондырғылары келтірілген. Өндірістік мекемелерде қолданылатын талшықты оптикалық желілердің электрлік параметрлері мен олардың техникалық қадағалау тәсілдері сипатталған.

Оқу құралы техникалық және кәсіптік білім беру ұйымдарының студенттеріне арналған.

ӘОЖ 621.38 (075)
КБЖ 31.85 я 73

Рецензенттер:

– «Казақ-Америка Университеті» ЖШС, ҚАУ жанындағы Алматы байланыс колледжі «Байланыс, телекоммуникация және ақпараттық технологиялар. Электрондық техника» бейіні бойынша оқу-әдістемелік бірлестік;

– «BTcom infocommunications» ЖШС.

«Оқулық» Республикалық ғылыми-практикалық орталығымен ұсынылған

© КеАҚ Холдинг «Кәсіпқор», 2019

Мазмұны

Кіріспе..... 5
1- тарау. Талшықты- оптикалық тарату жүйесінің заманауи технологиясын қолдану..... 7
1.1. ТОТЖ байланысын ұйымдастыру..... 7
1.2. Талшықты оптикалық тарату жүйесінің жіктелуі..... 11
1.3. Талшықты - оптикалық байланыс желісінде ақпараттарды тарату әдістері..... 15
1.4. Оптикалық кәбіл..... 18
1.5. Спектрлік нығыздағышы бар талшықты оптикалық жүйелер..... 23
1.6. Таратушы және қабылдаушы оптикалық модульдер..... 26
2-тарау. Магистралды оптикалық көліктік желі..... 38
2.1. Оптикалық ретранслятор..... 38
2.2. Спектрлік нығыздау арналар жүйесі. WDM жүйесі..... 43
2.3. DWDM жүйесі..... 46
2.4. CWDM жүйесі..... 51
3-тарау. Активті және пассивті оптикалық желілері..... 59
3.1. PON архитектурасы..... 59
3.2. PON технологиясы мен түрлері..... 61
3.3. PON желісінің жұмыс істеу принципі..... 63
3.4. Бөлгіштерді таңдау..... 65
3.5. Талшықты оптикалық желінің топология түрлері..... 66
3.6. Талшықты оптикалық желі қондырғылары..... 72
3.7. Активті және пассивті оптикалық қондырғылар..... 79
4-тарау. Талшықты-оптикалық байланыс желілеріне техникалық қызмет көрсету..... 91
4.1. Ағымдағы және жоспарлы техникалық қызмет көрсету..... 91
4.2. ТОБЖ ағымдағы және жоспарлы-профилактикалық қызмет көрсету..... 91
4.3. ТОБЖ техникалық жағдайын жедел бақылау..... 93
4.4. Жер асты кәбілдік канализация..... 95
4.5. Жер асты кәбілдік канализацияға кәбіл төсеу..... 98
4.6. Телефон канализациясының құдықтарына кәбілдерді орналастыру..... 101
4.7.Талшықты оптикалық байланыс желісінде қолданылатын телефон канализациясы..... 102
4.8. Кәбілдерді ғимараттарға енгізу барысында қойылатын талаптар..... 104
4.9. Кәбілдік канализацияда жұмыс істеу кезіндегі қауіпсіздік техникасының ережелері..... 104
4.10. Жер асты құрылыстарында қауіпті газдардың болуын анықтау. 106
4.11. Кәбілдік құдықтарды желдету..... 107
4.12. Кәбілдік канализация құдығының жұмысы..... 108
4.13. Желілік-кәбілдік құрылыстарды ағымдағы жөндеу..... 109

4.14. Брондалған талшықты-оптикалық кәбілдерді пайдалану..... 111
4.15. Ғимаратта желілік жабдықты орналастыру..... 115
4.16. Мультиплексорлық және кросстық жабдықтарды орналастыруға және монтаждауға қойылатын талаптар..... 117
4.17. Кәбілдерді төсеуге қойылатын талаптар..... 120
4.18. Сымдарды плинттерге монтаждау……..... 121
4.19. Оптикалық бауларды (пачкордтарды) салуға қойылатын талаптар..... 122
4.20. Магистралдық оптикалық кәбілді төсеуге қойылатын талаптар……... 126
4.21. Қоректендіргіш кәбілдерді төсеуге қойылатын талаптар..... 127
4.22. Е1 ағындарына арналған кәбілдер……... 128
4.23. Нөмірлік жапсырмалармен таңбалау принциптері…… 130
5 -тарау. Авариялық - қалпына келтіру жұмыстары..... 135
5.1. Зақымдалған кәбіл желісін қалпына келтіру жұмыстарын ұйымдастыру..... 135
5.2. Уақытша сұлба бойынша ТОБЖ қалпына келтіру жұмыстарын ұйымдастыру..... 138
5.3. Зақымданған жерді оқшаулау……. 139
5.4. Кәбілдің зақымдану жерін анықтау.....,..... 141
5.5. Телефон канализациясында оптикалық кәбілдегі зақымдануды жою..... 141
5.6. Оптикалық муфтада ОТ зақымдануын жою..... 143
Қорытынды..... 147
Қысқартылған сөздер.....,..... 148
Глоссарий.....,..... 149
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі.....,..... 151

Кіріспе

Байланыс технологиясының қазіргі қарқынды дамуы, қоғамның ақпарат алмасуға деген қажеттілігінің артуына және ғылыми техникалық прогресстің жетістіктеріне байланысты. Қазіргі кезде оптикалық байланыс техникасы маңызды қызмет атқарады, оның негізі ретінде талшықты-оптикалық байланыс желілері және электрондық құралдар мен оптикалық мультиплексорлеу және коммуникациялау қондырғылары алынады. Олардың құрамына секундына жүздеген гигабиттен бастап, ондаған терабитке дейінгі жылдамдықпен деректерді беру мүмкіндігі бар талшықты оптикалық (световодтар); тұрақтылығы жоғары жартылай өткізгішті және талшықты лазерлер, сезімталдылығы жоғарғы фотодетекторлар, легирленген талшықты оптикалық күшейткіштер және жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіштер және оптикалық коммутаторлар, маршрутизаторлар, мультиплексорлар, демультиплексорлар және компенсаторлар кіреді.

Бағдарламалық қамтамасыздандыру компоненттері мен модульдері сигналдарды тізбектей және параллель өңдеуді жүзеге асыратын электрлік және оптикалық құрылғыларға арналған алгоритмдік бағдарламалармен қамтамасыз етіледі.

Қазіргі кезде цифрлық тарату жүйелері – плезиохронды цифрлық иерархии PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) және синхронды цифрлық иерархии – SDH (Synchronous Digital Hierarchy) талшықты-оптикалық желілік жолдар мен автоматтандырылған техникалық қызмет көрсету пайдаланылады.

Талшықты-оптикалық кәбілдердің шыны талшықтары ақпараттарды беруді үнемі жетілдіруге мүмкіндік береді. Оптикалық сигналдарды бір толқындық берудің орнына толқындардың ұзындықтары бөлінген мультиплексорлеу жүйелері WDM (Wavelength Division Multiplexing), уақыт арқылы бөлінетін электрлік мультиплексорлеу, уақыт арқылы бөлінетін оптикалық мультиплексорлеумен OTDM (Optical Time Division Multiplexing) және сигналдардың кодтық бөлінуімен оптикалық мультиплексрлеу OCDM (Optical Code Division Multiplexing) арқылы толықтырылды.

WDM, OTDM, ODCM жүйелеріндегі берілу қашықтығын шектейтін, дисперсиялық бұрмалану солитон берілісін қолдану арқылы шешіле алады.

Тарату жүйелері тиімді бақылау, басқару, тарату бөлімшелерін резервтеу құралдарымен жабдықталған. Тарату жүйелерінің құрылымындағы соңғы және аралық станциялар бөлініп: қалпына келтіру, күшейту және мультиплексорлеу секцияларына біріктіріледі, әр секцияларда қызмет ететін қондырғылар болуы мүмкін.

Тарату жүйелері көліктік байланыс желісінің ажырамас бөлігі болып табылады. Көліктік желі - бұл желінің көрсетілген нүктелері арасында ақпаратты беруге арналған, басқару жүйелері, байланысты басқару құралдары, жедел коммутация, резервтік басқару және басқару жүйелерінің ресурстарының жиынтығы. Көліктік желі Халықаралық электрбайланыс

одағы МСЭ-Т ITU-T (International Telecommunications Union – Telecommunication Standartization Sector) стандарт негізінде тұрғызылған. Бұл стандарттар арқылы келесі беру жүйелерінің технология құрылымдары және транспорттық байланыс желілері:

- SDH - синхронды цифрлық иерархия;
- ATM (Asynchronous Transfer Mode) - асинхронды беру режимі;
- WDM - толқын ұзындықтары арқылы бөлінген мультиплексорлеу жүйелері;
- Ethernet технологиясы жұмыс істейтін IP- (Internet Protocol) хаттамалар мен MPLS (Multi–Protocol Label Switching) хаттамалары нәтижесінде пайда болған деректер пакеттерін беру - көп хаттамалық жапсырмаларды ауыстыру анықталады.

Тасымалдаудың барлық технологиялық шешімдері жақсы дамыған хаттама архитектурасына ие және оларды аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз етудің өзара әрекеттесу нүктелерінің негізінде өзара байланыстыруға болады.

Көліктік желіде негізгі тасымалдаушы электр және оптикалық жолдар мен тарату жүйесі бар мультиплексорлы секциялар негізінде құрылған арналар болып табылады. Заманауи технологияның көмегімен талшықтың өткізу қабілеті (бит жылдамдығына балама) 10 Гбит/с –тан 3,2 Тбит/с-қа жетеді.

Ұсынылған оқу құралындағы зерттеу тақырыптары: оптикалық және электрондық компоненттер; оптикалық көліктік желілерді мультиплексорлеу және байланыстыру технологиясының оптикалық жүйелері, синхрондау және басқару желілерімен, автоматты коммутацияланған оптикалық желілермен бірге көліктік желілердің желілік элементтерін құру принциптері.

Оқу құралы Қазақстан Республикасының заңнамасына сәйкес әзірленген және қарастырылған. 1309000 - «Оптикалық және электрондық құрал-жабдықтар» мамандығы бойынша үлгілік оқу жоспарымен өзектілендірілген.

Оқу құралында оқу нәтижелерін бағалау үшін және өз бетінше жұмыстарды орындау үшін оқу материалын тексеру және бекіту сұрақтары қарастырылған.

Оқу құралы техникалық және кәсіптік білім беру ұйымдарының студенттеріне арналған.

1– тарау. Талшықты- оптикалық тарату жүйесінің заманауи технологиясын қолдану

1.1 ТОТЖ байланысын ұйымдастыру

Телекоммуникациялық жүйелер дамуының негізгі бағыты талшықты-оптикалық тарату жүйелерін кеңінен қолдану.

Талшықты-оптикалық тарату жүйелері оптикалық сигналдардың қалыптасуын, өңделуін және берілуін қамтамасыз ететін оптикалық құрылғылардың жиынтығы.

Оптикалық сигналдарды таратудың физикалық құралы - бұл талшықты-оптикалық кәбілдер және олардың негізінде құрылған цифрлық байланыс желілері.

Талшықты-оптикалық беру жүйесінің негізгі артықшылықтары:

- сыртқы электромагниттік өрістердің әсеріне сезімталдық және жеке талшықтар арасындағы өзара әсердің мүлдем болмауы;
- өткізу қабілетінің жоғары болуы, сәйкесінше арналар санының едәуір артуы;
- жабдықтың салмағы мен өлшемі бойынша аз болуы;
- өзіндік құнының төмендігі;
- тарату жүйелерінің кірісі мен шығысы арасындағы толық электрлік оқшауланууы;
- оптикалық кәбіл сынған кезде қысқа тұйықталудың болмауы;
- қалпына келтіру бөлігінің арақашықтығының ұзын болуы.

Оптикалық талшықтардың кемшіліктері:

- механикалық беріктілігінің төмендігі;
- оптикалық кәбілдің механикалық деформацияларға тәуелділігі.

Оптикалық талшықты тарату жүйесінде беру ортасы ретінде оптикалық талшық қолданылады.

Талшықты оптикалық тарату жүйесінде қолданылатын барлық жабдықтардың түрлері мен оптикалық тарату жүйесінің жалпыланған сұлбасы 1.1-ші суретте көрсетілген.

Мультиплексор - бұл қондырғы бір-біріне байланыссыз бірнеше арналарды беру жағында біріктіру, ал қабылдау жағында бөлуді қамтамасыз етеді.

Мультиплексорлар аналогты арналармен қатар цифрлық арналарды да біріктіреді. Оптикалық тарату жүйесінде негізінде цифрлық мультиплексорлар қолданылады. Олардың цифрлық жылдамдықтары стандартталған және анықталған:

- бірінші реттік цифрлық арна - 2048 кбит/с;
- екінші реттік цифрлық арна - 8448 кбит/с;
- үшінші реттік цифрлық арна - 34368 кбит/с;
- төртінші реттік цифрлық арна - 139264 кбит/с.

PDH, SDH, ATM технологияларында электрондық цифрлық мультиплексорлар кеңінен таралған. Талшықты оптикалық беру жүйесінде оптикалық арналарды мультиплексорлеу аналогты және цифрлық арналар арқылы жүзеге асырылады. Аналогты оптикалық мультиплексорлеуге WDM толқын ұзындығы арқылы бөлінетін технология жатады, ал цифрлық оптикалық мультиплексорлеуге уақыт арқылы бөлу OTDM және кода арқылы бөлу OCDM технологиялары жатады.

Сурет 1.1. Оптикалық тарату жүйесінің жалпыланған құрылымдық сұлбасы

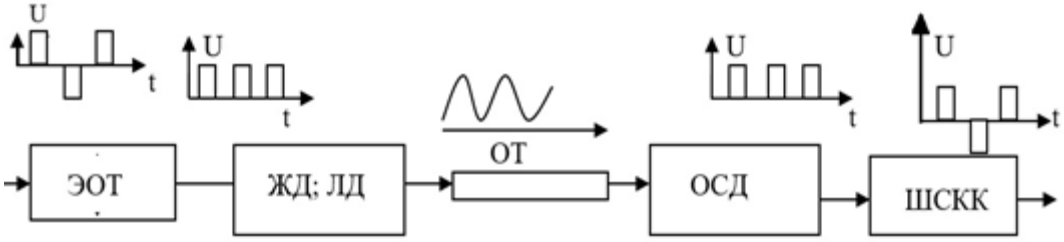
Оптикалық конвертор беру жүйесінде негізгі қызмет атқарады. Ол беру жағында электрлік сигналды оптикалық сигналға түрлендіреді, ал қабылдау жағында оптикалықты электрлікке түрлендіреді. ТОБЖ-ң қысқартылған байланыс құру сұлбасы немесе оптикалық конвертордың сұлбасы 1.2-ші суретте көрсетілген.

Электрлік кіріс сигналы электрлік оптикалық түрлендіргіште (ЭОТ) сигнал үш деңгейліктен екі деңгейлікке түрленеді. Жарық диодында (ЖД) немесе лазерлік диодта (ЛД) ол сигнал оптикалық сигналға айналып, оптикалық талшық (ОТ) арқылы сызықты жолмен қабылдау жағына беріледі. Оптикалық сигнал детекторы (ОСД) оптикалық сигналды керісінше электрлік сигналға айналдырады.

Екі деңгейлі электрлік сигнал шығыс сигналын қалпына келтіру (ШСҚҚ) қондырғысы арқылы үш деңгейліге түрленеді. Конвертор орындайтын функциялар толығымен бақыланады және басқарылады.

Оптикалық күшейткіштер беру жағында біртолқынды немесе көптолқынды сигналдардың қуатын көбейту үшін, ал қабылдау жағында қабылдағыштың сезімталдылығын жоғарылату үшін пайдаланылады. Оптикалық күшейткіштің сипаттамалары оптикалық беру, қабылдау

модульдерімен және талшықты оптикалық желімен келістірілген. Күшейткіштер аралық станциялар қойылмаған кезде пайдаланылады, мысалы су асты желілерде.



Сурет 1.2. ТОБЖ қысқартылған байланыс құру сұлбасы

Тарату жүйелерінің аралық станциялары ретінде әртүрлі құрылғылар ұсынылуы мүмкін: оптикалық түрлендіргіштермен жабдықталған электронды регенераторлар; белгілі бір арналарға қол жеткізе алатын электронды мультиплексорлар; оптикалық сигналдарды таратуға арналған оптикалық күшейткіштер, жекелеген оптикалық арналарға қол жетімділігі бар оптикалық мультиплексорлар. Аралық станциядағы мультиплексорлар құрамына электрлік және оптикалық кросс коммутаторлары кіреді.

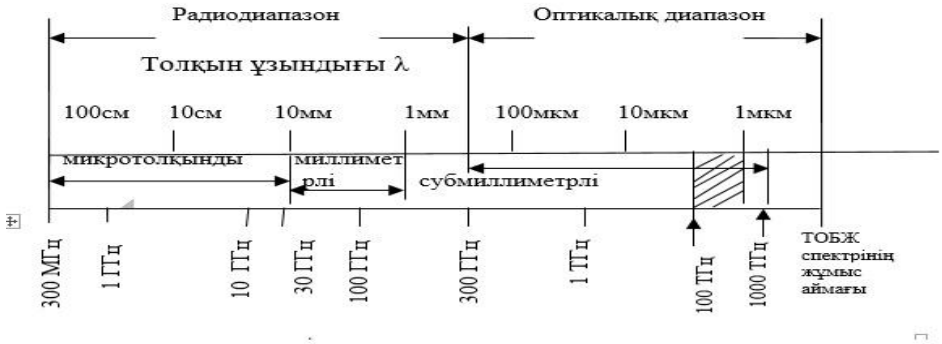
Цифрлық оптикалық тарату жүйелері телебақылау және басқару қондырғыларымен қамтамасыз етілген, соның нәтижесінде барлық тарату жүйесінің компонентері бақыланады және бұзылу жағдайында ақаулар тез жойылады.

Оптикалық тарату жүйелерінің физикалық ортасы ретінде шыны талшықты, пластикалық талшықты, фотонды кристалды талшықтан және атмосферадан ұсынылуы мүмкін. Оптикалық қуаттың өте аз жоғалуына және сигналдардың аздап бұрмалануына байланысты беріліс жүйелеріндегі негізгі қолданба шыны-оптикалық талшықтар болып табылады.

Оптикалық кәбілдерді төсеу әдетте қысқа бөлімшелерде (3 км-ден көп емес) пайдаланылады. Бұл кезде мүмкін болатын беру жылдамдығы 155,52 Мбит/с аспайды. Қазіргі уақытта көпшілік талшықты-оптикалық байланыс 622 Мбит/с дейінгі жылдамдықты пайдаланады. Бірақ 2,5 Гбит/с және одан жоғары жылдамдықтағы Тбит/с жылдамдықтарының қолданылуы да ТОБЖ қарастырылуда. Оптикалық сәулеленудің жиілігі де, толқын ұзындығы да оптикалық кәбілдер мен ТОБЖ компоненттерінің параметрлерін сипаттау үшін қолданылады. Сондықтан, бұл айнымалылардың өзара байланысын білу пайдалы. Бұл өту жолақтарын толқын ұзындығының немесе жиіліктің ауытқуы тұрғысынан сипаттаған кезде өте маңызды.

Оптикалық диапазонда көрінетін жарық 380 нм (күлгін) мен 780 нм (қызыл) аралығындағы спектрлік аймақты алады және ультракүлгін сәулемен қысқа толқындардың жағында, ал ұзын толқындардың жағында - инфрақызыл сәулелену шекаралары бар. Оптикалық байланыс үшін ең жақын қосымша инфрақызыл деп аталатын диапазонға ие (0,8; 1,675 мкм), ол 1.3-ші суретте көрсетілген.

Оны қолдану екі факторға байланысты: энергия шкаласында бұл диапазон бірқатар жартылай өткізгіштердің диапазондығына сәйкес келеді. Яғни мұндай сәулеленудің кванттары тек валенттілік электрондарының иондалуымен түзілуі және сіңірілуі мүмкін. Сондықтан тиімді жартылай өткізгіш құрылғыларды шығаруға және оларды тарату орталарына сәйкестендіруге болады.



Сурет 1.3. ТОБЖ 300 МГц жоғары жиілік спектрінің жұмыс аймағы

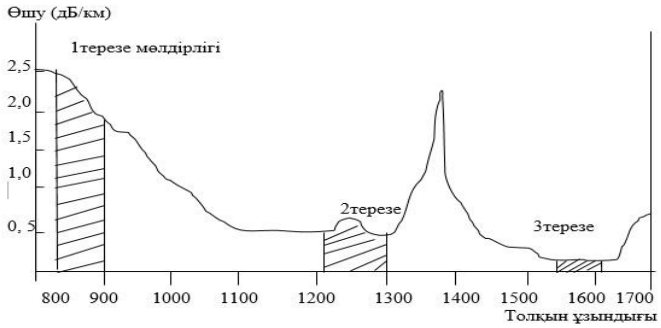
Оптикалық сигналдың толқын ұзындығы мен жиілігінің қатынасы арқылы жарық жылдамдығы анықталады. Толқын ұзындығы λ, оның өлшем бірлігі метр, ал f- жиілік, оның өлшем бірлігі Герц, С – вакуум ішіндегі жарық жылдамдығы, өлшем бірлігі м/с. $C = 3*10^8$ м/с.

$$C = \lambda f \qquad (1.1)$$

Мысалы: ЖМ (жиіліктік модуляция) - станция әуенді 106 МГц жиілікте береді. Оның эквивалентті толқын ұзындығы келесі мәнге тең болады:

$$106*10^6 * \lambda = 3*10^8$$
$$\lambda = 3*10^8/106*10^6 = 2{,}830 \text{ м.} \qquad (1.2)$$

Оптикалық таралу жүйесінде пайдаланылатын толқын ұзындықтары өшуге байланысты болады.



Сурет 1.4. Толқын ұзындығына байланысты оптикалық талшықтың өшуі

1.4-ші суретте 3 терезе мөлдірлігі көрсетілген, олар ТОБЖ толқын ұзындығының жұмыс диапазондарын анықтайды:

1) 820-900 нм;

2) 1280-1350 нм;

3) 1528-1561 нм.

3 терезе 1620 нм-ге дейін кеңеюі мүмкін. Егер толқын ұзындығы белгілі болса, онда оның жиілігін тауып алуға болады.

$F_{1 =} 3*10^{8}/1528*10^{-9} = 1,96*10^{14}$ Гц = 196 ТГц.

$F_{2=} 3*10^{8}/1620*10^{-9} = 1,85*10^{14}$ Гц = 185 ТГц.

F_1 –ден F_2 –ні аламыз да, пайдалы жұмыс аймағын осы терезе үшін 11 ТГц немесе 11000 ГГц тең екендігін анықтаймыз.

Бақылау сұрақтары

1. Оптикалық беру жүйесі дегеніміз не?
2. Талшықты оптикалық тарату жүйелерінің артықшылықтарын атаңыз.
3. Талшықтық - оптикалық байланысты ұйымдастыру принципі түсіндіретін жалпыланған сұлбаны сызып түсіндіріңіз.
4. ТОБЖ қысқартылған байланыс құру сұлбасын сызып түсіндіріңіз.
5. Жарық, лазерлік диодтардың қызметін түсіндіріңіз.
6. Тарату жүйелерінің аралық станциялары ретінде қандай құрылғылар пайдаланылады?
7. Фотоқабылдағыш қызметін атқаратын қондырғыны атаңыз және жұмыс әрекетін түсіндіріңіз.
8. Оптикалық тарату жүйелерінің физикалық ортасы ретінде не алынады?
9. ТОБЖ қандай толқын ұзындықтарын қолданады?
10. Қанша терезе мөлдірлігі бар және ол неге байланысты өзгереді?

1.2. Талшықты оптикалық тарату жүйесінің жіктелуі

ТОТЖ жіктелуі:

1. ТОТЖ қолданыстағы канал құрайтын жабдыққа байланысты бөлінеді:

- аналогтық талшықты-оптикалық тарату жүйелері (АТОТЖ) – арна түзетін жабдық гармоникалық тасымалдаушы жиілік (амплитудалық, жиіліктік, фазалық модуляция және олардың комбинациясы) параметрлерін модуляциялаудың аналогты әдістерінің негізінде құрылған;

- цифрлық талшықты-оптикалық тарату жүйелері (ЦТОТЖ) – арна түзетін жабдық импульстік-кодтық модуляция, дельта-модуляция және олардың түрлері негізінде құрылған;

2. ТОТЖ оптикалық сәулеленуді модуляциялау тәсіліне байланысты бөлінеді:

- тікелей модуляция деп аталатын және ЦТОБЖ-нің көпшілігінде кеңінен қолданылатын оптикалық сәулеленудің қарқындылық модуляциясы және соған сәйкес демодуляциясы бар талшықты-оптикалық тарату жүйелері;

- оптикалық сәулеленудің аналогты модуляция әдісі бар талшықты-оптикалық тарату жүйелері (оптикалық тасымалдаушы): амплитудасы, фазасы, жиілік модуляциясы және олардың комбинациясы.

3. Оптикалық сигналды қабылдау немесе демодуляциялау тәсіліне байланысты цифрлық оптикалық тарату желісі бөлінеді:

- тікелей демодуляциямен немесе тікелей қабылдаумен талшықты-оптикалық тарату жүйелері, онда оптикалық сәулелену қарқындылығы электр сигналына тікелей түрлендіріледі;

- аралық жиілікте жүзеге асырылатын модуляция түріне (синхронды немесе синхронды емес) байланыссыз гетеродинді немесе гомодинді жиілік түрлендіруі қолданылатын когерентті талшықты-оптикалық тарату жүйелері.

Гетеродинді қабылдау кезінде жиілік оптикалық сигналымен бір уақытта фотодетекторға жергілікті гетеродиннің жиілігімен жеткілікті қуатты оптикалық сәулеленуі беріледі. Фотодетектордың шығысында оптикалық сигналды электрге және одан әрі түрлендіру жүзеге асырылатын аралық жиілік бөлінеді. Қабылданатын оптикалық сәуленің және жергілікті гетеродиннің тербеліс жиілігін қабылдаудың гомодинді әдісі кезінде бірдей фазалар синхрондалған болуы тиіс.

4. ТОТЖ екі жақты байланысты ұйымдастыру тәсіліне байланысты бөлінеді:

- оптикалық сигналдарды беру және қабылдау екі оптикалық талшық бойынша жүргізіледі: екі талшықты бір жолақты бір кәбілді толқынның бір ұзындығында жүзеге асырылады;

- бір талшықты бір жолақты бір кәбілді. Оның ерекшелігі бір оптикалық талшық толқынның бір ұзындығына екі бағытта сигнал беру үшін бір оптикалық талшық қолдану болып табылады;

- бір бағытта таратылатын оптикалық сәулелену толқынының ұзындығында жүргізілетін оптикалық сигналдар бір талшықты екі жолақты бір кәбілді болып табылады.

5. ТОТЖ тағайындау және беру қашықтығы бойынша бөлінеді:

- мың километрге хабарламалар беруге арналған және республикалардың, өлкелердің, облыс орталықтарын, ірі өнеркәсіптік және ғылыми орталықтарды және т. б. бір-бірімен байланыстыратын магистральды ТОТЖ;

- республикалардың, өлкелердің, облыстардың әкімшілік шегінде және ұзындығы 600 км дейін байланысты ұйымдастыруға арналған аймақтық ТОТЖ;

- қалалық және ауылдық телефон желілерінде станция аралық жалғау желілерін ұйымдастыруға арналған жергілікті желілерге арналған ТОТЖ;

- есептеуіш машиналар арасындағы байланысты қамтамасыз ететін ақпаратты тарату үшін, жергілікті компьютерлік желілер мен кәбілдік теледидар желілерін ұйымдастыруға арналған ТОТЖ.

6. Оптикалық талшықты нығыздау әдістері бойынша (мультиплексорлеу) бөлінеді:

- спектрлік нығыздаумен немесе толқын ұзындығын бөлумен (мультиплексорлеу) бір оптикалық талшық арқылы бір уақытта бірнеше спектрлік таратылған оптикалық тіреуіштерге беріледі. Олардың әрқайсысы тиісті арна құраушы жабдықпен қалыптастырылған көп арналы сигналмен модуляцияланады;

- жиіліктік немесе гетеродинді нығыздау бойынша, бұл кезде әртүрлі көздердің бастапқы көпарналы сигналдарына тарату жүйелерінде, желілік трактілерде белгілі бір жиілік жолақтары бөлінеді;

- цифрлы уақытты нығыздау бойынша (уақытты мультиплексорленген), бұл кезде бірнеше ақпараттық немесе компоненттік ағындарды бір-біріне біріктіріп, әр компоненттік ағындарды бір - бірден жіберу үшін өз уақыт аралығы бөлінеді.

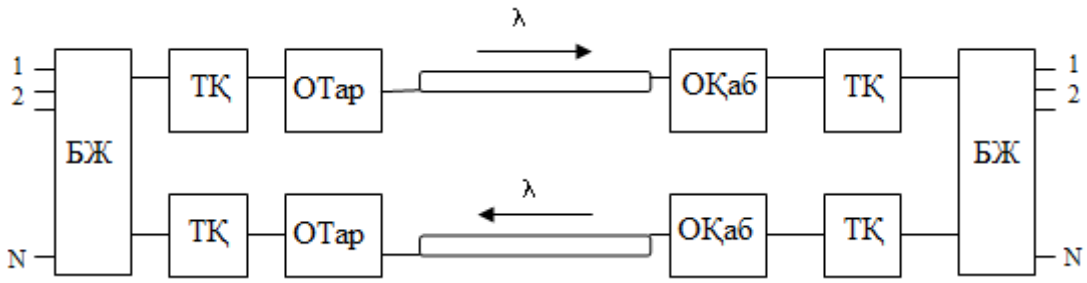
Талшықты-оптикалық тарату жүйесі негізінде қолданылатын екі жақты байланысты ұйымдастыру тәсілдері.

Оптикалық сигналдарды беру және қабылдау екі оптикалық талшық бойымен жүргізіледі және толқынның бір ұзындығында жүзеге асырылады.

Қазіргі уақытта ТОТЖ-ның соңғы аппаратуралары ретінде таратудың цифрлық жүйесі пайдаланылады. Мұның басты себебі - цифрлық тарату жүйесінің аналогтық жүйемен салыстырғанда бірқатар артықшылығы: тосқауылға төзімділігінің жоғарлығы; тарату сапасының желілік тракт ұзындығына тәуелділігінің аздығы; техникалық экономикалық көрсеткіштерінің жоғарылығы, т.б. Оптикалық сәуле шығару көздерінің сызықтық еместігінің және тосқауылдан сақтануды қамтамасыз етудің техникалық күрделілігі себебінен әзірше талшықтық - оптикалық тракттарда аналогтық тарату жүйесі пайдаланылмайды.

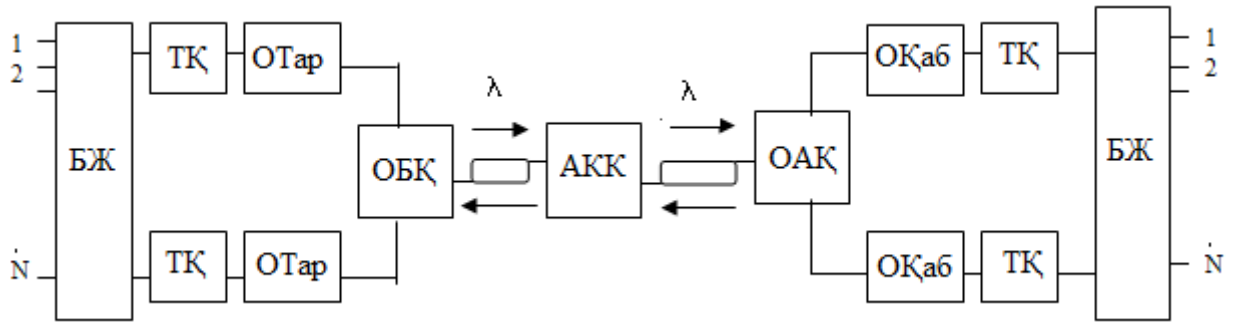
Қазіргі уақытта ТОТЖ екі талшықты, бір жолақты, бір кәбілді түрде құрылады (сурет 1.5). Мұндай құрылымда тарату және қабылдау екі талшық бойынша бөлек ұйымдастырылады және толқын ұзындықтары бір ұзындықта болады. Оптикалық талшық екі символдық физикалық тізбектің эквиваленті болып табылады. Оптикалық талшықтардың өзара ықпалы өте аз болатындықтан әртүрлі жүйенің тарату және қабылдау тракттары бір кәбіл бойынша ұйымдастырылады, яғни ТОТЖ бір кәбілді болып табылады.

Мұндай сұлбаның артықшылығы - тарату және қабылдау, аралық және соңғы жабдықтарының бір типте болуы. Айтарлықтай кемшілігі - оптикалық талшықтың өткізу қабілетін пайдалану коэффициентінің төмендігінде.



Сурет 1.5. Екі талшықты бір жолақты бір кәбілді

Кәбілдік жабдықтарға жұмсалатын шығындар ТОТЖ құнының үлкен бөлігін құрайтындықтан, ал оптикалық кәбілдің бағасы қазіргі кезде айтарлықтай жоғары екендігін ескеріп, оптикалық талшық арқылы бір мезгілде берілетін ақпараттар көлемін арттыру арқылы оның пайдалану тиімділігін арттыру мәселесі алға қойылады. Оны шешу үшін бір оптикалық талшық арқылы бір-біріне қарсы бағытта (екі бағытта) ақпараттар таратуды ұйымдастыруға болады. Мұндай жағдайда соңғы станцияларда тарату бөлігінде оптикалық біріктіру қондырғысы (ОБҚ), ал қабылдау бөлігінде оптикалық ажыратушы (развязывающие) құрылғылар (ОАҚ) және желі трактісінде аралық коррекциялаушы күшейткіштер (АКК) пайдаланылады (сурет 1.6). Мұндай сұлбаның басты ерекшелігі - оптикалық талшықты бір ұзындықтағы толқындар арқылы екі бағытта сигналдар тарату үшін пайдалану.



Сурет 1.6. Бір талшықты екі жолақты бір кәбілді
ТОТЖ құрылу принциптері

Екі жақты (дублекстік) жүйенің принципиалдық ерекшелігі - бір-біріне қарсы бағытта тосқауылдардың болуы, өтуші тосқауылдар оптикалық талшықта рэлеевтік кері шашыраулар есебінен пісіріп қосылған орындардан, желілер аяғында разъемдік қосылыстардан шағылысудан пайда болады. Кері шашырау тосқауылдарын тұрақты және жиілікке тәуелді болатын айнымалы түрлерге бөлуге болады. Олардың фотоқабылдағыш құрылғысының сезімділігіне тигізетін әсері әртүрлі. 1.1-ші кестеде өтуші өшудің A_0 тұрақты құраушысының есептеу қорытындысы келтірілген.

Кесте 1.1 Өтуші өшудің A_0 тұрақты құраушысының есептеу мәндері

Толқын ұзындығы λ, *мкм*	$\alpha, дБ/км$	талшық үшін өту өшуі, Ао, дБ	
		Көп модалық	Бір модалық
0,85	2,3	29	35
1,3	1,0	33	39
1,55	0,3	31	37

Кестеден A_0=39 дБ максимал мағынасы бірмодалық талшықта (ОВВ) λ=1,3 мкм толқынға сәйкес келетінін көреміз.

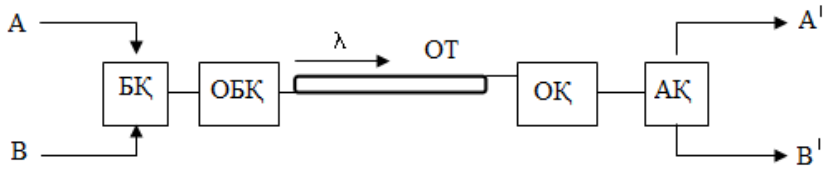
Бақылау сұрақтары

1. Талшықты оптикалық беру жүйелерінің жіктелуі.
2. Екі талшықты бір жолақты, бір кәбілді байланыс құрылу сұлбасын сызып, жұмыс әрекетін түсіндіріңіз.
3. Бір талшықты екі жолақты бір кәбілді байланыс құрылу сұлбасын сызып, жұмыс әрекетін түсіндіріңіз.
4. Оптикалық талшықта қолданылатын нығыздау әдістерін атаңыз және сұлбаларын сызып, түсіндіріңіз.
5. Толқын ұзындығы қалай және қай параметрге байланысты анықталады?

1.3 Талшықтық - оптикалық байланыс желісінде ақпараттарды тарату әдістері

Оптикалық сигналды тарату ортасы ретінде пайдалануда нығыздаудың уақыттық, жиіліктік және спектралдық әдістерін пайдалануға болады [1].

Уақыттық нығыздау. Бұл әдіс бірнеше ақпараттық ағындарды біріктіруді қарастырады. Біріктіру электрондық аппаратуралар деңгейлерінде және оптикалық сигналдар деңгейлерінде орындалуы мүмкін. Электрлік сигналдар деңгейлерінде біріктіруде (сурет 1.7) А және В кірістерінен келіп түсетін импульстердің екі сериясы (сигнал көзі N болуы мүмкін) біріктіруші құрылғы (БҚ) көмегімен белгілі бір кезектесу тәртібімен топтық сигналға біріктіріледі. Топтық сигнал оптикалық тарату қондырғысында оптикалық тасымалдаушыны модуляциялайды.

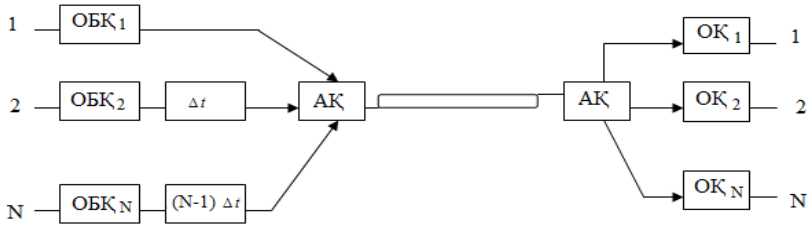


Сурет 1.7. Электрлік сигналды біріктіру деңгейінде уақыттық нығыздау принципі

Оптикалық сәуле оптикалық талшық бойымен таралып оптикалық қабылдағышқа жетеді де, онда қайтадан электрлік сигналға түрлендіреді. Сосын ол сигнал бөлу құрылғысы (БҚ) арқылы екі импульстер сериясына ажыратылады және олар A^1, B^1 шығыстарына беріледі.

Оптикалық цифрлық ағындарды біріктіру сұлбасы 1.8-ші суретте көрсетілген. N ақпарат көзінен оптикалық цифрлық ағындар N оптикалық тарату қондырғысына беріледі. Оларда электрлік сигналдар оптикалық сигналдарға түрленеді. Оптикалық сигналдарды біріктіру алдында олардың әрқайсысы Δt; $2\Delta t$; $3\Delta t$;; (N-1) Δt уақыттарына тежеледі.

Осындай тежеулерден кейін оптикалық қосқыш (смеситель) шығысында оптикалық импульстер тізбектілігі алынады. Қабылдау жағында бұған кері процесстер жүргізіледі.



Сурет 1.8. Оптикалық сигналды біріктіру деңгейінде уақыттық нығыздау принципі

Уақыттық нығыздау әдісінде өте қысқа (10^{-9} с және одан да қысқа) жарық импульстерін таратуға тура келеді. Ондай импульстерді тарату ТОТЖ тарату және қабылдау аппаратуралары оптоэлектрондық бөліктерінің тез әрекетелігіне өте жоғары талаптар қояды. Ол талаптар құралдардың шектік мүмкіндіктеріне жақын. Сонымен қатар тарату жылдамдығы (кең жолақтылығы) оптикалық талшықтық дисперсиялық қасиетімен шектеледі.

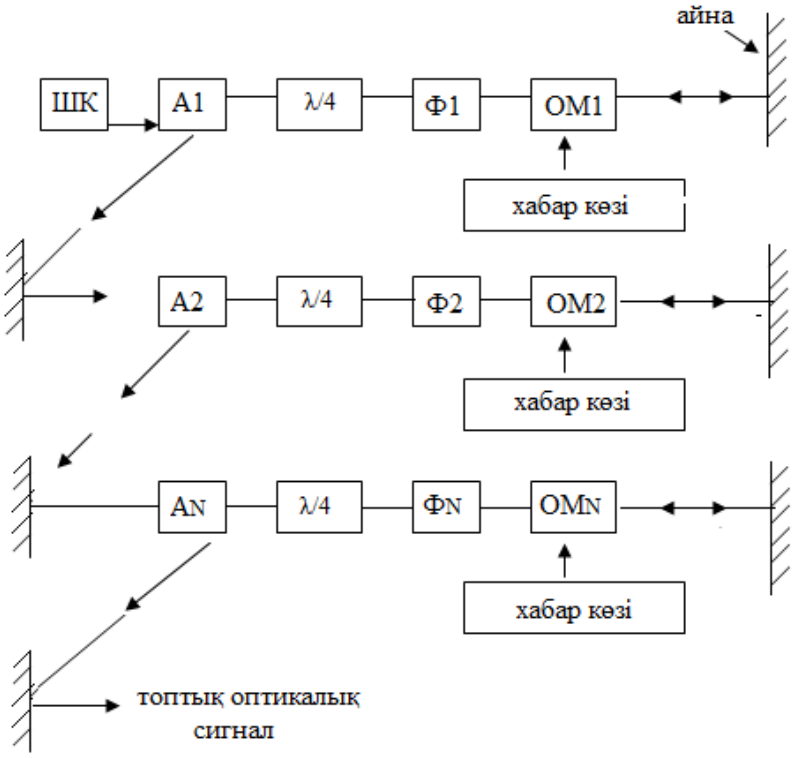
Уақыттық нығыздаудың негізгі артықшылығы: оптикалық талшықтың өткізу қасиетін пайдалану коэффициентінің артуы (8÷16 Гбит/с жылдамдықпен таратуда тәжірибе жүзінде қол жеткізілген); толық оптикалық байланыс торабын жасауға мүмкіндіктің болуы.

Жиіліктік нығыздау. Мұндай жүйеде әртүрлі ақпарат көздерінен келетін сигналдар үшін желілік трактта оларға сәйкес жиілік жолақтары бөлінеді (сурет 1.9). Мұндай жағдайда желілік топтан сигнал алу үшін жақын орналасқан оптикалық тасымалдаушы сигнал қажет болады [1].

Бірақ жартылай өткізгіштік лазердің сәуле шығару сызығының, әсіресе жоғары жылдамдықты модуляциялауда - тұрақсыздығы көрші арналардың жұмысшы толқын ұзындықтарының арасындағы спектр бойынша қашықтығының ақпараттық сигналдың жолағынан көптеген есе үлкен болуына апарып соғады. Сондықтан ТОТЖ-да жақын орналасқан спектрлік арналарды алу үшін әртүрлі тасымалдаушылар алынады. Бірақ олар әртүрлі көздерден емес ығыстыру арқылы бір оптикалық тасымалдаушылардан алынады.

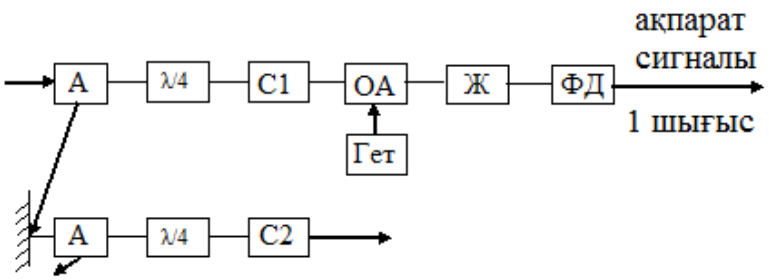
Құрамында f_1, f_2, f_3,…f_N тасымалдаушылар қатары бар оптикалық сәуле лазерлік сәуле шығару көзінен (СШ) $А_1$ анализаторына келіп түседі. Анализатор Глан-Тейлор призмасы түрінде болады. Одан кейін сәуле ширек-толқындық призмадан өтіп бірінші арна сүзгісіне ($Ф_1$) беріледі. Ол сүзгі бірінші арнаның f_1 оптикалық тасымалдаушысын сол арнаның ОМ1 модуляторына өткізеді. Ол сәуле (сигнал) онда модуляцияланады. f_2, f_3,…f_N жиіліктеріндегі оптикалық сәуле сүзгіден шағылысып кері қайтады. (f_1 басқалары) және $А_1$ анализаторына беріледі. Жолға ол ширектолқындық призма арқылы қайтадан өтіп, $А_2$ анализаторына беріледі.

Бірінші арнаның оптикалық тасмалдаушысы $ОМ_1$-де модуляцияланғаннан кейін айнадан шағылысып $А_1$ анализаторына кері оралады. Ширек толқындық призмадан екі рет өткен оптикалық сигналдың поляризациялық жазықтығы алғашқы тербеліс жазықтығымен салыстырғанда π/2 бұрышына өзгереді. Сондықтан ол негізгі жарық тобынан ауытқып одан шығып кетеді. Жалпы сигнал одан әрі $А_2$ анализаторына түседі, процесс f_2 жиілігі үшін қайталанады. Осылайша оптикалық байланыс желісіне берілетін оптикалық топтық сигнал құрылады.



Сурет 1.9. Жиіліктік (гетеродентік) нығыздаудағы топтық оптикалық сигналды құру принципі

Қабылдау принципі модуляцияланған оптикалық сигналдар қатарынан тұратын оптикалық топтық сигнал $А_1$ анализаторына беріледі (1.10-сурет). Сосын ширектолқындық призмадан, бірінші арна сүзгісінен өтіп оптикалық араластырғышқа (ОА) беріледі. $Ф_1$ сүзгісі тек f_1 жиіліктегі оптикалық сигналды өткізеді.



Сурет 1.10. Жиіліктік (гетеродиндік) нығыздаудағы топтық оптикалық сигналды қабылдау принципі

Қалған сигналдар шағылысып, А2 анализаторына беріледі. f_1 жиіліктегі оптикалық модуляциялаған сигнал ОА-да жергілікті гетеродин жиілігімен араластырылады. Араласқан жиілікпен жолақты сүзгі ЖС (ПФ) арқылы $f_{пр}$ аралық жиілігіндегі сигнал бөлініп шығарылып, ол ФД фотодетекторына беріледі. ФД шығысында электрлік сигнал құралады. Осылайша қабылдау гетеродиндік қабылдау есебінен регенерациялық бөлімше ұзындығы 100 ÷200 км-ге дейін артады; оптикалық талшықтың өткізу жолағын пайдалану коэффициенті де артады. Кемшілігі - бұл әдісте қабылдау мен тарату оптикалық трактарында поляризацияны сақтау қажет, ол үшін көптеген қосымша құралдарды пайдалану қажеттілігі: жиіліктерді ығыстырушылар, оптикалық вентильдер, поляризация бақылаушысы, оптикалық күшейткіштер, жиіліктерді автоматты түрде баптаушылар, т.б. пайда болады. Бұлар жүйені күрделендірумен қатар құнын да жоғарылатады.

Бақылау сұрақтары

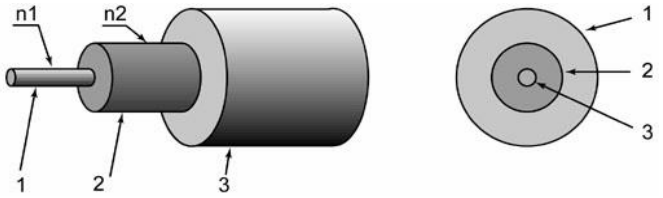
1. Нығыздау әдістерін атаңыз, элементтерінің қызметін түсіндіріңіз.
2. Электрлік сигналды біріктіру деңгейінде уақыттық нығыздау принципін түсіндіретін сұлбаны сызып түсіндіріңіз.
3. Оптикалық сигналды біріктіру деңгейінде уақыттық нығыздау принципін түсіндіретін сұлбаны сызып түсіндіріңіз.
4. Жиіліктік (гетеродентік) нығыздаудағы топтық оптикалық сигналды құру принципінің сұлбасын сызып, алдыңғы сұлбалармен салыстыра отырып түсіндіріңіз.
5. Нығыздаудың қажеттілігін түсіндіріңіз.
6. Берілген нығыздау тәсілдерін салыстыра отырып, қай тәсілдің тиімді екенін анықтаңыз?

1.4 Оптикалық кәбіл

ТОТЖ-да ақпарат сигналдары ОК оптикалық кәбіл бойынша беріледі. Оптикалық кәбілдің негізгі элементі оптикалық талшық (ОТ) болып табылады. ОТ оптикалық мөлдір диэлектриктің домалақ стерженді құрайды.

Оның бойымен жарық толқындары таралады. Оптикалық талшықты басқа механикалық ақаулардан сақтау үшін оның құрылымын бірнеше элементтерден: қорғау қабығынан, күш элементтерінен, бөлгіш қабықтарынан, сыртқы қорғау қабықтарынан, гидрофобты толықтырғыштардан құрастырады [2].

Көп модты талшыққа әртүрлі бұрышпен түскен сәуле әр түрлі жолдармен таралады. Сондықтан оларды: сатылы және градиентті деп бөледі. Оптикалық талшықтың құрамы 1.11-ші суретте келтірілген.



Сурет 1.11. Оптикалық талшық құрылымы

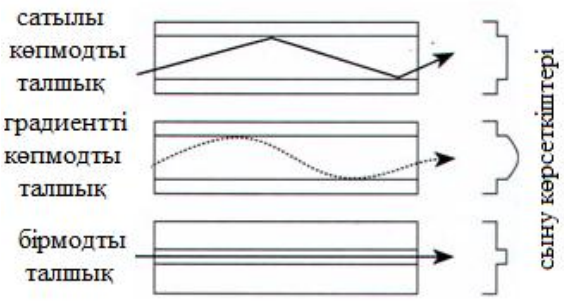
1 – оптикалық сигнал таралатын өзекше (жарық өткізгіш).

2 – сигналды талшықтан шығармас үшін өзекшені қорғап тұратын шағылысу қабығы. Сондықтан өзекшенің сыну көрсеткіші n_1 қабықшаның сыну көрсеткішінен n_2 үлкен болу керек: $n_1 > n_2$

3 – 250 диаметрлі эпоксиакрилатты төсеніш немесе 900 мкм диаметрлі буферлі полимер төсеніші. Олар өзекше мен қабықшаны сыртқы әсерлерден және ылғалдан сақтайды.

Көп модты талшық (мод- бағытталған толқын) – көптеген толқын түрлерін өткізеді. Оның өзекше диаметрлері 50 немесе 62,5 мкм, шағылысу қабықшасының 125 мкм. Ол жергілікті желіде қолданылады және оның тарату жүйесіндегі жылдамдығы 400 Мбит/с. Сәуле шығару көзі ретінде суперлюминесцентті диод қолданылады. Ол 850 және 1300 нм толқын ұзындығында сәулеленеді.

Сатылы және градиентті көп модты талшықты сыну көрсеткіштерінің кескіні арқылы ажыратуға болады (сурет 1.12).



Сурет 1.12. Сатылы және градиентті көп модты талшық пен бір модты талшықтың сыну көрсеткіштерінің кескіні

Сатылы кескінді көп модты талшықты анықтайтын мод аралық дисперсия болып табылады, яғни әртүрлі модтың талшық бойынша таралу уақыт айырмашылықтары:

$$\Delta\tau_1 = n_1 1\Delta / c \qquad (1.3)$$

мұндағы с – жарықтың таралу жылдамдығы.

Градиентті талшық үшін мод аралық дисперсия мәні аз, өйткені аз сыну көрсеткіші ортасында үлкен қашықтыққа таралатын сәуле мен көп сыну көрсеткіші ортасында аз қашықтыққа таралатын сәуленің таралу уақыттары бірдей:

$$\Delta\tau_1 = n_1 1\Delta / 2c \qquad (1.4)$$

Көп модты талшықта мод саны мөлшерленген жиілік немесе талшық **V**-параметрі арқылы анықталады:

$$V = \pi d n_1 \lambda^{-1} (2\Delta)^{1/2} \qquad (1.5)$$

мұндағы: $\pi = 3.14$

λ - толқынның сәулелену ұзындығы;

d - өзекше диаметрі;

n_1 - өзекшенің сыну көрсеткіші.

1.2- ші кестеде әртүрлі толқын ұзындығында таралатын сатылы және градиентті талшық үшін дисперсия мәндері келтірілген.

Кесте 1.2 Оптикалық талшықтағы дисперсия мәндері

Толқын ұзындығы нм	Сәуленің шығу көзі	Материалды дисперсия, нс/км	Сатылы талшық		Градиентті Талшық	
			Мод аралық дисперсия нс/км	жалпы дисперсия нс/км	Мод аралық дисперсия нс/км	жалпы дисперсия нс/км
900	СД	2,1	15	15	0,5	2,2
	Лазер	0,2	15	15	0,5	0,5
1330	СД	0,1	15	15	0,5	0,5
	Лазер	0,01	15	15	0,5	0,5
1550	СД	1,2	15	15	0,5	1,3
	Лазер	0,1	15	15	0,5	0,5

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \qquad (1.6)$$

n_2 – қабықшаның сыну көрсеткіші.

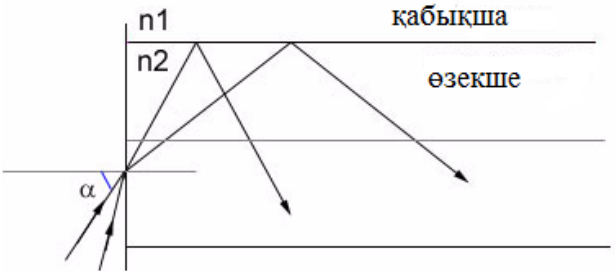
Сатылы талшықтағы мод саны анықталады:

$$M = \frac{V^2}{2} \qquad (1.7)$$

Ал градиентті параболалық сыну көрсеткішінің кескіні екі есеге аз болады:

$$M = \frac{V^2}{4} \qquad (1.8)$$

V>>1 үшін қатынастары дұрыс. Көп модты талшық үшін V=50, яғни 1250 мод сатылы талшықта және 625 мод градиентті талшықта.



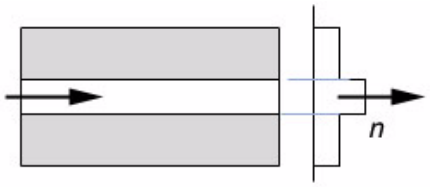
Сурет 1.13. Оптикалық талшық бойынан жүретін толқындар жолдары

Модтар өзекше ішінде сақталынады және олардың талшық осьі бойынша зигзаг түрінде таралуы келесі шарт бойынша анықталады:

$$\sin\alpha \le \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \qquad (1.9)$$

Бір модты талшық (Single Mode Fiber) 8.5 - 10 мкм диаметрлі өзекшеден тұрады және ол 1300 және 1550 нм толқын ұзындықтарында лазерлі шығу көзін қолданатын кәбілді теледидар мен телефон жүйесінде қолданылады.

Мұндай талшықта тек бір ғана мод (сәуленің бір түрі) таралады (сурет 1.14). Ол сәуле оптикасы бойынша анықталмайды.



Сурет 1.14. Бір модты талшық

Бір модты талшықта импульстің таралуы материалды дисперсия арқылы орындалады. Мод аралық дисперсия нөлге тең.

Мөлшерленген жиілік (V-параметр) бір модты талшық үшін $V \leq 2{,}4048$. Бұл шарт d мәнін таңдау үшін және нақты бір λ толқын ұзындығына есептелген бір модты Δ талшықты алу үшін қолданылады. V=2,4048 бір модты талшықпен жұмыс істеуде өзекшенің d максималды диаметрін қолданамыз.

Бір модты талшықтағы мод дағының диаметрі келесі қатынаспен анықталады:

$$\omega = d\left(0.65 + 1.619V^{-1.5} + 0.87V^{-6}\right), \qquad (1.10)$$

мұндағы: $V = \pi d n_1 \lambda^{-1} (2\Delta)^{1/2} \approx \pi d \lambda^{-1} NA$

NA – талшықтың цифрлық апертурасы.

d=8,3 мкм, NA=0,13 стандартты бір модты талшықта толқын ұзындығы λ=1,55 мкм болатын мод дағының (пятна) ω=9,5 мкм.

Оптикалық қуаттың негізгі бөлімі өзекше сыртында таралу салдарынан, бір модты талшықтың қабықшасы өзекше сияқты өте аз жоғалуды көрсетеді.

λ_c (қиылу) толқын ұзындығы келесі мәнмен анықталады:

$$\lambda_c = \pi d n_1 \sqrt{2\Delta} / 2.4048 \qquad (1.11)$$

$\lambda > \lambda_c$ кез – келген толқын ұзындығында талшық барлық уақытта бір модты болады.

$\lambda < \lambda_c$ үшін талшық көп модты болады.

NA апертурасы деп сәулелер (мод) өзекше ішінде сақталынып тұрған кездегі үлкен α бұрышындағы синус орындалатын конусты құрайтын жарық өткізгіштің қабықшасына түскен бұрыш пен оптикалық ось аралығын атайды:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \qquad (1.12)$$

n_1 және n_2 бір-бірінен айырмашылықтары шамалы ғана.

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \leq 0.01 \qquad (1.13)$$

Сонда:

$$NA = \sqrt{(n_1 - n_2)(n_1 - n_2)} \cong n_1 \sqrt{2\Delta} \qquad (1.14)$$

NA және Δ талшықтың ең негізгі сипаттамалары болып табылады.

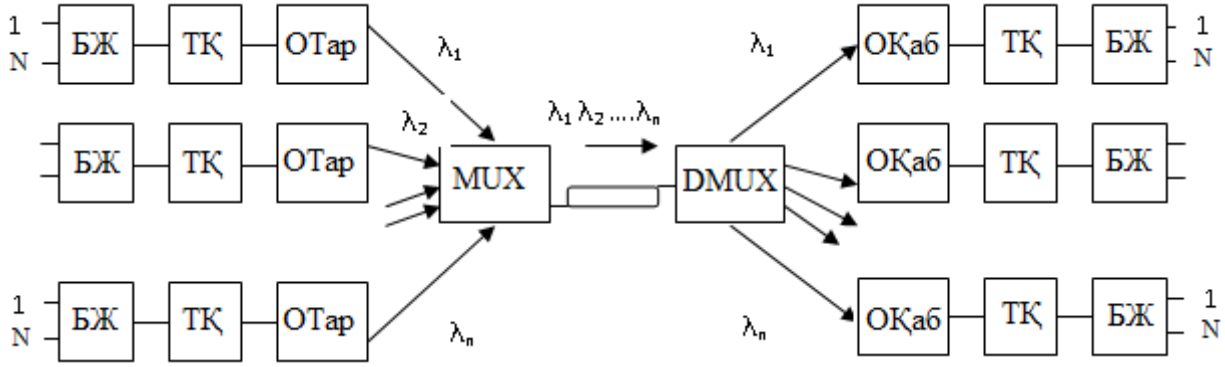
Байланыс жүйесінде қолданылатын талшық үшін цифрлық апертура 0,1...0,2 аралығында болады, яғни $\alpha \sim 5{,}7...11{,}5^0$ бұрышына сәйкес.

Бақылау сұрақтары

1. Оптикалық кәбілдің негізгі құраушысы және оның түрлерін атаңыз.
2. Оптикалық талшық бойымен сигнал беру үшін қолданылатын толқын ұзындықтарының диапазонын атаңыз.
3. Көп модты талшықта мод саны мөлшерленген жиіліктің анықтамасы мен формуласын жазып түсіндіріңіз.
4. Мод аралық дисперсия дегеніміз не? Градиентті талшықтағы дисперсияны түсіндіріңіз.
5. Апертура дегеніміз не және ол қалай анықталады, түсіндіріңіз.

1.5 Спектрлік нығыздағышы бар талшықты оптикалық жүйелер

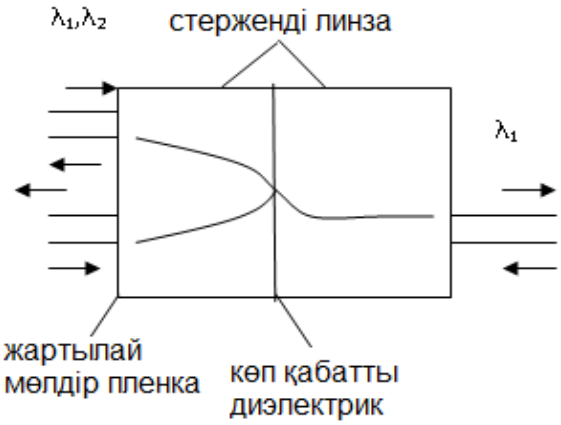
Спектрлік нығыздағышы бар талшықты оптикалық жүйе түрі ерекшелеу болып табылады (ВОСП-СР). Мұндай жүйелер бір талшықты көп жолақты бір кәбілді түрде құрылады (сурет 1.15). N тарату жүйесінен толқын ұзындықтары $\lambda 1, \lambda 2 \ldots \lambda_П$ болатын электрлік сигналдар оптикалық тасымалдаушылар дайындайтын сәуле шығарғыштарға беріледі.



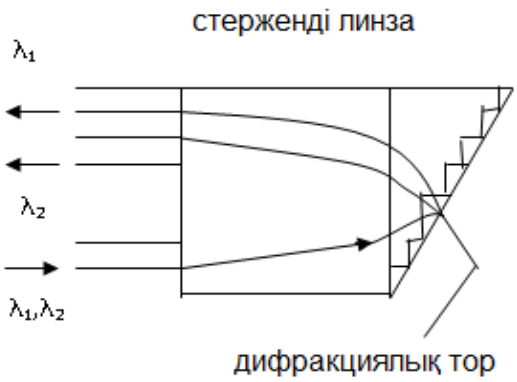
Сурет 1.15. ТОТЖ - СБ құрылымдық сұлбасы

MUX - мультиплексорлар және DMUX - демультиплексорлар көмегімен тасымалдаушы оптикалық сәулелер тарату жағында бір оптикалық талшыққа беріліп, қабылдау жағында одан бөлініп алынады. Осылайша бір оптикалық талшық арқылы спектрлік бөлінген *n* оптикалық арна ұйымдастырылып, талшықтың өткізу қабілетін пайдалану коэффициенті айтарлықтай арттырылады. Мұндай жүйенің құрылу мүмкіндігі оптикалық кәбілдің өшу коэффицентінің пайдаланылатын спектрлік диапазон шегінде, оптикалық тасымалдаушының жиілігіне (немесе толқын ұзындығына) аз дәрежеде тәуелді болатындығына негізделеді.

Мультиплексор мен демультиплексорлардың жұмыс істеу принциптері - дисперсия, дифракция және интерфракция сияқты белгілі физикалық оптика құрылыстарына негізделген.



Сурет 1.16. Көп қабатты диэлектрикке негізделген мультиплексор



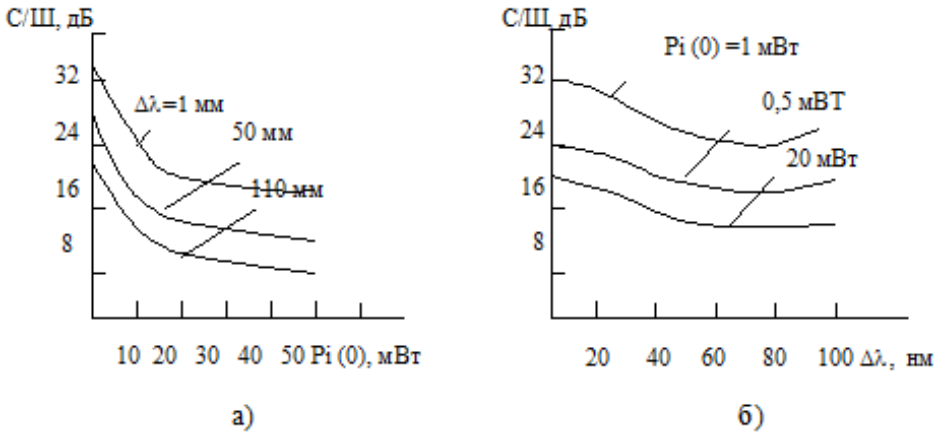
Сурет 1.17. Дифракциялық торға негізделген мультиплексор

1.15-ші суреттегі көп қабатты құрылымдарда толқынның мөлдірлік зонасын және оның кеңдігін таңдап алуға болады. Мультиплексор дегеніміз екі жағынан стержень линзаларымен қысылған көп қабатты диэлектрлік құрылым. Линзалардың шеткі ұштарының беттері сәуле жұтатын диэлектрлік қабаттармен жабылған. Линзаның және талшықтың оптикалық өрістері бір - бірінен ығысқан. Көп жағдайда бұл құрылғы мынандай сипаттамаларға ие болады: толқындар саны 2...6, тура шығындары 2...5 дБ, өту өшуі 20...40 дБ, толқын ұзындықтары арасындығы интервалдар 30...100 нм. Дифракциялық торға негізделген мультиплексорларда (сурет 1.17) шағылыстырушы типтегі дифракциялық тор арқылы өтетін сәуле дифракциясы бұрышының толқын ұзындығына тәуелділігі пайдаланылады. Осыдан барып, оптикалық талшық ұшын әртүрлі ұзындықтардағы толқындарға сәйкес жарық таңбасы пайда болатын орындарға орналастыру арқылы жарық толқындарын ұзындықтарына қарай ажыратып алуға болады. Құрылымы жағынан мұндай МП келесідей орындалады. Стержендік линзаның бір мүсініне (торец) шағылыстырушы дифракциялық тор жапсырылады. Сүзгінің ажыратушы қасиеті дифракциялық тордың толқын ұзындығы және кіріс - шығыс оптикалық талшықтардың диаметрлері бойынша таңдап алу қасиетімен анықталады. Өткізу жолағының кеңдігі өзекше диаметріне тура пропорционал болады. Сондықтан оны кеңейту үшін кіріс және шығыс оптикалық талшықтардың диаметрлерін үлкен етіп алады. Дифракциялық торларға негізделген мультиплексорлардың мынандай сипаттамалары бар: мөлдірлік жолағы - 20 нм., тура шығындары 4 дБ-ден көп емес, өту өшуі -40 дБ.

Оптикалық талшық ішіндегі оптикалық энергияның жоғары тығыздығы сызықтық емес эффектісінің айтарлықтай дәрежеде байқалуына апарып

соғады. ТОТЖ-СБ-де олардың арасынан анығырақ байқалатыны - комбинациялық шашырау салдарынан туындайтын күшейту әсері. Ол оптикалық тасымалдаушының талшық заттарының оптикалық фотондары арасындағы резонанстық өзара әрекеттер себебінен пайда болады. Күшейту әсерінің эффектісінің қорытындысында әртүрлі оптикалық арналардың сигналдары арасында өзара әрекеттер пайда болады. Соның себебінен толқын ұзындықтарындағы кіші оптикалық тасмалдаушылардың қуаты кеміп, толқын ұзындықтары үлкен оптикалық тасымалдаушылардың қуаты артады. ТОТЖ-СБ-дегі күшейту әсерінен пайда болатын айқасушы тосқауылдар сигнал - шуыл шартты қатынасымен сипатталады. С/Ш=10 lg P_1/P_i-P'_1, мұндағы P_1 - талшық ішіндегі бір оптикалық тасмалдаушының оптикалық сигналдарының қуаты; P'_1 – күшейту әсерінің тосқауылы бар кездегі қуат. 1.18-ші суретте P_1 - P_2 шағылысу қуатында λ =1,55 мкм, ұзындығы 50 км екі арналы ТОТЖ-СБ үшін сигнал - шуыл қатынасының енгізілетін сәуленің қуатына тәуелділігі және енгізілетін сәуленің P_i қуатының әртүрлі деңгейлеріндегі оптикалық тасымалдаушының $\Delta\lambda$ алшақтықтарына тәуелділігі көрсетілген.

Тәуелділіктерге талдау жасай отырып ТОТЖ-СБ-де сәуле шығару қуатының шамалы (20 дБ артық) деңгейінде-ақ (бірнеше милливатт) күшейту әсерінің тосқауылын айтарлықтай дәрежеде төмендетуге болатынын көреміз, егер спектрлік тасымалдаушылардың алшақтығы 10 нм-нен аспаса. Мұның өзі ТОТЖ-СБ-де мультиплексорлар мен демодуляторларды, сондай-ақ толқын ұзындықтары бойынша жоғары шешуші қабілеті бар сәуле шығарғыштарды пайдаланудың тиімділігін көрсетеді. Бұл айтылған шарт тасымалдаушыларының алшақтығы минималды болатын энергетикалық потенциалға және жүйенің кең жолақтығына негізделген ТОТЖ-СБ құрудың нұсқауымен үйлеседі [3].



Сурет 1.18. С/Ш қатынасының енгізілетін сәуленің қуатына (а) және оптикалық тасымалдаушының алшақтығына тәуелділігі.

Күшейту әсеріне негізделген сигнал - шуыл қатынасының өзгеруі оптикалық талшықтық бастапқы бөлімшесінде көбірек байқалады және іс

жүзінде берілетін сигнал қуатының деңгейіне тәуелді болмайды. Талшық ұзындығы 15 км-ден асқасын күшейту әсерінің ықпалы тұрақтанады.

Бақылау сұрақтары

1. Мультиплексор мен демультиплексорлардың жұмыс істеу принциптері неге негізделген, түсіндіріңіз.
2. Спектрлік нығыздағышы бар талшықты оптикалық жүйенің құрылым сұлбасын сызып, түсіндіріңіз.
3. Дифракциялық торға негізделген мультиплексор сұлбасын сызып, жұмыс әрекетін түсіндіріңіз.
4. Көп қабатты диэлектрикке негізделген мультиплексор сұлбасын сызып, жұмыс әрекетін түсіндіріңіз.

1.6 Таратушы және қабылдаушы оптикалық модульдер

Таратушы оптикалық модуль. ТОТЖ оптикалық тарату қондырғылары мен қабылдағыштары модульдер түрінде жасалады. Модуль құрамына оптикалық сәуле шығару көздері мен қабылдағыштары, электр сигналдарын өңдейтін электрондық сұлбалар кіреді.

Оптикалық сәуле шығару көздеріне мынадай талаптар қойылады: сәуле толқындарының ұзындығы оптикалық талшықтың спектрлік шығынының ең кіші біреуіне дәл келуі тиіс. Сәуле шығару көзінің құрылымы сәуле шығарудың айтарлықтай жоғары қуаты және сәуленің оптикалық талшыққа енуінің тиімділігін қамтамасыз етуі тиіс; сәуле шығару көзі сенімді болып, қызмет ету мерзімі ұзақ болуы тиіс; габариттік өлшемдері, салмағы, тұтынатын қуаты мүмкіндігінше аз шамада болуы тиіс; дайындау технологиясы оның құнының аса жоғары болмауын және сипаттамасының жоғары дәрежеде қайта қалпына келуін қамтамасыз ететін болуы тиіс. ТОТЖ үшін оптикалық сәуле шығару көздерінің планарлық жартылай өткізгіштігі талшықтық және көлемдік микрооптикалық (микролазерлер) сияқты үш класы болатыны белгілі. Бұлардың үшеуі де белгілі бір дәрежеде жоғарыда келтірілген талаптарды қанағаттандырады. Бірақ тек планарлық жартылай өткізгіштік сәуле шығару көздеріне жататын - жарық шығарушы (СИД) және лазерлік диодтар (ЛД) қазіргі кезде кеңінен қолданылады. Олар оптикалық талшықтың аз шығынымен сипатталатын және оптикалық талшыққа жеткілікті болатындай үлкен қуат $0{,}8 \div 2$ Вт енгізуге мүмкін болатын $0{,}8 \div 1{,}6$ мкм толқын ұзындықтары диапазонында жұмыс істейді.

СИД -те тура өтулі жартылай өткізгіштік материалдағы *p-n* өту аймағына оң ығысу берілген жағдайда спонтандық эмиссияның пайда болу есебінен сәуле шығарылады. Кез келген электрон бір энергетикалық деңгейден басқа энергетикалық деңгейге өткенде спонтандық оптикалық сәуле пайда болады. F - сәуле шығару жиілігі энергетикалық деңгейлер

айырмашылығымен (Eq), яғни тыйым салынған энергетикалық зона кеңдігімен анықталады:

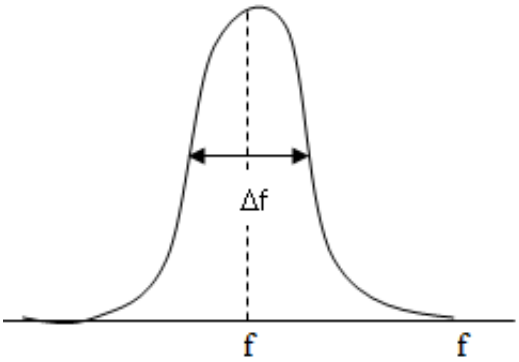
$f = c/\lambda = Eq/h$. Мұндағы h - Планк тұрақтылығы; с- вакуумдегі жарық жылдамдығы.

Барлық электрондардың бір энергетикалық деңгейден екінші энергетикалық деңгейге өту уақыттары бір - біріне дәл келмейтін болғандықтан сәулелердің бір - біріне үстемеленуі (наложения) орын алады және амплитудалары мен фазаларының бірдей еместігі пайда болады. Осы себептен сәуленің жиілік бойынша бір текті еместігі орын алады. Сонымен қатар Eq энергияның өте әлсіз тербелісі де сәуленің жиіліктік бойынша шашыранды болуына ықпал етеді.

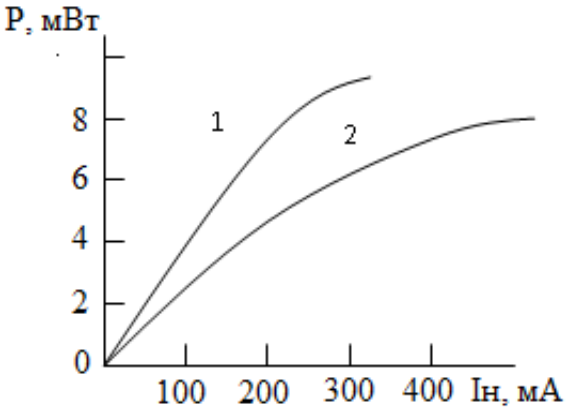
Бұл функциялар сәуле шығару спектрінің белгілі бір Δf кеңдігіне ие болуына апарып соғады (1.19-сурет). Δf мағынасы сәуле шығару көзінің монохроматикалық қасиетін сипаттайтын параметр ретінде пайдаланылады. Спонтандық сәуле шығару төменгі монохроматикалық когеренттік емес сәуле шығаруға ие болады.

Сәуле шығару спектрінің кеңдігімен қатар сәуле шығару көзінің негізгі сипаттамаларының қатарына ВАС-ватт-амперлік сипаттамасы, модуляциялау жиілігінің ең үлкен мәніне оның қызмет ету мерзімі және сенімділігі жатады.

Сәуле шығару қуатының инжекциясы тоғына тәуелділігі 1.20-шы суретте көрсетілген. Бұл сипаттамалардың ерекшелігі тәуелділіктің іс жүзінде сызықтылығы $P = f(Iu)$. Мұның өзі оптикалық сәуле шығаруды модуляциялау үшін таратудың аналогтық жүйесін пайдалануға мүмкіндік береді.

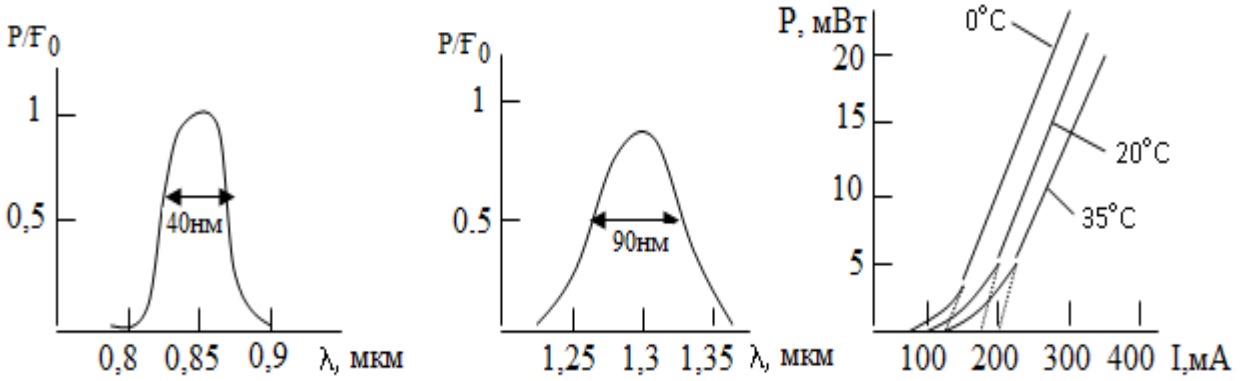


Сурет 1.19. СИД сәуле шығару спектрі.



Сурет 1.20. Беттік (1) және мүйістік сәуле шығарушы СИД үшін сәуле шығару қуатының инжекция тоғына тәуелділігі.

1.21-шы суретте СИД сәуле шығаруының спектрлік таралуы көрсетілген. Әдетте беттік сәуле шығарушы СИД үшін сәуле шығару сызығы шамамен $\lambda = 0{,}85$ мкм болғанда енділігі 0,04 мкм-ге дейінгі гаусстық формада, ал мүйістік (торцевого) сәуле шығарушы үшін λ=1,3 мкм болғанда енділігі $\Delta\lambda \le 0{,}09$ мкм-ге дейінгі гаусстық формаға ие болады.



а) б)

Сурет 1.21. а) $\lambda = 0{,}85$ мкм болғандағы беттегі сәуле шығару және б) $\lambda = 1{,}3$ мкм мүйістік сәуле шығару кезіндегі СИД сәуле шығаруының спектрлік таралуы.

Сурет 1.22. Әртүрлі температурадағы ПЛ сәуле шығару тоғына тәуелділік графигі (ВАС).

Модуляциялаудың максимал жиілігі $f\max = 1/(2\pi\tau и\, \eta вн)$. $\eta_{вн}$ - жартылай өткізгіш материалының ішкі кванттық тиімділігі; $\tau_и$ - сәуле шығару уақыты.

Мүмінкіндігінше сәуле шығару уақытын $\tau_и$ азайту керек. Сонда модуляциялаудың төменгі жиіліктерінде де, жоғары жиілік шекарасында да $\eta_{вн}$ мағынасы артады. $\eta_{вн}$ мәнін азайту (легирование) дәрежесін және инжекция деңгейін жоғарылату арқылы да арттыруға болады. Мысалы, мүйістік типтегі СИД-те кванттық тиімділігін төмендетпестен беттік сәуле шығару типтегі СИД-пен салыстырғанда төрт есе артық модуляциялау жолағын (100 МГц) алуға болады.

СИД-тің барлық параметрлерін ұзақ пайдалану нәтижесінде сәуле шығару қуатының біртіндеп азаю қасиеті тән. Тәжірибе арқылы жұмыс істей бастағаннан кейінгі бір шама уақыттан соң қуат әдеттегідей экспоненциальдық заң бойынша төмендейтіні дәлелденген:

$P(t) = P(O)e^{-t/tсл}$, мұндағы $tсл = AJ_u^{-m}e^{-есл(KT)}$ - СИД-тің қызмет ету (деградациялық) мерзімі. A және m шамалары тұрақты шамалар, олар СИД материалдарымен және құрылымымен анықталады. Әдетте $m = 1 \div 2$ болады да, токтың артуына байланысты арта түседі. $\varepsilon_{сл}$ - активациялық энергиясы температура $10 \div 20^0 C$ -қа артқанда қызмет ету мерзімін $t_{сл}$ екі есеге төмендетеді. ТОТЖ-да пайдалану үшін СИД қызмет ету мерзімі жер

бетіндегі кәбілдер үшін - 10^5 сағат, су асты кәбілдері үшін - 10^6 сағат болуы тиіс.

Жартылай өткізгіштік лазерлік диодтар когеренттік жарық көзі болып табылады. Олардың жұмысы жартылай өткізгіштің көлемдік резонатормен қамтылған спонтандық сәуле шығаруына негізделген. Ток тығыздығын төмендетуге және басқа да сипаттамаларын жақсартуға бір жақты (ОГС) және екі жақты (ДТС) шектеулер қолданылатын көп қабатты жартылай өткізгіштер гетерекұрылымдарды пайдалану арқылы қол жеткізіледі. Оларда I_n шамасын $1 \div 2 \quad A/см^2$-ге дейін төмендетуге мүмкіндік болады.

Егер кең контактты ОГС немесе ДГС қолданылатын лазерлік диодтың (ЛД) инжекция тогын барлық бет бойынша арттырса, онда алдымен $1 \div 2 \quad мкм$ кеңдігі бар шағын ауданда генерация пайда болады. Сосын токтың артуына байланысты ондай «жанатын» аймақтар көбейіп, олардың әрқайсысы өзбетінше генерацияланатын аймаққа айланатын сияқты болады. Мұның өзі шуылдың және шығынның артуына апарып соғады, сәуле шығарудың тұрақсыздығы пайда болады.

Іс жүзінде бір генерациялау арнасының болғаны дұрыс. Оған белсенді аймақты резонатор бойында таржолақпен шектеу арқылы қол жеткізуге болады. Мұндай ЛД-ларды *жолақтық геометриялы лазерлер* деп атайды. Оларда I_n - ны 500 мА/см^2 шамасына дейін азайтуға болады және сәуле шығарушы аймақтың ауданын оптикалық талшыққа тиімді түрде сәуле енгізуге болатындай шамада жасауға болады. Сонда NA апертуралар саны азайып, сәуле шығару тұрақтылығы артады.

Лазерлік диодтардың байланыс жүйесінде және ақпарат таратуда пайдалану мүмкіндігін анықтайтын негізгі сипаттамаларына мыналар жатады: сәуле шығару қуаты және оның инжекция тогын тәуелділігі, сәуле шығаруға бағытталуының диаграммасы, сәуле шығару спектрі және қызмет ету мерзімі.

Инжекция тогының аз шамасында спонтандық сәуле шығару рекомбинациясы орын алып, спонтандық сәуле шығару байқалады. Құрылымдағы шығын күшейтумен салыстырылатындай дәрежеге жеткенде лазерлік құбылыс орын алады да, қоздырылатын оптикалық қуат күрт артады, мәжбүрлік сәуле шығару әрекеті байқалады. 1.22-ші суреттен көретініміздей Ватт-амперлік сипаттама айтарлықтай сызықтық емес. Сондықтан, ватт-амперлік сипаттаманы сызықтық түрге келтірілген арнайы шара қолданбастан лазердің инжекциялау тогын аналогтық сигналды өзгерту көмегімен шығыстық сәуле шығаруды модуляциялау іс жүзінде пайдаланылмайды.

Әдетте лазердің инжекция тогын, оған сәйкес шығыстық оптикалық қуатты импульстік әдістермен модуляциялайды. Тек лазерлік диодтарға тән мынадай бір қасиетті атап көрсеткен жөн: қоршаған орта температурасы өзгергенде ЛД ватт-амперлік сипаттамасында ығысу орын алады. Бұл құбылыс табалдырықтық токтың және шығыс қуатының өзгеруіне апарып соғады. Бұл кемшілікті жою үшін толықтыру (компенсация) сұлбалары

сондай-ақ микротоңазытқыштар жұмысын басқаратын термокомпенсация сұлбалары пайдаланылады. (ЛД) бар сақина ішіне - лазер, модулятор кері байланыс фотодиоттары, лазер жұмысын тұрақтандыратын электрон сұлбасы орналасады. ПОМ жасау кезінде шешілуге тиісті басты мәселе - жартылай өткізілетін лазерлердің шығыстық қуатын тұрақтандыру қажет.

Оптикалық тарату модулі. Сәуле шығару көзі келесі талаптарды қанағаттандыру қажет:

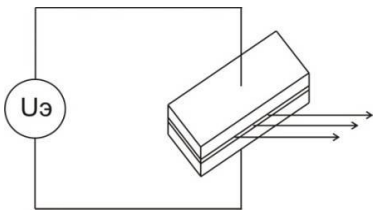
- сәулелену толқын ұзындығы бір мөлдірлік терезеге сәйкес келуі керек;
- сәуле шығару көзінің құрылымы шығу көзінің үлкен қуатын және оны оптикалық талшыққа тиімді енгізуді қамтамасыз ету қажет;
- шығу көзі жоғарғы сенімділікті және қызмет ету мерзімі үлкен болу қажет;
- өлшемі, салмағы және қолданатын қуаты аз болуы керек;
- технология қарапайымдылығы жоғарғы өнімділікті тарату керек.

Оптикалық тарату модулі (ОТМ) ретінде ЖАД жарық өткізгіш диод (СИД) және лазерлі диод (ЛД) қолданылады. Оларды сәуленің спектрлік ені бойынша ажыратады.

Жарық өткізгіш диод (СИД). Оптикалық тарату қондырғысының жұмыс істеу принципі белсенді қабаттағы заряд тасымалдаушыларының рекомбинация құбылысына негізделген.

Рекомбинация – бұл қарама қарсы иондардың қозғалу құбылысы, яғни қарама қарсы заряд тасымалдаушыларының бір біріне қақтығысында бос тасымалдаушылардың жоғалуы.

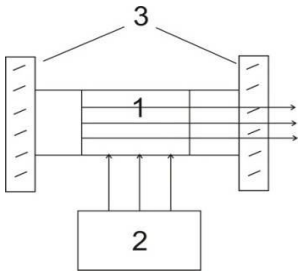
Электронды саңылаулы өткелге тура араласты орнатса, онда электрондар саңылау арқылы пассивті қабаттан белсенді қабатқа ауысып жарық сәулесімен бірге спонтандық рекомбинацияны құрайды. Жарық барлық бағыт бойынша таралады. Сондықтан СИД шығысындағы сәулелену (излучение) когерентті емес және әлсіз бағытталған болады. Сәулелену спектрінің ені $\Delta\lambda$ = 20-40 нм болады.



Сурет 1.23. Оптикалық тарату қондырғысының құрылымы

Лазерлі диод ЛД когерентті жарық өткізгіші болып табылады.

Лазерлік диод лазерлі белсенді ортадан (1), (накачки) қондырғысынан (2) және резонансты жүйеден (3) тұрады. Белсенді орта ретінде жартылай өткізгіш қолданылады. Нығыздау қондырғысы ретінде электр энергиясы қолданылады. Ал резонансты жүйе ретінде айна қолданылады.



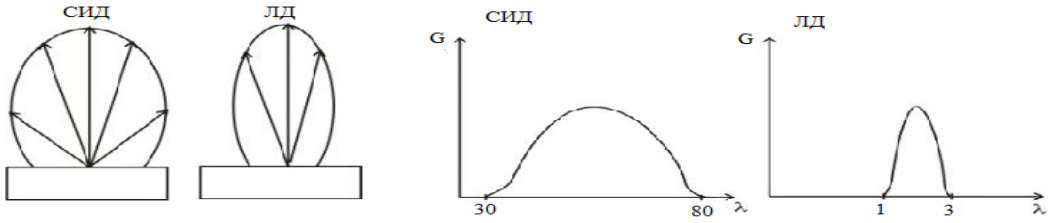
Сурет 1.24. ЛД құрамы

Жартылай өткізгішке енгізілген кернеу әсерінен өткізгіште тасымалдаушылардың өзіндік қозғышы пайда болады. Соның салдарынан жарық энергиясының пайда болу әсері мен фотон ағындары пайда болады. Бұл ағын резонансты жүйе айнасынан бірнеше рет шағылысып, тура бағытталған диаграммалы лазерлік сәулені құрайды.

Кесте 1.3 ЛД және СИД салыстырмалы кестесі

Шағылу көзі	Қуат	Спектр ені	Қызмет ету мерзімі
ЛД	(10 – 40) мВт	(1-3)нм	10^4-10^5
СИД	(5-20) мВт	(30-50)нм	10^5-10^6

Жарық сәуле шығаратын диод пен лазерлік диодтың спектрлік сипаттамалары мен бағыт диаграммалары 1.25-ші суретте көрсетілген.



Сурет 1.25. СИД және ЛД сипаттамалары

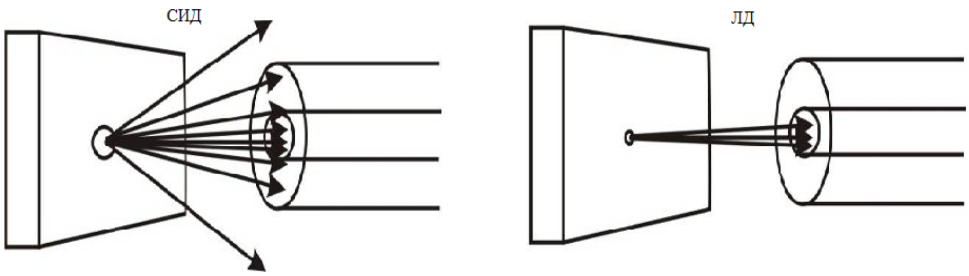
Бағыт диаграммасы – сәуленің шығу көзінің энергетикалық тығыздығындағы жарықтығының таралу бұрышы. Жарықтық сәуле шоғырының аралығында тұрақты болмайды. Ол шоғыр осіне тұрақты және ось пен өсу бұрышын құрайтын бағыт бойымен нақты бір заң бойынша кеміп отырады.

Егер шығу көзінің бет өлшемі оптикалық талшықтың өзекше диаметрінен үлкен болса, онда шағылу қуатының бір бөлігі оптикалық талшық бойына таралмайды, қоршаған ортаға таралып кетеді. Жарық сәуле шығаратын диодтағы сәуле түсуіндегі жоғалу (10-16) дБ құрайды, ал лазерлік диодтағы сәуле түсуіндегі жоғалу (5-7) дБ құрайды.

СИД артықшылықтары: қарапайым, арзан, ұзақ мерзімге шыдамды, параметрлерінің қоршаған орта температурасына шыдамды. Бірақ,

шоғырдың көптігі (пучок) сәулеленудің когерентті еместігі, сәулелену спектрінің кеңдігі, шектелген шапшаңдығы қолдану аймағын тарылтады. Олар аз және орташа арақашықтықты байланыс желісінде қолданылады.

Оптикалық тарату қондырғысының элементтері ОБМ (ПОМ) оптикалық тарату модулінің қондырғысында жиналады [3].



Сурет 1.26. Оптикалық сәулелену дисперсиясы

Қабылдаушы оптикалық модульдер. Қабылдаушы оптикалық модульдің (ҚОМ) негізгі бөлігі - фотодетектор қызметін атқаратын фотодиод болып табылады. Талшықты оптикалық тарату желісіндегі фотодетекторының қызметі - кірістегі оптикалық сигналды электрлік сигналға қайта түрлендіру. Қайта өзгертілген сигнал фотоқабылдағыштың электрондық сұлбасында өңделеді. Фотодетектор оптикалық сигнал пішінін оған ешқандай қосымша шуыл енгізбей қайта қалпына келтіруі тиіс, яғни талапқа сай келетін кең жолақтығы, динамикалық диапазоны сезгіштілігі, аса үлкен емес - бірақ талшыққа сенімді түрде қосуға орта параметрлерінің өзгеруіне тәуелсіз, сондай-ақ қызмет ету мерзімі ұзақ және бағасы төмен болуы тиіс. Жартылай өткізгіштік фотодиодтар, айтылған талаптарға толығырақ сәйкес келеді.

Жартылай өткізгіштік фотодиодтың жұмысы ішкі фотоэффект құбылысына негізделген. Жұтылған фотон жаңа екі заряд тасмалдағышты - электронды және саңылауды туғызады. Басқаша айтқанда атомда жұтылған фотон-электронды қоздырып, оны валенттік зонаға немесе қоспалық деңгейден өткізгіштік зонаға ауыстырады. Мұндай өтулер жартылай өткізгіштің электрлік сипаттамасын өзгертіп, электрлік сигналдардың құрылуына жағдай жасайды. Жартылай өткізгіштің жоғары тез әрекеттілігі және өзіне түсетін сәулені тиімді жұтушылығы қоспалық жұтушылық құбылысымен байланысты, сол себептен қазіргі кезде ТОТЖ-ға арналған фотодетекторлар қоспалық жұтушы жартылай өткізгіштер негізінде жасалады. *Hf* энергиялы жарық квантын жұту қорытындысында диодтың сыртқы тізбегінде ток импульсі жүретін болады. Егер әрбір жұтылған квант электрон - саңылау жұбын туғызатын болса және заряд тасымалдаушылар p-n өту қабатынан өтетін болса, онда оптикалық сәуле шығару қуатының (N) энергия квантына (*hf*) қатынасының тасымалдаушы зарядының (q) шамасына көбейтіндісімен анықталатын тасмалдаушылар саны - жүк арқылы өтетін орташа токты анықтайды:

$$RH : J = qN = qP / hf \ . \qquad (1.15)$$

Әдетте жұтылатын барлық жарық кванттары ток импульстерінің пайда болуына себеп бола бермейді. Сондықтан фотондардың электр тоғына өзгерту тиімділігін сипаттайтын γ коэффицентін ескеру қажет. Бұл коэффицент фотодетектордың *кванттық тиімділік коэффиценті* деп аталады.

Сонымен жалпы жағдайда жүк арқылы өтетін орташа ток мына қатынаспен анықталады.

$$J = nqP / \eta f \qquad (1.16)$$

Электрондық - саңылаулық жұп жасалу үшін жұтылатын кванттың hf энергиясы электронды валенттік зонадан өткізгіштік зонаға ауыстыра алатын шамада болуы тиіс, яғни $hf \geq \Delta Eq$ шарты орындалуы тиіс.

Германийден жасалған фотодиод - 1,8 мкм, кремнийден жасалған фотодиод - 1,2 мкм, галлий арсенидінен жасалған фотодиод - 0,87 мкм ұзындықтағы толқындарда жұмыс істейді.

Кванттық тиімділігімен қатар фотодиодтардың негізгі сипаттамаларына уақыт тұрақтылығы және сезгіштілігі жатады.

Фотоқабылдағыштың уақыт тұрақтылығы оның тез әрекеттілігін сипаттайды және мынадай көптеген параметрлерге тәуелді болады: заряд тасымалдаушылардың қозғалғыштығына, жұтаң зоналардың еніне (кеңдігінен), жарық толқынының ұзындығына, сондай-ақ заряд тасымалдаушылар электр өрісінің әсерімен қозғала ма немесе диффузия әсерімен қозғала ма - соған да тәуелді болады. Фотоқабылдағыштың уақыт тұрақтылығын білу арқылы фотодетектордың өткізу жолағының кеңдігін анықтауға болады: $\Delta f_{np} = 0.4 / \tau$ Бұдан τ аз болған сайын өткізу жолағының кеңейе түсетінін көреміз.

Фотодиодтың уақыт тұрақтылығы диффузия уақытына және жұтаң зонаның өту уақытына тәуелді болады. Сондықтан *p*-қабатының және *p-n* өту қабатының қалыңдықтары маңызды параметрлер болып табылады. Жалпы бағыт бойынша *n* және *p* аймақтар қалыңдығын артыруға ұмтылады. Бұл мақсат орындалғанда кванттық тиімділікте артады.

Қалың жұтаң қабат әртүрлі әдістермен жасалынады. Көбінесе p немесе n аймақтары арнайы шынықтырылған (легированный) *i*-қабаты арқылы қалыңдатылады немесе *i*-қабаты орнына жартылай өткізгіштің өзінің π қабаты пайдаланылады.

Фотоқабылдағыштың сезгіштігі - жарық қуатын электр тоғына айналдырудың толық пайдалы әсер коэффициенті болып табылады (фототоктың орташа мағынасының оптикалық қуаттың орташа мағынасына қатынасы): $S = J / P,\ A / Bm$ 1.16-шы формуланы ескерсек $S = \gamma q / (hf)$. Бұдан γ - кванттық шығыс артқан сайын фотоқабылдағыш сезгіштігінің арта түсетінін

көреміз, яғни, активтік зонада жұтылатын жарық ағынның үлесі артқан сайын қабылдағыш сезгіштігі артады.

Талшықтық оптикалық тарату жүйесінде *p-i-n* негізіндегі фотодетекторлар - PIN фотодиодтары және қарқынды (лавинный) фотодиодтар шығысында 1.1-формуласымен анықталатын оптикалық сигналдың қуатына сәйкес фототок жүреді.

Жалпы алғанда фототок q зарядтары бар жеке тасымалдаушылардан тұрады. Әрбір заряд тасымалдаушы өзінің электродтар арасында жүріп өтетін уақытына тең болатын импульстер туғызады. Сондықтан тұрақты немесе айнымалы оптикалық сигналмен фототокқа тұрақсыз тербеліс қосылады. Оның В аймағындағы ϖ модуляция жиілігіндегі спектралдық құраушылар орташа квадраттық мағынаға ие болады: $2qJ / \Gamma(\omega)^2 / B$ Мұндағы $/ \Gamma(\omega)^2 /$ көбейткіші тасымалдаушылар дрейфінің есебінен тербелістің әлсірейтінін көрсетеді. Ол $\tau_Д$ дрейф уақытына сәйкес мына формуламен анықталады:

$$\Gamma(\omega) = (1 - E^{-i\omega\tau_Д}) / (i\omega\tau_Д) \qquad (1.17)$$

Осылайша тұрақсыз тербеліс бөлшектік (дробовым) шуылдар туғызады. Бұл шуылдардың спектрлік таралуы $f = 1/\tau_Д$ жиілігіне дейін бірқалыпты болады, тек жоғарғы жиіліктерде дрейф уақытының аяқталуына байланысты олар азаяды. Бұл құбылыс сондай дәрежеде сигналдың да әлсіреуіне ықпал етеді.

Бөлшектік шуылдар қабылданатын оптикалық ағынның I фототоғына ғана емес, онымен бір мезгілде берілетін шуылдық (фоновый) түрдегі I_p - шашыраушы (рассеяние) фототокқа да әсер етеді сонымен қатар заряд тасымалдаушылардың термиялық қоздырылуынан пайда болатын I_m - қараңғылық тоғынан да бөлшектік шуылдар туындайды.

Тұтас алғанда бөлшектік шуылдың флуктуациялық тобының орташа квадраты:

$$J_ш^2 = 2q(J + J_h + J_T)(\Gamma(\omega) /^2 B \qquad (1.18)$$

Қарқындық (лавинный) фотодиодтарда ток М есе күшейтілсе, оның флуктуациясы да сол шамаға артады. Мұндай жағдайда флуктуация квадратының орташа квадраттық шамасы:

$$J_m^2 = 2q(J + J_p + J_T)(T(w))^2 B / M(w) /^2 F \qquad (1.19)$$

Мұндағы М(ϖ) айнымалы токтың күшейтілуін белгілейді, қарқындық фотодиодтар үшін ол:

$$M(w) = M_0 / CI + iw\tau)F \qquad (1.20)$$

Бұл коэффициент заряд тасымалдаушылардың көбеюінің тұрақсыздығы себебінен бөлшектік шуылдың көбеюін ескеретін коэффициент.

Токтың күшейтілуі уақыт бойынша тұрақты болып қалмайды, көбейту процесінің түріне қарай флуктуация әрекеті жүре береді. Фотодиодтарда қарқындық (лавинный) көбейту процесі жүргенде артқан сайын ток флуктуациясы да артады. Осыған байланысты ток артуымен бірге қосымша шуыл да артады. Қарқындық фотодиодтар үшін F(M) функциясы $F=M^X$ дәрежелік заңымен жақсы апроксимацияланады.

Экспонент көрсеткіші $x = 0{,}4 \cdots 1$ диапазонында орналасады. Егер қарқындық зонаға электрондардың инжекциялануы басым болатын болса, онда германийлік диод үшін x=1, және кремнийлік диод үшін x=0,5. Қарқындық зонаға саңылаулар инжекцияланатын болса кремнийлік диод үшін экспоненттік көрсеткіш x=1 шамасына дейін көрсетіледі.

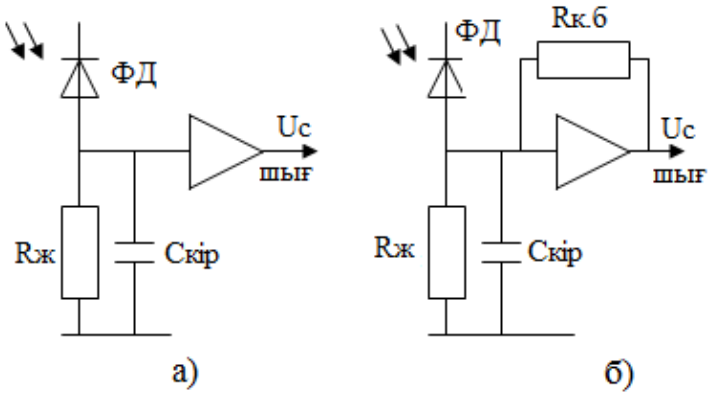
Осылайша оптикалық қабылдағыштар фотодиодтардың қолданылуы шуыл мағыналарының сигналға тәуелді болатынын көрсетеді. Бұл ерекшелік ТОТЖ қабылдағыштарының дәстүрлі тарату жүйелерінің қабылдағыштарынан түбегейлі түрде өзгеше болатынын білдіреді.

ҚОМ қабылдағыш оптикалық модуль - бір қорапқа жиналған фотодетектордан (*p-i-n* түріндегі немесе қарқындық түрдегі) және шуылы аз алдын ала күшейткішінен тұратын құрылғы. 1.27-суретте екі түрден тұратын қабылдағыш оптикалық модульдің принципиалдық сұлбалары келтірілген. Біріншісінде (а) фотодетектор күшейткішке тікелей қосылса («тура желі» сұлбасы), екіншісінде $R_{ос}$, кедергісі арқылы кері байланыс пайдаланылған.

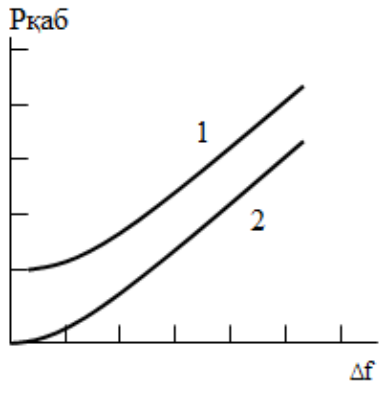
ЛФД – қарқындық фотодетектор пайдаланылғанда, фотодетектор ретінде оған берілетін кері ығысу (смещение) кернеуін өзгертуге болады, осылайша фотодиодтың қарқындық көбейту коэффициенті реттеледі. Мұның өзі модульдің динамикалық диапазонын айтарлықтай кеңейтуге мүмкіндік береді, бірақ модульде күшейтуді автоматты түрде реттейтін блок орналастыруға тура келеді. Үйлестіруді өзгерту кернеуі ЛФД-ге және күшейткіштің күшейту коэффициентерін бір мезгілде өзгертетін сұлбаға берілуі тиіс.

Фотодетектор ретінде *p-i-n* диоды қолданылған жағдайда алдын-ала күшейту электрондық сұлбасы қарапайым болады. Ол екі қайтаралық (реттік) амплитудалық детекторға - салыстыру және сүзгі сұлбасы түрінде айналады. Бірақ мұнда модульдің динамикалық диапазоны автоматты реттегіш қондырғы блогы бар қарқындық диод қолданған модульдің динамикалық диапазонынан айтарлықтай аз болады.

Қолданылатын оптикалық талшыққа аналогтық немесе цифрлық сигналдың берілуіне қарай фотодетектор қабылдайтын сигнал қуаты да әртүрлі болуы тиіс (1.28-сурет).



Сурет 1.27. Фотодетектор күшейткішке қосылатын (а) және транспеданстық күшейткіші бар (б) оптикалық қабылдаудың принципиалды сұлбасы



Сурет 1.28. Қажетті оптикалық қуаттың аналогтық сигналдың (1) цифрлық сигналды қабылдаудағы жолақтың кеңдігіне тәуелділігі

Есептер

1.1. Толқын ұзындығы: λ_1=0,82 мкм; λ_2=0,90 мкм болғанда, жиілік пен пайдалы жұмыс аймағын анықтаңыз.

1.2. Егер жиілігі: f=110 мГц; f=127 мГц болса, толқын ұзындығын анықтаңыз.

1.3 Берілген: n_1=1.469, n_2=1.455, n_a=1, n=1,47, n=1,41, n=1, d=50 мкм, λ=1550 нм мәндерге байланысты сатылы талшық үшін келесі мәндерді есептеңіз: сандық апертураны; мөлшерленген жиілікті.

Бақылау сұрақтары

1. Талшықты оптикалық тарату жүйесін құру әрекетін түсіндіру.
2. Талшықты оптикалық тарату жүйесінің цифрлық тарату жүйесінен салыстырғандағы айырмашылықтарын түсіндіру.
3. Талшықты оптикалық тарату жүйесінің бір талшықты екі жолақты бір кәбілді сұлбасын түсіндіру.
4. ТОТЖ екі талшықты бір жолақты бір кәбілді сұлбасын түсіндіру.
5. Бір модалық және көп модалық ұғымдарға түсініктеме беру.
6. ТОТЖ апертура бұрышын анықтау.
7. ТОТЖ қолданылатын кәбіл түрілерін атаңыз.
8. ТОТЖ спектр түрдегі ТОТЖ-СР сұлбасын және оның артықшылықтарын түсіндіру.
9. Мультиплексор қызметі мен түрлерін және жұмыс істеу әрекетін түсіндіріңіз.

10. Сигнал/шуыл қатынасының түсетін сәуле шығару қуатына және оптикалық тасымалдаушы айырмасына тәуелділігін түсіндіру.
11. Таратушы оптикалық модульдің құрылымы және жұмыс әрекеті.
12. ҚОМ қабылдағыш оптикалық модульдің қызметі, құрылымы және жұмыс әрекеті.
13. Екі талшықты бір жолақты, бір кәбілді және бір талшықты екі жолақты бір кәбілді ТОТЖ құрылу принциптерінің айырмашылықтарын түсіндіріңіз.
14. Бір модты және көп модты оптикалық талшықтың айырмашылықтарын суретін салып түсіндіріңіз.
15. СИД диоды мен лазерлі диодтардың жұмыс істеу әрекетін талдап, айырмашылығын атаңыз.

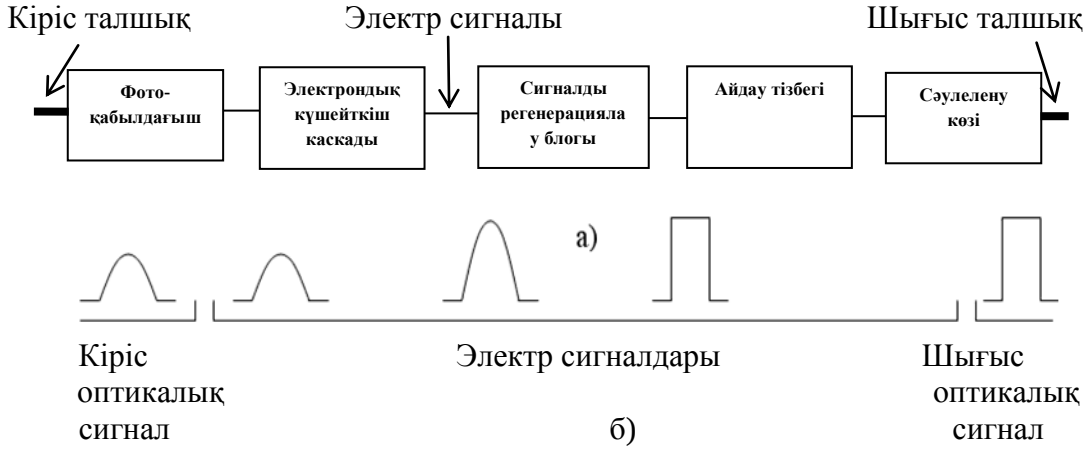
2-тарау. Магистралды оптикалық көліктік желі

2.1 Оптикалық ретранслятор

Оптикалық жүйелерде ретранслятор сигналдың күшеюін қамтамасыз етеді және қосымша (цифрлық беру кезінде) импульс формасын қалпына келтіріп, шуыл деңгейін азайтып, қателерді жоя алады, мұндай ретранслятор регенератор деп аталады.

Оптикалық сигналды күшейту әдісі бойынша ретрансляторлар электрондық-оптикалық қайталағыштар мен оптикалық күшейткіштерге бөлінеді.

Электрондық-оптикалық қайталағыш алдымен оптикалық сигналды электр түріне түрлендіреді, күшейтеді, түзетеді, содан кейін оптикалық сигналға қайта түрлендіреді (сурет 2.1). Сандық беру кезінде қайталағыш күшейткіш функциясымен бірге сигналды регенерациялау функциясын да орындайды, сол себепті регенерация блогында шешім қабылдау тізбегі мен таймері болады.



Сурет 2.1. Электронды -оптикалық қайталағыштың құрылымдық сұлбасы (а) мен оптикалық және электрлік сигналдар пішіні (б)

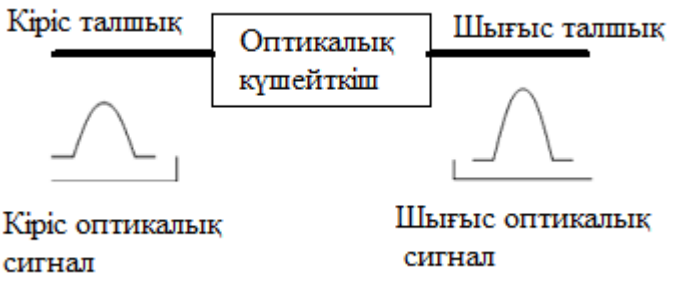
Регенерация блогында импульстердің тікбұрышты нысаны қалпына келтіріледі, шуыл жойылады, шығу импульстері тиісті тайм-слоттарға түсетіндей етіліп, беріліс қайта синхрондалады.

Оптикалық күшейткіш (ОУ), қайталағышқа қарағанда, оптоэлектронды түрлендіруді жүзеге асырмайды, ол бірден оптикалық сигналды күшейтеді (сурет 2.2).

Оптикалық күшейткіштің бірнеше түрі болады:

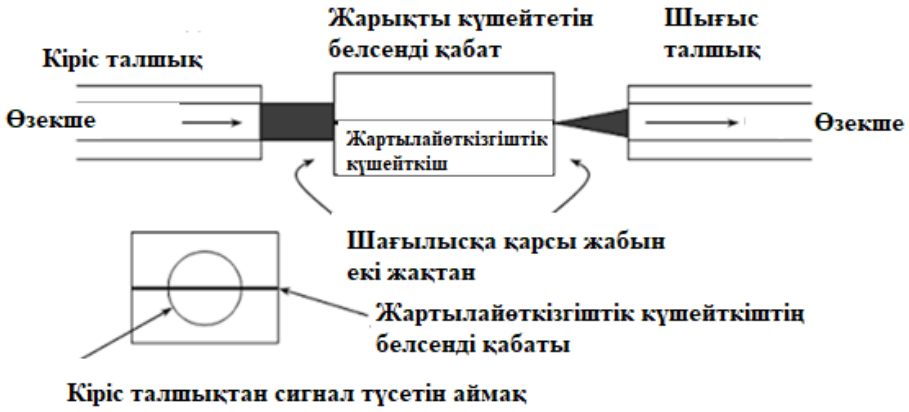
а) жартылай өткізгіштік күшейткіштер (ППУ);

б) қоспалы талшықтағы күшейткіштер.



Сурет 2.2. Оптикалық күшейткіш сигналдары

Жартылай өткізгіш күшейткіштің негізін жартылай өткізгіш лазерлерде қолданылатын белсенді орта құрайды (сурет 2.3). Жартылай өткізгіштік күшейткіштерде жартылай өткізгіш лазерлерге тән айналы резонаторлар жоқ. Белсенді ортаның екі жағынан френельді шағылысуды азайту үшін қалыңдығы λ/4 арнайы ағартқыш жабын жағылады.



Сурет 2.3. Жартылай өткізгіштік күшейткіштің құрылымдық сұлбасы.

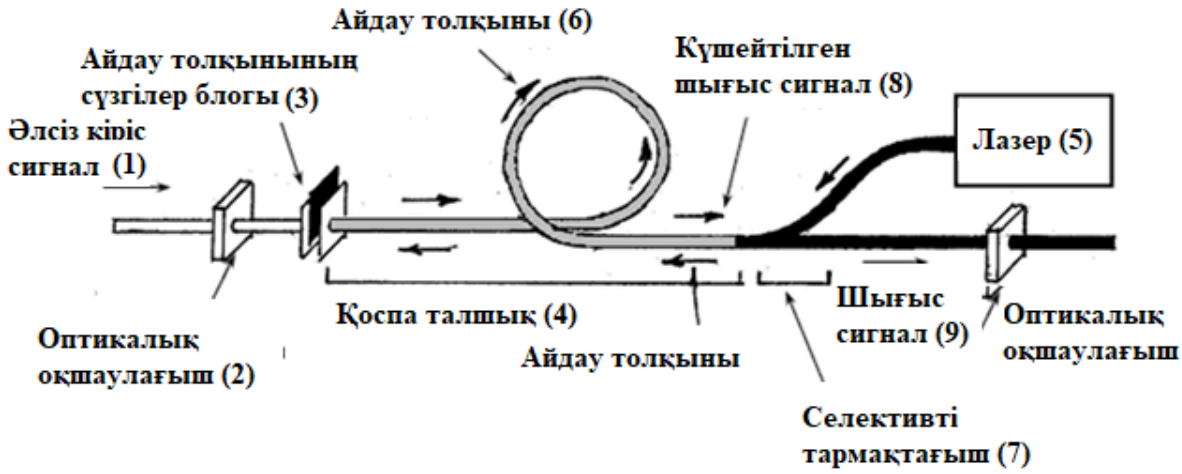
Жартылай өткізгіш күшейткіштер кейбір кемшілігі болғандықтан, қоспалы талшықтағы күшейткіштер сияқты кең тарамаған. Негізгі кемшіліктері:

1. Жарық таратқыш белсенді қабаттың ені бірнеше микрометр, бұл оптикалық талшықтың жарық түсіретін бөлігінің диаметрінен аз. Сондықтан оптикалық талшықтан шығатын жарық ағынының көп бөлігі белсенді аймаққа түспейді және күшейткіштің ПӘК- ін азайтады.

2. ППУ күшейту коэффициенті поляризация бағытына тәуелді және екі ортогональдық поляризациялауда 4-8 дБ-ге өзгеше болуы мүмкін. Бұл күшейткіштің тағы бір кемшілігі болып табылады, өйткені стандартты бір модалы талшықта таратылатын жарық сигналын поляризациялау бақыланбайды.

Қоспалы талшықтағы күшейткіштер. Оптикалық күшейткіштің бұл түрі кең таралған және толық оптикалық желілер технологиясының негізгі

элементі болып табылады, өйткені ол кең спектрлік диапазонда сигналды күшейтуге мүмкіндік береді. 2.4–ші суретте қоспалы талшықты оптикалық күшейткіштің құрылымдық сұлбасы көрсетілген.



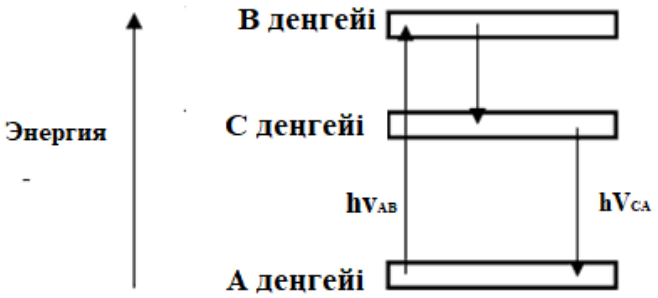
Сурет 2.4. Қоспалы талшықты оптикалық күшейткіштің құрылымдық сұлбасы

Әлсіз кіріс оптикалық сигнал (1) оптикалық оқшаулағыш (2) арқылы өтеді, ол тікелей бағытта жарықты өткізеді – солдан оңға қарай, бірақ шағылысқан жарықты кері бағытта өткізбейді. Одан әрі сүзгілер блогы (3) арқылы өтеді, ол айдау толқынының ұзындығына жарық ағынын тежейді, бірақ сигнал толқынының ұзындығында өтеді. Содан кейін сигнал сирек жер элементтерінен (4) легирленген қоспамен талшықты катушкаға түседі. Мұндай талшық бөлімшесінің ұзындығы бірнеше метрді құрайды. Талшықтың бұл бөлігінде жартылай өткізгіш лазерден (5) толқын ұзындығы қысқа қарқынды үздіксіз сәулеленуі түседі. Лазерден түскен жарық (6) қоспалардың атомдарын қоздырады. Қозған атомдардың негізгі жағдайға кездейсоқ өту уақыты көп. Бірақ сыртқы әлсіз оптикалық сигнал болғандықтан, қозған жағдайдан негізгі жағдайға қоспа атомдарының индукцияланған өтуі орындалады. Селективті таратқыш (7) күшейтілген сигналды (8) шығыс талшыққа (9) бағыттайды. Шығысындағы қосымша оптикалық оқшаулағыш (10) оптикалық күшейткіштің белсенді бөлігіне шығыс сегменттен келетін кері шағылысқан сигналдың түсуін болдырмайды.

Күшейткіштің белсенді күшеюші ортасы бір модты талшық болып табылады. Оның өзегі үш деңгейлі атом жүйесін құру үшін сирек жер элементтер қоспасымен легирленеді.

Лазер қоспа атомдарының электрондарын қоздырады. Сондықтан электрондар негізгі қалпынан (А-деңгейінен) В деңгейіне өтеді (сурет 2.5). Одан соң В деңгейінен аралық С деңгейіне электрондардың релаксациясы орындалады. С деңгейі электрондарға толғанда, бұл деңгейде инверсия құбылысы пайда болады да, жүйеге кіріс оптикалық сигналды белгілі толқын

ұзындығының диапазонында күшейтуге мүмкіндік туады. Егер кіріс сигнал болмаса, онда шуылға әкеп соғатын қозған атомдардың кездейсоқ сәулеленуі пайда болады.



Сурет 2.5. Қоспалы талшықты күшейткіш деңгейлерінің энергетикалық диаграммасы

Күшейткіштердің жұмыс істеу ерекшеліктері көп жағдайда қоспалардың түріне және сигналды күшейтуі тиіс толқын ұзындығы диапазонына байланысты болады.

Ең кең таралған күшейткіш түрі - эрбиеммен легирленген кварц талшығы бар күшейткіштер. Мұндай күшейткіштер EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) деп аталады, яғни эрбиеммен легирленген талшықты оптикалық күшейткіш. EDFA күшейткішінде ең кең күшейту аймағы болып 1530 -дан 1565 нм-ге дейінгі диапазон саналады. Бұл толқын ұзындығының диапазоны кварцтік талшықтағы жоғалуы төмен диапазонға сәйкес келеді, сондықтан ТОТЖ кеңінен қолданылады.

Оптикалық талшық бойымен сигнал берілгенде оның әлсіреу және бұрмалану шамасы регенерация бөлімшесінің ұзындығына $L_б$ тәуелді болады. $L_б$ артқан сайын $P_{пр}$ - оптикалық сигнал деңгейі оптикалық талшықтың құрылыстық ұзындығы бойынша төмендейді, ал олардың қосылу нүктелері де секірмелі түрде төмендейді (2.6-сурет). Сигналды қалпына келтіру үшін ЭР кірісінде сигнал деңгейі $P_{пр} \geq P_{пр.\min}$ болуы тиіс. Мұндағы $P_{пр.min}$ - оптикалық сигналдың қабылдау кезінде қалпына келтіріле алатындай ең кіші деңгей.

$$\text{Р}_{\text{пр}} - \alpha_e - n_p\alpha_p - n_H\alpha_H - \alpha Lуч \geq Pпр \qquad (2.1)$$

мұндағы $P_{пр}$ - станция немесе регенератор шығысындағы сигналдың таралу деңгейі; α_d сәуленің талшыққа енгізу және одан шығару кезіндегі шығындар; α_P, α_H - регенерация бөлімшесіндегі қосқыш және қосқыш емес қосылыстардағы шығындар. Бұл формуланы келесідей жазу ыңғайлы:

$$\alpha Lуч + Пр\alpha_{Р} + П_{Н}\alpha_{Н} \le Q \qquad (2.2)$$

мұндағы $Q=1_{пер}$ -$\alpha_{в}$ - $P_{пр\ min}$ - ТОБЖ энергетикалық потенциалы. 2.2 - формуладан регенерация бөлімшесінің ұзындығын анықтауға болады. Ол

$$lуч \le (Q - Пр\alpha_{р} - П_{н}\alpha_{н})/\alpha \qquad (2.3)$$

Оптикалық талшықтың өшуінен басқа регенерациялық бөлімше дисперсиялық шығын есебінен шектеледі. Символдар аралық интерференцияны азайту үшін келесі теңсіздік орындалуы тиіс:

$$B \le 0{,}25/\delta \qquad (2.4)$$

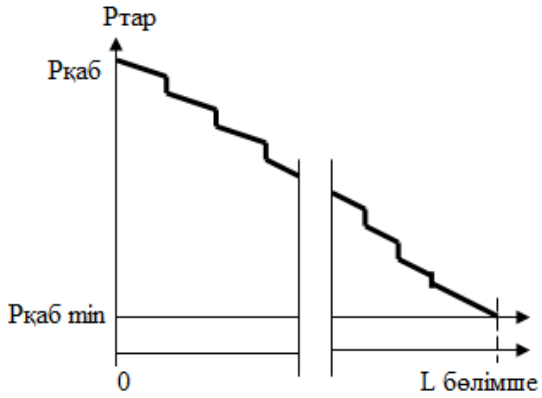
Мұндағы В-ақпарат тарату жылдамдығы; δ - ұзындығы $(L_{б})$ бөлімше болатын кәбілдің импульстік сипаттамасының орташа квадраттық кеңдігі. 2.4-ші формуладан мынаны аламыз:

$$l_{уч} \le 0{,}25/(\delta_{0}B) \qquad (2.5)$$

Мұндағы δ_{0} - ұзындығы 1 км оптикалық талшықтағы импульстің орташа квадраттық кеңеюі. Сонымен регенерация бөлімшесінің ең үлкен ұзындығын анықтау үшін келесідей теңсіздіктер жүйесін шешу қажет:

$$\begin{aligned} lуч &\le (Q - Пр\,\alpha_{р} - n_{Н}\alpha_{Н})/\alpha \\ lуч &\le 0{,}25/(\delta_{о}B) \end{aligned} \qquad (2.6)$$

L бөлімшесін анықтау есептері регенерациялық қашықтықтың 100 км-ден асатын жағдайда оптикалық тарату жүйесінің артықшылықта болатынын көрсетеді. Ал коаксиалдық кәбілдер пайдаланылғанда $lуч = 1{,}5 \div 6$ км болатыны белгілі.



Сурет 2.6. Оптикалық сигнал қуатының регенерациялау бөлімшесіне тәуелділігі

Регенерациялау бөлімшелері болмайтын ТОБЖ жасау белсендірілген оптикалық талшықтар және қуатты жартылай өткізгіштік лазерлер жасау технологиясындағы айтарлықтай жеңіс деп түсіну керек.

Бақылау сұрақтары

1. Магистралды оптикалық көліктік желі дегеніміз не?
2. Регенератор қызметін түсіндіру.
3. Оптикалық сигнал қуатының регенерациялау бөлімшесіне тәуелділігін түсіндіру.

2.2 Спектрлік нығыздау арналар жүйесі. WDM жүйесі

*Арналардың спектрлік нығыздалуы (*WDM - англ. wavelength-division multiplexing, толқын ұзындығы бойынша бөлумен мультиплексорлеу) деп бір оптикалық талшық бойымен түрлі тасымалдаушы жиіліктерде бірнеше ақпараттық арналарды біруақытта таратуға мүмкіндік беретін технология аталады.

Спектрлік мультиплексорлеу технологиясы, яғни арналарды толқын ұзындығы бойынша нығыздау бір уақытта деректерді таратудың арқасында тасымалдаушы желінің өткізу қабілетін жоғарлатуға мүмкіндік береді. WDM-жүйелері оптикалық желілер бойымен деректерді берудің сенімділігі мен жылдамдығын арттыру міндеттерін орындау барысында икемділігімен және үнемділігімен ерекшеленеді. Мұндай жүйелерді енгізу өткізу қабілетінің жетіспеу мәселесін шешуге және желінің сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Қазіргі кезде телекоммуникация жүйесінде Internet технологиясының дамуы салдарынан дыбыстық жүйеден деректерді тарату жүйесіне өту кеңінен қолданылады. Сол себептен трафик көлемінің өсуіне сәйкес өткізу жолағының өсуі көліктік желіге қойылатын талаптардың бірі болып табылады.

Әдетте желіде үш негізгі деңгейді бөлуге болады: магистралды, тарату және қатынау. Магистралды деңгей жоғарғы өткізу қабілеттілігімен сипатталады және қала немесе регион аймақтарында трафикты тарату үшін қолданылады. Тарату деңгейі күрделі желі топологиясымен және кіші өткізу қабілеттілігімен сипатталады. Қатынау деңгейі кішігірім өткізу қабілеттілігімен және корпоративті желіні қосуға арналған.

Заманауи көліктік желіге әртүрлі талаптар ұсынылады. Қатынау деңгейіне иілгіш және тиімді қолдану талап етіледі. Тарату деңгейіне әртүрлі трафик түрлерін қосу және оларды байланыстыру, ал магистралды деңгейге трафиктің өсуіне байланысты өткізу қабілеттілігін жоғарылату талап етіледі.

Көліктік желінің өткізу қабілеттілігін жоғарылату үшін қолданылатын технологиялық шешімдер:

- байланыс желісіне жаңа оптикалық кәбілдерді төсеу. Бұл үдеріс қазіргі кезде кеңінен дамып келеді, бірақ үлкен қаржыландыруды талап етеді;

- шапшаң жылдамдықты электрониканы қолдану (10 Гбит/с, 40 Гбит/с, 100 Гбит/с жоғары). Мұнда соңғы жылдары шығатын технологияны қолдану талап етіледі;

- электронды кешендерден оптикалық кешендерге өту (күшейткіштер, сүзгілер және т.с.с). Мұнда оптикалық кешендердің қолданылу түрі мен оларды сәйкестендіру қарастырылады.

- толқын ұзындықтарына байланысты арналарды нығыздау технологиясын қолдану (WDM - wavelength division multiplexing). Бұл үшін тек желідегі терминалдарды оптикалық күшейткіштерге ауыстыру қажет.

WDM жүйесінің сигналды тарату жылдағына байланысты дамуы:

- WDM, STM 4 (622,08 МГц) екі толқынды кең бөлу аймағымен;

- WDM, STM-16 (2.5 Гбит/с) екінші кезеңде 1555 нм 2/4 толқын ұзындығында, 400 ГГц интервалымен;

- WDM, STM-64 (10 Гбит/с) Dense жүйесі 1550 нм 8/96 толқын ұзындығында, 50/100 ГГц интервалымен;

-STM-256 (40 Гбит/с) DWDM жүйесі 1550 нм 100/200 толқын ұзындығында 25/50 ГГц интервалымен.

WDM технологиясының үш негізгі айырмашылықтары бар.

1. WDM көліктік желі көмегімен өткізу қабілеттілігін бір талшық бойымен таралатын N толқын ұзындығын бір толқын ұзындығындағы желінің B таралу жылдамдығына көбейту арқылы өсіруге болады.

$$C = N \cdot B \qquad (2.7)$$

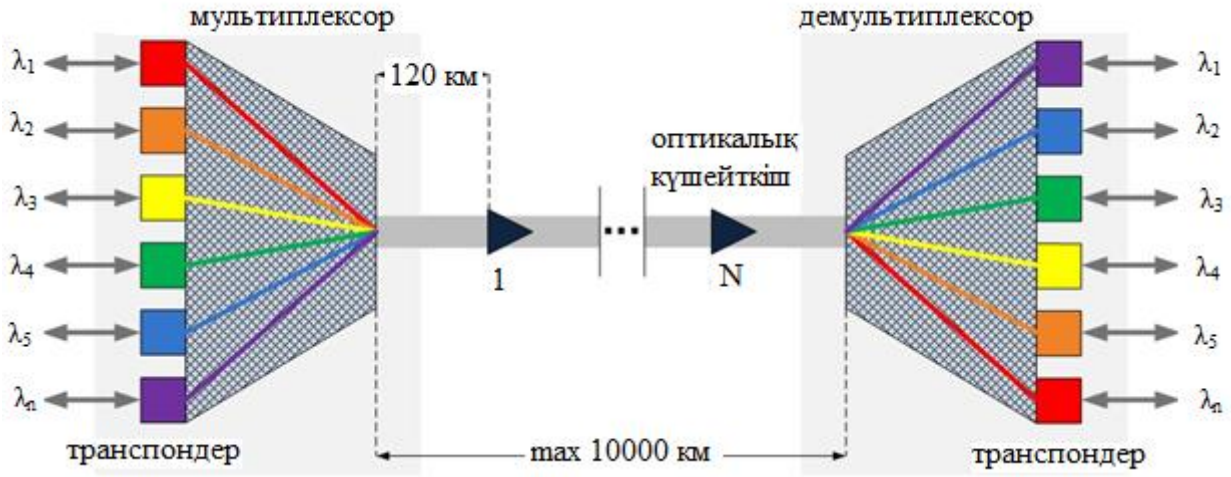
2. WDM технологиясы негізіндегі көліктік желі иілгіш келеді. Біріншіден, әрбір спектрлік арнаны әртүрлі трафикті тарату үшін қолдануға болады. Мысалы, бір толқын ұзындығында Internet, екіншісінде SONET немесе ATM деректерін таратуға болады. Екіншіден, тек физикалық желі топологиясымен шектелмей, сонымен қатар виртуалды желі топологиясында қолдануға болады.

3. Барлық спектрлік арнадағы бір талшықпен таралатын сигналдарды оптикалық күшейткішпен күшейтуге болады (сурет 2.7) [4]. Оптикалық күшейткіштің рентранслятордан айырмашылығы әрбір спектрлі арна үшін жеке электрлік күшейткішті қолданады.

Оптикалық күшейткіштердің арақашықтығы 50...150 км аралығымен және талшықтағы жоғалу шамасымен, талшыққа енетін жарық қуатының шамасымен анықталады. Бұл қуаттың шамасы талшықтағы сызықсыз эффект әсерінен болатын сигналдардың бұрмалануымен анықталады.

Оптикалық күшейткіштер екінші кезеңде WDM жүйесінде пайда болды. Онда (EDFA – Erbium Doped Fiber Amplifier) эрбиді қолданатын талшық қолданылды және 1525…1565 нм толқын ұзындықтары диапазонындағы сигналдарды күшейту қамтамасыз етілді. Бұл жүйелерде

деректерді тарату үшін арналар аралығы 400 ГГц интервал болатын үшінші терезе мөлдірлігі қолданылды. Одан кейінгі толқын ұзындықтары бойынша арналарды нығыздау технологиясы оптикалық күшейткіш көмегімен жолақты кеңейту мен спектрлік арналардың жиілік аралығының кіші болуына байланысты дамыды.



Сурет 2.7. WDM жүйесінде оптикалық күшейткіштердің орналасу сұлбасы

Спектрлік арналар аралығы жиілік интервалына байланысты WDM жүйесі екі негізгі класқа бөлінеді: тығыздықты спектрлік нығыздау жүйесіне (dense-WDM (DWDM) 80 арна санымен және жиілікті спектрлік нығыздау жүйесіне 40 арна санымен (coarse-WDM (CWDM) немесе, кейде оны (wide WDM (WWDM) деп аталатын жүйеге бөледі. Болашақта DWDM жүйесіндегі арна саны 200-ден асады (1000 –ден асуы мүмкін), ал CWDM жүйесінде арна саны 40-тан асуы мүмкін.

Бақылау сұрақтары

1. Спектрлік нығыздау арналар жүйесі дегенімізді қалай түсінесіз? Сұлбасын сызып түсіндіріңіз.
2. Көліктік желінің өткізу қабілеттілігін жоғарылату үшін қолданылатын технологиялық шешімдерді атаңыз.
3. WDM технологиясының негізгі айрмашылықтарын атаңыз.
4. WDM жүйесінде оптикалық күшейткіштердің орналасу сұлбасын, блоктардың қызметін түсіндіріңіз.

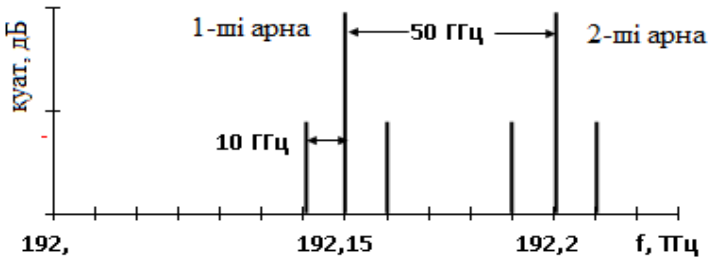
2.3 DWDM жүйесі

DWDM жүйесінің негізгі параметрі әртүрлі өндірушілер шығаратын қондырғыларды сәйкестендіруді қамтамасыз ететін арна саны. Халықаралық электрбайланыс ұйымының стандарттау секторы (ITU – International Telecommunication Union) ITU Rec. G. 692 стандартын шығарды. Онда 100 ГГц жиілік интервалы ұсынылды. Ұсынылған G. 692 стандартына сәйкес үшінші терезе мөлдірлігінде (1530…1560 нм) 40 арна пайдалынады (100 ГГц жиілік интервалы 0,8 нм толқын ұзындығы интервалына сәйкес келеді).

Соңғы кезеңдерде спектрлік арналар арасындағы жиілік интервалдары 50 ГГц-тан 25 ГГц-ке дейін төмендетілді, яғни үшінші арнадағы терезе мөлдірлігіндегі арна саны 80-нен 160-қа дейін көбейді. Сол себептен 100 ГГц жиілік интервалындағы «нығыздалған» WDM жүйесі DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) жүйесі деп аталынды.

DWDM жүйесіндегі N арна саны мен деректерді тарату жылдамдығын B тәуелсіз шама деп атауға болмайды. Мысал ретінде интервалы 50 ГГц жиілік арнасы болатын екі көрші арнаны қарастырайық. Екі арнадада деңгейі STM-64 цифрлық ағын, яғни 10 Гбит/с жылдамдықты ағын таратылсын делік. Сонымен бірге цифрлық ағынның спектры STM-64 үшін f_c=10 ГГц 1-ші гармоникалық тактылы жиілікпен шектелсін [4]. Сонда әрбір арнаның оптикалық спектры үш құраушыдан – f_o орталық жиіліктен және f_o+f_c және f_o-f_c (сурет 2.8) екі бүйірлі жиіліктен тұрады. Деректерді тарату жылдамдығы 10 ГГц (STM-64), ал арналар арасындағы жиілік интервалы 50 ГГц болады.

2.8-ші суреттен көруге болады, STM-64 (10 ГГц) цифрлық ағынды таратуда арналар аралығындағы (50 ГГц) жиілік интервалы оптикалық сигналдың жиіліктік модуляциясында екі еселенгенін, яғни арналар жеткілікті қашықтыққа таратылды. Дәл сол уақытта келесі цифрлық ағынның STM-256 (40 ГГц) иерархиясы үшін осы шарт 100 ГГц немесе одан да жоғары жиілік интервалында орындалады. Бірақ DWDM жүйесінің арналар арасындағы жиілікті интервал шамасын көрші арналардың оптикалық тасымалдаушылардың ортогоналды полярлығы орындалатындай етіп екі есеге кішірейтуге болады. Сонда STM-256 (40 ГГц) цифрлық ағынын тарату үшін арналар арасындағы 50 ГГц жиілік интервалын қолдануға мүмкіндік болады.



Сурет 2.8. DWDM жүйесінің екі көрші арналар сигналдарының спектрі

Талшықтағы сызықсыз эффект. DWDM жүйесінде қатты байқалады. Өйткені толқын ұзындық саны өскен сайын ол арқылы таралатын жалпы оптикалық қуат та өседі. Сол себептен, толқынның фазалық өзіндік модуляциясымен (SPM – Self Phase Modulation), бірге сызықсыз эффектте байқалады. Бұл көптолқынды тарату желілеріне тән қасиет: ширектолқынды араласқан (FWM – Four Wave Mixing) және қиылысқан фазалық модуляция (XPM – Cross Phase Modulation).

SPM эффектісі тарату желісіндегі бір спектралды арнаның қуаты 10 дБм (10 мВт) жеткенде байқалады. FWM және XPM эффектілері спектралды арналардың жалпы оптикалық қуатының қосындысы осы шамаға жеткенде байқалады. Соның ішінде ең қауіптісі ширектолқынды араласқан эффекті. Өйткені, бірнеше толқын ұзындығында таралатын сигналдар араласқанда талшықта паразит сигналдары пайда болады. Кейбір паразит сигналдар DWDM жүйесінің спектралды арналарына түседі, соның салдарынан бөгеулер пайда болады.

Жаңа толқын ұзындығында пайда болатын сигналдарды келесімен түсіндіруге болады. Үлкен қарқындылықты жарық толқындары талшықта жүгіріп жүретін фазалық торды құрайды (жүгіріп жүретін толқындардың сыну көрсеткіші). Жарық толқындарының осы жүгіріп жүрген фазалық тормен өзара әсері жаңа толқын ұзындығындағы паразиттерді көрсетеді. (сурет 2.9).

2.9-шы суреттегі жаңа толқын ұзындықтар саны келесі өрнекпен анықталады:

$$N^2(N-1)/2 \qquad (2.8)$$

мұндағы N- бастапқы ұзындық саны.

N	$N^2 (N-1)/2$
2	2
2	24
4	224

Сурет 2.9. Екі толқындардың (жиіліктері f_1 және f_2) араласуынан пайда болатын жаңа толқын

DWDM жүйесіндегі талшыққа енгізілген оптикалық қуаттың жалпы қосынды шамасы G. 692 стандарты бойынша + 17 дБм (50 мВт) анықталады. Осы стандарт бойынша келесі қосымшаларда оның мүмкін болатын шамасы +23 дБм өседі. Осы шамаларға шектеу екі шешімге байланысты

орындалады: талшықтағы сызықсыз эффектінің шамасы және қызмет етушіге талап етілетін қауіпсіздікпен.

DWDM жүйесінің арналарында таралатын топтық толқын жылдамдықтарының айырмасының өсуінен ширектолқынды эффект кемиді. Сонымен қатар DWDM жүйесінің арналар арасының арақашықтығын және талшық дисперсиясын ұлғайту арқылы ширектолқынды эффектіні азайтуға болады.

Дисперсия сипаттамалары. SM талшығының (16…18 пс/нм·км) дисперсиясының пайдасы бар, өйткені XPM және FWM эффектілерінің салдарынан пайда болатын қиылысқан бөгеулерді жоюды қамтамасыз етеді. Сол себептен SM талшықты DWDM жүйесінде спектралды арналар бір-бірінен бірдей арақашықтықта орналасады, бұл оптикалық күшейткіштің барлық жолағын толық қолдануға болатынын көрсетеді.

DWDM жүйесіндегі дисперсияның кемшілігі бір толқын ұзындығындағы регенерациялық бөлімшелердің ең үлкен ұзындықтарына шектеу қояды. Талшықтағы дисперсияның салдарынан желідегі сигналдардың аз бұрмалануы шығу көзінің таржолақтығын және сигналдың амплитудалық модуляциясынан (сыртқы модуляторлы кері байланысты лазер (DFB – Distributed Feedback Laser)) пайда болады. Сонда регенерация бөлімшесі ұзындығы L_m талшықтағы дисперсия коэффициентімен D және сигналының тарату жылдамдығымен B шектеледі:

$$Lm \cong 10^5 / \left(B^2 \cdot D\right) \qquad (2.9)$$

D дисперсия коэффициенті [пс/нм·км] бірлігімен, ал B тарату жылдамдығы [Гбит/с] бірлігімен өлшенеді.

Мысалы, D=18 пс/нм·км деректерді тарату жылдамдығы 2.5 Гбит/с (STM-16) болса, онда регенерация бөлімше ұзындығы: L_m ~ 1000 км. Яғни осындай тарату жылдамдығындағы SM талшығындағы дисперсия желінің регенерация бөлімшесінің ұзындығына шектеу қоймайды. Бірақ 10 Гбит/с (STM-64) деректерді тарату жылдамдығында: L_m~60 км, әдеттегі регенарация бөлімшесінің ұзындығынан аз (~100 км), яғни жоғалулар болмайды, оптикалық күшейткіштер қолданылмайды.

Сонымен 2.5 Гбит/с жылдамдығына дейінгі деректерді тарату жылдамдығында SM талшығындағы дисперсия пайдалы болып есептелінеді, оны компенсациялаудың қажеті болмайды, өйткені ол қиылысқан бөгеулерді жоюды қамтамасыз етеді. Сол себептен DWDM жүйесінің өткізу қабілеттілігі спектралды арналар арасындағы жиілік интервалдарын азайту салдарынан ұлғаяды.

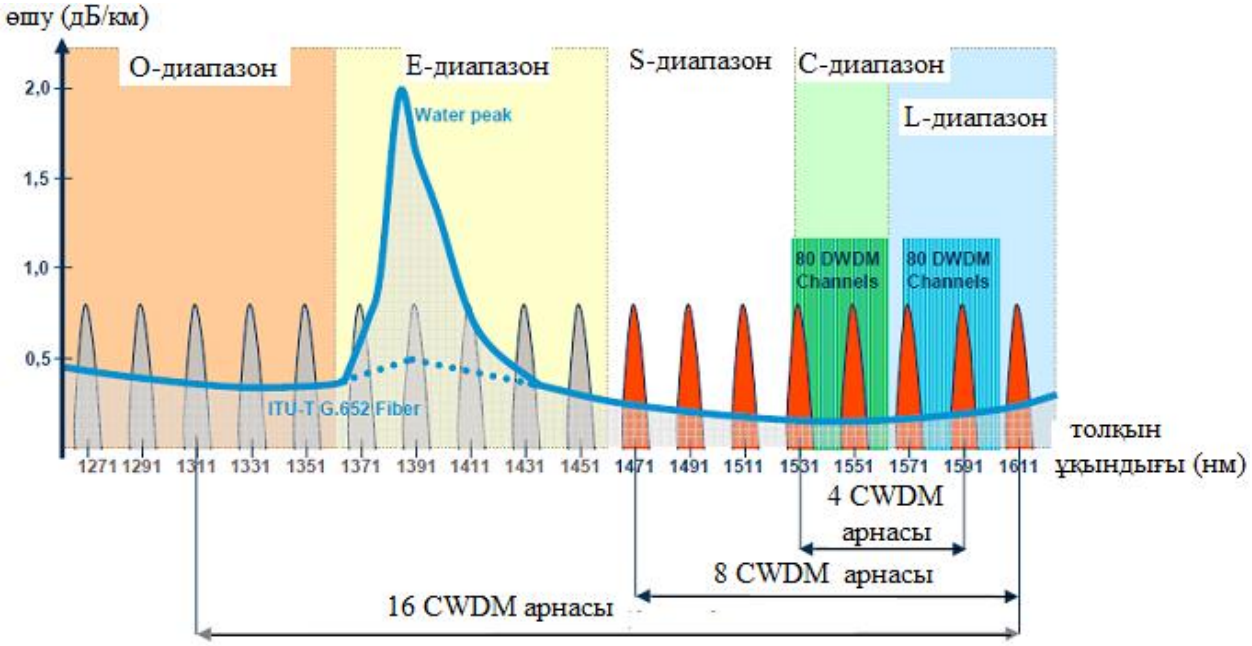
DWDM жүйесінің сипаттамалары. Қазіргі уақытта DWDM жүйесі жеке арнада 2.5 Гбит/с (STM-16) тарату жылдамдығымен шығарылады. Онда стандартты жолақ ені 30 нм болатын эрби оптикалық күшейткіш қолданылады. Жүйенің спектралды арналарының 0,8 (100 ГГц) арақашықтығындағы спектралды арналар саны N=40. Ал спектралды

арналарының 0,4 (50 ГГц) арақашықтығындағы спектралды арналар саны N=80. N=40 жүйесіндегі өткізу қабілеттілігі 100 Гбит/с (40×2.5 Гбит/с), ал N=80 екі есе үлкен - 200 Гбит/с (80×2.5 Гбит/с) [5].

DWDM жүйесінде өткізу қабілеттілігін жоғарылату үшін арна саны мен тарату жылдамдықтарын көбейту қажет. Арна санын көбейту үшін ITU ұсынған G.694.1 стандартты (1525…1565 нм) диапазонда оптикалық күшейткіштер мен (1570...1620 нм) диапазонда кеңжолақты оптикалық күшейткіштер қолданылады (сурет 2.10). Тарату жылдамдығын тарату үшін келесі STM-64 (10 Гбит/с) деңгейге дейін SM талшықты желіні толық компенсациялау қажет.

Қазіргі уақытта DWDM жүйесінде арна сандарын көбейту қарқынды дамып келеді. Бұл оптикалық күшейткіштердің ұзын толқынды (L – диапазон) және қысқа толқынды (S – диапазон) жағына қарай күшейтілген жолақтың кеңею салдарынан және талшықтың жаңа түрін – нөлдіксіз араласқан дисперсиялы талшық салдарынан болады.

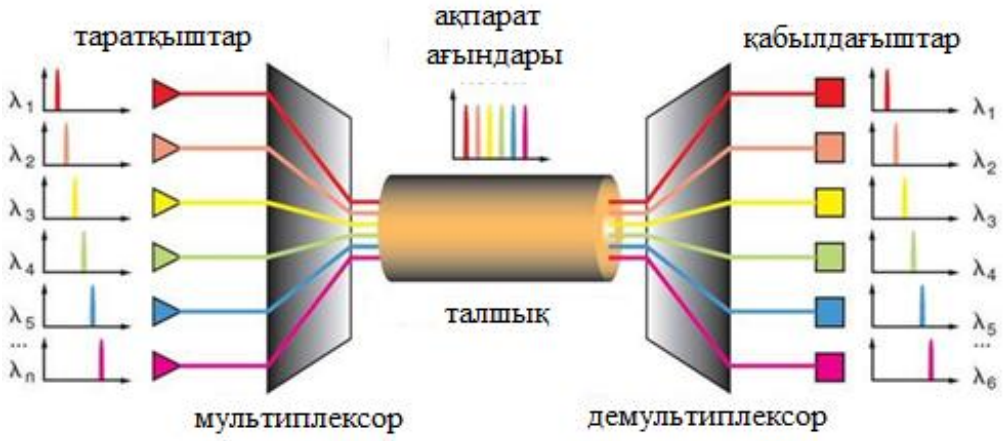
DWDM жүйесінің кемшілігі. Қазіргі уақытта DWDM жүйесі магистралды транспортты желіде қолданылады. DWDM жүйесінде спектралды арналар (50/100 ГГц) бір-біріне өте жақын орналасқан, сол себептен мультиплексор мен демультиплексорға жоғарғы талаптар қойылады. Сонымен қатар әрбір арнаға толқын ұзындығына бапталған лазер орнатылады. Әрбір осындай лазер температураға тұрақтандырылған. DWDM жүйесінің құны қымбат болғандықтан қысқа таратушы көліктік желіге қарағанда үлкен көлемді трафикты үлкен қашықтыққа тарату үшін қолданылады.



Сурет 2.10. G-694.1 стандартты ұсынған DWDM арналарын тарату

Оптикалық мультиплексор/демультиплексор (MUX/DEMUX) DWDM спектрының С-диапазонындағы толқын ұзындығында бірмодты талшық бойымен таралатын сигналдарды біріктіріп/ажырату үшін арналған. Оптикалық MUX/DEMUX желіде орналасу сұлбасы 2.11-ші суретте көрсетілген.

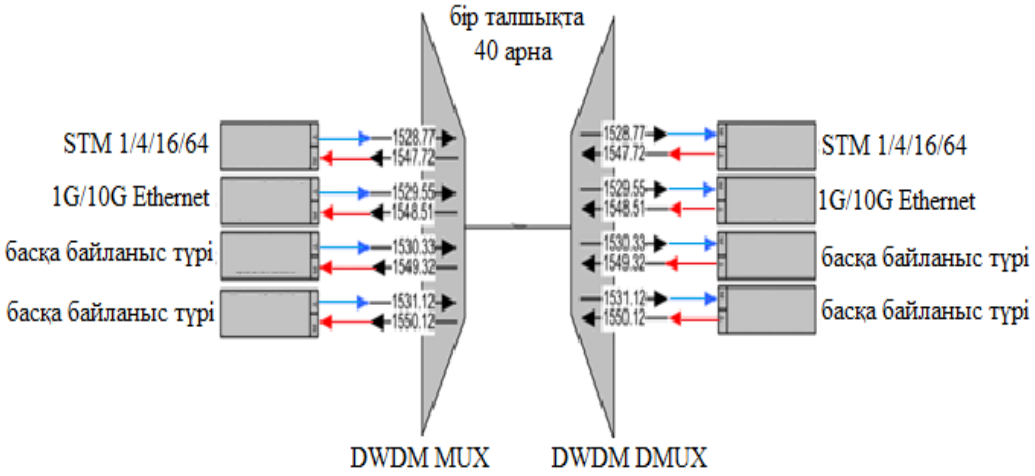
Бір талшықты DWDM-мультиплексор бірмодты талшықта 40 дуплексты және 80 симплексты оптикалық арнаны ұйымдастыруға мүмкіндігі бар. Екі талшықты DWDM мультиплексор бір корпуста орналасқан екі бір талшықты мультиплексордан тұрады. Мұндай мультиплексор екі талшықта 80 дуплексты және 160 симплексты оптикалық арнаны ұйымдастырады (сурет 2.12).



Сурет 2.11. Оптикалық MUX/DEMUX желіде орналасу сұлбасы

Стандартты оптикалық DWDM-мультиплексоры 2/4/8/12/16/20 дуплексты арна конфигурациясын және DWDM технологиясы негізінде бір (Express) портты құрайды [5].

DWDM-мультиплексоры деректерді тарату үшін физикалық ортаны құрайды, сол себептен олардың параметрлері хаттамалар мен таралатын деректердің түріне байланысты болмайды.



Сурет 2.12. «Нүкте-нүкте топологиясы»

Ерекшелігі:

- бір талшықта 80 арнаны ұйымдастырады;
- тарату жылдамдығы шектелмеген;
- толық пассивты қондырғы;
- жоғалулары аз;
- тарату хаттамаларына тәуелді емес;
- бір арнаның меншікті құны аз;
- express-портының қолданылуы.

Бақылау сұрақтары

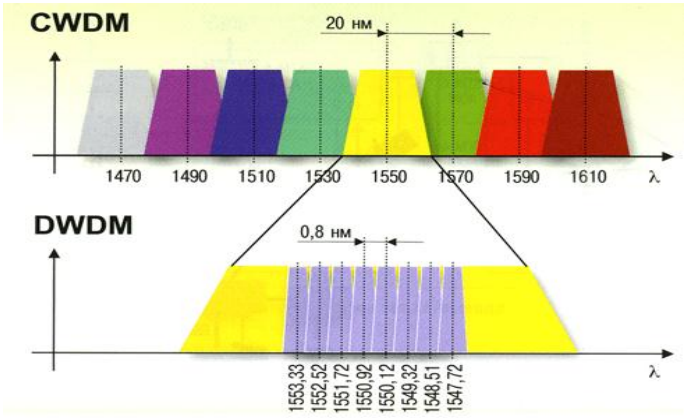
1. Талшықтағы сызықсыз эффект анықтамасы.
2. DWDM жүйесінің сипаттамалары.
3. Оптикалық мультиплексор/демультиплексор қызметі.

2.4 CWDM жүйесі

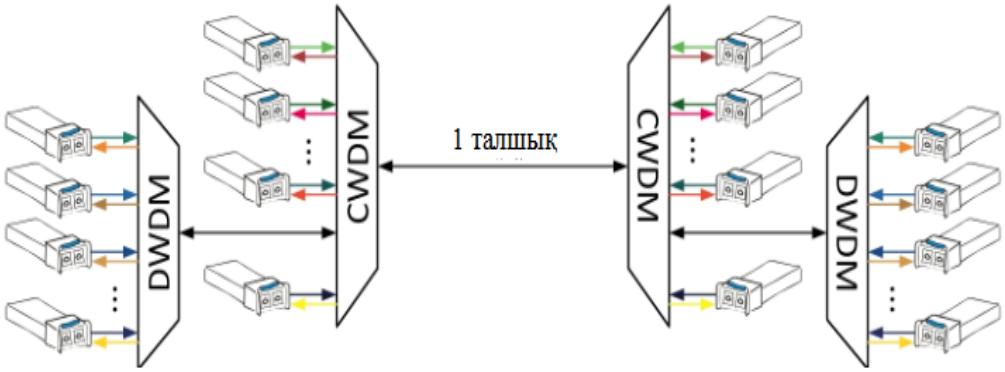
Кішігірім қашықтықтағы таратушы көліктік желіде (бірнеше ондаған километр) CWDM (Coarse WDM) технологиясын қолдану тиімді. DWDM жүйесіне қарағанда CWDM жүйесі спектралды арналардың ең үлкен нығыздығына емес, максималды өткізу қабілеттілігінің желі құнына қатынасын қолдайды. CWDM жүйесінде спектралды арналар қымбат емес WDM оптикасы мен трансмиттерды қолдануға мүмкіндік болатындай бір-бірінен алыс қашықтыққа орналасады (20 нм және одан жоғары). DWDM жүйесі CWDM жүйесінің спектралды арналарын салыстыру 2.13-шы суретте көрсетілген.

CWDM жүйесінің артықшылығы. WDM оптика желісінде негізгі баға мультиплексор мен демультиплексорға түседі. Спектралды арналар жақын орналасқан сайын қиылысқан бөгеулер көп болады. Арналар арасының үлкен қашықтығында қиылысқан бөгеулер аз болады. Ол үшін 20 нм қашықтығында қиылысу бөгеулерін төмендету деңгейі 30 дБ және 13 нм (жоғалу 1 дБ) бірлік өткізуші сүзгіні қолдану тиімді. CWDM және DWDM жүйелерін ұйымдастыру сұлбасы 2.14-ші суретте көрсетілген.

CWDM жүйесінде лазердің жұмысшы толқын ұзындығына және лазердің температура тұрақтылығына қойылатын талап төмендетіледі. DFB лазерінің жұмысшы толқын ұзындығына ±2 нм, ал температурасына бір Цельсия градусына 0.09 нм төмендетіледі. CWDM жүйесі үшін қолайлы, өйткені ондағы сүзгінің жолақ ені 13 нм тең [5].



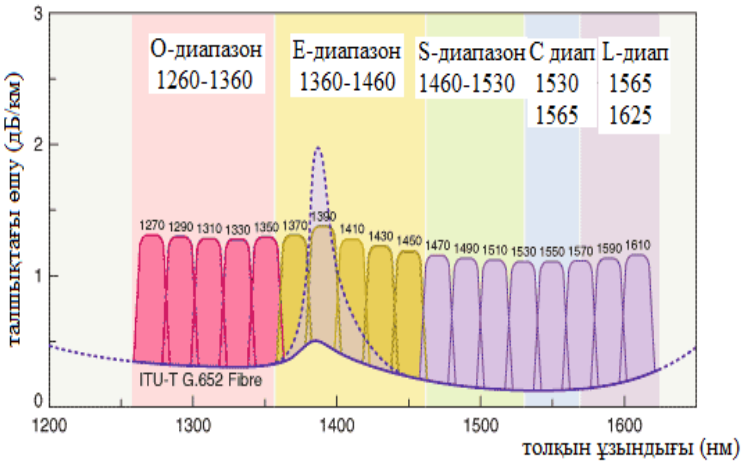
Сурет 2.13. Бір CWDM жүйесінің спектралды арнасына ені 100 ГГц болатын DWDM жүйесінің 20 арнасы қосылған құрылымдық сұлбасы



Сурет 2.14. CWDM және DWDM жүйелерін ұйымдастыру сұлбасы

DWDM жүйесінде жоғарғы нақты берілген жұмысшы толқын ұзындығындағы лазердің қымбат технологиясын қолдану қажет. Сонымен қатар бұл лазерді 2^0C температурада сақтау үшін арнайы термоэлектрлі мұздатқышта сақтау қажет. Сондықтан DWDM жүйесін қолдану өте қымбатқа түседі.

CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) – технологиясы бір оптикалық талшық бойымен әртүрлі тасымалдаушы жиілікте бірмезгілде бірнеше ақпарат арналарын тарата алады. ITU-T G.694.2 стандартының келісімі бойынша CWDM жүйеде кеңжолақты C, S, L диапазондармен қатар тағы екі диапазон: O (original, негізгі) 1260–1360 нм және E (extensive, кеңейтілген) 1360–1460 нм қолданылады. G-694.2 стандарты ұсынған CWDM арналарын тарату сұлбасы 2.15-ші суретте келтірілген. Диапазондар қадамы 20 нм болатын 18 арна орналасқан барлық 1260-тан 1625 нм диапазон аймақтарын қамтиды.

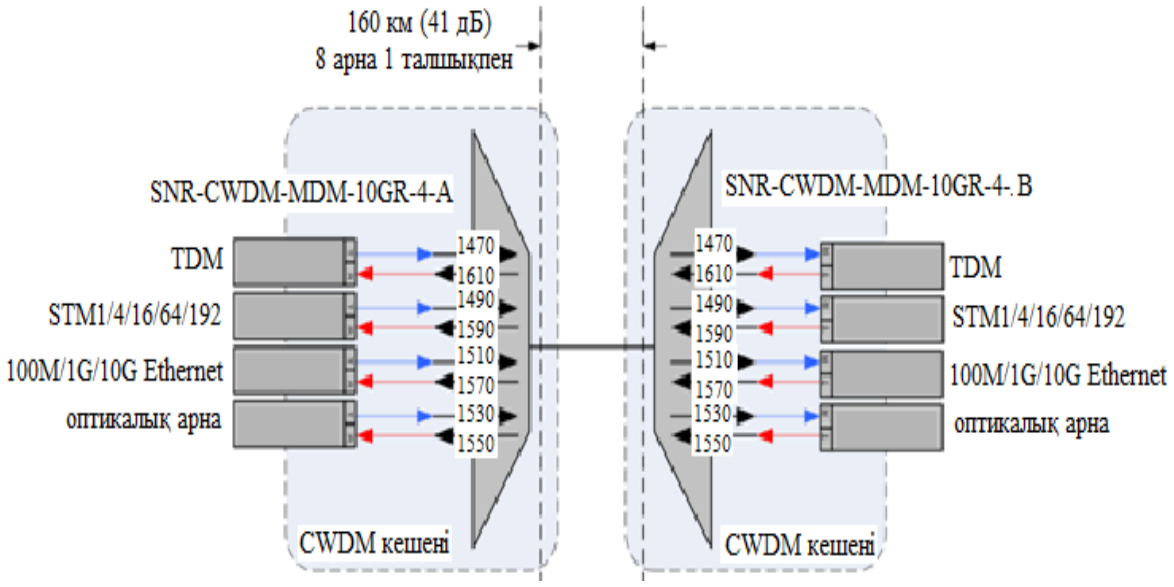


Сурет 2.15**.** G-694.2 стандарты ұсынған CWDM арналарын тарату сұлбасы

1270 нм және 1290 нм толқын ұзындықтарындағы өшу мәні үлкен, сондықтан бұл диапазондар CWDM жүйесінде сирек қолданылады.

Соңғы жылдары CWDM жүйесі қалалық және аймақтық желілерде кеңінен қолданыла бастады. Өйткені бұл жүйені желіде қолдану экономикалық тұрғыдан қарағанда тиімді.

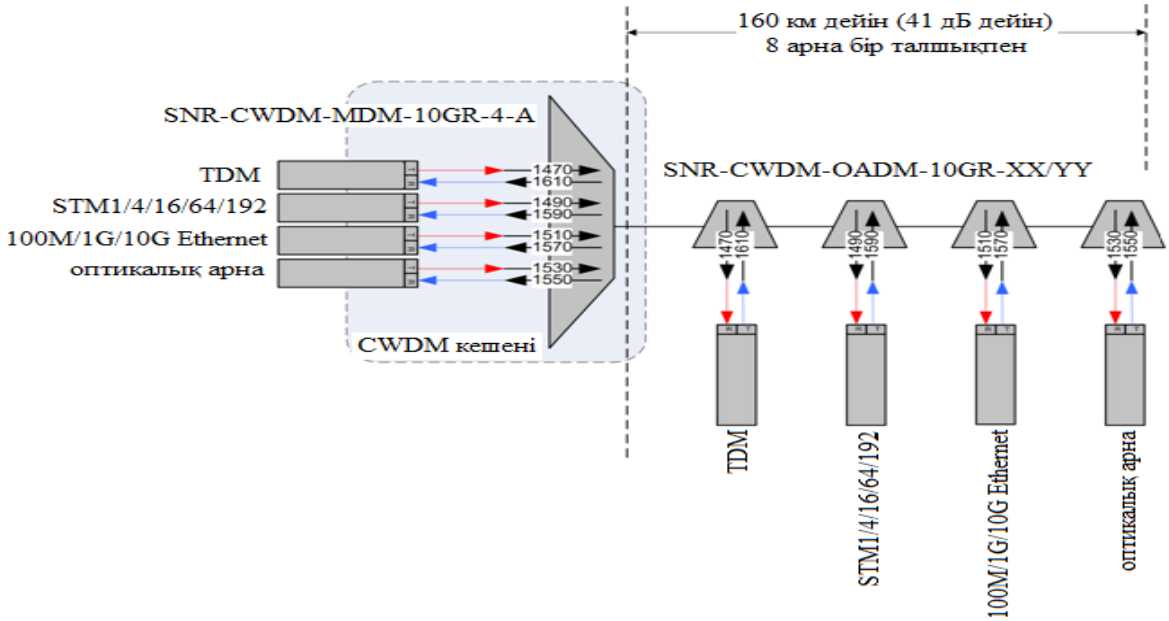
Қалалық және аймақтық желілер телекоммуникация нарығында шапшаң дамуда және желі топологиясы мен әртүрлі жылдамдықтар мен хаттамалардың үлкен спектрында деректерді тарату үшін кеңінен қолданылады. Таралатын трафиктың кез-келген жылдамдығы мен түрінде CWDM жүйесі магистраль мен қатынау желісінің тасымалдаушысы болып табылады. Бұл технологияда «нүкте-нүкте» топологиясы (сурет 2.16) мен «нүкте-көп нүкте» топологиясы (сурет 2.17) қолданылады.



Сурет 2.16. «Нүкте-нүкте» топологиясы

CWDM жүйесін қолданудың екі тәсілі бар. Бірінші тәсілде әрбір арна жеке түрде жұмыс істейді. Ең үлкен тарату қашықтығы талшықтағы жоғалумен шектеледі (өйткені оптикалық күшейткіш қолданылмайды), яғни 70 км-ден аспайды. Тарату жылдамдығы 2,5 Гбит/с тең әрбір спектралды арнада тура модуляциялы DFB лазері қолданылады.

DWDM және CWDM технологияларын бірге қолдану көліктік желінің өткізу қабілеттілігін жақсартуға мүмкіндік береді және қымбат DWDM жүйесін көп қолдануды шектейді.



Сурет 2.17. «Нүкте-көп нүкте» топологиясы

Екінші тәсілде жоғарғы жиілікті цифрлық сигнал бірнеше төменгі жиілікті құраушыларға бөлінеді. Оның әрқайсысы жеке спектрлік арнамен таратылады. Дәл осылай деректерді тарату 10 Gigabit Ethernet стандартында орындалады. Бұл форматта кіріс сигнал жылдамдығы 3,125 Гбит/с төрт ағын түрінде таралады. Әдетте бұл төрт ағын сигналы жылдамдығы 12,5 Гбит/с бір ағынға топтастырылады, содан соң барлық ағын қосындысының жылдамдығын 10 Гбит/с төмендетіп, талшық арқылы таратады (бір спектралды арна арқылы). CWDM жүйесінде әрбір төрт төменгі жиілікті ағындар жеке спектралды арналармен таратылады.

CWDM жүйесіндегі оптикалық мультиплексор/демультиплексоры (MUX/DEMUX) CWDM жүйесінің толқын ұзындығы диапазонында бірмодты талшықта таралатын сигналдарды топтастырып, ажыратуға арналған.

Оптикалық мультиплексорлар екі түрде болады: бір талшықты және екі талшықты. Бір талшықты оптикалық мультиплексор бір бірмодты талшықта 9 дуплексты немесе 18 симплексты оптикалық арналарды ұйымдастырады. Екі талшықты оптикалық мультиплексор екі талшықта 18 дуплексты және 36 симплексты арналарды ұйымдастырады. Бұл шектеулер толқын ұзындық

торына байланысты: қадамы 20 нм мен 1270-1610 нм диапазонында 18 тасымалдаушы болады. Оптикалық мультиплексор стандартты 2, 4 және 8 дуплексты арнаны және Port-Expresse деп аталатын бір портты конфигурацияға ие болады. Бұл порт оптикалық мультиплексорда CWDM+DWDM гибридты сұлбасын немесе CWDM жүйесі қолданылмайтын толқынды қолдану арқылы өткізу қабілеттілігін үлкейтеді. Сонымен қатар оптикалық мультиплексоры аналогты теледидар сигналымен бірге цифрлық ағындарды бір оптикалық талшықпен тарата алады.

CWDM-мультиплексоры деректерді тарату үшін физикалық ортаны құрайды, сол себептен олардың параметрлері хаттамалар мен таралатын деректердің түріне байланысты болмайды.

Ерекшелігі:

- бір талшықта 18 арнаны ұйымдастырады;
- тарату жылдамдығы шектелмеген;
- толық пассивты қондырғы;
- тарату хаттамаларына тәуелді емес.

Тәжірибелік жұмыс

Регенерация бөлімшесінің ұзындығының өшуін есептеу

Жұмыстың мақсаты: оптикалық байланыс желісінде регенерация бөлімшесінің ұзындығының өшуін есептеуді дағдылану.

Жұмыстың тапсырмасы: берілген белгілі мәліметтер бойынша (кесте 2.1) регенерация бөлімшесінің ұзындығының өшуін есептеу.

Кесте 2.1

нұсқа / атауы		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Аппаратура түрі	PDH	SDH	PDH	SDH	SDH	PDH	SDH	SDH
2	Энергетикалық потенциал А,дБ	36	30	32	32	34	38	35	36
3	Энергетикалық қоры *M*,дБ	3	6	2	8	5	4	10	12
4	ОК параметрлері: өшу коэффициенті *a*, дБ/км	0.7	0.22	0.8	0.20	0.24	0.7	0.26	0.28
	құрылыс ұзындығы $L_{ср}$, км	2,2	2,4	2,4	2,2	2,6	2,8	2,2	2,4
5	Желі трактісінің параметрлері: $N_{рс}$, саны	2							
	$a_{рс}$, дБ	0,3	0,3	0,4	0,35	0,35	0,3	0,35	0,4
	$a_{нс}$, дБ	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,15	0,15

Ескеру керек: PDH аппаратурасы - көп модалы оптикалық талшықты қолданатын плезиохронды байланыс жүйесі; SDH аппаратурасы – бір модалы оптикалық талшықты қолданатын синхронды байланыс жүйесі.

Әдістемелік нұсқау

Регенерациялық бөлімшенің жалпы өшу мәндері келесі өрнекпен анықталады:

$$a_p = 10\lg\frac{P_1}{P_2} = p_1 - p_2 = \alpha L_{p\alpha} + a_{нс}N_{нс} + a_{pc}N_{pc} \qquad (2.10)$$

мұндағы P_1,p_1 – оптикалық талшықты кәбілге енгізілетін қуат және қуат деңгейі;
P_2,p_2 – қабылданатын сигналдың қуаты мен қуат деңгейі;
α- оптикалық талшықтың өшу коэффициенті;
$a_{нс}$,a_{pc} – ажыратылмайтын және ажыратылатын оптикалық қосқыштардың енгізілетін шығындары.

Станциялық және желілік ОК қосылыстарын есепке ала отырып, бөлімшедегі ажырамайтын оптикалық қосқыштардың жалпы саны келесі өрнекпен анықталады:

$$N_{нс} = L_{ра} / L_{ср} + 1 \qquad (2.11)$$

мұндағы $L_{ср}$ –ОК орташа құрылыс ұзындығы.

Оптикалық қабылдағыш сигналды келесі шарт бойынша қабылдайды және өңдейді.

$$p_2 \geq p_{пр} \qquad (2.12)$$

мұндағы $p_{пр}$- шекті сезімталдық (қабылданатын сигнал қуатының ең аз рұқсат етілген деңгейі).

Оптикалық таратқыштың жұмыс режимі бұзылған кезде, ОТ мен қосқыштардағы жоғалтулар өзгергенде және басқа себептерге байланысты қабылданатын сигналдың қуаты үнемі өзгеріп отырады. Сондықтан *M* қабылданған сигнал деңгейін өзгертудің белгілі бір диапазонын береді:

$$p_2 = p_{пр} + M \qquad (2.13)$$

Қарапайым түрлендіруден аламыз:

$$L_{ра} = \frac{A - M - a_{pc}N_{pc} - a_{нс}}{\alpha + a_{нс} / L_{ср}} \qquad (2.14)$$

мұндағы А- энергетикалық потенциал, дБ
М- энергетикалық қор, дБ.

Бақылау сұрақтары

1. Талшықты оптикалық тарату жүйесінің бір талшықты екі жолақты бір кәбілді сұлбасын түсіндіру.
2. ТОТЖ екі талшықты бір жолақты бір кәбілді сұлбасын түсіндіру.
3. ТОТЖ нығыздау тәсілдері және олардың айырмашылықтары.
4. CWDM жүйесіндегі «нүкте-нүкте» топологиясының құрылымы сызып түсіндіру.
5. CWDM жүйесінің сұлбасын сызып түсіндіру.
6. CWDM жүйесінің басқа жүйелермен салыстырғандағы артықшылықтары.
7. CWDM жүйесінің негізгі ерекшеліктері.
8. CWDM және DWDM жүйелерін ұйымдастыру сұлбасын түсіндіру.
9. DWDM және CWDM технологияларын бірге қолдану ерекшеліктері, артықшылықтары.
10. Оптикалық мультиплексорлардың түрлерін атаңыз.

Тест тапсырмалары

1. ТОБЖ бойынша ақпарат беру негізіне .... жатады
A. дисперсия
B. дифракция
C. интерференция
D. шағылысу

2. Талшықта линия бойымен таратылатын толқындар
A. шығатын
B. сәулелену
C. бағытталушы
D. кеңістік

3. Талшықты-оптикалық байланыс линиясында ақпаратты тарату үшін қолданылады
A. спектрдің инфрақызыл аймағы
B. жарық көрінетін аймақ
C. радиотолқындар
D. спектрдің ультракүлгін аймағы

4. Сәулелерді оптикалық талшыққа енгізгендегі апертуралық бұрыш шегінде өзгеретін толқындар
A. шығатын
B. сәулелену
C. бағытталушы

D. кеңістік

5. Арналардың спектрлік нығыздалуы
A. WDM
B. SDH
C. PDH
D. ATM

6. Оптоэлектронды түрлендіру жүргізбей, бірден оптикалық сигналды күшейтетін құрылғы
A. оптикалық күшейткіш
B. қайталағыш
C. концентратор
D. мультивибратор

7. WDM технологиясы – бұл арналарды спектрмен...
A. бөлу
B. байланыстыру
C. нығыздау
D. біріктіру

8. WDM жүйесін көбінесе ... жүйесі деп атайды
A. оптикалық кодтау
B. электрлік кодтау
C. оптикалық мультиплексирлеу
D. электрлік мультиплексирлеу

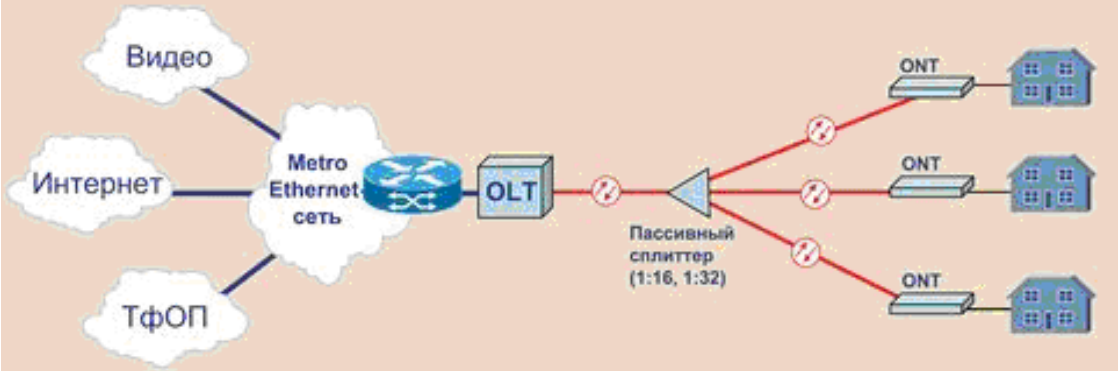
9. DWDM өткізу жолағы келесі шаманы құрайды
A. 25000 КГц
B. 25000 МГц
C. 25000 ГГц
D. 35000 МГц

10. Көрші 2 DWDM арналарының арақашықтығы
A. 0.8 нм
B. 2 нм
C. 8 нм
D. 20 нм

3-тарау. Пассивті оптикалық желі

3.1 PON архитектурасы

Пассивті оптикалық желінің базалық архитектурасы «біреуден-бірнешеге» принципін қолданады, яғни оператордан бірнеше оптикалық желі терминалдары мен оптикалық желі блоктарына қосылу. PON (пассивті оптикалық желі) архитектурасы 3.1-ші суретте келтірілген. Әрбір абонентке қосылатын жеке талшық орнына OLT (оптикалық байланыс желі терминалы) бір талшық арқылы әрбір абонентке пассивті оптикалық сплиттер көмегімен бірнеше ONT (оптикалық желі терминалы) арқылы абоненттерге қосылады. Бір OLT терминалы 32 ONT терминалын қоса алады [6].



Сурет 3.1. PON архитектурасы

Төменгі ағынды бағыттағы OLT PON желісі арқылы ONT пакеттерді жібереді. Содан соң ONT берілген деректерді сүзеді.

Бір талшықты желі WDM (арналарды спектрлік нығыздау) қолдану арқылы орындалады: ONT сигналды 1310 нм ұзындықта, ал OLT – 1490 нм ұзындықта береді. Тағы бір 1550 нм толқын ұзындығы цифрлы теледидардағы сияқты радиожиілік жолағында бейне сигналдарды тарату үшін қолданылады.

Абонентке берілетін жылдамдық 30 Мбит/с (32 ONT қолданғанда) жоғары.

PON келесі негізгі сипаттамадан тұрады:

- барлық абоненттік қатынау желісінде пассивті оптикалық желіні қолдану;
- телефон станциясында сымдардың қысқартылуы;
- абоненттік қатынау желісінде пайдалану шығынның азаюы;
- модернизациялау қарапайымдылығы және пайдалану мерзімі ұзақ.

PON (пассивті оптикалық желі) – бұл оптикалық талшық бойымен кеңжолақты мультисервистік қатынасты дамуының бір бөлігі. PON технологиясының дамуы ерекшелігі оның таралу желісі активті компоненттерсіз құрылады: оптикалық сигналдарды бөлу сплиттер арқылы орындалады.

Құрылымы бойынша пассивті оптикалық желі үш негізгі элементтен: OLT станциялық терминалынан, оптикалық сплиттерден және ONT абоненттік терминалдан. OLT терминалы PON желісін сыртқы желілермен жалғайды, сплиттерлер трактіде оптикалық сигналдарды бөледі, ал ONT абонент арасындағы өзара қатынасты ұйымдастыру үшін қажетті интерфейстерді қолданады.

PON негізгі ерекшеліктері:

- желі құрылымының тиімді бағасы;
- инфрақұрылымды тарату перспективасы;
- техникалық қызмет етуде және пайдалану шығынның тиімділігінде;
- сенімділікті;
- желіні одан ары дамыту мүмкіндігі.

3.1-ші кестедегі PON технологиясына салыстырмалы талдау жасайық:

APON/BPON технологиясы. 90-шы жылдардың ортасында ATM хаттамасы сапалы байланыс QoS қызметін ұсынды. Сол себептен FSAN PON арқылы мультисервистік абоненттік қатынасты орнату үшін ATM технологиясы негізі етіп алынды. Соның салдарынан 1998 жылдың қазан айында PON ағашы бойынша ATM көліктік ұяшықтарын қолдана отырып алғашқы APON деп аталатын стандарт ITU-T G.983.1 пайда болды. Бірнеше жылдар ішінде жылдамдықтары 622 Мбит/с дейінгі көптеген жаңа G.983.x (x=1–7) сериялар пайда бола бастады. 2001 жылдың наурыз айында G.983.3 ұсынған жаңа BPON (broadband PON) және жаңа функциялы стандарт PON пайда болды. Олар әртүрлі тарату ұсыныстары (дауыс, бейне, деректер) – бұл магистраль желісіне шығуға сәйкес интерфейстерді OLT терминалына қосады және ONT абоненттік терминалына қосылуына мүмкіндік береді. Сонымен қатар спектр диапазонын кеңейте алады.

Кесте 3.1. PON G.983.1 стандартының негізгі мәліметтері

Сипаттамасы	Спецификациясы
Шығыс ағын үшін толқын ұзындығы	1310 нм, DWDM 15xx нм, C-band
Төменгі ағындар үшін барлық жылдамдықтар	155 Мбит/с, 622 Мбит/с
Жоғарғы ағындар үшін барлық жылдамдықтар	155 Мбит/с, 622 Мбит/с
Оптикалық жолдар бойымен үлкен жоғалулар	15 дБ
Қолданатын талшық түрі және байланыс желісіне қойылатын талаптар	ITU G.652 толқын ұзындығы нөлдік дисперсиялы 1310 нм стандартты бір модалы талшық
ONT үлкен абоненттік түйін саны	32
OLT- ONT үлкен қашықтығы	20 км
PON оптикалық жалғағыш түрі	кері шағылысу коэф-ті 35 дБ

GPON технологиясы. 2003 жылы PON желісінің жоғарғы жылдамдықты стандарты бойынша жұмыс істейтін Консорциум FSAN жаңа оптикалық желі қатынасын – GPON (Gigabit PON) гигабитті пассивті оптикалық желіні ұсынды.

Өте жоғарғы өнімді бұл технология стандартталған МСЭ және IP хаттама негізінде ғана емес, сонымен қатар TDM (уақытша мультиплексирлеу) негізінде мультисервистік қызметтерді ұсынуға арналған.

GPON 622 Мбит/с-тан 2,5 Гбит/с-қа дейін кең көлемді кадр құрылымын ұсынады. Ол ITU-T G.704.1 GFP (generic framing protocol) кадр хаттамасына негізделеді. Егер SDH (синхронды сандық иерархия) жүйесінде жолақты бөлу статистика негізінде орындалса, онда GFP (generic framing protocol) SDH кадр құрылымын сақтай отырып динамикалық түрде жиілікті бөледі.

Бақылау сұрақтары

1. PON архитектурасының сұлбасын сызып, түсіндіріңіз.
2. PON негізгі сипаттамаларын атаңыз.
3. PON негізгі ерекшеліктері.
4. PON құру сұлбасында қандай активті желі жабдықтары қолданылады.
5. PON құру сұлбасында қандай пассивті желі жабдықтары қолданылады.
6. Желі жабдықтары дегеніміз не? Неге активті және пассивті болып бөлінеді?

3.2 PON технологиясы мен түрлері

Қазіргі кезде оптикалық желінің әртүрлі топологиясы қолданылады. Оптикалық топология желісін таңдау жобалау шартына байланысты (абоненттердің тығыздылығына, қызмет түріне және т.б.) болады.

3.2-ші суретте оптикалық желінің әртүрлі топология түрлері көрсетілген [6].

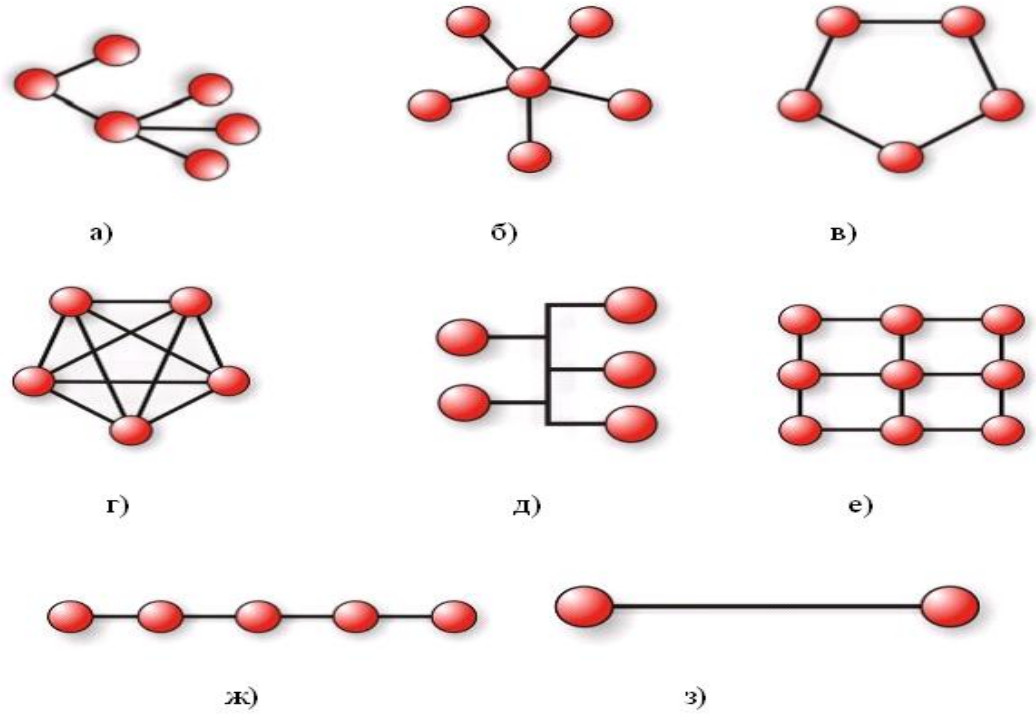
GPON 622 Мбит/с-тен 2,5 Гбит/с дейінгі тасымалдау жылдамдықтарында кадрлар құрылымының оңай кең қолданылуына мүмкіндік береді және PON ағашында тура және кері ағында бірдей тасымалдау жылдамдықпен және әртүрлі желіде жұмыс істейтін жүйелерге рұқсат етеді. GPON ITU-T G.704.1 GFP (generic framing protocol кадрлардың жалпы хаттамасы) стандартына негізделген, инкапсулияцияны қамтамасыздандыра отырып синхронды көліктік сервис хаттама – үлгісін, соның ішінде TDM қолдайды.

EPON және GPON салыстырғанда, EPON кадр құрылымы қарапайым Ethernet кадры арқылы жасалады, ол көптеген стандарттармен сәйкес келмейді (мысалы TDM).

Сонымен, GPON пассивті оптикалық желісі, Ethernet құрылғыларымен және талшықты-оптикалық инфрақұрылымымен жаңа буынды қатынау желісі ретінде ең тиімді болып табылады.

GPON техникалық сипаттамалары.

GPON жүйесін қолдануда BPON (кең жолақты оптикалық қатынау желісі) стандартына өзгерістер енгізілмеді: ара қашықтықтардың сұлбаларын өлшеуге, өткізу жолағына, динамикалық таратуы (DBA) және басқару интерфейсі (OMCI) және абоненттік түйіндерді бақылау (ONT) өзгермейді.



а) сызықты ағаш, б) ағаш, в) сақина, г) жұлдызша, д) шина, е) ұяшық
ж) нұкте-көп нүкте, з) нүкте-нүкте

Сурет 3.2. PON технологиясының топология түрлері

GPON-ның қасиеттері:

– GPON-ға жаңа абоненттерді қосу үшін «инкапсуляцияның гигабиттік режимі» GEM қолдану;

– симметриялы және антисимметриялы жылдамдықтарды қолдау (жоғары шығатын және төмен түсетін ағында);

– бір толқын ұзындығына 256 логикалық ONTқолдауы;

– жоғары шығатын ағында өткізу жолағының тарату механизмі төмен түсетін ағынның маркерлері арқасындағы көрсеткіштері;

– ONT қорғау биттерінің өзгеру саны;

– ONT автоматты және периодты табылуының жаңа тәсілі;

– ONT терезелерінде дрейф табылуының автоматты масштабталуы;

– AES алгоритмі арқасында әрбір ONT қосылыс қорғанышы;

– әртүрлі күй-жағдайлардың үлкен сан және абоненттік түйіннің (ONT) есептеу нәтижелерінің орталыққа (OLT) жіберілуі;

– OAM бөлінген арналары;

– келісімдердің бақылау қызметтерінің деңгейі туралы (SLA - Service Level Agreement) әрбір арнада өткізу жолағының таралуы.

Бақылау сұрақтары

1. PON технологиясы дегеніміз не, түсіндіріңіз.
2. PON технологиясының топология түрлерін сызып көрсетіңіз.
3. EPON, GPON технологияларының қызметін түсіндіріңіз.
4. GPON технологиясының артықшылықтары мен ерекшеліктерін атаңыз.

3.3 PON желісінің жұмыс істеу принципі

PON тақырыбын одан әрі қарау үшін оның терминологиясын, яғни сипаттамаларын анықтау қажет: оптикалық қуат бюджетін; оптикалық шығындар бюджетін; PON желісіндегі қуат пен өшудің номиналды мәндері және осының барлығы қалай есептелетінін.

Эталондық сигнал деңгейі әрқашан 1 мВт-ке тең, дБм-ге қуаттарды ауыстыру формуласы: A=10 logX, мұндағы A-дБм мәні, log-ондық логарифм, X - ауыстырылатын қуаттың мВт мәні.

Оптикалық қуат-кез келген оптикалық қабылдау/беру құрылғысының трансивер таратқышының қуаты, дБм немесе мВт өлшенеді. PON таратқышының OLT үшін 4 дБм (2.5 мВт) және ONU үшін 2 дБм (1.5 мВт) стандартты қуатты құрайды (оптикалық қуаттың рұқсат етілген мәндері OLT үшін 2...7 дБм және ONU үшін 1...4 дБм).

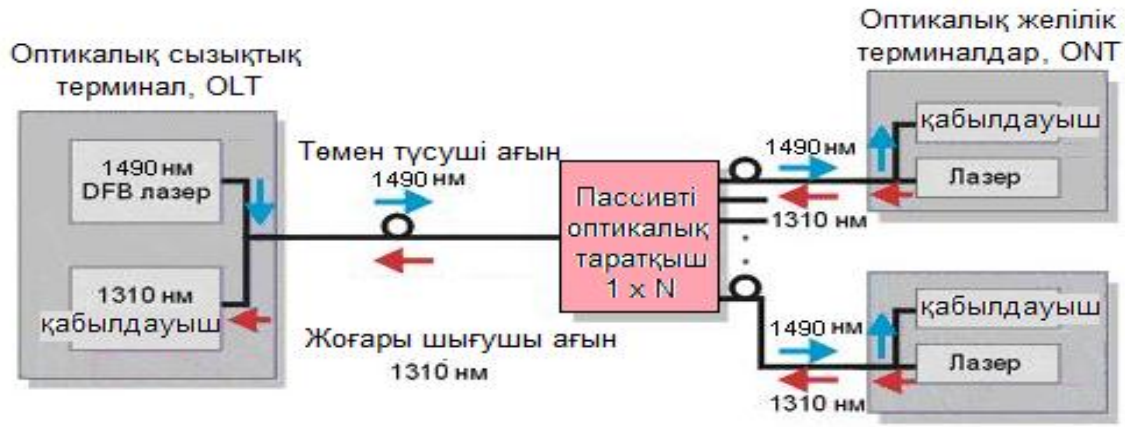
Оптикалық сезімталдық - кез келген деректерді қабылдау/беру оптикалық құрылғысының трансивер қабылдағышының сезімталдығы. Ол дБм немесе мВт өлшенеді. PON қабылдағышының стандартты сезімталдығы -30 дБм немесе 0.001 мВт OLT -26 дБм, ONU үшін 0.025 мВт құрайды.

Оптикалық қуат бюджеті-таратқыштың қуаты мен байланыс желісінің әртүрлі ұштарындағы қабылдағыштың сезімталдығы арасындағы айырмашылық. Ол децибелмен өлшенеді. PON екі классты стандартты оптикалық бюджеті 25 дБ құрайды (қуат оптикалық бюджетінің рұқсат етілген мәндері 25...30 дБ диапазонында).

Өшу - байланыс желісінде жарық сигналының қуатын жоғалту процесі. Байланыс желісінде сигнал: талшықта, сплиттерлерде, майысуда, механикалық зақымдануларда, механикалық ажыратуларда, дәнекерлеулерде, қоршаған ортаның температурасы арқылы да өшеді. Сонымен қатар өшу оптикалық кәбілдерде дБ/км өлшенеді.

Оптикалық шығын бюджеті-сигнал көзінен ең қашықтағы қабылдағышқа дейінгі жиынтық өшуі.

Жұмыс істеу принципі. OLT төмен түсетін ағынның кадрларын PON бұтағы бойымен 1490 нм толқын ұзындығында жібереді. Бұл ағын барлық бағыттарға қарай сплиттерлерде қайталанады, тек оның қуаттылығы (сплиттер параметрінің тәуелділігінде) өзгереді. Әрбір ONT төменгі ағынның барлық кадрларын алады, бірақ ол тек «өзінің» кадрларын өңдейді, ал олар керекті ONT-ны сәйкес тағайындалу мекен-жайындағы LLID идентификаторы тең болғанда ғана жұмыс істейді. Сонымен қатар, әрбір ONT 1310 нм толқын ұзындығында өз кадрларын PON бұтағымен «жоғары» тасымалдайды, олар сплиттерлерде TDM әдісімен бірыңғай жоғары шығатын ағынға бірігеді (сурет 3.3). Жоғары шығушы ағында қақтығыстардан құтылу үшін (бір уақытта әртүрлі ONT-мен жіберілген өз кадрлері) әрбір ONT нақты уақыт аралығында ғана тасымалдауды жүзеге асыруына болады. Бұл уақыт OLT-да динамикалық түрде ONT-дан келетін сәйкес тапсырыс арқылы жүзеге асырылады.



Сурет 3.3. PON желісінің жұмыс істеу принципі

Бақылау сұрақтары

1. Оптикалық сезімталдықты түсіндіріңіз.
2. Өшуге анықтама беріңіз.
3. PON желісінің жұмыс істеу принципін сұлба арқылы түсіндіріңіз.
4. OLT мен ONT жұмыстарының айырмашылықтарын түсіндіріңіз.
5. Байланыс желісіндегі өшу процесін түсіндіріңіз.

3.4 Бөлгіштерді таңдау

PON топологиясы стандартты ағаш тәрізді болып табылады. Алайда ол, ағаш «Шина» немесе «жұлдызша» тәрізді болуы мүмкін – бәрі бірінші кезекте, тұтынушылардың бір-біріне қатынайтын физикалық жағдайына байланысты. Тұтынушылардың жағдайына қарай (картада табу және белгілеу жақсы), керемет саны бар бөлгіштер таңдалады.

Бөлгіштер X-және Y-тәрізді, дәнекерленген (қорытпа) және жоспарлы болады. Олар өндіріс технологиясы мен сигналды бөлгеннен кейін әрбір «соңғы» E-дағы өшу көрсеткіштерімен және «кіріс соңындағы» санымен ерекшеленеді. PON-дағы X-бейнелі бөлгіштер «қоспалар» үшін теледидардың төмен түсетін ағынына, Y-бейнелі – стандартты ағашты құру үшін қолданылады.

Дәнекерленген тармақтағыштар FBT технологиясы бойынша жасалған (ағылш. Fused Biconical Taper): сыртқы қабығы жойылған екі талшықты элементке екі кіретін және екі шығатын (2/2) шығысты қорытады, содан кейін бір кіруді кеседі және тармақтағыштарды 1/2 қалыптастыра отырып, залалсыз материалдармен жабады. Бұл ретте бөлгіштің әрбір шығуында сигнал қуаты бөлгішке кірудегі сигнал қуатының қандай да бір пайыздық бөлігіне тең (әдетте 50%/50%).

Мысалы, 20%/80% (сигнал қуатының 20% бір иыққа, 80% - басқасына) қуат бөлуді басқа пропорцияда қамтамасыз етуге болады. Дәнекерленген тармақтағыштар әдетте бір-үш мөлдірлік терезесіне дейін болады (1310 нм, 1490 нм немесе 1550 нм). Оптикалық талшықтың ұзындығы, басқа диапазондармен салыстырғанда аз орын алатын оптикалық сәулелену толқындарының диапазонына тең. Мұндай таратқыштар көбінесе кәбілді теледидар желілерін құру үшін қолданылады.

PLC (ағылш. Planar Lightwave Circuit) бірнеше кезеңде жасалады. Олардың біріншісі-кейбір төселімге шағылыстыратын қабат-қабықшаны жағу. Бұл қабатқа толқынның материалы (шыны) жағылады, онда кейіннен өңдеу үшін маска қалыптасады. Өңдеу процесінің нәтижесі оптикалық бөлгіш болып табылатын толқын жолдар жүйесі болып табылады.

Планарлы толқындар жүйесі екінші шағылыстырғыш қабық-қабықпен жабылады. Дайын жоспарлы толқын жолдарға пигменттер пісіріледі, содан кейін құрылғы пластиктен немесе металдан жасалған корпусқа салынады. PLC-сплиттердің тармақталуының қажетті саны 1×2 бөлгіштермен анықталады.

Бұл технология 64-ке дейінгі шығыс талшықтары бар ықшам және сенімді тармақтағыштарды жасауға мүмкіндік береді. Кеңжолақты диапазонында толқындар 1260 нм...1650 нм бар аз өшіру портына ие (пісірудің бөлу кезімен салыстырғанда екі есеге артық).

Қорытынды бойынша, планарлық бөлгіштер әдетте бөлуден кейін өшу көрсеткіштері бойынша тең жазықтыққа және кіріс сигналын 2N шығыс «соңына» (мысалы, 1x2, 1x4 ... 1x64) бөледі. Дәнекерленген 1x2 бөлгіші және

шығу «соңында» өшудің әртүрлісі болады (2 – ден ерекшеленетін шығу саны бар дәнекерленген бөлгіштер-бұл шығыс қуатының 1/99-дан 50/50-ға дейінгі арақатынасы бар 1х2 бөлгіштерінің комбинациясының нәтижесі). 1х4 артық соңы бар дәнекерленген бөлгіштер сирек пайдаланылады, себебі олар өшу статистикасы бойынша шығысқа сәйкес келмейді.

Бақылау сұрақтары

1. Бөлгіштер дегеніміз не?
2. Кеңжолақты диапазонында толқындар аралығы қандай?
3. Планарлық бөлгіштердің қолданылуын түсіндіріңіз.

3.5 Талшықты оптикалық желінің топология түрлері

PON (тікелей пассивті оптикалық желі) үш негізгі топологиялардың («ағаш», «жұлдыз», «шина») және олардың комбинацияларының негізінде құрылады.

«Жұлдыз» топологиясы. Құрылымы бойынша ең қарапайым «жұлдызды» (сурет 3.4) топология болып табылады.

PON-да кез келген топологияда дәстүрлі түрде 64 абонентке бір «ата-аналық» талшық қолданылады (егер BDCOM жабдығы қолданылса; басқа өндірушілер үшін өзгеше болуы мүмкін). Мысалы, бір PON-порт OLT-ға 64 ONU дейін қызмет көрсетеді. Егер осы ONU – дың барлығы орталық нүктеден 200-300 метр радиуста болса – «жұлдыз» топологиясын құруға болады.

Қарапайым «жұлдыз» – бұл «ата-аналық» талшықтың 64 бағытқа бөлінуі. Мұндай «жұлдыз» ескі үлгідегі жеке секторға ыңғайлы: құрылыстың тығыздығы жоғары 4-8 пәтерлік бір немесе екі қабатты ғимараттар үшін қолданылады.

Мұндай топология құру үшін, бірінші кезекте, мүмкіндігінше барлық әлеуетті абоненттерден тең қашықтықты таңдау қажет. Бұл нүктеде 1х64 жоспарлы бөлгіш орнатылады. Таратқышқа OLT тарапынан аз сыйымдылықты кәбіл қажет (1 немесе 2-талшық). Үлкен сыйымдылықты кәбіл тартудың қажеттілігі жоқ. Өйткені 1х64 таратқышы тек 64 абонентке қосыла алады [6].

Бұл топологияны қолдану үшін үй немесе тығыз орналасқан үйлер тобы таңдалады және онда әлеуетті абоненттер саны саналады. Қораптар арқылы осы үйлердің бағытына қажетті талшықты кәбілді бөледі, олар бөлгіш шығыстарына қосылады. Ол үшін, мысалы, PON BOX 12 немесе 16 қорапты қолдануға болады.

Мұндай «жұлдыз» топологиясында қамту радиусы өте қарапайым есептеледі:

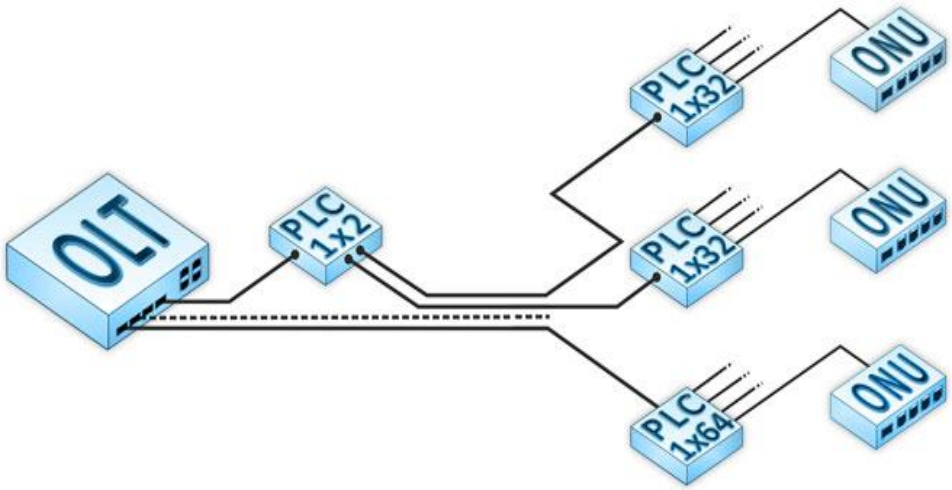
- механикалық қосылыстарды ескере отырып, 1х64 бөлгішіндегі шығындар: 21.5 + 0,5 +0,5=22,5 дБ;

- 1х64 бөлгішіндегі және жүйенің оптикалық бюджеті арасындағы айырмашылық: 30-22,5=7,5 дБ;

- оптикалық бюджеттің стандартты қоры «кез келген жағдайда» 3дБ;

- оптикалық қалдық бюджет: 7,5 - 3=4,5 дБ;

1х2 бөлгіш SFP OLT модулінен кейін бірден орнатылады.1х2 бөлгіштің шығыстары абоненттерге қарай өтетін екі талшықты кәбілмен қосылады. Одан әрі – таңдауға байланысты: кәбілді кесеміз және одан екі талшықты бір қораптағы екі бөлгішке шығарамыз немесе бір қорапта бір бөлгішті қалдырамыз. Ал қалған талшықты кәбілді транзитпен келесі қораптарға дейін жібереміз. Осылайша, «сопақша» типті аудандағы бар аумақты жабуға болады.



Сурет 3.4. «Жұлдызша» түріндегі PON топологиясы

Бұл жағдайда 1х2 + 1х32 бюджеттік жоғалу болмайды: механикалық қосылыстардың көп мөлшерін қолданғанда да 30 дБ оптикалық бюджетті құрайды (4,3+21,5 + 0,5*3=27,3 дБ).

Барлық тиімділікке қарамастан, «жұлдыз» топологиясы сирек қолданылады: осы «жұлдызды» топологияның радиусы 300-400 метрден артық оптикалық кәбілдің үлкен шығынын тудырады.

Бақылау сұрақтары

1. PON пайдаланылатын топологияларды атаңыз және түсіндіріңіз.
2. Қарапайым «жұлдыз» топологиясы қанша бағытқа бөлінеді, неге?
3. «Жұлдызша» түріндегі PON топологиясының сұлбасын сызып түсіндіріңіз.

«Ағаш» тәріздес топология. «Ағаш» тәріздес топологиясында желінің «тамыры», «бұтақтары» және «жапырақтары» болады. GEPON-да «тамыры» ретінде OLT PON порты болып табылады, «жапырақ» ретінде ONU әрекет етеді, ал «бұтақ» ретінде OLT-дан ONU-ға дейінгі барлық жолда салынған оптикалық кәбілдерді қарастыруға болады. Осылайша, бір BDCOM OLT базасында әрқайсысы 64 абонент сыйымдылығымен 4 ағаш құруға болады.

Ағаштар әртүрлі болады, бірақ оларды шартты түрде екі түрге бөлуге болады: «жалғыз өсетін ағаш» және «орман отырғызу». Ағаштардың бірінші түрі географиялық жағынан бір-бірінен тәуелсіз бөлу түйіндерін пайдаланады, яғни ағаш басқа ағаштардан бөлек «өседі». Екінші, шын мәнінде, 4-бір ағаш түбірі, бұтақтары мен бөлу тораптары бір-біріне «салынған» және географиялық жағынан бірдей нүкте немесе сызық болып табылады.

Басқа сөзбен айтқанда, ағаштың бірінші түрі (жалғыз өсіп келе жатқан ағаш) әрбір бағытқа жеке кәбілді пайдалана отырып, 64 абонентке дейін қызмет көрсетеді, ал ағаштың екінші түрі (мультиағаш) абоненттердің үлкен сыйымдылығына ие (256 және одан да көп) және абоненттерге қызмет көрсету үшін жалпы магистральды кәбілді (4, 8, сирек-көп талшық) пайдаланады.

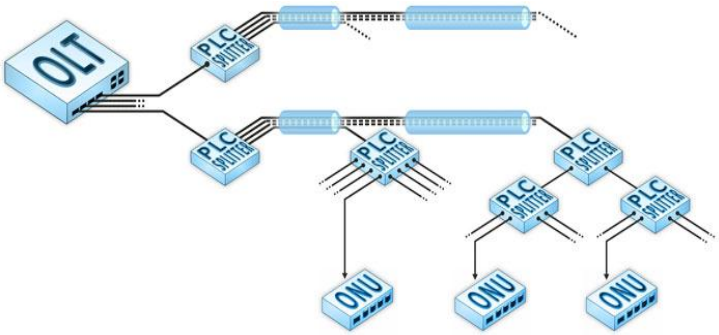
Сонымен бірге, ағаштың бірінші түрін пайдалана отырып, шағын жергілікті аудандарды (бір OLT-ке дейін 4 тәуелсіз аудандарды) байланыспен қамтамасыз етуге болады, ал ағаштың екінші түрін пайдалана отырып, провайдер жағында OLT тобын және бір магистральды ағашты пайдалана отырып, жалпы елді мекенде қуатты және өте көлемді инфрақұрылымды құруға болады. 3.5-ші суретте «ағаш» тәріздес топологияның бірінші түрі бейнеленген (жалғыз өсіп келе жатқан). Мұндай типті топологияны құру нұсқалары көп, бірақ қабылдау қарапайымдылығы үшін FTTX алыс еске түсіретін ең қарапайым жағдай көрсетілген.

OLT 1x8 бөлгіші орнатылады. Ол бір жағынан PON OLT портына, екінші жағынан – сегіз талшықты кәбілге жалғанады.

Қажет болған жағдайда «оқпан» кесіледі, одан бір талшық таралып, будандастырылады, оның 8 абонентке «бұтақ» өсе бастайды, ал қалған талшық ары қарай іске қосылады. Негізгі магистралдың әрбір тармағы «кіші» болып табылады және 1x8 бөлгішін немесе 1x2 және 1x4 бөлгіштерінің комбинациясын пайдалана отырып орындалуы мүмкін.

Бірінші түрдегі ағаштың негізгі артықшылығы желіні құру қарапайымдылығы болып табылады. Сонымен қатар, ағаштың бірінші түрі нақты бағытты салыстырмалы түрде ыңғайлы игеруді қамтамасыз етеді.

Негізгі кемшілігі талшықтардың үнемделмеуінде. Бір OLT басқарумен 256 абонент үшін 4 тәуелсіз көп талшықты магистралды кәбілді қолданады.

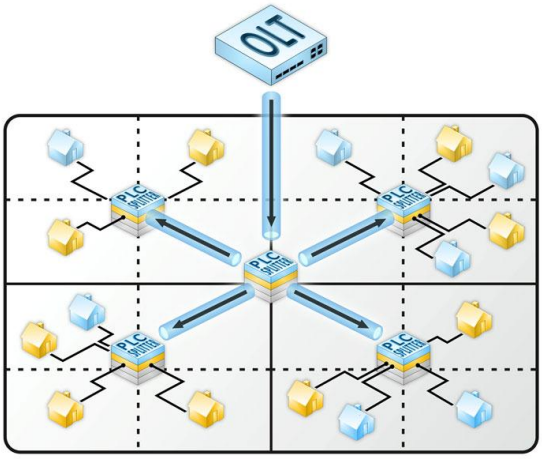


Сурет 3.5. «Ағаш» тәріздес PON топологиясы

Ағаштың екінші түрін таңдауда «мультиағаш» топологиясын қолдануға болады. Бірақ жобалау тұрғысынан қарағанда бұл топология күрделі. Шын мәнінде, ағаштың осы түрі және ағаш тәрізді пассивті желілерді құру дәстүрлі болып табылады. PON-ағаштың дәстүрлі PON-ағашты шағын елді мекендерде немесе құрылыстың тығыздығы жоғары шағын аудандарда және географиялық жағынан жақын орналасқан әлеуетті абоненттердің көп мөлшерімен айналдыруға ыңғайлы.

«Дәстүрлі ағаш» типті болашақ желінің топологиясын құрудағы инженер-жобалаушының негізгі міндеті бөлу түйіндерінің орналасқан жерін сауатты таңдау болып табылады. Сонымен қатар, оптикалық талшық саны төрт есе болатын оптикалық кәбілден тұратын «мультиағаш» болып табылады.

«Мультиағаш» бұтақтары міндетті түрде қосудың болжамды ауданының барлық ауданын жабуы тиіс, ал жапырақтары басқа жағдайларда абоненттік қосылымдарға бөлінеді. Мұндай пассивті желіні жобалау ыңғайлы: тұрғын массивін квадраттарға (квадраттық-ұялық тәсіл) бөліп және әрбір квадраттың ортасында осы квадраттың ішінде m бағыттағы сигналды тасымалдауды қамтамасыз ететін 1xM бөлгішін орната отырып қарастыруға болады (3.6-сурет).

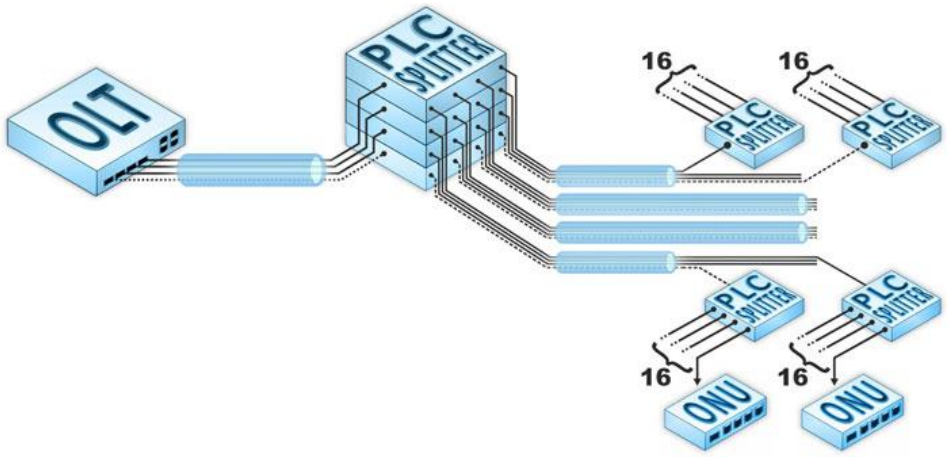


Сурет 3.6. 1x4 планарлы бөлгіштерді пайдалана отырып «мультиағаш» типті PON топологиясын жобалаудың квадраттық-ұялық тәсілі

Шын мәнінде, желі бір кәбілде N тәуелсіз ағаштар (төрт N еселік) болып табылады. Еселігі төртке негізделеді, яғни OLT 4 PON-порт, олардың әрқайсысы қабілетті басқаруға ағашпен тұрған 64-ші абоненттер. Егер жобаланатын қосылымдар 256 немесе одан аз болса, онда бір OLT орнатылады және «мультиағаш» 4-қылқан жапырақты кәбілге салынады, егер жоспарланған қосылымдар көп болса, желіні басқару үшін желілік терминалдардан көп және кеңірек кәбіл пайдаланылады.

Басқаша айтқанда, OLT барлық PON-порттары (тәуелсіз ағаштардың тамыры болып табылады) бұтақтарға бөлінеді бір ортақ діңге орнатылады. Сонымен қатар, «мультиағаш» бір магистралды кәбілде орналасқан «жалғыз» өсетін ағаштар тобы болып табылады, ол бір нүктеден басталып анықталады.

Негізгі бөлу тораптары белгіленгеннен және кәбіл салынғаннан кейін «мультиағаш» топологиясының қадамдық дамуы басталады. Станциядан келе жатқан түбірлі N-талшықты кәбілді провайдерге дейін абоненттік тораптарды бөлу іске қосылады. Бірінші талшығы өсе бастайды (оқпан бірінші «жалғыз-өсіп келе жатқан ағаш»). Барлық бөлу түйіндерінде бұл талшық қажетті бөлгіштермен жалғанады (бірінші «жалғыз өсіп келе жатқан» ағаш бұтақтана бастайды), ал қалған талшықтар «үзілген» болып қалады (3.7-сурет) [6]. Осылайша, «мультиағаштардағы» N ағаштардың бірі белсенді болады.



Сурет 3.7. «Мультиағаш» түріндегі PON топологиясы

Абоненттік бөлгіштердің кез келгені (абоненттік қосылымдардың «жапырақтары» өсетін) белгілі бір бағытта абоненттермен толық толтырылғаннан кейін, осы бағытта N ағаштың екінші түрі дами бастайды.

«Мультиағаш» кез келген бөлгіштердің базасында салынуы мүмкін: 1x2 дәнекерленген шығу сигналдарының пайыздық арақатынасы бар: әрбір шығуда өшу көрсеткіштері бірдей 1x2, 1x4, 1x8, 1x16 планарлы болады. PON-ағаштың концепциясы пассивті желі кез келген бөлгіштердің комбинациясы негізінде негізгі ережені сақтауды ескере отырып құрылуы

мүмкін. Әрбір ағашты 30 дБ жүйесінің оптикалық бюджетін сақтай отырып, 64 абоненттен көп бөлуге болмайды.

«Мультиағаш» топологиясының ерекшелігі: қолданатын талшықтарды үнемдеу, жаңа абоненттің қосылу қарапайымдылығында.

Кемшілігі: мүмкін болатын абоненттерді жобалаудың бастапқы күрделігінде.

Жоғарыда айтылғандай, ағаштардың бірінші және екінші түрлері кез келген 1xN бөлгіштерін пайдалана отырып бұтақталуы мүмкін. Ең бастысы - екі ережені сақтау қажет:

а) оптикалық кәбілдің бюджеттік жоғалуы 30 дБ аспауы қажет;

б) OLT PON-портынан шыққан талшық 64 есе бөлінбеу керек және де 64 рет қосылуға болмайды.

Бақылау сұрақтары

1. «Ағаш» тәріздес топологиясының құрылымын түсіндіріңіз.
2. 1x4 планарлы бөлгіштерді пайдалана отырып «мультиағаш» типті PON топологиясын жобалаудың квадраттық-ұялық тәсілін түсіндіріңіз.
3. «Мультиағаш» түріндегі PON топологиясы түсіндіріңіз.

«Шина» топологиясы. GPON желілеріндегі «шина» топологиясы шығу сигналдарының пайыздық ара қатынасы бар 1x2 дәнекерленген бөлгіш каскадын пайдалана отырып, бір талшықта өрістетіледі.

Сонымен қатар, бірінші бөлгіштің кірісі OLT PON-портына қосылады, ал қалған каскад «үлкен қуат – желіге» принципі бойынша құрылады, яғни шығу сигналының үлкен қуаты магистральды желіге түседі және бөлгіштердің барлық одан арғы каскадын жалғастырады, ал аз шығу қуаты абонентті қосу үшін бөлінеді.

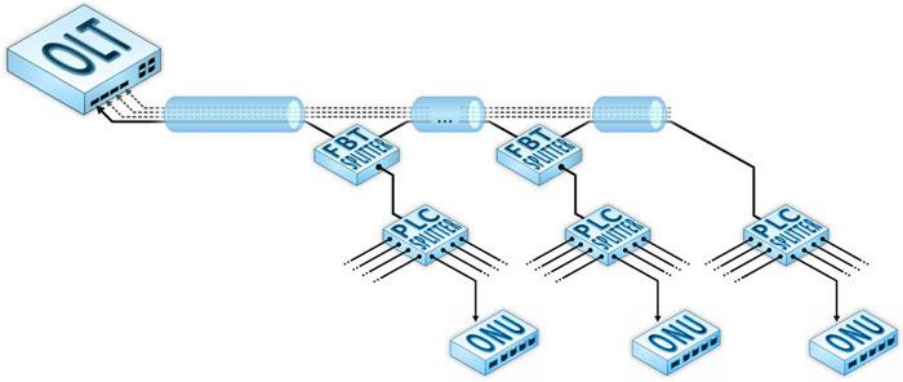
Алайда, тәжірибе көрсеткендей, бір нақты абонент үшін бір тармақ жасау ыңғайсыз. Біріншіден, магистралды талшықта дәнекерлеу саны артады. Бұл сигналдың сапасын төмендетеді, әсіресе каскадтың соңғы бөлімшелерінде. Екіншіден, жаңа абонентті қолданыстағы каскад орталығына қосу қиындығы артады: қосу кезінде дәнекерлеу жұмыстары жүргізіледі. Бұл абоненттерде төмен тұрған каскадта қосылудың болмауына әкеледі. Сонымен қатар, желіде өшудің жалпы сұлбасы бұзылады, бұл каскадтағы соңғы абоненттердің сигнал сапасына кері әсер етуі мүмкін.

Бұл жағдайда шығу сигналдарының пайыздық ара қатынасымен 1x2 дәнекерленген бөлгіштерді және 1x2, 1x4 және 1x8 планарлы бөлгіштерді біріктіруден тұрады (3.8- сурет) [6].

Бұл жағдайда «шина» топологиясы сақталады, бірақ сигналдың тармақталуы бір абонентке ғана емес, жоспарлы бөлгіштен 200 және одан да көп қашықтықта орналасқан абоненттер тобына барады.

Бұл сұлба дұрыс жоспарлау кезінде желі оңай масштабталатын болады және жаңа абонентті қосу «үш адымда» жүргізіледі: сыртқы орындау патчкордын планарлы бөлгіштен абонентке дейін төсеу, патчкордты бөлгішке қосу, патчкордты абоненттік ONU-ға қосу.

Сонымен қатар, «шина» типті топологияны елді мекендердегі көшелер абоненттердің саны жағынан өте кең және сонымен бірге ұзын болған жағдайларда пайдалану ыңғайлы. Бұл жағдайда, OLT бас станциясына жақын абоненттерге бір «шина» (бір талшық және бір талшық OLT), ал одан алыс-басқа абоненттерге «шина» қызмет көрсетеді.



Сурет 3.8. «Шина» тәріздес PON топологиясы

Бақылау сұрақтары

1. Шина дегеніміз не?
2. «Шина» тәріздес PON топологиясы сызып түсіндіріңіз.
3. «Шина» топологиясының негізгі ерекшелігін атаңыз.

3.6 Талшықты оптикалық желі қондырғылары

Пассивті оптикалық желі компоненттері:

- магистралды оптикалық кәбіл таратқыш желі түрлері;
- оптикалық жалғастырғыштар;
- оптикалық таратқыш (сплиттер);
- оптикалық муфта;
- жоғарғы тығыздықты оптикалық кросс (ODF OLT);
- оптикалық таратқыш шкафтар;
- оптикалық таратқыш қораптар;
- оптикалық абоненттік розетка;
- мультиплексор WDM және аттенюатор.

Талшықты оптикалық кәбіл бір модалы болу қажет. Бір модалы талшықтың өткізу қабілеттілігі $20 \cdot 10^{-9}$ м интервалды $(1270...1610) \cdot 10^{-9}$ м диапазонда жұмыс істейді.

Оптикалық байланыс желісі оптикалық кәбіл арқылы оптикалық талшықты сәулелену орталығы ретінде негізделген. Оптикалық кәбілдер мыс кәбілдерінен көптеген айырмашылықта болады. Мысалы: кең жолақтылығы, сыртқы электр магниттерінен қорғағыштығы, жоғалулардың аз болуы, рентрансляция бөлімшесінің үлкен қашықтығында т.с.с.

PON G.983.1 стандартын қолдануда ITU G.652 стандартты бойынша бір модты талшық қарастырылады. Оның құрылымдық сұлбасы 3.9-шы суретте келтірілген. Ол таралу аймағында тек бір модадан тұрады.

Талшық қабықшасы – бұл өзекшені қорғайтын қабат. Егер сәуле қабықша шекарасына тисе, онда ішкі шағылысуды орындайды.

Бір модты талшық бір модты таралудан тұрғандықтан онда мод аралық дисперсия болмайды. Оның өткізу қабілеттілігі көп модты талшыққа қарағанда үлкен.

Сурет 3.9. Бір модты талшықтағы модтың таралуы

Стандартты бір талшықты талшық өзекшесі жұқа шыныдан тұрады $(5\text{-}8)\cdot10^{-6}$ м, германиймен легирленген, ол таза шыны қабатымен қапталған.

Стандартты бір талшықты талшық оптикалық телекоммуникация инфрақұрылымның негізін қалаушы болып табылады.

Цифрлық сигналды тарату үшін SIECOR фирмасының 12-талшықты кәбілі қолданылады.

Оптикалық талшықты кәбілдің өте жоғарғы сыну көрсеткішті өзекшесі GeO_2 германий тотығымен толықтырылған SiO_2 (двуокись кремния) кремний тотығынан тұрады. Негізгі қабаты – эпоксиакрелат. Ол әртүрлі модулдегі екі қабаттан тұрады. Ішкі қабат сыртқы қабатқа қарағанда жұмсақ келеді. Бұл талшықты шыныны микро- және макро майысулардағы жоғалулардан сақтайды. Негізгі қабаттың өлшемдері $250\cdot10^{-6}$ м $\pm$ $15\cdot10^{-6}$ м құрайды.

Талшық буферлі құбыр деп аталатын оптикалық модулде орналасады. Буферде бір немесе бірнеше талшықты орналастыруға болады, олар құбырдың ортасында бос жатады. Буферді қысу арқылы олардың таралу ұзақтығы 0,3-0,5% құрайды. Бұл кәбілдің созылуында талшыққа онша әсер бермейді және де өшу көп болмайды.

Пассивті оптикалық желіні жобалауда қолданылатын негізгі құрылымдарға келесі компоненттерге жатады:

- магистралды тарату желілерінің және абоненттік өткізгіштердің оптикалық кәбілдері;

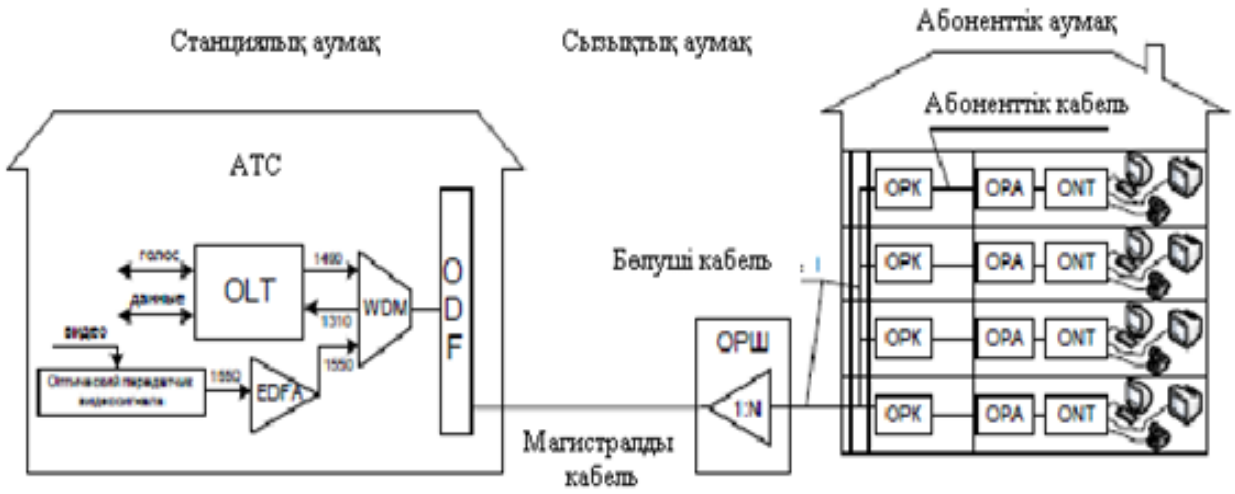
- оптикалық байланыстырушылар;
- оптикалық тармақтаушылар (сплиттерлер);
- PON желісі үшін оптикалық муфталар;
- жоғары тығыздықты оптикалық кросс (ODF OLT);
- оптикалық тарату шкафтары (ОРШ);
- оптикалық тарату қораптары (ОРК);
- оптикалық абоненттік розеткалар (РА);
- WDM мультиплексорлары және аттенюаторлар.

Жобаны бастар алдында, xPON технологиясының ішінен тиімді және қала желісімен үйлесетін түрін таңдап алу қажет. PON желісінің сұлбасы 3.10-шы суретте келтірілген.

PON негізінен үш аумақтан тұрады:

- станциялық аумақ. Бұл АТС бөлмесінде орналасқан OLT, WDM мультиплексоры және ODF.
- сызықтық аумақ. Бұл ODF пен ОРК арасындағы барлық элементтердің қосындысы (оптоталшық, сплиттер, ОРШ, ОРК).
- абоненттік аумақ. Бұл - жеке бір талшықты абоненттік қатынау. Ол ОРК-дан абоненттің активті құрылғысына (АР немесе ONT) дейін жалғасады.

Станциялық аумақ. PON қамту зонасын анықтайтын OLT АТС тұрған бөлмеде орналасады. PON желісінің станциялық белсенді құрылғы жұмысын атқаратын OLT абоненттердің соңғы құрылғыларын ғаламтор желісі және басқа да дыбыс тарату, ақпарат және бейне қызмет көздерімен байланыстырады.



Сурет 3.10. PON желісінің сұлбасы

PON желісінің негізгі орындайтын функциялары:

- PON сызықтық порттары OLT құрылғысы ODF-ке оптикалық сымдар (патч-кордтар) немесе түйінделген кіші кәбілдердің көмегімен қосылады;
- ODF бөліп тарату оптоталшықты кәбілдердің сплайс-пластиналары арқылы станциялық оптоталшықты кәбілдермен байланыстыруға арналған;

- PON-да екі каскадты сплиттерлерді орналастырсақ, онда бірінші каскадты ODF-қа орналастырған жөн, себебі ол кезде станциялық порттар үнемделеді;

- ODF-ті міндетті түрде OLT орналасқан бөлмеге орналастырған ыңғайлы;

- ODF-тің модульді түрін қолданған ыңғайлы, себебі болашақта абоненттер саны өссе кросс сыйымдылығын арттыруға ыңғайлы болады.

ODF-ті таңдаған кезде келесі параметрлерге назар аудару қажет:

- құрылғының шағын өлшемдері;
- кәбілді кроссировкалау оңайлығы;
- абоненттер санының көп болуы.

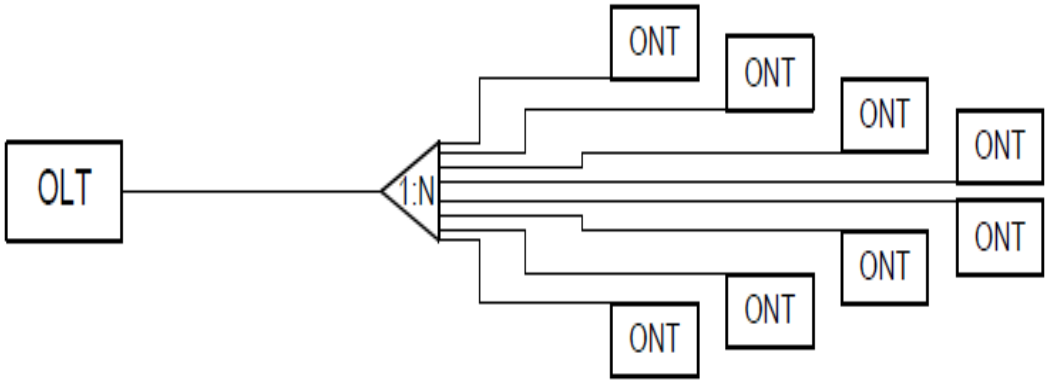
Сызықтық аумақ. Пассивті құрылғылардың көп болуына байланысты сызықтық аумақтың тиімді болуы үшін бұл аумаққа көп көңіл бөлу қажет. Сызықтық аумақ PON топологиясының нақты түрін анықтайды. Сызықтық аумақты жобалағанда дәнекерлеу кезінде колданылатын құрылғылардың бағасын реттеу мен қолданылатын технологиядағы еңбек қорларын уақытты тиімді пайдалануы талап етіледі.

- PON-да ОРШ-дан абоненттердің соңғы құрылғысына дейін сигналдың таралуын пассивті ОР (сплиттерлер) іске асырады.

- PON-да бір каскадты немесе көп каскадты сплиттерлердің қосылуы мүмкін (3.11-ші сурет және 3.12-ші сурет).

- каскадтар деңгейінің саны желідегі барлық сплиттерлердің қосынды өшулігіне байланысты. Каскадтар деңгейі аз болған сайын желідегі ақауларды жою мүмкіндігі жоғары болады. Көп каскадты ақпарат таратуда сигналдың бұзылуы жиі болады;

- көп каскадты архитектураны қолдану PON желісін тиімді құруға және абоненттерді ыңғайлы орналастыруға мүмкіндік береді.



Сурет 3.11. Бір каскадты сплиттерлердің қосылу сұлбасы

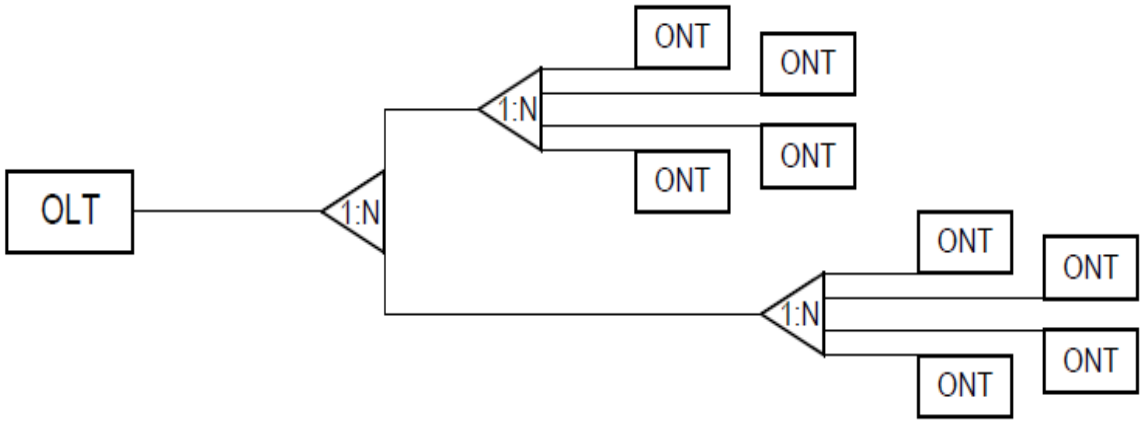
Сызықтық аумақ екіге бөлінеді:

- магистралды аумақ - бұл жер астында немесе жер бетінде орналасатын АТС-дағы ODF-тен шығатын ОРШ-да аяқталатын оптоталшықты кәбіл;

- бөліп тарататын аумақ - ОРШ-дан ОРК-ға дейінгі салынатын

оптоталшықты кәбіл.

Каскадтар деңгейінің саны желідегі барлық сплиттерлердің қосынды өшулігіне байланысты. Каскадтар деңгейі аз болған сайын желідегі ақауларды жою мүмкіндігі жоғары болады. Көп каскадты ақпарат таратуда сигналдың бұзылуы жиі болады. Көпкаскадты архитектураны қолдану PON желісін тиімді құруға және абоненттерді ыңғайлы орналастыруға мүмкіндік береді.



Сурет 3.12. Көп каскадты сплиттерлердің қосылу сұлбасы

Магистралды аумақ. PON магистралды аумағы барлық пассивті оптикалық желісінің ішіндегі негізгі элементі болып табылады. Желіні құру жүйесін таңдаудағы дұрыс шешім болашақтағы желінің дамуындағы шығындарды азайтуға алып келеді.

PON аумағындағы АТС-дан ОРШ-ға дейін оптоталшықтың магистралды таралуы болады.

Магистралды аумақтың басты мақсаты болып топологиямен кәбілді кәріздің сыйымдылығын есепке ала отыра керекті оптоталшық санын максималды абоненттердің жиналған жеріне жеткізуі болып табылады.

Магистралды аймақ ОРШ-мен, кіре берістегі сплиттерлік қораппен немесе арнайы механикалық оптикалық муфтамен аяқталады.

Оптикалық бюджеттің минималды болуы үшін, магистралды аумақтағы оптоталшықтың пісіру жерінде, немесе құрылыс-монтаждық жұмыстардың бағасын төмендету үшін жер немесе кәрізде, бір құрылыстық ұзындықты, оптоталшықтың модулі етіп 2 км алу қажет.

Магистралға қосылатын ғимараттардың құрылысына қатысты (көп қабатты немесе бір қабатты) магистралды аумақтың екі түрін ажыратады:

- сплиттерлерді қолданатын, ОРШ-ның көмегімен, бір немесе бірнеше үйлерді қосатын магистралды аумақ (көп қабатты құрылыс);
- сплиттерлерді қолданатын, ОРШ-ның көмегімен, үйлер тобын қосатын магистралды аумақ (бір қабатты құрылыс).

Көп қабатты құрылыстағы PON магистралды аумағында көп модульді құрылымды сыйымдылығы жоғары оптоталшықты кәбіл (32 талшықтан кем

емес) қолдану қажет.

Қажет талшықтар санын анықтаудың жалпы принципі мына түрде болады: әр N пәтерге бір оптоталшық (резервтеусіз), бұл жердегі N PON максималды тармақталу коэффициентімен OLT интерфейстерімен және әр абоненттің сұранысындағы өткізу жолағына сәйкес келеді.

Аз қабатты құрылысқа арналған PON магистралды аумағы.

АТС-дан ОРШ-ға дейінгі аймақта көп модульді конструкциялы опталшықты кәбілді қолдану қажет, тармақталған кезде әр модуль кем дегенде төрт талшықты болуды талап етеді.

PON технологиясын пайдалана отырып таратушы пассивті оптикалық желіні құру. PON таратушы желісіне мыналар кіреді:

- оптикалық шкафтан тұрғын үйге кәбілді енгізуге дейінгі аумақ - PON желісінде таратушы аумақтардың орналасу сұлбасы;
- бөлгіш кәбілдің үй ішіндегі ажыратқышы мен тұрғын үйде таратушы құрылғыларды орналастыру - PON желісінің кәбілдік кірістерінің сұлбасы;
- абоненттік сым - абоненттік сым сұлбасы.

Таратушы желілерде жобалау мәселелері келесі жағдайларға қатысты:

- таратушы кәбілді таңдау, төсеу және оны қорғау;
- тұрғын үйлерге ендіру құралдары;
- көп қабатты үйлердегі таратушы желілердің нұсқалары мен технологиялары;
- подъездегі таратушы желілердің жабдықтары;
- оптикалық кәбіл броньдарын үйлерде тұйықтау (жерлендіру);
- таратушы желілерді резервтеу тәсілдері;
- абоненттік сым.

Бөліп таралу аумағы. PON бөліп тарату аумағы бұл – көп қабатты құрылыстардағы ОРШ-дан сплиттерлік оптикалық қораптарға дейінгі аймақ.

Бөліп тарату аумағының оптоталшықты кәбілдері ОРШ-дан шығып ғимараттардың ішімен таралады.

Тігінен таралу аймағын жобалау кезінде келесі үдерістерді ескеру қажет:

- қосылу оңайлығы;
- тігінен таралуға абоненттердің максималды тез қосылу мүмкіндігі;
- материалдар мен кәбілдердің минималды шығыны.

Егер пәтерлер саны аз болған жағдайда, барлық қабаттарға бір ОРК жеткілікті.

Тігінен таралу аймағын дәнекерлегенде ғимараттың бірнеше параметрлерін ескерген жөн:

- қабаттағы пәтер санын;
- кәбіл өтетін жерлердегі бос орындарды;
- оптоталшықты кәбілдердің ғимаратта тігінен өту мүмкіндігін.

Егер ғимаратта бірнеше тіреушілердің өту мүмкіндігі болып жатса, онда талшықты тиімді болатындай етіп орнату қажет.

Егер тіреушілер бос болмай немесе тіреушімен оптоталшықты өткізу

мүмкіндігі болмаған жағдайда, онда ғимаратта поливинилхлоридті түтікті жүргізу қажет.

Тігінен таралу аймағын жобалаған кезде ғимараттағы барлық пәтерлер санын қамту үшін тік орналасатын оптоталшықтың сыйымдылығын қосылатын абоненттердің 100% алу қажет.

Жобалау немесе құрылыс кезінде тігінен таралу аймағында пісірілген немесе механикалық байланысуларды қолдана беруге болады.

Тігінен таралу аймағын жобалау кезінде көп қабатты құрылыста ОРК-ны әр қабатта қолдану керек. Егер жаңа ғимарат салынып жатса, онда ОРК-лар алдын ала орнатылады, ал егер тұрған ғимараттар болса ОРК-ның орнын жобалау кезінде анықтайды.

Кәбілді пайдалану қоры 15-20 метр және оны соңғы қабатта диаметрі 0,25 м болатын орам жасап ОРК-ның ішіне немесе арнайы орынға жинайды.

Абоненттік аумақ. Абоненттік қосылудың оптикалық желідегі абоненттік өткізгіші – бұл үй қабатындағы оптикалық тарату қорабынан оптикалық розеткаға дейінгі бөлім, абоненттің пәтерінде орнатылған.

Абоненттік аумақ немесе абоненттік таралым бұл-желінің ОРК-дан абоненттің бөлмесіне дейін, ОРА-ны қоса алғанда, айтады. Абоненттік аумаққа тағы да активті құрылғы - абонент жақтағы ONT-да кіреді. Оны байланыс операторы бақылайды. Себебі абоненттің өздігінен ONT-ның мүмкіндіктерін қолдануға рұқсаты жоқ.

Абоненттік аумақта өрілген оптоталшықты кәбілді қолданған жөн.

ОРА-ны ОРК-ға патч-корд, пигтейл немесе шығарып алынған оптоталшық арқылы қосуға болады.

ОРК-дан ОРА-ға баратын кәбілді арнайы түтік немесе кәбіл жүргізетін арнамен апарған жөн.

Абонент пәтеріндегі дәнекерлеу жұмыс реті:

- дәнекерлеу жұмысын орындайтын адамдардың пәтерде аз уақыт болуы;
- ОРА-ның монтажы кірер есікке жақын болуы;
- ONT құрылғысының абонентке ыңғайлы жерде орнатылуы;
- мыс кәбілдерінің компьютер, телефон немесе теледидарға таралу мүміндігін жасау.

Оптикалық талшықтарды резервтеу:

PON магистралды және бөліп таралу аумақтарының резервті оптоталшықтарының саны жобалау кезінде анықталады.

Көп модульді талшықты-оптикалық кәбіл магистралды аумақта резервті оптоталшықтың санына байланысты анықталады.

Бақылау сұрақтары

1. Талшықты оптикалық желі қондырғыларын атаңыз.
2. Бір модты талшықтағы модтың таралуын түсіндіріңіз.
3. Бір каскадты сплиттерлердің қосылу сұлбасын сызып, түсіндіріңіз.

4. Көп каскадты сплиттерлердің қосылу сұлбасы сызып, түсіндіріңіз.
5. PON технологиясын пайдалана отырып, байланыс ұйымдастырудағы негізгі қойылатын талаптарын түсіндіріңіз.

3.7 Активті және пассивті оптикалық қондырғылар

Желілік жабдықтар активті және пассивті болып бөлінеді. Активті жабдық дегеніміз - электр тізбегінен тұратын, электр желісінен немесе басқа көздерден қуат алатын, күшейту, сигналды түрлендіру, бөлуді орындайтын, сонымен бірге техникалық ақпаратты өңдейтін, кіріс ағындарын құрылғының жадына енгізілген алгоритмдерге сәйкес қайта бағыттайтын және таратын жабдықтар жиынтығы. Талшықты-оптикалық желілік жабдық сигналды айтарлықтай жылдамдықпен (200 тераб/с дейін) жіберуге қабілетті. Сигналдарды беру жылдамдығы тек таратушы және қабылдайтын жүйелердің өткізу қабілетімен шектеледі.

Дыбысты талшықты-оптикалық желілер арқылы беру үшін сигналды күшейту үшін қосымша жабдық қажет емес. Оптикалық талшықтың ішіндегі жарық толқындарының тербелістерінің жоғары жиілігіне байланысты желілік жабдық сигналды электр немесе тоғысусыз көп қашықтыққа жібере алады. Олар әдетте сигналдың жоғалуымен байланысты болады.

Талшықты-оптикалық желілік жабдық өте берік болады, механикалық жүктемелерге, ылғалға, агрессивті заттарға төтеп бере алады. Оптикалық талшықтың жекелеген түрлерінен желілік телекоммуникациялық жабдықты тікелей жерге орнатуға болады, бұл шығындарды айтарлықтай төмендетеді және телекоммуникациялық жабдықты орнатуды тездетеді.

Талшықты-оптикалық желілік жабдық жүйенің және ақпараттық қауіпсіздіктің жоғары деңгейін қамтамасыз етеді.

Активті жабдыққа құрылғылардың келесі түрлері кіреді:

- маршрутизатор (роутер) - желідегі бірнеше жұмыс топтарын біріктіру үшін қолданылады, желілік трафикті сүзуге, желінің (IP) мекен-жайын талдауға мүмкіндік береді;
- қосқыш (коммутатор) - бірнеше (4-32) порттары бар құрылғы, әдетте бірнеше жергілікті жұмыс топтарын біріктіру үшін қолданылады (әйтпесе мульти орталық көпір деп аталады);
- желілік адаптер - компьютерде орнатылған және оның жергілікті желіге қосылуын қамтамасыз ететін карта (бұдан әрі - LAN);
- қайталағыш (қайталағыш) - әдетте, желі сегментінің ұзындығын арттыру үшін сигналды қайталауға арналған екі порттан тұратын құрылғы;
- хаб (белсенді хаб, мульти портты қайталағыш) - пайдаланушыларды желіге қосу үшін қолданылатын 4-32 порттары бар құрылғы;
- көпір - әдетте бірнеше LAN жұмыс топтарын біріктіру үшін қолданылатын 2 порттары бар құрылғы, желінің (MAC) адрестерін талдау арқылы желілік трафикті сүзуге мүмкіндік береді;

- тасымалдағыш түрлендіргіші - әдетте, деректерді беру ортасын түрлендіру үшін қолданылатын екі порттан тұратын құрылғы (коаксиалды-бұралған жұп, бұралған жұпты талшықты-оптикалық).

- желілік қабылдағыш - әдетте, мәліметтерді беру интерфейсін (RS232-V35, AUI-UTP) түрлендіру үшін қолданылатын екі порттан тұратын құрылғы.

ҚР МЕМСТ 51513-99 пассивті жабдықтар электр желісінен немесе басқа көздерден қуат қабылдамайтын және сигналдарды тарату немесе төмендету функцияларын орындайтын жабдық. Пассивті жабдықтарға: кәбіл (коаксиалды және бұралған жұп), штепсель/розетка (RG58, RJ45, RJ11, GG45), патч-панель, коаксиалды кәбілдерге арналған баллон (RG-58) және т.б. кәбілдік бағыттау жабдықтарын қамтитын кәбіл науалары, орнату шкафтары мен тіректер, телекоммуникациялық шкафтар жатады.

Жоғары сыйымдылықты оптикалық кросс. GPON желісіндегі жоғары тығыздықтағы оптикалық кросс АТС ғимараттарында желілік байланыс орнату үшін қажет. Кросстың деректері талшықты оптикалық кәбілдердің желілік бағыттарын коммутациялайды, ол абоненттен келіп OLT-ның активті жабдықтарына станция жағынан қосылатын АТС-та оптикалық кросс активті жабдыққа жақын бағанға орналасады (сурет 3.13).

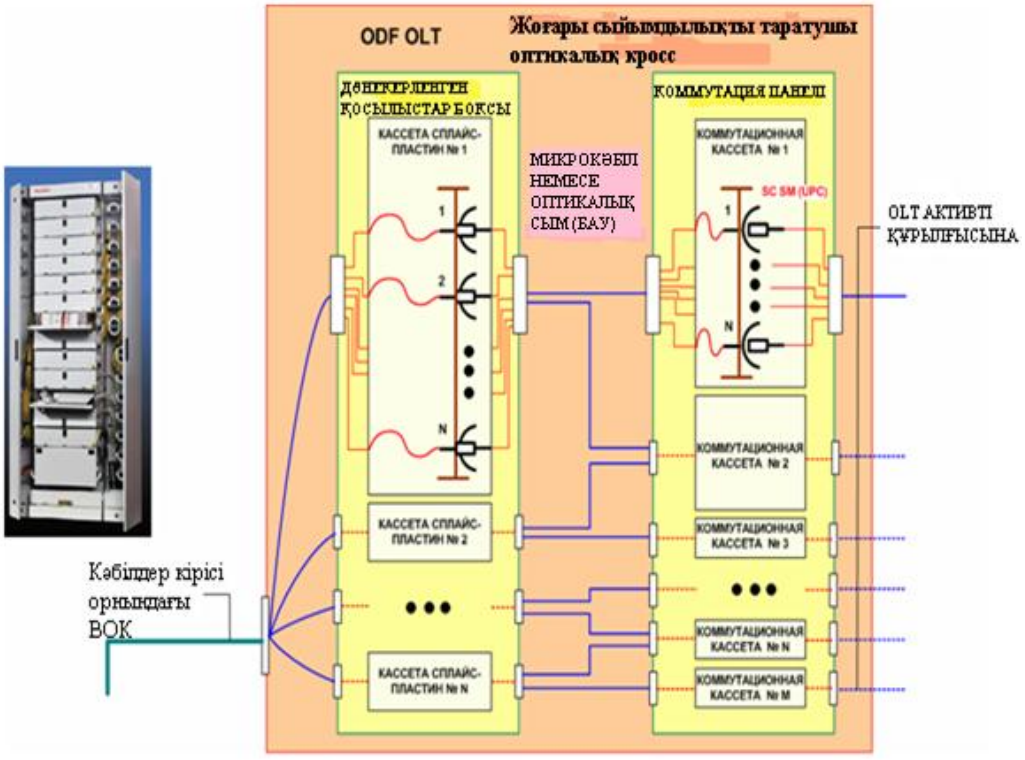
Сурет 3.13. Активті желі жабдықтары

ODF (оптикалық тарату панелі) келесі мүмкіндіктерге ие болуы шарт:

- кез-келген оптикалық портқа жылдам және ыңғайлы қол жеткізу, кросстық жұмыстарды орындау;
- пайдалану кезіндегі кросс сыйымдылығының өсуі;
- жылдам монтажды, инсталляцияны және оптоталшықтың

коммутациясын қамтамасыз ету;

- оптоталшықтың дұрыс майысуын қамтамасыз ететін жүйе;
- сплиттерлердің құрылымды түрде орналасуы;
- аз ауданда орналасу (сурет 3.14).



Сурет 3.14. Жоғары тығыздықтағы кросстың құрылысы

Оптикалық тармақтағыш шкаф және кіре берістегі сплиттерлік қорап (ОРШ). 3.14-ші суретте оптикалық тарату шкафтары (ОРШ) GPON магистральдік желісінің аяқталу құрылғысы, оларда ТОК (ВОК) магистральды ену, пісірілген қосылыстар кассеталарының басқа кәбілдерге бөлінуі, тарату желісінің кәбілдерінің кроссқа тарту жұмыстарының құрылымдық сұлбасы көрсетілген. Қажет жағдайларда оптикалық тарату шкафтарына оптикалық тармақталушылар (сплиттерлер) орнатылады.

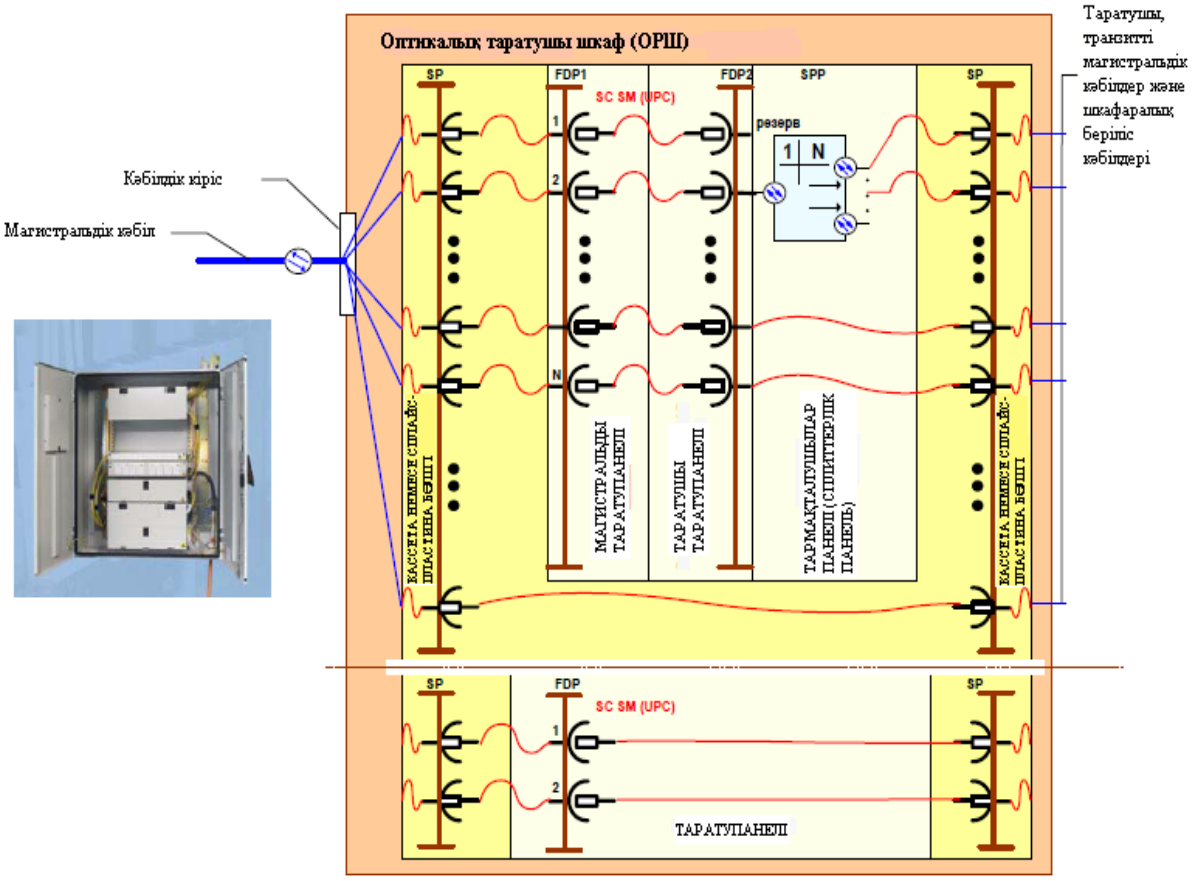
ОРШ-ның құрылымының және орындалуының екі түрі бар: қабырғадағы (подъезд аралық) және фундаментке орнатылған (көшеде немесе подъезд арасында).

ОРШ GPON желісінің магистралды аумағына кіреді. ОРШ-да бір магистралды кәбілді 16 немесе 32, кейде 64, оптоталшыққа тармақтайтын сплиттерлер тобы орналасады.

ОРШ-ның басты мақсаты бұл - оптоталшықтың көлемін азайта отыра, ұзын магистралды аумақтан, қысқа бөліп таралу аумағына өту болып табылады және ОРШ-да оптоталшықтардың коммутациясы орындалып, АТС-ке дейінгі диагностика жұмыстары жүреді. ОРШ ғимаратта немесе далада орналасады.

Негізінен ОРШ-ның үш түрлі сыйымдылығы қолданылады: кішкентай 100-150 абоненттік түйістер, орташа 250-300 абоненттік түйістер және үлкен 500 дейін абоненттік түйістер.

ОРШ құрылымы бір магистралды опталшықтың 64 абоненттке тармақталуын қамтамасыз етуі тиіс, себебі болашақта желі өсуі мүмкін, 3.15-ші суретте көрсетілген.



Сурет 3.15. ОРШ құрылымы

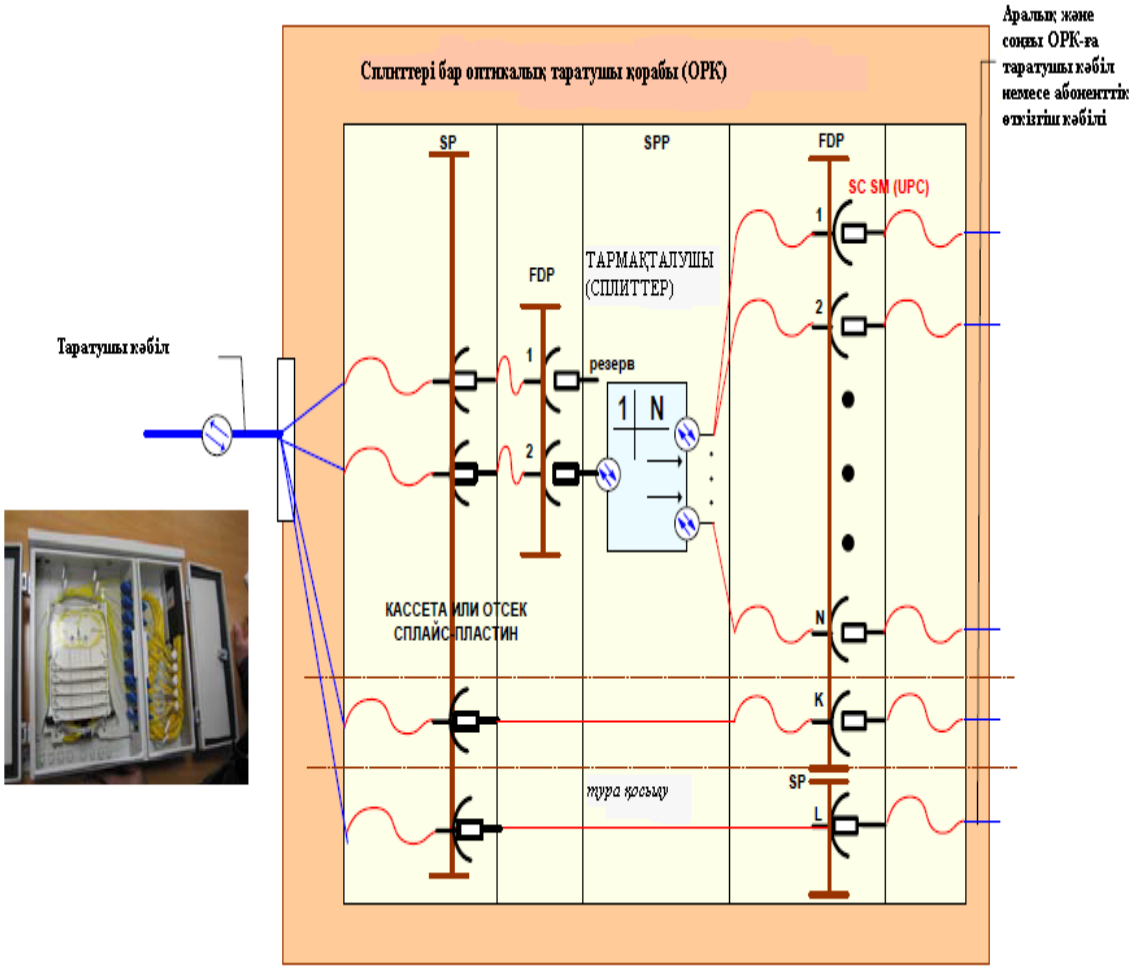
Оптикалық сплиттерлік қораптар (ОРК).

Оптикалық сплиттерлік қораптары, бокстер (ОРК) GPON тарату желісінің құрылғысы құрамына кіреді және абоненттік қосылу мен магистральді желінің оптикалық тарату шкафының арасындағы коммутациялау түйіні болып есептеледі. Оптикалық тарату қораптары тұрғын үйлер подъездерінің қабырғаларына дәнекерлеу жерінде орнату қарастырылған және соңындағы өтпелі және ішкі сплиттерді қондыру мүмкіндіктері болып бөлінеді (сурет 3.16). ОРК-на қойылатын негізгі талаптар 3.2-ші кестеде келтірілген.

Әдетте, ОРК-лар әртүрлі өндірушілерден төрттен жиырма төртке дейінгі қосылу сыйымдылығына ие болады. Кішкентай ОРК-ларды қолдану жобаның қымбат түсуіне алып келеді, ал егер үлкен ОРК-ларды қолдансақ артық қалады.

Жобалаған кезде, кез-келген ғимаратта бір қабатқа бір ОРК-ны орнату қажет.

ОРК пәтерлерді оптикалық түйістер көмегімен ғимараттағы тік тармақталуға қосылуға арналған.



Сурет 3.16. Сплиттері бар ОРК типтік құрылғысы

ОР кіріс және шығыс порттарына қатысты мына түрге бөлінеді:

- бір кіріс және бірнеше шығысы бар тармақтағыштар (1xN);
- екі кірісті тармақтағыштар (2xN).

Шығыс порттар саны екіден алпыс төртке дейін болуы мүмкін.

Екі кірісті тармақтағыштар резервтеу үшін қолданылады.

Оптикалық қуаттың бөліну коэффициентіне қатысты ОР мынадай түрлерге бөлінеді:

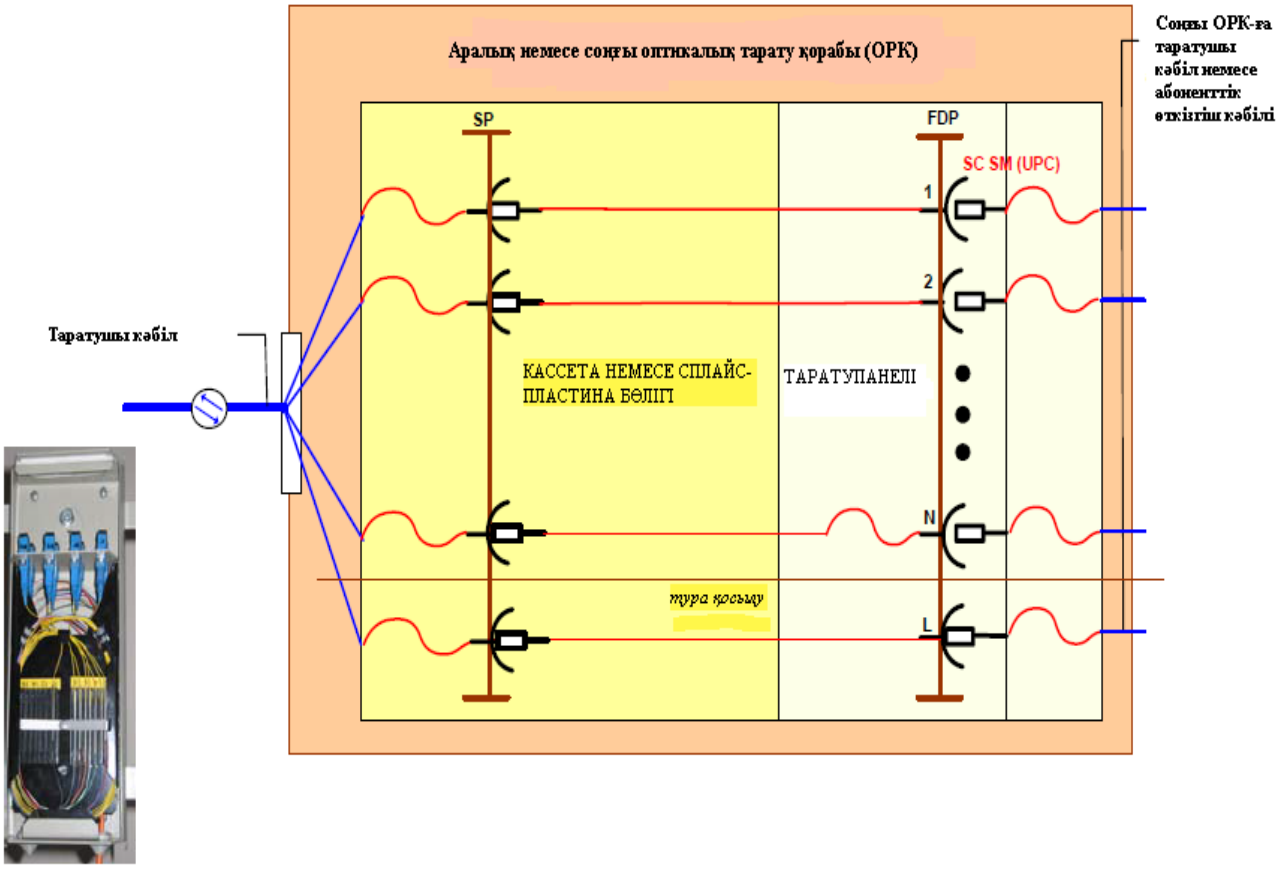
- бірқалыпты (төртке тармақтайтын әр шығысында 25 % қуат бөледі);
- бірқалыпты емес.

Толқын ұзындығына қатысты ОР-лар төмендегідей түрлерге бөлінеді:

- бір терезелі (1310 нм немесе 1550 нм);
- екі терезелі (1310 нм және 1550 нм);
- үш терезелі (1310, 1490 және 1550 нм);
- кеңжолақты (1310 нм – 1620 нм).

Кесте 3.2. Кәбілді төсеу шешімдері. Магистралды кәбілдер сипаттамаларына қойылатын талаптар

Параметрлері	ОРК түрлері бойынша қойылатын талаптар сипаттамасы				
	ОРК 4-8-12	ОРК 16	ОРК 24	ОРК 32-36	ОРК 48
Енгізілетін кәбілдердің саны, дана	2	4	6	8	12
Пісірілетін қосылыстар саны, дана	24	32	48	64-72	96
Ажыратулардың SC саны, дана	4-12	16+2	24	32-36+2	48
Сплиттерді орнату мүмкіндігі (пісіріп)	Ия	Ия	Ия	Ия	Ия
Сплиттерді орнату мүмкіндігі (ажыратумен)	Жоқ	Ия	Жоқ	Ия	Жоқ
Шаңнан қорғану IP55 бойынша	Ия	Ия	Ия	Ия	Ия
Қораптың материалы	Металл немесе пластмасса				



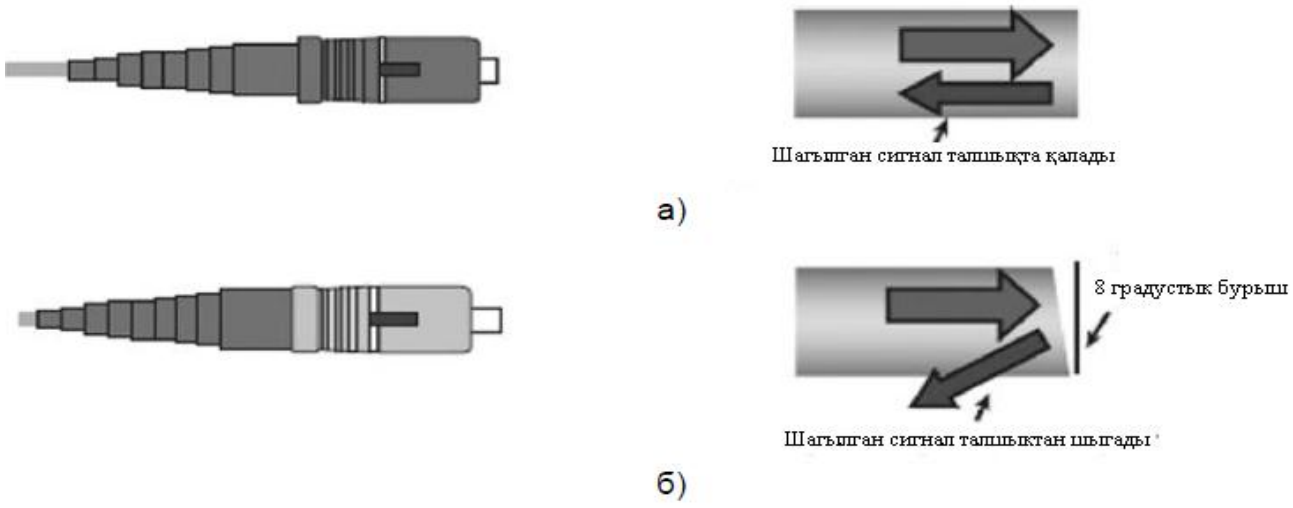
Сурет 3.17. Сплиттерсіз ОРК құрылғысы

PON желісінде SC/APC типті коннекторларды қолданған жөн. SC/APC типті коннекторлары - оптоталшықтың бұрыштық полировкасымен жасалған пластикті түйіс. Корпусы жасыл түсті болады. Ол өз кезегінде желінің параметрлеріне сәйкес келеді және осындай коннекторлар кері шағылуды азайтып желінің жұмыс істеу мүмкіндігін жоғарылатады. 3.18-ші суретте SC/UPC және SC/APC коннекторларының айырмашылығы көрсетілген.

Әртүрлі типті коннекторларды қолдану мүмкін емес себебі, ол кезде үлкен өшуліктер пайда болады.

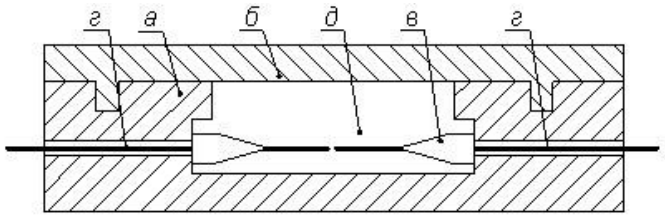
Кейбір жағдайларда орынды үнемдеу үшін LC/APC коннекторларын қолдану қажет, себебі LC/APC коннекторлары SC/APC коннекторларына қарағанда екі есе кішкентай болады.

Түйіссіз байланыстар. Мұндай жағдайда оптоталшықтар пісіру немесе механикалық түрде қосылуы мүмкін.



Сурет 3.18. SC/UPC және SC/APC коннекторларының айырмашылығы а) SC/UPC коннекторы; б) SC/APC коннекторы.

Механикалық байланыстар үшін арнайы құрылғы - сплайстар қажет, 3.19-шы суретте көрсетілген.



Сурет 3.19. Сплайстың құрылымы: а) корпус; б) қақпақ; в) бағыттаушы; г) оптоталшық ұшы; д) иммерстік гель.

Сплайстың корпусы арнайы талшықтарды туралап енгізетін тесіктерден тұрады. Корпустың іші иммерсті гельмен толтырылған. Гельдің

сыну көрсеткіші оптоталшық өзекшесінің сыну көрсеткішіне жақын, сол себепті кері шағылуды болдырмайды. Сплайстардың келтіретін өшуліктері 0,5 дБ аспайды.

Бақылау сұрақтары

1. Жоғары жылдамдықты ағынның кадр құрылымын түсіндіру.
2. PON технологиясы мен түрлерінің айырмашылықтарын түсіндіру.
3. GPON технологиясының ерекшелігін түсіндіру.
4. OLT қолданылу ерекшелігі.
5. ONT қолданылу ерекшелігі.
6. PON желісінде WDM мультиплексорын қолданылуын түсіндіру.
7. Талшықты оптикалық желінің топология түрлерін сызып, түсіндіру.
8. «жұлдыз» топология түрінің қолданылу ерекшелігін түсіндіру.
9. «ағаш» топология түрінің қолданылу ерекшелігі.
10. «шина»топология түрінің қолданылу ерекшелігі.
11. GPON желісіндегі толқын ұзындықтары.
12. Жоғары тығыздықтағы кросстың құрылысын түсіндіріңіз.
13. Оптикалық тарату шкафтары, оның түрлері.
14. Сплиттерлі және сплиттерсіз ОРК типтік құрылғысының ерекшелігін түсіндіру.
15. Коннектор түрлері және олардың қолданылу ерекшеліктерін түсіндіру.
16. Оптикалық терминал түрлері және олардың техникалық сипаттамалары.
17. Абоненттік терминал түрлері және олардың техникалық сипаттамалары.

Тәжірибелік жұмыс

Жұмыстың мақсаты: талшықты оптикалық тарату желісінде қолданылатын «Сақина» топологиясындағы өшу мен сигнал деңгейін есептеуге дағдылану.

Жұмыстың тапсырмасы: 3.3 және 3.4 кестелерін пайдалана отырып сақиналы топологиядағы өшу мен сигнал деңгейлерін есептеу.

«Сақина» 4 байланыс торабын қамтиды (3.20 сурет).

Кесте 3.3. «Сақина» топологиясындағы тораптар саны

Нұсқа / қашықтық, км	1	2	3	4	5	6	7	8
1-2 торап	15	16	18	20	24	26	25	17
2-3 торап	20	22	24	18	17	15	16	14
3-4 торап	24	25	30	32	31	33	34	29
1-4 торап	14	15	20	22	21	19	17	13

Кесте 3.4. WDM желісіндегі өшудің типтік шамалары

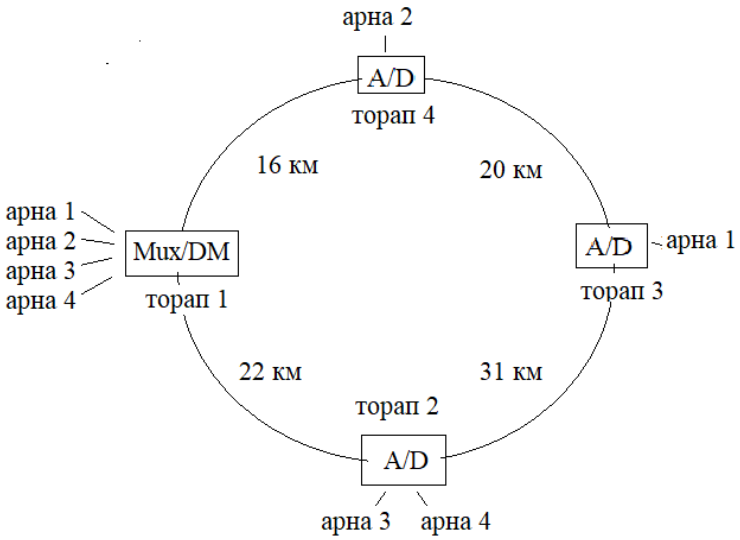
компонент	мәліметі	мәндері
Aoadmch	Тура арна үшін бір арналы енгізу/шығару модуліндегі (OADM) өшу	0,8 дБ
Aoadmadd	Қосылатын арна үшін OADM бір арналы модуліндегі өшу	1,7 дБ
Aoadmdr	Шығатын арна үшін OADM бір арналы модуліндегі өшу	1,7 дБ
Aconn	Жалғаулардағы өшу	0,25 дБ
Asplice	Сплайстағы өшу	0,15 дБ
Afibre	Толқын ұзындығы 1550 нм болатын бір модалы кәбілдегі өшу	0,25 дБ/км

Әдістемелік нұсқау

Типтік желідегі «сақина» ұзындығы шамамен 100 км, ал қалалық желісінде шамамен 200 км. «Сақина» топологиясында енгізу-шығару арналары бар 4 торап қосылған (сурет 3.32).

1- ші торап орталық болып табылады. Одан басқа тораптарға "нүкте-нүкте" виртуалды қосылыстар арқылы жалғанады. Барлық трафик 1-ші торапта басқарылады, онда қарапайым мультиплексорлар мен демультиплексорлар қолданылады. 2-4 тораптар кейбір толқындар ұзындығын өткізуі тиіс, ал басқаларын өткізбейді. Сол себептен онда енгізу/шығару (OADM) мультиплексорлары қолданылады. «Сақина» топологиясын енгізу/шығаруы бар орталық торапсыз, бір ғана мультиплексормен құруға болады.

3.32-ші суретте төрт арна қосылған қарапайым «сақина» құрылымы көрсетілген. Әрбір торапта коммутация бетінде 2 қосқышы бар (екі оптикалық талшыққа арналған) 4 жалғау орналасқан.



Сурет 3.20 Сақина топологиясы

Есептеу жұмысы 1-ші тораптан 2-ші торапқа қарай орындалады. 1 мен 2-ші торап арақашықтығы 22 км. Ондағы оптикалық кәбілдегі өшу келесі мәнмен анықталады:

$$An1n2 \equiv 22 \cdot 0{,}25 \equiv 5{,}5 дБ$$

Мұндай өшу кезінде 2-ші торапта сигналды алу мәселесі туындамайды. Әрбір енгізу/шығару мультиплексоры (Aoadmch) оған өтетін арна арқылы 0,8 дБ өшуді енгізеді (жалғаудағы өшу есебінсіз). 2-ші торапта екі арна бөлінеді, сондықтан олардан өтетін арналар үшін жалпы өшу келесі мәнмен анықталады:

$$An2 \equiv \left(2 \cdot Aoadmch + 2 \cdot Aconn\right) + 2 \cdot Asplice + 2 \cdot conn = 2\left(0{,}8 + 0{,}25 \cdot 2 + 0{,}15\right) = 2{,}9 дБ$$

2-ші торап пен 3-ші торап арасындағы қашықтық 31 км құрайды, сондықтан кәбілдегі жоғалтулар келесі өрнекпен анықталады:

$$An2n3 = 31 \cdot 0.25 = 7.75 дБ$$

3-ші торапқа кірудегі жалпы шығындар:

$$An1n3 = An1n3 + An2 + An2n3 = 5{,}5 + 2{,}9 + 7{,}75 = 16{,}15 дБ$$

3-ші тораптағы 1 –ші арна жиынтығына 1,7 дБ шамасын қосу керек, сонда транспондер қабылдағышының кірісінде 17,85 дБ болады. Бұл сигналды қабылдау үшін жеткілікті.

4-ші тораптың кірісіндегі жалпы шығындар келесідей:

$$An1n4 = An1n3 + An3 + An3n4 = 16.15 + \left(0.8 + 4 \cdot 0.25 + 2 \cdot 0.15\right) + 20 \cdot 0.25 = 23.25 дБ$$

4-ші тораптағы 2-ші арна жиынтығына 1,7 дБ шамасын қосу керек, сонда транспондер қабылдағышының кірісінде 24,95 дБ болады. Бұл мән өте үлкен болғандықтан, 4-ші тораптағы 2-ші арнаның сигналды қабылдау мүмкіндігін тексеру қажет. 4-ші тораптағы сигнал деңгейі анықталады:

$$4 = T \cdot n1 - \left(Asplice1 + 2 \cdot Aconn1\right) - An1n4 - Aoadmch = \left(-2\right) - \left(0.15 + 2 \cdot 0.25\right) - 23.25 - 1.7 = -27.6 дБм$$

Транспондер сезімталдығы -31 дБм, 2 дБм қорын есепке ала отырып, 2-ші арнаның -27,6 дБм сигнал деңгейін қабылдауы өте орынды.

Осы сәтте 4 арнаның барлығы сақина бойымен айналғандықтан, 1-ші торап кірісіндегі қуатты есептеу кезінде желінің бірінші сегменті назарға алынбайды (1-ші тораптан 2-ші торапқа дейін). 1-ші торап кірісіндегі сигнал арналарды енгізу/шығару кезіндегі шығындарды есепке ала отырып, одан ең алыстағы торап (2-торап) шығысындағы қуатқа байланысты болады.

1-ші тораптағы сигнал деңгейі анықталады:

$$1 = T \cdot n2 - (Aoadmadd2 + Aoadmch2 + 2 \cdot Aconn) - (Asphlice + 2 \cdot Aconn) -$$
$$- An2n3 - An3 - An3n4 - An4 - An4n1 = (-2) - (1.7 + 0.8 + 0.5) - (0.15 + 0.5) -$$
$$- 7.75 - 2.1 - 5 - (0.8 + 4 \cdot 0.25 + 2 \cdot 0.15) - 16 \cdot 0.25 = -26.6 дБм$$

Тест тапсырмалары

1. PON барлық абоненттік қатынау желісінде қолданатын желі түрі
A. оптикалық
B. аналогты
C. цифрлы
D. радиорелейлі

2. Бір OLT терминалы қанша ONT терминалын қоса алады?
A. 32
B. 48
C. 16
D. 40

3. ONT сигналды қандай ұзындықта таратады?
A. 1490 нм
B. 1310 нм
C. 2480 нм
D. 1600 нм

4. Ethernet құрылғыларымен қатынау желісі ретінде ең тиімді болып табылады.
A. GPON
B. BPON
C. OLT
D. ONT

5. Өшудің оптикалық желідегі өлшем бірлігі
A. км
B. дБ
C. дБ/км
D. м/с

6. PON топология түрлері
A. ағаш тәріздес, жұлдызша, шина
B. нүкте-нүкте, концентратор, шина
C. сақина, жұлдызша, нүкте-көп нүкте
D. шина, сақина, нүкте-көп нүкте

7. 1x64 таратқышы қанша абонентке қосыла алады?
A. 32
B. 48
C. 46
D. 64

8. Оптикалық кәбіл түрлері
A. бір модты, көпмодты
B. коаксиалды, бір модты
C. симметриялы, көпмодты
D. коаксиалды, симметриялы

9. АТС-дан ОРШ-ға дейін оптоталшықтың қандай таралуы болады?
A. абоненттік
B. ішкізоналық
C. магистралды
D. қалааралық

10. Активті жабдық құрылғы түрлері
A. маршрутизатор, коммутатор
B. кәбіл, сплитер
C. OLT, ONT
D. ONU, кросс

4- тарау. Талшықты-оптикалық байланыс желілеріне техникалық қызмет көрсету

4.1 Ағымдағы және жоспарлы техникалық қызмет көрсету

Талшықты-оптикалық байланыс желілері (ТОБЖ) техникалық қызмет көрсетудің ағымдағы және күрделі жөндеу түрлеріне жатады.

ТОБЖ-ға техникалық қызмет көрсету техникалық пайдалану элементі болып табылады және ЖКҚ сенімділігінің қажетті деңгейін қамтамасыз ету үшін пайдалану процесінде ТОБЖ жарамдылығын қолдау мақсаты бар профилактикалық іс-шаралар кешені болып табылады. ТОБЖ-ға техникалық қызмет көрсету:

- ағымдағы және жоспарлы профилактикалық қызмет көрсету;
- ТОБЖ техникалық жағдайын жедел бақылау;
- күзет-ескерту жұмысы;
- құрылыс, қайта құру және күрделі жөндеу жұмыстарын техникалық қадағалау. ТОБЖ-ға техникалық қызмет көрсету жұмыс көлеміне және олардың орындалу мерзімділігіне байланысты ағымдағы (күнделікті) және мерзімдік жоспарлы-профилактикалық қызмет көрсетуге бөлінеді.

Бақылау сұрақтары

1. ТОБЖ-ға техникалық қызмет көрсету дегенді қалай түсінесіз.
2. ТОБЖ-ға техникалық қызмет көрсету түрлері.

4.2 ТОБЖ ағымдағы және жоспарлы-профилактикалық қызмет көрсету

ТОБЖ-ның ағымдағы қызметі міндетті болып табылады және жүйелі түрде орындалуы тиіс. Ағымдағы қызмет көрсету келесі жұмыстарды қамтиды:

1) шабылған жерлерді түзету, ақаулы жерлерді ауыстыру және трассаны белгілеудің жаңа белгілерін орнату;

2) кәбілдік желілер трассаларында жұмыс жүргізу орындарында ескерту белгілерін орнату;

3) желілік-кәбілдік құрылыстарды қазба орындарындағы механикалық зақымданудан қорғау құрылғысы;

4) қызмет көрсетілмейтін регенерациялық пункттерге (НРП) кіреберістерді қардан тазалау, еріген суды бұру;

5) ТОБЖ-да зақымданулар мен авариялярды жою;

6) кәбілдердің металл қабықтарының герметикалығын жою;

7) механикаландыру құралдарына қызмет көрсету және жөндеу;

8) желілік құрылыстарды коррозиядан, найзағайдың соққысынан, электрлендірілген темір жолдар мен электр беру желілерінің (ЭБЖ) әсерінен қорғау құрылғыларына қызмет көрсету);

9) телефон канализациясында салынған ТОБЖ-ға қызмет көрсету;

10) тас жол, темір жолдар және су бөгеттері арқылы кәбілдік өткелдерге қызмет көрсету;

11) уақытша кәбілдік ендірмелерді, кәбілдің, құралдардың, аспаптардың авариялық қорын жарамды күйде ұстау;

12) қажет болған жағдайда жер жұмыстары аяқталғаннан және желілік зақымдануларды жойғаннан кейін кәбіл трассаларының құжаттарына өзгерістер енгізу.

ТОБЖ-ға жоспарлы-профилактикалық қызмет көрсету кәсіпорынның жоспарына сәйкес кезең-кезеңмен жүзеге асырылады және оған:

1) кәбіл желілерінің электрлік және оптикалық параметрлерін өлшеу;

2) кәбілдерді механикалық зақымданудан қорғау бойынша жұмыстарды орындау;

3) ескерту белгілерін, өлшеу бағаналарын, шлагбаумдарды және т. б. дайындау;

4) кәбілдің жату тереңдігін бақылау және картограммаларды нақтылау;

5) кәбілдің жанында немесе күзет аймағында бөгде ұйымның жұмыс жүргізуі кезінде техникалық шарттардың орындалуын сақтау; ПЭТ немесе кәбілді төсеу орнын алдын ала дайындау, жүргізілетін жұмыстарға байланысты металл швеллерді немесе бетон плиталарды пайдалана отырып, ПЭТ қорғауды ұйымдастыру;

6) өлшеу негізінде желілік құрылыстарды коррозиядан, найзағайдың соғуынан, электрлендірілген темір жолдар мен ЭБЖ әсерінен қорғау құрылғыларына қызмет көрсету.

Желіде профилактикалық жұмыстар мен жөндеу-баптау жұмыстарының жоспарларын жасау кезінде жұмыстарды жүргізу мерзімділігін ескеру қажет:

1) бос талшықтардың оптикалық параметрлерін өлшеу жылына 1 рет жүргізіледі;

2) жаңадан салынған ТОБЖ үшін бос талшықтардың оптикалық параметрлерін өлшеу үш ай сайын бірінші пайдалану жылы ішінде жүргізіледі;

3) SDH жүйелерінің жұмыс талшықтарының оптикалық параметрлерін өлшеу – 3 жылда 1 рет;

4) SDH жүйелерінде резервтеуді тексеру (MSP 1+1) - 3 жылда 1 рет;

5) SDH жүйелерінде ALS функциясын тексеру – 3 жылда 1 рет.

Трактілерді жабусыз орындалатын өлшеу, әдетте, күндізгі уақытта жүргізілуі тиіс. Жапсарлас бақылау жүйелерінің деректерін талдау нәтижелері бойынша техникалық пайдалану қызметі (СТЭ) пайдаланушы ұйымға жоспарланбаған өлшемдерді жүргізу қажеттілігі туралы хабарлайды.

Бөлімшеде жаңа кәбілді (зақымдау, шығару) ішінара ауыстыру немесе қосу кезінде өлшеу жүргізу кестесі өзгермейді.

Еркін оптикалық талшықтардың үш айлық және жылдық өлшеулерін жүргізгеннен кейін пайдаланушы ұйым ақпаратты СТЭ-ге (қызмет көрсету аймағы бойынша) өлшеу хаттамасы, өзгерістер кестесі, өлшеулерді талдау (еркін түрде) және өлшеу (рефлектограмма арқылы жүргізілген) түрінде жібереді.

Өлшеулерді талдауда өлшеу жүргізу барысында анықталған барлық сәйкессіздіктерді көрсету қажет (мөлшерден жоғары өшу: су датчигіне; оптикалық розеткаға және т. б.).

Алынған өлшеулерді талдау негізінде СТЭ (қызмет көрсету аймағы бойынша) 30 күн ішінде анықталған сәйкессіздіктерді жою бойынша ұсынымдар жасайды және пайдаланушы ұйымға жібереді.

Пайдаланушы ұйым СТЭ (қызмет көрсету аймағы бойынша) ұсынымдарын алғаннан кейін 10 күн ішінде сәйкессіздіктерді жою бойынша жоспар жасайды.

Муфтадағы сәйкессіздіктерді жою бойынша жұмыстарды жүргізгеннен кейін оптикалық муфтаны ашуға Акт жасалады. Актілер пайдаланушы ұйымда сақталады.

Бақылау сұрақтары

1. Ағымдағы қызмет көрсету кезінде орындалатын жұмыстар түрлері.
2. ТОБЖ-ға жоспарлы-профилактикалық қызмет көрсету неге байланысты жүргізіледі және орындалатын жұмыстар түрлері.
3. Желіде профилактикалық жұмыстар мен жөндеу-баптау жұмыстарының жоспарларын орындау кезіндегі қажетті ескерулер.
4. Есеп беру жолдарын атаңыз.

4.3 ТОБЖ техникалық жағдайын жедел бақылау

ТОБЖ-ға жоспарлы-профилактикалық қызмет көрсету трассаға бақылау тексеруін және желілік-кәбілдік құрылыстардың жай-күйін тексеруді жүргізумен қатар жүргізіледі.

Кәбілдік трассаларды мерзімді тексерудің мақсаты кәбілдік желінің зақымдануына немесе бұзылуына әкелуі мүмкін факторларды анықтау болып табылады. Трассаны қарау пайдаланушы ұйымның ЖКЦ желілік-кәбілдік цехының (ЛКЦ) бастығы әзірлеген бағыттар бойынша орындалады.

Маршруттар тізбесін пайдаланушы ұйымның өндірістік-техникалық бөлімінің бастығы бекітеді. Әрбір маршрутқа қозғалыс сұлбасы жасалады.

Трассаны қарау мерзімділігі ТОБЖ ЛКЦ трассасын қарау кестесі түрінде ресімделеді. Әрбір айға кестелерді ЖКЦ бастығы жасайды және кәбілдік желінің мәнін және трассаның өтуінің нақты шарттарын, қазу санын,

зақымдануларды талдау нәтижелерін, жыл уақытын, осы бағыттағы ТОБЖ резервтеу болуын және т. б. ескере отырып, пайдаланушы ұйымның бастығы бекітеді.

Ерекше назар ТОБЖ-ның механикалық зақымдануынан сақталуын қамтамасыз етуге аударылуы тиіс. Егер көлік құралында қозғалыс кезінде трасса көрінбесе, онда жаяу жүріп қарау қажет.

Кәбілдің күзет аймағында қолданыстағы қазба жұмыстары болған жағдайда кестеге қарамастан, соның ішінде сенбі, жексенбі, сондай-ақ басқа да мереке күндері, егер осы қазбаларда жұмыстар жүргізілсе, трассаны күн сайын тексеру қамтамасыз етіледі.

Трассаларды қарауға арналған маршруттар орындаушы 1 жұмыс күні ішінде трассаның белгілі бір бөлімшесін қарап, алдын алу жұмыстарының белгілі бір көлемін немесе түсіндіру жұмыстарын орындай алатын және цех орналасқан жерге қайта оралатындай есеппен таңдалады.

Жергілікті жағдайларға байланысты маршрут радиалды немесе сақиналы болуы мүмкін.

Маршруттарды таңдау кезінде көліктің ең аз уақыт шығындары мен ең аз жүріс кезінде қажетті кезеңділікпен барлық кәбілдік желілерді қадағалауды қамтамасыз ететін айналып өтудің барынша ұтымды реттілігі анықталады. Кәбілдік трассаны тексеру оның бүкіл ұзындығы бойынша тұтас болуы тиіс.

Трассаны тексеру кәсіпорындарда, мекемелерде, жер пайдаланушымен және тұрғындармен түсіндіру жұмыстарымен ұштастырылуы тиіс.

Трассаны қарау кезінде орындаушы бақылау керек:

- ескерту белгілерінің, өлшеу бағаналары және тұстама белгілерінің болуы мен жай-күйін бақылау;

- жер асты жолдарының, кәбілмен қиылысқан жолдан шығатын жолдардың, кәбіл трассасы бойындағы өтпе жолдардың жай-күйін бақылау;

- құрылысқа дайындық белгілерінің пайда болуына (реперлермен, ілгіштермен, құрылыс механизмдері мен материалдарының шоғырлануына, қоршаулардың пайда болуына және т. б.);

- тас жолда жаңбыр мен қардың еруінен, ойпаттан және басқа да қауіпті орындардың болуына байланысты;

- топырақтың елеулі орын ауыстыруының пайда болуына және т. б.

Кәбіл трассасын қарау кезінде сондай-ақ ұйымдарда және халықпен бекітілген тізімдер бойынша ЖКЦ бастығы бекіткен жоспар бойынша ескерту жұмыстары жүргізіледі.

Трассаның кәбіл желісі ауданында жер қазу механизмі (экскаватор, бульдозер, грейдер және т.б.) табылғанда, оның жұмыс істеп тұрғанына немесе қозғалуына қарамастан, байланыс қызметкерлері немесе байланыс кәсіпорындарының қызметкерлері механизмді тоқтатуға, жүргізушіден механизмнің қай ұйымға жататынын білуге, жұмыстарды орындауға арналған нарядпен танысуға, қажет болған жағдайда жүргізушіні кәбілдің өтуімен таныстыруға, оған телекоммуникация желілерін қорғау ережелерінің

талаптарын түсіндіруге және ескерту тапсыруға міндетті. Егер механизм анықталса, жүргізушіні тауып, онымен ұқсас жұмыс жүргізу қажет. Механизмнің жүргізушісімен әңгімелесу нәтижелеріне және анықталған жағдайларға байланысты анықталған механизмнің немесе осы ұйымға тиесілі басқа механизмдердің зақымдануын болдырмау үшін қажетті қосымша шаралар қабылданады.

Трасса бойында құрылыс материалдарының кәбілі немесе ЖКЦ-мен келісілмеген құрылысқа немесе қазуға дайындаудың қандай да бір басқа белгілері табылған жағдайда, ЖКЦ қызметкерлері:

1) кәбілдің күзет аймағын қоршайтын уақытша ескерту белгілері мен ілгектерін орнату;

2) тез арада ЖКЦ бастығына баяндау.

Күзет аймағында байланыс кәбілдерінің өту аймағында кәбілдік қызметтің келісімінсіз орындалатын қандай да бір жұмыстар анықталған жағдайда, трассаларды тексеруді жүзеге асыратын қызметкерлер жұмыстарды жүргізуге тыйым салуға, қандай ұйым жұмыстарды жүргізетінін, жобаның бар-жоғын және осы жұмыстарды пайдаланушы ұйыммен келісуді және жұмыстарды жүргізуге рұқсатты (ордерді) нақтылауға міндетті, бұл ретте осы жұмыстарды жүргізуге рұқсат беру қажет:

1) жұмыстарды жүргізуге тыйым салу, «күзет аймағында жұмыс жүргізуге тыйым салу» бланкісін тапсыру, барлық жұмыс істеушілерге ескерту беру және жұмыстарды пайдаланушы ұйыммен келісуді талап ету;

2) телефон арқылы ЖКЦ бастығына қабылданған шаралар туралы дереу баяндау;

3) кәбіл трассасының күзет аймағын уақытша ескерту белгілерімен және ілгіштермен қоршауға міндетті.

Бақылау сұрақтары

1. ТОБЖ-ға жоспарлы-профилактикалық қызмет көрсету қалай жүргізіледі?
2. Трассаны қарау кезінде орындаушы нені бақылауы керек, атаңыз.
3. Трассаның кәбіл желісі ауданында жер қазу кезінде қандай мекемелермен келісуі қажеттігін атаңыз.

4.4 Жер асты кәбілдік канализация

Жер асты кәбілдік байланыс канализациясы АТС ғимаратынан тұрғын және әкімшілік құрылыстарға және байланыс кәбілдерінің арналарына төсеуге (тартуға) арналған әуе желілерінің тіректеріне, тұрғын және әкімшілік құрылыстарға кәбілдік енгізулерге дейін салынатын құбырлар мен құдықтар жүйесін білдіреді. Құрылыстар механикалық мықты, берік, су

өткізбейтін, үнемді және әртүрлі кәбілдік жұмыстарды жүргізуге ыңғайлы болуы, тапшы емес материалдардан жасалуы және кәбілдерге зиянды әсер етпеуі тиіс [7].

АТС ғимараттарының кәбіл канализациясының көп бұрылмалы блоктарына немесе тоннельге, ал трассалар болған және сәйкес келген жағдайда – жалпы қалалық немесе ведомстволық жер асты коллекторларына және ішінара – Метрополитен тоннельдеріне шығатын кәбілдерді енгізу ғимараты болады. Кәбілдерді енгізу АТС ғимараттарының (немесе басқа құрылыстардың) гидроизоляцияланған жертөле қабаттарында кросс ғимаратының астында орнатылуы тиіс. Сыйымдылығы 10 және 20 мың нөмір болатын АТС-ке кәбіл канализациясын енгізу ғимараттың қарама-қарсы екі жағынан орнатылуы қажет.

Кәбілдерді енгізу ғимараттарын орналастыруға арналған бекіткіш құрылымдармен, стационарлық және жарылысқа қауіпсіз электр жарығымен, желдеткішпен, сигнализациямен және т. б. жабдықталуы тиіс.

Шағын сыйымдылықтағы станцияда кәбілдерді енгізу ғимаратының орнына шұңқыр орнатылады.

Байланыстың кәбілдік канализациясының жер асты құбырлары бір және көп бұрылысты құбырлардан (блоктардан) — жалпы саны 48-ге дейін, ал мүмкін және одан да көп каналдардан, көбінесе көше өткелдерінің жаяу жүргіншілер бөлігінің астына салынуы тиіс.

Бір-бірінен 150 м дейінгі қашықтықта, сондай-ақ құбырдың бұрылу немесе тармақтану орындарында өту, бұрыштық немесе тармақтау түріндегі құдықтар (қарау құрылғылары) орнатылады.

Құдықтарда кәбілдерді құбыр арналарына тарту (созу), олардың жекелеген ұзындығын (аралықтарын) жалғау, кәбілдік зақымдануларды анықтау және жою, кәбілдер мен т. б. жекелеген аралықтарын ауыстыру бойынша жұмыстар еркін орындалуы тиіс.

Байланыс құбырларын төсеу үшін асбест-цементті, бетонды және полиэтилен құбырлары (блоктар), оның ішінде гофрленген, ал тереңдетуді мәжбүрлі азайту орындарында және тиісті өңделген болат құбырлар пайдаланылуы тиіс.

Кәбіл канализациясының құбыры арналарға түсетін су ағынын қамтамасыз ету үшін құдықтар жағына қарай аралықтың ортасынан 1 м ұзындыққа кемінде 3-4 мм еңістікпен төселуі тиіс (құбырдан құдықтарға). Табиғи еңісі жеткілікті жерлерде құбыр аралықтың барлық ұзындығы бойынша бірдей тереңдетілуі мүмкін және тек қана құдықтарға жақындағанда оған берілген тік белгілерде құдықтарға енгізуді қамтамасыз ететін еңіс берілуі тиіс. Жеткілікті төмендеусіз жерлерде құбыр бір жаққа қарай еңіспен, бір құдықта ең аз, ал екіншісінде жоғары тереңдеу немесе өту орнынан екі жаққа еңісі ең аз тереңдеумен төселуі тиіс.

Кәбілдік байланыс құдықтары (ККС) мынадай негізгі белгілер бойынша бөлінеді:

1) құрылымы, мөлшері және өлшемдердің арақатынасы бойынша-үлгілік және арнайы;

2) құбырда (көшеде) орналасуы бойынша-өтпелі, бұрыштық, тармақтаушы және станциялық;

3) материал бойынша – темір-бетон, пластикалық және кірпіш;

4) есептік тік жүктеме бойынша құрылғы орнында – көшенің жүру бөлігі (80 т) және көшенің өтпейтін бөлігі (10 т) үшін);

5) үлгілік өлшемдер бойынша-бес негізгі өлшемдегі (ККС – 1-ККС-5) кәбілдік байланыс құдықтарына, екі негізгі өлшемдегі (ККСС-1 және ККСС-2) кәбілдік байланыс құдықтарына және төрт өлшемдегі станциялық құдықтарға (ККСст) (сыйымдылығы 3-20 мың нөмірлі АТС үшін);

6) нысан бойынша – көп қырлы, тікбұрышты, шаршы және сопақ.

ККС-1 құдығы құбырдың бір арнасын, ККС-2 – екі арнаны, ККС-3 – алты арнаны қоса алғанда, ККС-4 – он екі арнаға дейін және ККС-5-жиырма төрт арнаға дейін енгізуге есептелген.

ККСС-1 және ККСС-2 арнайы типті құдықтар құбырдың отыз алты және қырық сегіз арнасына дейін тиісінше енгізуге есептелген.

Кәбіл байланысының құдықтары екі қақпағы бар кіретін дөңгелек шойын (арматураланған пластикалық) люктермен жабдықталады: жоғарғы шойын немесе арматураланған пластикалық және төменгі (ішкі) болат. Ішкі қақпақта құдықты құлыпқа жабу үшін бекіту құралы және оны көтеру (алу) үшін ілгіш орнатылған. Көшелердің жаяу жүретін бөлігінде орнатылатын құдықтар үшін 30 т жүктемеге есептелген жеңіл типті люктер, ал жүру бөлігінде 80 т жүктемеге ауыр типті люктер пайдаланылуы тиіс; ол іші ластанбауы керек.

Жеңіл типті люктің салмағы 82 кг, ауыр – 138 кг.

Кәбілдерді салу үшін консоль ілгектері орнатылатын ККС-1 және ККС-2 басқа барлық құдықтар болат кронштейндермен жабдықталуы тиіс. Кронштейндер жолақтан және ККУ типті – бұрыштық болаттан жасалады, ККС-3 типті құдықтарда ұзындығы 60 см, ал ККС-4/5 тәріздес құдықтарда ұзындығы 130 см кронштейндер орнатылады.

Кронштейндерде консоль бұрандамаларымен бекітілген белгіленген жүктемеге байланысты бір-алты орынды шойын консольдарын орнату қажет. Алюминий қорытпасынан жасалған аз орынды консольдерді қолдануға рұқсат етіледі.

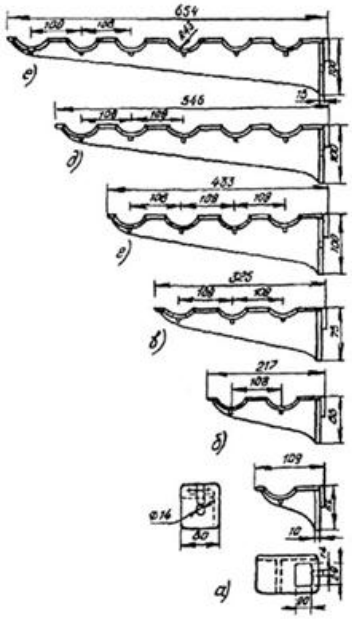
ККС-3 және ККС-4 типті құдықтарда әрбір бойлық қабырғаға екі кронштейнді, ал ККС-5 типті құдықтарда үш кронштейнді орнату керек. Бұрыштық және тармақтайтын құдықтарда, қажет болған жағдайда, бүйір қабырғаларында және олардың арасындағы жаймаларда қосымша кронштейндер орнатылуы мүмкін. Кронштейндер құдығының қабырғаларына осы үшін көзделген ойықтарға жағылатын анкер бұрандамаларымен бекітілуі тиіс [7].

ККС-1 және ККС-2 тәріздес құдықтарда кронштейндердің орнына қабырғаға консоль ілмектерін қою керек, ККС-1 тәріздес құдықтарда бір – бірден және ККС-2 тәріздес құдықтарда екі-екіден (сурет 4.1).

Төрт каналға дейінгі енгізу блогының негізінде саны бар құдықтарда екі орынды консоль, ал бес-алты каналдарда негізінде – үш орынды консоль орнатылуы тиіс. Станциялық және басқа да кәбілдік шахталарда, коллекторлар мен тоннельдерде үш – алты орынды консоль орнатылуы тиіс.

1 консоль
2 кронштейн
3 консоль болт
4 ерш

а ККЧ-1
б ККЧ-2
в ККЧ-3
г ККЧ-4
д ККЧ-5
е ККЧ-6



Сурет 4.1. Консоль ілмектерін қою

Кәбіл құдықтарына, шахталарға, коллекторларға арналған шойын консольдерді дайындау кезінде құрылыс трассасына шығарғанға дейін жүргізілуі тиіс. Кронштейндер, люктердің ішкі қақпақтары және басқа да болат бөлшектер сұр майлы бояумен немесе битум лактарымен боялуы тиіс.

Бақылау сұрақтары

1. Жер асты кәбілдік канализациясының қажеттілігін түсіндіріңіз.
2. Байланыстың кәбілдік канализациясына қойылатын талаптарды атаңыз.
3. Кәбілдік байланыс құдықтары қандай белгілерге байланысты бөлінеді?
4. Люктерге қойылатын талаптарды атаңыз.
5. Консоль ілмектерін қою кезіндегі негізгі талаптарды атаңыз.

4.5 Жер асты кәбілдік канализацияға кәбіл төсеу

Магистралды кәбілдерді төсеу үшін, әдетте, орталық арналар айналысады. Оптикалық кәбілді төсеу кезінде мүмкіндігінше кәбіл канализация блогының ортасында тігінен және жиегінде көлденеңінен

орналасқан арналар пайдаланылады. Егер төсеу транзиттік құдықтардың бірінен екі бағытта жүргізілетін болса, осы құдықтарды алдын ала анықтау қажет. Бұл үшін негізінен бұрыштық құдықтарды таңдау керек.

Кәбіл канализациясының арнасында кәбілді төсеу үшін онда диаметрі 3 мм болат сым алдын ала салу қажет-арнаны дайындау. Арнаны дайындау үш жолмен жүргізіледі:

- ұзындығы 1м металл таяқпен;
- полиэтилен түтік ПНД 32 т, ұзындығы 150 м;
- арнайы тамбурға оралған, шыбықтармен жұмыс істеу ыңғайлылығын қамтамасыз ететін, оның өздігінен оралуын болдырмайтын сыртқы диаметрі 11 мм және ұзындығы 150 м дейін полиэтилен шлангіге оралған шыны бұраумен («АДҚ» - арналарды дайындау құрылғысы)) (сурет 4.2).

Сурет 4.2. Каналдарды даярлау қондырғысы

Кәбілдік канализацияда оптикалық байланыс кәбілдерін төсеу бос және бос арналар бойынша жүргізіледі. Бос арналар бойынша төсеу осы арналарда электр байланыс кәбілдері болмағанда және салмағы 5-6 аспайтын оптикалық кәбіл жүргізілуі тиіс. Егер электр кәбілдерін төсеу қарастырылса, онда бос каналдағы оптикалық кәбіл тек полиэтилен құбырында төселуі тиіс.

Кәбілдік канализациясы арнасында полиэтилен құбырын төсеу кезінде, арнаны сыммен дайындау кезінде сол құбырдың көмегімен бірдей әдістерді пайдалану қажет. Полиэтилен құбырдың бухтасын бастапқы құдықтың жанында орналастыру, құбырдың соңын арнаға енгізіп, мүмкіндігінше трасса бойымен алға қарай итеру қажет. Транзиттік құдықтарда қосалқы тарту жүзеге асырылады. Құбырдың өтуі тоқтаған кезде оны арнаның шетінен ұзындығы 200-250 мм қалдыра отырып, әрбір транзиттік құдыққа кесе отырып, бастапқы құдыққа кері тарту керек.

Егер оптикалық кәбіл блоктың шетінен көлденеңінен орналасқан арналар арқылы салынса, онда құбырларды кесу ұсынылмайды, ал кейін құдыққа оған салынған кәбілмен бірге салу ұсынылады.

Кәбілдік құдықтарда оптикалық кәбілді қорғау үшін құбыр төселгеннен кейін оның кесілген ұштарына пластмасса полиэтилен гофрленген құбырдың кесіндісін немесе үлкен диаметрлі металл үрлегішті арнаға бұрау және тесу ұсынылады. Кәбілді құдық нысаны бойынша орналастырған кезде гофрленген құбырды немесе металл тұтқышты кәбілге бұрап, қарама-қарсы арнаға өткізіп жіберу керек.

Егер кәбілді төсеу полиэтилен құбырының кейбір төсемінен кейін жүзеге асырылса, онда барлық төселген полиэтилен құбырларының ұштарын полиэтилен қалпақшалармен уақытша жабу қажет. Су қақпақтың кәбілмен түйіспесінің өткізбеуі 5-7 қабатты пластмасса таспамен ораумен қамтамасыз ету ұсынылады.

Кәбілдік канализацияға полиэтилен құбырын төсеу кезінде оның қалдықтарын жұмыс сызбасы бойынша анықтай отырып, трассаның қысқа аралықтарына қайта бөлу қажет. Түйісуді ұзындығы 150 мм, қабырғасының қалыңдығы 1,5-2,0 мм, ішкі диаметрі полиэтилен құбырының сыртқы диаметріне сәйкес келетін металлды манжет көмегімен жүргізу керек.

Құбырдың ішкі жағынан алдын ала 30° бұрышпен фасканы алып тастау, екі құбырдың түйісуіне металл манжетті орнату қажет. Манжеттің жанында герметик (опилен, ГИПК-И-13, КРУС-1 немесе КРД) орнату, одан соң ұзындығы 250 мм болатын тиісті термотүтікті отырғызу керек.

Егер төсеу жобамен тек полиэтилен құбырларында көзделсе және оптикалық кәбілдер үшін жеке арна бөлінсе, онда оған бір немесе әртүрлі диаметрлі бірнеше полиэтилен құбырларын тарту ұсынылады. Ол үшін арнаны сыммен немесе арқанмен «дайындауды» алдын ала жүргізу және олардың көмегімен құбырлардың барлық блогын бір уақытта созу қажет.

Барлық транзиттік құдықтарда каналда төселген полиэтилен құбырға арнаның кіре берісінде және шығуында бір сақтандырғыш құбыр (воронка) орнатылады.

Оптикалық кәбілдің төселуін қоршаған ауаның температурасы минус 10°С төмен емес болғанда жүргізуге рұқсат етіледі.

Бақылау сұрақтары

1. Арнаны дайындау жолдарын атаңыз.
2. Кәбілдік канализацияға полиэтилен құбырын төсеу кезінде қойылатын талаптарды атаңыз.

4.6 Телефон канализациясының құдықтарына кәбілдерді орналастыру

Арнадан созылған кәбілді (немесе оның ұшын) майлау және ластанудан сүрту қажет. Кәбіл төселуі тиіс консольдерде бризолдан, гидроизолдан, рубероидтен немесе полиэтилен қабықшасының қалдықтарынан жасалған төсемдер орнатылады.

Кәбіл басқа төселген кәбілдермен қиылысуына жол бермей және кәбілдік канализация каналдарының саңылауларын жаппай құдық нысаны бойынша төселеді. Полиэтилен қабықшадағы кәбілдердің майысуының рұқсат етілген радиусы олардың он екі диаметрінен кем болмауы тиіс, қорғасын қабықшасында – олардың жеті диаметрінен кем болмауы тиіс; оптикалық кәбілдер, әдетте, олардың жиырма диаметрінен кем болмауы тиіс.

Кәбілдерді салу кезінде қабықтың сынуы мен зақымдануын болдырмау үшін кәбілдік тізені қолдану қажет. Үлкен сыйымдылықтағы полиэтилен қабығындағы электр кәбілдері полиэтилен қабығының ішкі механикалық кернеуін алып, майысу орындарында қабықшаны және өзекшені терең қыздырғаннан кейін майысу қажет. Жылытуды дәнекерлегіш шамнан ыстық ауамен, оны кәбілдің астына және кәбіл – күнқағардың үстіне орната отырып жүргізген жөн (кәбілдің өзекшелерін кептіргенде ыстық ауа температурасы 60-70°С шамасында ұсталады).

Жылу уақыты кәбіл сыйымдылығына байланысты (ТПП 600х2 кәбілінің шамамен жылыту уақыты - 1 сағат). Жылытылғаннан кейін кәбілді майыстырып, оған арналған жерге уақытша бекіту қажет. Сыйымдылығы 300 жұпқа дейінгі полиэтилен қабығындағы кәбілдерді алдын ала қыздырусыз қоюға болады.

Транзиттік құдықтарда кәбілді орналастыруды барабан орнатылған бірінші құдықтан бастау керек. Қажет болған жағдайда кәбілді тарту үшін барлық қолда бар құралдарды қолданады: кәбіл блоктары, кесілетін шұлықтар, шығырлар және т. б.

Оптикалық кәбілдерді соңғы құдыққа созылған қорды (20-25 м) пайдалана отырып, аралықтың ортасынан екі жаққа қарай тиісті қатардың консоліне құдық нысаны бойынша қолмен тартады және салады. Жалғаушы муфтаны монтаждау үшін қажетті кәбіл қоры кәбілдің екі шетінен арнадан 6 метрден болуы тиіс.

Муфтаны монтаждауға арналған құдықта қалдырылатын кәбіл қорын диаметрі 1-1,2 м шығыршықтармен орап, кронштейндерге салу және бекіту ұсынылады.

Оптикалық кәбілді салғаннан кейін оптикалық талшықтардың өшуін бақылау өлшеуін жүргізу қажет, оның нәтижесі белгіленген километрлік шама шегінде болуы тиіс.

Бақылау сұрақтары

1. Телефон канализациясының құдықтарына кәбілдерді орналастырудағы қойылатын негізгі талаптарды атаңыз.
2. Кәбілдерді салу кезінде қабықтың сынуы мен зақымдануын болдырмау үшін не қолданылады?
3. Оптикалық кәбілдерді соңғы құдыққа тарту қалай жүргізіледі?

4.7 Талшықты оптикалық байланыс желісінде қолданылатын телефон канализациясы

Канализацияға салынған барлық кәбілдер құдықтарда тиісті тазалықта ұсталуы тиіс. Құдықтар арқылы өтетін кәбілдер құдықтар қабырғаларының формасы бойынша тегіс иілу керек. Оптикалық кәбілдердің ең аз рұқсат етілген иілгіш радиустары кәбілдердің 20 диаметрінен кем болмауы тиіс.

Құдықтағы барлық кәбілдер кәбілдік консольдерде жатуы тиіс. Консольдердегі кәбілдердің астында бір жақты рубероид, полиэтилен немесе резеңке төселуі тиіс. Кәбілдер диаметрі кемінде 2,0 мм болат (тоқылған) мырышталған сыммен консольге бекітілуі тиіс.

Кәбілдердің жарықтары, жаншылуы, сынуы және бұралуы, ал майысу орындарында - көлденең қатпарлары болмауы тиіс. Екі көрші кәбілдердің осьтерінің арасындағы тігінен арақашықтық 20 см - ден кем болмауы, ал құдықтың жоғарғы және төменгі жабындарынан кәбілге дейінгі арақашықтық 30 см-ден кем болмауы тиіс.

Телефон канализациясындағы барлық оптикалық кәбілдердің (ОК) белгісі (тиесілігі) болуы тиіс.

Құдықтардағы муфталар кронштейндер арасындағы екі жағынан орналастырылуы тиіс. Канализация аралықтарында муфталарды орнатуға жол берілмейді.

Кәбілдік канализация құдықтарында және қалалық коллекторларда құрастырылған оптикалық муфталар арнайы дайындалған кронштейндерге салынады, олар үлгілік құдықтар мен коллекторлардың бұрыштық және жолақтық кронштейндеріне консоль бұрандамалармен бекітіледі.

Муфтаның екі жағы бойынша желілік кәбілдер қорын пайдалану процесінде осы кәбіл үшін техникалық шарттар (ТШ) бойынша рұқсат етілетін майысу радиусына байланысты диаметрі 1-1,2 м шығыршықпен орау ұсынылады. Қор бухталарындағы кәбіл сақиналары сымнан жасалған таңғыштармен немесе нейлон кермектермен бекітіледі және кронштейндерге бекітіледі.

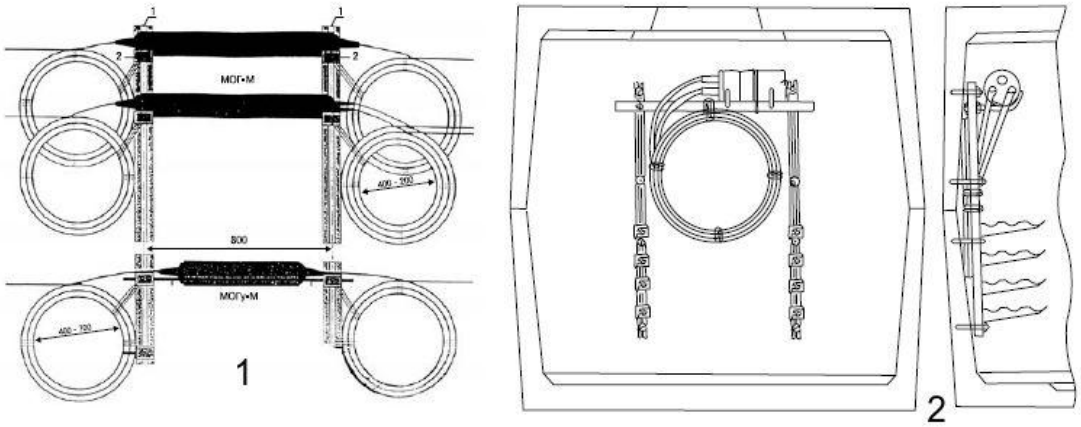
Қор бухталарын құдық қабырғасы мен консольдердің бірінші орындарында жатқан кәбілдердің арасында орналастыру керек. Қор бухталарын кронштейндер мен консольдерге диаметрі кемінде 2,0 мм болат

(тоқылған) мырышталған сымдардан жасалған таңғыштармен байлайды (сурет 4.3).

Пайдалану барысында телефон канализациясының баланс ұстаушысымен бірге кәбіл канализациясын жылына кемінде 2 рет тексеру қажет.

Кәбілдік канализацияда жоспарлы жұмыстарды жүргізу кезінде олар басталғанға дейін кемінде екі күн бұрын телефондық канализацияның баланс ұстаушысын хабардар ету қажет.

ПЭТ ұштары JM-SIM-2150 (сурет 4.4) бітеуішінің көмегімен герметизациялануы тиіс.



Сурет 4.3. Кәбілдік коллекторларда немесе құдықтарда муфталарды орналастыру: 1) МОГ-м немесе М-М типті өтпелі муфталар; 2) FOCS-400 тәріздес тұйық муфталар

Сурет 4.4. Бітеуіш JM-SIM-2150

Бақылау сұрақтары

1. Канализацияға салынған барлық кәбілдердің құдықтарда сақталу жолдарын түсіндіріңіз.
2. Кәбілдік коллекторларда немесе құдықтарда муфталарды орналастыру тәсілдерін атаңыз.
3. Бітеуіш JM-SIM-2150 қызметін түсіндіріңіз.

4.8 Кәбілдерді ғимараттарға енгізу барысында қойылатын талаптар

Телефон станцияларының ғимараттарына кәбілдерді енгізу әдетте жертөле ғимараттарында, ал жертөлесі жоқ ғимараттарда шұңқырларды орната отырып, бірінші қабатта орналасқан кәбілдерді (шахталарды) енгізудің арнайы жабдықталған ғимарат арқылы жүзеге асырылады.

Телефон станциясының кәбілдерін енгізу ғимараттарда оларға көп орынды консольдермен орналасқан ұзындығы 190 см бұрыштық болаттан жасалған арнайы кронштейндер орнатылады.

Шахталардың қабырғалары мен жабындары отқа төзімді материалдардан (кірпіштен, бетоннан, темір бетоннан), еденнен бетон немесе асфальтталған, есік металмен қапталған болуы тиіс.

Ғимараттар терезесіз және жер асты канализациялық сулардың, қауіпті газдардың енуінен сенімді қорғалуы тиіс.

Басқа ғимараттарда барлық бос тесіктер жабық болуы тиіс, ал егер тесіктерде кәбілдер өтетін болса, онда кәбілдер мен тесіктер қабырғаларының арасындағы аралық бітелуі тиіс, шахталарға күштік және фидерлік кәбілдерді енгізуге жол берілмейді.

Бақылау сұрақтары

1. Кәбілдерді ғимараттарға енгізу барысында қойылатын талаптарды атаңыз.
2. Шахталарға қойылатын талаптарды атаңыз.

4.9 Кәбілдік канализацияда жұмыс істеу кезіндегі қауіпсіздік техникасының ережелері

Жер асты қарау құрылғыларында – кәбілдік құдықтарда, коллекторларда, кәбілдерді енгізу ғимараттарда (шахталарда) және т.б. жұмыстарды кемінде екі адамнан тұратын бригада жүргізген жөн. Аса қауіпті жұмыс басталар алдында жұмыс басшысы бригадамен жұмысты қауіпсіз жүргізу бойынша нұсқаулық жүргізуі тиіс. Бұл ретте нұсқаулық

алған адамдар және нұсқаулық өткізген адам міндетті түрде нұсқаулық журналына қол қоюы тиіс.

Жер асты құрылыстарындағы жұмыстарды жарылыс қауіпті және улы газдар жиналуы мүмкін екенін ескере отырып, аса сақтықпен жүргізу керек.

Жұмыс жүргізу басталғанға дейін кәбілдік құдықта жұмыс жүргізілетін құдықтардың екі жағынан қоршау-тосқауылдар орнатылуы тиіс. Егер құдық жолдың жүру бөлігінде болса, қоршаулар автокөліктің қозғалысына қарсы құдық люгінен кемінде 2 м қашықтықта орнатылады. Бұдан басқа, қоршаудан 10 м қашықтықта көлік қозғалысына қарсы ескерту белгілері орнатылуы тиіс. Нашар көріну кезінде қосымша жарық сигналдары орнатылуы тиіс. Жүру бөлігінде орналасқан құдықтарда жұмыс басталар алдында жергілікті жол полициясы органдарына жұмыс жүргізу орны мен уақыты туралы хабарлау қажет.

Жарылыс қаупі бар газдардың болуын анықтау үшін жер асты құрылыстарында жұмыс істейтін әрбір бригаданың жарамды газанализаторы болуы тиіс (сурет 4.5). Жер асты байланыс құрылыстарын пайдалануға байланысты кәсіпорындар мен құрылыс ұйымдарының басшылары, инженерлік-техникалық қызметкерлері мен жұмысшылары газанализаторын пайдалану ережелеріне оқытылуы тиіс.

Жер асты коммуникацияларының барлық қарау құрылғылары - кәбілдік құдықтар, коллекторлар, газ құбырларының екі жағынан 15 м дейінгі қашықтықта орналасқан кәбілдерді (шахталарды) енгізу ғимараттары газдануға тұрақты түрде тексерілуі тиіс.

Қарау құрылғыларының газдануын тексеру үшін газ құбырынан 15 м дейінгі қашықтықта орналасқан кәбілдік құдықтардың қақпақтарының диаметрі 20 мм-ге дейінгі тесіктері болуы тиіс.

Газ шаруашылығының мамандандырылған қызметі жүргізетін тексерулерге қарамастан, жұмыс басталар алдында жерасты құрылыстарында қауіпті газдардың жоқтығына газ талдағыштың көмегімен көз жеткізу қажет. Жұмыс басталар алдында реперлік және нөлдік нүктелерге аспаптың бағыттамасын орнатудың дұрыстығын тексеру қажет.

Құдықтың люгін ашу үшін түсті металдан жасалған ұштықтары бар сынықтар мен ілмектерді пайдалану қажет (сурет 4.6) [8].

Бұл құдықтың қақпағы бойынша соққыдан ұшқын шықпауы үшін қажет - себебі құдыққа жарылыс қаупі бар газдар жиналып қалған жағдайда ұшқын жарылыс тудыруы мүмкін. Қысқы уақытта, егер люктің қатып қалған қақпағын алу қажет болса, қайнаған суды, ыстық құмды немесе сөндірілмеген әкті қолдануға рұқсат етіледі.

Сурет 4.5. Газоанализатор

Сурет 4.6. Металдан жасалған ілгек

Бақылау сұрақтары

1. Кәбілдік канализацияда жұмыс істеу кезіндегі қауіпсіздік техникасының ережелерін түсіндіріңіз.
2. Ғимараттар не себепті газдануға тұрақты түрде тексерілуі тиіс, түсіндіріңіз.
3. Жұмыс басталар алдында жер асты құрылыстарында қауіпті газдардың жоқтығын дәлелдейтін қандай қондырғы.

4.10 Жер асты құрылыстарында қауіпті газдардың болуын анықтау

Жер асты құрылыстарындағы жұмыс басталғанға дейін ондағы ауа қауіпті газдардың болуына тексерілуі тиіс. Газдың болуын жұмыс жүргізілетін құдықта және онымен жақын орналасқан екі құдықта тексеру қажет.

Жер асты құрылыстарында ауаны метан мен көмірқышқыл газының болуына зерттеуді елді мекенде жер асты газ желісі бар немесе жоқ екеніне қарамастан жүргізу қажет.

Газ талдағыштардың көмегімен жарылыс қаупі бар газдардың жоқтығына көз жеткізгеннен кейін құдықта көмірқышқыл газының жоқтығын тексеру қажет. Көмірқышқыл газының болуы Ши типті шахталық интерферометрдің көмегімен анықталады (сурет 4.7) [8].

Егер құдық ашылған кезде онда газ анықталмаса, онда одан әрі қауіпті газдың болуына тексеру газталдағышпен әр сағат сайын жүргізілуі тиіс.

Сурет 4.7. Шахталық интерферометр ШИ-11

Егер талдау қауіпті газдың болуын көрсетсе, онда жер асты бақылау құрылғыларындағы жұмыс қауіпті газдың түсу себебі жойылғанға дейін тоқтатылуы тиіс. Жер асты құрылысында жарылыс қаупі бар газдың болуы туралы бригада бойынша аға қызметкер кәсіпорын басшысына және газ шаруашылығының авариялық қызметіне дереу хабарлауға және ғимаратты желдету жөнінде шаралар қолдануға тиіс.

Байқау құрылғыларының газдануын жою жөніндегі барлық жұмыстарды газ шаруашылығы қызметінің қызметкерлері ғана жүргізуі тиіс.

Бақылау сұрақтары

1. Шахталық интерферометр ШИ-11 қызметін түсіндіріңіз.
2. Байқау құрылғыларының газдануын жою жөніндегі барлық жұмыстарды қай шаруашылық жүргізуге міндетті?

4.11 Кәбілдік құдықтарды желдету

Жұмыс басталғанға дейін жұмыс жүргізілетін құдықты, сондай-ақ онымен шектес құдықтарды әр жағынан бір-бірден желдету қажет.

Жұмыс жүргізілетін құдықта желдету кезінде әрбір жағынан кемінде бір арнадан уақытша ашық болуы тиіс. Аралас құдықтарда сол арналар ашық болуы тиіс, бірақ тек жұмыс жүргізілетін құдық бағытында ғана. Арналарды кең және мүмкіндігінше жоғары ашқан жөн.

Желдету аяқталғаннан кейін жұмыс жүргізілетін құдықтағы арналар тығындармен қайта жабылуы тиіс. Аралас құдықтарда бұл арналар жұмыс өндірісінің барлық уақыты ішінде ашық қалуы мүмкін. Арналарды барлық сақтық шараларымен ашу қажет, себебі оларда газ жиналуы мүмкін. Каналдарды ашу кезінде ашық отты пайдалануға тыйым салынады.

Аралас құдықтардың люктері жұмыс өндірісінің барлық уақытында ашылуы тиіс. Оларға арнайы торлы қақпақтар орнатылады. Ашық құдықтар қоршалуы тиіс және оларға бақылау орнатылуы тиіс.

Құдықтарды желдету үшін қолданылатын желдеткіштер ашық құдықтарда 10-15 минут бойы толық ауа алмасуды қамтамасыз етуі тиіс.

Желдеткіштер көрші құдықтарға және сыртқы атмосфераға қатысты артық ауа қысымын жасай отырып, құдыққа газ түсу мүмкіндігін болдырмау үшін ауаны айдау керек.

Құдыққа түсірілген желдеткіштің шлангісі құдықтың түбіне 20-25 см жетпеуі тиіс.

Бақылау сұрақтары

1. Кәбілдік құдықтарды не себепті желдетеді?
2. Кәбілдік құдықтарды желдету кезінде қойылатын талаптарды атаңыз.

4.12 Кәбілдік канализация құдығының жұмысы

Құдыққа түсетін әрбір жұмыс орнында бауы бар құтқару белдігін және берік бекітілген берік арқан немесе оған тігілген бауы бар арнайы костюм кию керек.

Құдыққа сенімді орнатылған баспалдақпен ғана түсуге болады.

Жұмыс жүргізілетін құдықтың жанында құдыққа түскен жұмысшылардың жағдайын бақылауға міндетті кезекші болуы тиіс.

Құдыққа түскен жұмысшының өзін нашар сезінуінің алғашқы белгілері кезінде, жоғарғы жағында қалған кезекші оған бірден құдықтан шығуға немесе құтқару арқанының көмегімен құдықтан шығаруға және оған алғашқы көмек көрсетуге тиіс. Жұмысты жазатайым оқиғаның себептері анықталғанға дейін тоқтату және оларды жойғаннан кейін ғана қайта бастау керек.

Құдықтағы ауаны қауіпті газдардың болуына және жұмыс жүргізілетін құдықтарды желдету кезекшілердің міндеті болып табылады, ауа сағатына кемінде бір рет тексерілуі тиіс. Бригадир жоғары тұрған кезекшінің өз

міндеттерін орындауын жүйелі түрде тексеруі және одан ауаны тексеру нәтижелері туралы хабарламаларды талап етуі тиіс.

Бригадир тапсырмасы бойынша кезекші бригада үшін кейінге қалдыруды талап етпейтін басқа да жұмыстарды бір мезгілде орындай алады.

Түнгі уақытта және жұмыс жүргізілетін құдықтағы адамдар жоқ бөлімшелерде кемінде екі адам кезекшілік етуі тиіс.

Жер асты қарау құрылғыларын жарықтандыру үшін кернеуі 12 В аспайтын тасымалды электр шырақтары немесе қол электр (аккумуляторлық) шамдары қолданылуы тиіс. Шамдар жарылысқа қауіпсіз орындалуы тиіс.

Бақылау сұрақтары

1. Құдыққа түсетін әрбір жұмыс орнындағы жұмысшыға қойылатын талаптарды атаңыз.
2. Не себепті жұмыс жүргізілетін құдықтың жанында құдыққа түскен жұмысшылардың жағдайын бақылауға міндетті кезекші болуы тиіс?

4.13 Желілік-кәбілдік құрылыстарды ағымдағы жөндеу

ТОБЖ жөндеу олардың бастапқы пайдалану сипаттамаларын қолдау немесе қалпына келтіру мақсатында жүргізіледі. Орындалатын жұмыстардың мақсатына, сипатына және көлеміне сәйкес жөндеу ағымдағы және күрделі болып бөлінеді. Ағымдағы және күрделі жөндеу жоспарлы жұмыстар болып табылады, алайда қажет болған жағдайда жедел түрде орындалуы тиіс.

Желілік-кәбілдік құрылыстарды пайдалану процесінде желілік-кәбілдік құрылыстарда ескерту және жөндеу жұмыстарын жүргізу бойынша жұмыстар жоспарланады. Техникалық қызмет көрсетуді және жөндеуді талап ететін ЖКҚ объектілерінің бөлімшелері анықталады.

Ағымдағы жөндеу көлемі бойынша ең аз жөндеу түрі болып табылады. Онда желілік-кәбілдік құрылыстарды мерзімінен бұрын тозудан және жекелеген элементтерді ауыстыру және қалпына келтіру жолымен зақымданулардың туындауынан жүйелі және уақтылы сақтау жөніндегі жұмыстар жүргізіледі. Ағымдағы жөндеуді пайдалану цехінің қызметкері жүргізеді және ол олардың техникалық жай-күйін талдаумен анықталған телекоммуникация кәсіпорындарының құрылыстары мен беру құрылғыларының барлық көлемін қамтуы тиіс.

Желілік-кәбілдік құрылыстарды ағымдағы жоспарлы жөндеу бойынша жұмыстарды жүргізу қажеттілігі мен көлемі құрылыстардың техникалық жай-күйін тексеру және талдау нәтижелері бойынша анықталады.

Ағымдағы жөндеуді пайдаланушы жұмысшы талшықты оптикалық байланыс желісінің жағдайына байланысты мерзімді түрде жүргізеді.

Желіні жөндеу кезінде, сондай-ақ оның құрылғысындағы әрбір өзгерістер кезінде желілік құжатқа тиісті өзгерістер енгізіледі.

ЖКҚ (ЛКС) ағымдағы жөндеу бойынша жұмыстарды ЖКЦ (ЛТЦ) бастығы алдын ала жасалған ақау актілері бойынша жоспарлауы тиіс.

Ағымдағы жөндеу кезінде келесі негізгі жұмыс түрлері орындалады:

1) ұзындығы 200 м аспайтын жер асты кәбілін ішінара (бір құрылыс ұзындығын) шығару, ауыстыру және тереңдету;

2) көшкіндер, жертөлелер кезінде топырақты жоспарлау және себу, су бұрғыш құрылғысы және топырақтың жоғарғы қабатын нығайту;

3) кәбілдік өткелдерді тексеру, сүңгуірлер мен арнайы жер қазу техникасын қолданбай суасты кәбілдерін ішінара шығару және тереңдету;

4) жеке муфталарды ауыстыру және жөндеу, кәбілдің қорғаныс жабындарының бүтіндігін қалпына келтіру;

5) артық ауа қысымымен (НУП) қызмет етілмейтін күшейткіш пунктісі мен (НРП) қызмет етілмейтін регенерация пункттерінің кәбілдері мен контейнерлерін ұстау құрылғыларын жөндеу;

6) автокөлік және темір жол, сондай-ақ басқа да коммуникациялар арқылы кәбіл кірмелері (вводов) мен кәбілдік өткелдерді ұсақ (мелкий) жөндеу;

7) кәбілді және басқа да желілік құрылыстарды коррозиядан және сыртқы электромагниттік әсерден қорғау жөніндегі құрылғыларды жөндеу және ішінара ауыстыру;

8) жерлендірудің күрделі емес контурларын орнату және жөндеу;

9) кәбілдерді және басқа да желілік құрылыстарды коррозиядан және сыртқы электромагниттік әсерден қорғау бойынша күрделі емес жұмыстарды орындау (ағаштар мен тіреулерді жиектеу, жаңа найзағайдан қорғайтын тростарды ішінара ауыстыру және төсеу, бумаларды және электромеханикалық қорғау мен т. б. жеке құрылғыларын орнату);

10) кәбіл қабығының герметикалығының жекелеген орындарын табу және жою;

11) трассаны бұталар мен ұсақ ормандардан тазарту;

12) жер асты кәбілдік канализация құрылыстарын ұсақ жөндеу (жекелеген люктерді, қақпақтарды, құлыптарды, жапсырмаларды және т. б. жөндеу немесе ауыстыру);

13) кәбіл трассасы бойынша өлшеу бағаналарын, шлагбаумдарды, ескерту және көрсеткіш белгілері мен плакаттарын орнату және ауыстыру;

14) кәбіл трассасы арқылы өтпелерді жөндеу және орнату;

15) жекелеген бөлімшелерде кәбілдердің орналасу тереңдігі мен бекітілуін нақтылау;

16) өлшеу бағаналарын, ескерту және көрсеткіш белгілерін, тиісті жазулар мен белгілерді салу;

17) ақпараттық белгілердің тіректерін нығайту және ауыстыру, сигналдық шамдарды, шамдарды ауыстыру және су бөгеттері арқылы өтетін басқа да ағымдағы жұмыстар;

18) НРП-НРП (қызмет етілмейтін регенация бөлімшелері), НУП-НУП (қызмет етілмейтін күшейту бөлімшелері) бөлімшелерінде кәбілді жөндеу

бойынша жекелеген жұмыстарды орындау және оны электр және оптикалық параметрлер бойынша нормаға дейін жеткізу);

19) жобалау-сметалық құжаттаманы талап етпейтін басқа да жұмыстар;

ЖКЦ бастығы, сондай-ақ құжаттаманы жүргізуге жауапты адам күн сайын орындалған жұмыстарды есепке алу журналын жүргізуі тиіс.

Ағымдағы жөндеу бойынша жұмыстар пайдалану шығыстарының сметасында (операциялық бюджетте) көзделген қаражат шегінде жүргізіледі. Жұмыстар аяқталғаннан кейін ағымдағы жөндеу үшін пайдаланылған материалдарды есептен шығару актілері жасалады. Белгіленген нормативтерге (лак-бояу өнімдері және т.б.) сәйкес осы жұмыс көлемін жүргізуге жұмсалған материалдардың саны көрсетіледі.

Жоғарыда көрсетілген актілердің әрқайсысына жүргізілген жұмыстардың түрлері мен көлемдері туралы ақпаратты қамтитын орындалған жұмыстардың актісі қоса беріледі.

Қабылдауға жылдық жоспарда көзделген барлық жұмыстар орындалған құрылыстар ұсынылады.

Бақылау сұрақтары

1. Жұмыстардың мақсатына, сипатына және көлеміне сәйкес жөндеу жұмыстары қалай бөлінеді?
2. Ағымдағы жөндеу кезінде орындалатын жұмыс түрлерін атаңыз.
3. Ағымдағы жөндеу бойынша жұмыстар жасалғанда қандай құжаттар толтырылады?

4.14 Брондалған талшықты-оптикалық кәбілдерді пайдалану

«Электр қондырғыларын орнату ережелері» (ЭОЕ (ПУЭ) Астана қаласы 2003ж.) пп.2.3.71-2.3.75 сәйкес сымдардың және кәбілдердің металл қабықтары, кәбілдердің сауыттары, сымдардың металл орамалары, сондай-ақ кәбілдердің металл экрандары екі жағынан оларға түсті металдан жасалған иілгіш жерге тұйықтау өткізгіштерін қосу және оларды қоректендіру қалқандары мен жабдықтардың жерге тұйықтау тораптарына қосу жолымен жерге тұйықталуы тиіс.

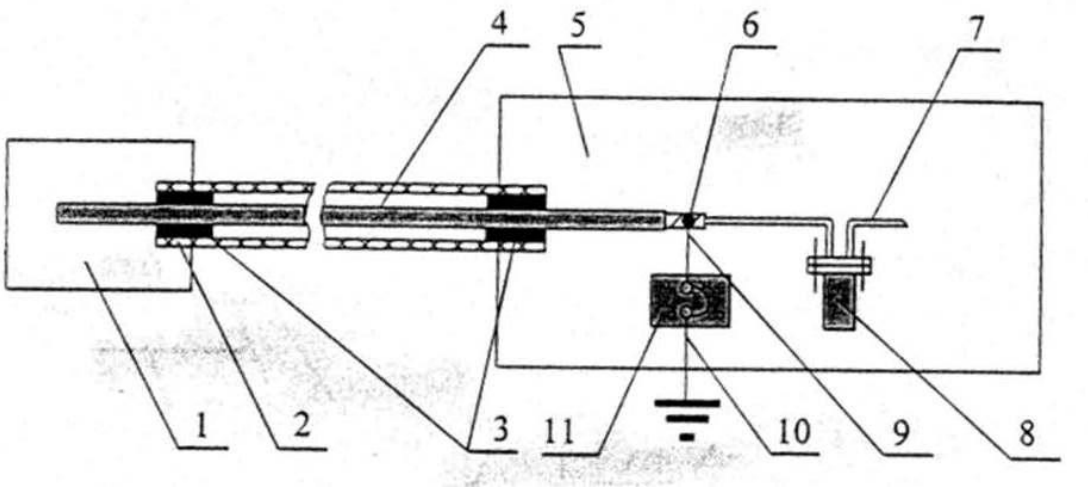
ОК металл сауыттарының жерге тұйықталуын диэлектрлік ОК металл сауыттары бар ОК өту муфтасында орындау қажет, жерге тұйықтау кедергісі 10 Ом аспауы тиіс. Муфтаның корпусының құрылымында жерге тұйықтау контурын қосуға арналған сыртқы болт болуы тиіс, ол болмаған жағдайда жерге тұйықтау сым муфтаның шығуы арқылы одан әрі герметизациялануы тиіс. Муфталар кәбілдік канализацияның құдығына 10 Ом-нан аспайтын кедергімен жерге тұйықтау контурын орналастырған кезде құдықтың сыртқы жағынан құрастырылады. Жерге қосу контурын енгізу орнын герметизациялаумен құдықтың қабырғасы арқылы орындалады. Бронь жабыны бұрандамалық қосылым арқылы жерге қосу контурына қосылады.

Кәбілдерді енгізу ғимаратында оптикалық кәбіл, кәбілдерді енгізу ғимаратында орналасқан жерге тұйықтау кәбілдік қалқаншасына қимасы 4 мм^2 кем емес мыс сыммен қосылады.

Оптикалық кәбілдің брон қабаттарын жерге тұйықтау кәбілдік қалқаншасына қосу тәсілі жобасымен анықталады.

Кәбілдерді енгізу ғимараттарынан оптикалық енгізу-кәбілдік құрылғыға дейінгі бөлімшеде оптикалық кәбілді төсеу нұсқалардың бірі бойынша орындалады:

1) кәбілдерді енгізу ғимараттардағы желілік ОК тікелей оптикалық енгізу-кәбілдік құрылғыға дейін салынатын муфталар арқылы металл құрылымдық элементтерсіз станциялық кәбілмен жалғанады, полимерлік материалдың жануын қолдамайтын қабығы бар (сурет 4.8).



Сурет 4.8. Қызмет көрсетілетін байланыс объектісінің ғимаратына оптикалық кәбілді енгізу сұлбасы

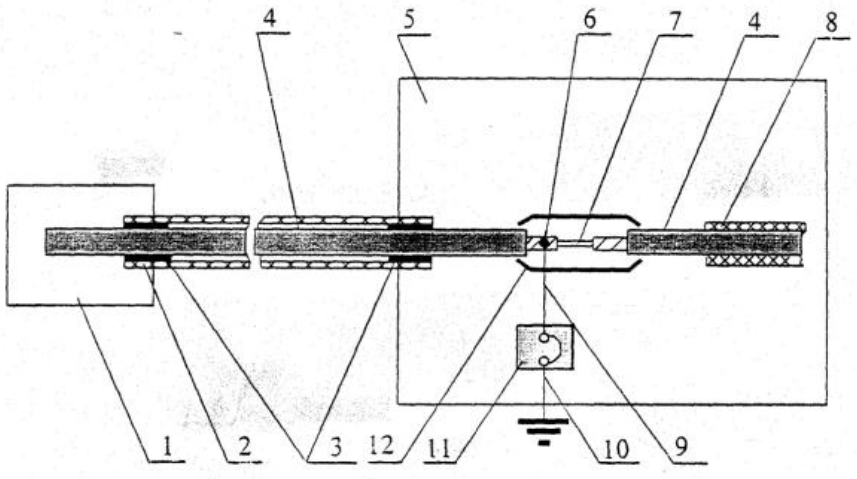
1- кәбіл канализациясының қарау құрылғысы;
2- кәбілді канализация арнасы;
3- кәбіл арнасын герметизациялау торабы;
4- оптикалық кәбіл;
5- байланыс объектісінің ғимаратына кәбілдерді енгізу;
6- оптикалық кәбілдің металл брон қабаттары;
Жануды қолдайтын қабығы бар
7- станциялық оптикалық кәбіл;
8- жалғағыш муфта немесе ылғалдан қорғайтын енгізу шкафы;
9- қорғаныс өткізгіш қимасы ≥ 4мм2;
10- жерге қосу өткізгіші;
11- брон қабаттарды жерге қосудан ажырату мүмкіндігі үшін алмалы-салмалы маңдайшалары бар жерге қосудың кәбілдік қалқаншасы.

2) желілік ОК станциялық кәбілге ауыспай, енгізу-кәбіл құрылғысына дейін тікелей төселеді. Бұл ретте ОК жануды қолдамайтын материалдан жасалған құбырға (болат, поливинилхлоридті немесе металл түтікшелерге)

орналастырылады немесе ОК сыртқы қабатына тиісті қосымша жабын салынады (мысалы, поливинилхлоридті лентамен орау орындалады).

Бұл жағдайда металл брон қабаттарында ОК жәшіктің ішіндегі кәбілдің пайдалану қоры бар, шығу арнасына тікелей жақын жерде 4.9-шы суретіне сәйкес 100-150 мм ұзындықта сақиналы үзік орындалуы тиіс.

1- кәбілді канализацияның қарау құрылғысы (құдық);
2- кәбілді канализация арнасы;
3- кәбіл арнасын герметизациялау торабы;
4- оптикалық кәбіл;
5- байланыс объектісінің ғимаратына кәбілдерді енгізу ғимараты;
6- оптикалық кәбілдің металл брон қабаты;
7- оптикалық кәбіл (L-100-150 мм) металл бронь қабатын түсіру бөлімшесі;
8- объектінің ішінде төселген бөлімшеде оптикалық кәбілдің қорғаныс жанбайтын жабыны;
9- қорғаныс өткізгіш қимасы ≥ 4 мм^2;
10- жерге қосу өткізгіші;
11- жерге қосу кәбілдік қалқаншасы;
12- бронь қабаттардың үзілген жерінде кәбіл бөлімшесін механикалық күшейту (мысалы, өтпелі құрылым муфтасының пластмасса корпусын орнату арқылы).



Сурет 4.9. Қызмет көрсетілетін байланыс объектісінің ғимаратына оптикалық кәбілді енгізу сұлбасы

3) егер ОК шахтасыз, техникалық астыртын ғимараттарға енгізілсе немесе шахтадан оптикалық енгізу-кәбілдік құрылғыға (ODF) дейін кәбіл бойынша (басқа кәбілдермен қиылыстар көп, бұрылыстар көп, көтерулер және т.б.) бронь қабаттары бар кәбілді төсеу мүмкіндігі болмаса, онда сыртқы қабықшаны және ОК бронь қабаттарын жәшіктен кәбілдің пайдалану

қорымен оптикалық енгізу-кәбілдік құрылғыға (ODF) дейін алуға рұқсат етіледі. Бұл ретте ОК бронь қабаттары жерге қосылады.

4) металл қуатты элементі бар ОК кабелін енгізу кезінде тек бронь қабаттарды ғана емес, сонымен қатар күштік элементті жерге қосу үшін «әмбебап кәбілді енгізу» (ВКУ) құрылғысын қолдану ұсынылады (сурет 4.10).

Әмбебап кәбілді енгізу оптикалық кросстардың корпусына магистральды оптикалық кәбілді енгізуді ұйымдастыруға арналған. Енгізу құрылымы оптикалық кәбілдің сауыты мен оның орталық күш элементін бөлек жерге қосуды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. ВКУ-дан гофротүтіктегі талшықтары бар модульдер немесе аралық полиэтилен қабықшадағы кәбіл шығарылады.

Әмбебап кәбіл енгізуін пайдалану монтаждың ыңғайлылығы мен сапасын айтарлықтай арттыруға, сондай-ақ кросс корпусынан механикалық жүктемелерді алуға мүмкіндік береді. «Брондалған ОК - брондалған ОК» ауысуы (сурет 4.11) сәйкес жүзеге асырылады.

Сурет 4.10. Әмбебап кәбілді енгізу

ОК пластмасса қабықшаларының оқшауланууының электрлік кедергісін бақылау (бронь-жер) және бронь жамылғысының бүтіндігі жыл сайын (көктемде немесе күзде) жүргізіледі. Металл элементтер мен жер арасында өлшенген кәбілдің сыртқы қабығын оқшаулаудың электрлік кедергісі 5 МОм•км кем болмауы тиіс.

Жерге тұйықтау құрылғыларының кедергілері нормадан жоғары ұлғайған кезде оларды қалпына келтіру бойынша жедел шаралар қабылдануы тиіс.

Оқшаулаудың, брондалған ОК электрлік кедергісінің жай-күйін өлшеуді жүргізу үшін тиісті тексеруден өткен электрлік кедергіні өлшеуге арналған мегаомметрлер немесе басқа да аспаптар пайдаланылады.

Сурет 4.11. ТЛФ канализациясында бронданған ОК жерге қосу сұлбасы

Бақылау сұрақтары

1. Бронданған талшықты-оптикалық кәбілдерді қайда пайдаланамыз?
2. Бронь жабыны қай тәілмен және қайда қосылады.
3. Қызмет көрсетілетін байланыс объектісінің ғимаратына оптикалық кәбілді енгізу сұлбасын түсіндіріңіз.
4. ТЛФ канализациясында бронданған ОК жерге қосу сұлбасын түсіндіріңіз.

4.15 Ғимаратта желілік жабдықты орналастыру

Қатарлар мен бағандарды орналастыруды жоспарлау кезінде одан әрі дамытуды барынша ескеру қажет. Қатарларды терезе ойықтарына перпендикуляр жоспарлау қажет. Ерекше жағдайларда қатарларды терезе ойықтарына параллель орналастыруға жол беріледі. Ғимараттың өлшемдері келесі шарттарды қанағаттандыруы тиіс:

- қабырғадан жабдықтың қасбеттік бөлігіне дейінгі қашықтық – 1500 мм (ерекше жағдайларда қашықтықты азайтуға жол беріледі, бірақ 1000 мм кем емес);
- жабдықтың артқы қабырғасы мен қабырға арасындағы қашықтық-800 мм (егер Арқаның тіреулерін арқаға орналастыру жоспарланбаған жағдайда);
- қабырға мен жабдық қатарының бүйір бөлігінің арасындағы қашықтық кемінде 800 мм;
- жабдықтың бүйірлік бөлігі мен үй-жайға кіру есігінің арасындағы қашықтық кемінде 1500 мм;
- қатарлар арасындағы қашықтық-кемінде 800 мм.

Кәбілдер ғимаратта қатаң көлденең орнатылады және ғимараттың көтергіш қабырғаларына сенімді бекітілуі тиіс. Тік тіректер 3000 мм-ден аспауы тиіс. Кәбіл ұзартқышты монтаждау биіктігін азайтуға жол беріледі, бұл ретте кәбіл ұзартқыштардың биіктігі кәбілдерді монтаждау және одан әрі дамыту бойынша жұмыстарды жүргізу үшін жеткілікті төбе мен кәбіл ұзартқыштардың арасындағы қашықтықты көздеуі тиіс. Қатардағы кәбіл ұзартқыштың ені 400 мм-ден кем емес, отырғыштар арасындағы қашықтық кәбіл ұзартқыштың барлық ұзындығы бойынша бірдей болуы тиіс, 350 мм-ден артық емес. Магистральды кәбілдің ені 300 мм-ден кем емес, орындықтар арасындағы қашықтық кәбіл ұзартқыштың барлық ұзындығы бойынша бірдей, бірақ 350 мм-ден артық болуы керек. Кәбіл ұзартқыш магистралды шиналық жерге тұйықтау жолымен жерге тұйықталуы тиіс. Кәбіл ұзартқыштың әрбір секциясын (кәбіл науасын) жерге тұйықтау қажет емес, секциялар мен конструкция элементтері арасындағы сенімді металл байланысын қамтамасыз ету жеткілікті. Кәбіл ұзартқыш секциялары бір-бірімен ажырамайтын тізбекке қосылады. Егер металл конструкциялары боялса, онда болтты қосылыстар орындарында бетін тазалау қажет. Арнайы гайкаларды, шайбаларды, арнайы (сызатын) жапсырмасы бар бұрандаларды пайдаланған жөн. Егер металл конструкциялары боялмаған материалдардан жасалған болса, болтты қосылыстар жеткілікті.

Салқындатқыштарды монтаждау нұсқаулыққа сәйкес жүргізіледі, бұл ретте салқындатқыштардан ылғал жабдыққа түспеуі ескерілуі тиіс.

Электр қоректендіргіш қондырғылардың (ЭҚҚ) түзеткіш құрылғылары ғимарат қабырғаларының біріне жақын құрастырылуы тиіс. ЭПУ тарату қалқандары түзеткіш құрылғылардың жанында қабырғаларға бекітіледі. ЭҚҚ жабдығын монтаждау дайындаушы зауыт нұсқаулықтарының талаптарына сәйкес жүзеге асырылады.

Тік реттеу болттарының көмегімен деңгей бойынша қойылады. Тұрақты және айнымалы токтың кәбілдерін жеткізу немесе кәбілрост көмегімен жүзеге асырылады (тұрақты және ауыспалы токтың кәбілдері міндетті түрде ауыспалы токтың кәбілдерін металл кәбілдік кәбілдерге металл гофротрубқа төсей отырып, таратылуы тиіс) немесе қораптардың көмегімен (тұрақты және ауыспалы токтың кәбілдері әртүрлі қораптарда төселуі тиіс). Түзеткіштің артқы қабырғасынан, түзеткіш пен қабырға арасында тұрақты және айнымалы ток бойынша кәбіл қорын пайдалануға жол беріледі.

Жабдықты монтаждау кезінде мынадай ұсынымдар ескерілуі тиіс:
әртүрлі өндірушілер мен тарату жүйелерінің жабдықтары жеке қатарларға қалыптастырылуы тиіс, бұған қоса ауданы аз ғимараттар болуы мүмкін. Бірінші тірек-оптикалық кросс, келесі тіреулер – мультиплексорлық жабдық, соңғы тіреулер-симметриялы және коаксиалды кросстар. Егер мультиплексорлық станцияға екеуден артық емес оптикалық кәбіл кірсе, оптикалық кросс қабырғалық орындаумен қолданылады және мультиплексорлық жабдықпен бірінші тіреудің артқы жағында бекітіледі.

Егер станцияға үш және одан да көп кәбіл салынса, статив ішінде бекітілуі бар үлкен сыйымдылықты оптикалық бокс орнатылса, оптикалық бокстарды бекітуге арналған тұтас статив бөлінеді. Тораптық станцияларда симметриялы және коаксиалды кростардың жабдығы жеке қатарларға, ал мүмкіндігі бар жерде жеке ғимараттарға қалыптасады.

Бақылау сұрақтары

1. Ғимаратта желілік жабдықты орналастыру әрекетін түсіндіріңіз.
2. Ғимараттың өлшемдеріне қойылатын шарттарды атаңыз.
3. Кәбілдерді ғимаратқа орнату және ғимараттың көтергіш қабырғаларына бекітілуі кезіндегі талаптарды атаңыз.
4. Жабдықты монтаждау кезінде ескеретін ұсынымдар.

4.16 Мультиплексорлық және кросстық жабдықтарды орналастыруға және монтаждауға қойылатын талаптар

Мультиплексорлық және желілік жабдықты монтаждау дайындаушы зауыт нұсқаулықтарының талаптарына сәйкес жүзеге асырылады. Тіреуіш еденге және кәбілге қатты бекітіледі, тік реттеу болттарының көмегімен деңгей бойынша қойылады. Сыналар мен төсемдерді зауыттан тыс орнатуға жол берілмейді. Мультиплексорлар дайындаушы зауыт көздеген стандартты тіректерге дайындаушы зауыт көздеген арнайы бекіту материалдарының көмегімен бекітіледі, басқа құрылғылар мен материалдарды қолдануға жол берілмейді. Жобада көзделмеген қосымша сөрелер мен басқа да бұйымдарды тірекке орнатуға жол бермейді. ТОБЖ магистральдық станцияларында тұрақты токпен қоректенетін мультиплексорлық жабдығы бар бір тіректе ауыспалы ток желісінен қоректенетін жабдықты орналастыруға жол берілмейді. Кәбілдер жоғарыдан келген жағдайда, егер өндіруші өзгеше көзделмесе, бағананы жабдықпен толтыру төменнен-жоғарыға жүзеге асырылуы тиіс. Егер бұдан әрі осы тіректе жабдықты орналастыру болжанбаса, жабдықты тіреудің жоғарғы бөлігінде орналастыруға жол беріледі. Кәбілдер төменнен келтірілген жағдайда, егер өндіруші өзгеше көзделмесе, бағананы жабдықпен толтыру жоғарыдан төменге қарай жүзеге асырылуы тиіс. SFP модульдерін орнатуға арналған барлық іске қосылмаған оптикалық ажыратулар мен ұялар қорғаныш қақпақтармен жабылуы тиіс.

Барлық станцияларда мультиплексорлық жабдық жеткізушісінің кросс жабдығы қолданылады. Аналогтық кроссты (Main Distribution Frame, MDF басты аналогтық кросс) және бір шеңберде және бокстарда цифрлық оптикалық кроссты (optical distribution frame - ODF) орналастыруға жол берілмейді. Кросс екі жиынтықтан тұрады –станциялық және желілік. Станциялық жиынтыққа тұтынушылардан кәбілдер тігіледі, ал желілік жиынтыққа мультиплексордан кәбілдер тігіледі. Ерекше жағдайларда кросс

болмаған жағдайда, цифрлық кросс (digital distribution frame - DDF) үшін бөгде операторлардың ағындарын тігуге жол беріледі. Мультиплексорлық және желілік жабдықты бірыңғай гермозондарда орналастыру кезінде бірыңғай гермозон үшін бекітілген ережелер қолданылады.

DDF тағанда NETAS монтаждау (сурет 4.12). Плинттарда монтаждау дайындаушы зауыттың нұсқаулығына сәйкес орындалады. Сол жақ бокста мультиплексордың берілісі оң жақ қабылдауға тігіледі. Жалғаушы кәбілдер тіреудің артқы жағынан бүйірлік планкаларға, тіреудің ортасындағы маңдайшаларға бекітіледі.

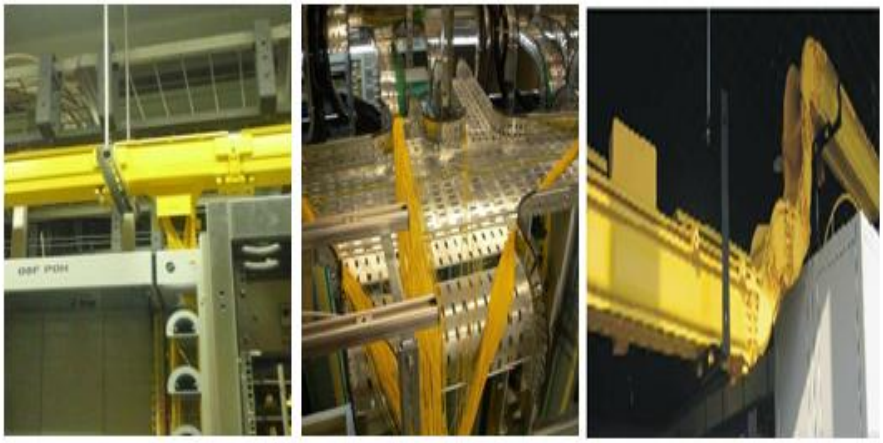
Сурет 4.12. NETAS тірегінде DDF монтаждау

Сурет 4.13. Коаксиалды кросс

Қызмет байланысының MDF арналарын, телебасқару және бақылау сигналдарын тіреулерде орналастыру орны MDF DDF бағандарының жоғарғы бөлігінде орналасады.

Кәбілдік арналар мен науалардан жасалған конструкцияларды монтаждау дайындаушы зауыттың ұсынысына сәйкес жүргізілуі тиіс.

Зауытта жасалған үлгі элементтерден жасалған металл науаларға жол беріледі. Қарапайым кәбілдік арналардан конструкцияларды дайындауға жол беріледі. Кәбілдік арналар жанбайтын пластмассадан (жануды қолдамайтын материалдан) орындалуы тиіс. Оптикаға арналған кәбілдік жүйелердің құрылымы иілу радиустарының қажетті мәндерін сақтауы тиіс. Пачкорд қорғаныш қабығының кездейсоқ зақымдануы және жарық өткізгіштің сынуы мүмкін болмауы тиіс. Құрылым оптикалық пачкордтарды еркін монтаждауға және бөлшектеуге мүмкіндік беруі тиіс. Кәбілдік арналар қабырғаларының шеттерін қорғау материалымен жабдықтауға дайындаушы зауытпен көзделген және дайындаушы зауытпен көзделген материалдардан жасалған жағдайларда ғана жол беріледі. Дайындаушы зауытта көзделмеген материалдарды (резеңке, изолента және т.б.) қолдануға жол берілмейді.



Сурет 4.14. Оптикалық пачкордтарды төсеуге арналған науалар

Сурет 4.15. Оптикалық пачкордтарды типтік зауыттық кәбіл арналарының көмегімен тірекке енгізу

Сурет 4.16. Оптикалық пачкордтардың әртүрлі типті кәбіл арналары арасында өту

Сурет 4.17. Оптикалық пачкордтарды жабдыққа әртүрлі кәбіл арналары арқылы жеткізу

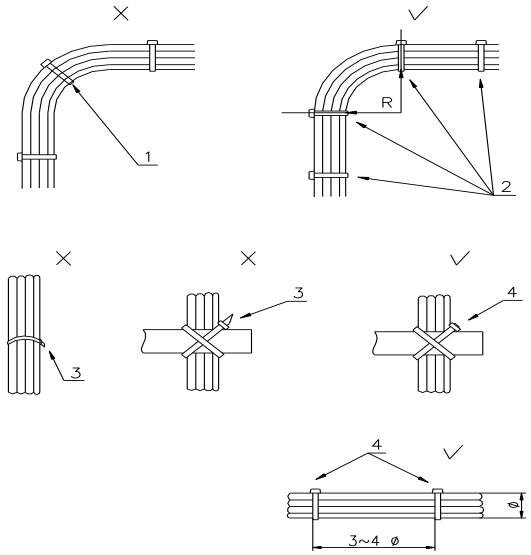
Бақылау сұрақтары

1. Мультиплексорлық және кросстық жабдықтарды орналастыруға және монтаждауға қойылатын талаптарды атаңыз.
2. Оптикалық пачкордтарды типтік зауыттық кәбіл арналарының көмегімен тірекке енгізуді түсіндіріңіз.
3. Оптикалық пачкордтарды жабдыққа әртүрлі кәбіл арналары арқылы жеткізуді түсіндіріңіз.

4.17 Кәбілдерді төсеуге қойылатын талаптар

Барлық кәбілдер ұқыпты төселуі тиіс, ал олардың қабықтарында зақымдану болмауы тиіс. Коммуникациялық кәбілдер кәбіл үстінде төселуі тиіс, пластикалық тартпалы қамыттармен немесе барлық ұзындығы бойынша байлау жіппен тартылуы тиіс (қоректену кәбілдері және цифрлық желілік жолдары бар кәбілдер кәбілдің әр жағынан ажыратылуы тиіс). Тартпалар бір-бірінен байланатын пакеттің 3-4 диаметрінен аспайтын қашықтықта біркелкі орналасуы тиіс. Кәбілдік кермешелердің пайдаланылмайтын ұштары кесілуі тиіс. 4.18-ші суретте кәбіл пакетінің тартпаларымен дұрыс байланыстыру мысалдары келтірілген (белгіленген).

Мультиплексордан DDF-ға дейін 2 Мбит/с кәбілдерді салу кезінде 1 метрден кем емес қор қарастыруға жол беріледі. Кәбіл қорын кәбілге орналастыруға рұқсат етіледі. Кәбілдерді төсеген кезде барынша айқындырылудан аулақ болу және төселетін кәбілдердің санын одан әрі ұлғайту үшін орын қарастыру қажет. Желілік және станциялық кәбілдерді түсіру тіреудің әр жағынан орындалуы тиіс. Егер SKL, ETSI DDF стандарттарының тіреуі мультиплексорлық жабдығы бар тіреудің оң жағында орналасқан болса, онда желілік жағынан кәбілдерді түсіру сол жағынан, ал станциялық (тұтынушы) – оң жағынан жүргізіледі. Егер SKL, ETSI DDF стандарттарының тіреуі мультиплексорлық жабдығы бар тіреудің сол жағында орналасқан болса, желілік жағынан кәбілдерді түсіру оң жағынан, ал станциялық (тұтынушы) – сол жағынан жүргізіледі.



Сурет 4.18. Кәбіл пакетінің тартпаларымен дұрыс байланыстыру
1) майысқан кәбілде қамыттар орнатылмайды 2) кәбілді қамыт 3) заусенец 4) кесу орны

Бақылау сұрақтары

1. Мультиплексорлық және кросстық жабдықтарды орналастыруға және монтаждауға қойылатын талаптарды атаңыз.
2. Кәбіл пакетінің тартпаларымен дұрыс байланысуын түсіндіріңіз.

4.18 Сымдарды плинттерге монтаждау

Сымдарды плинттерге, бокстарға, ажыратқыштарға осыған арналмаған аспаптармен бітеуге тыйым салынады. Lsa Krone типті плинт кәбілін бітеу дайындаушы зауыттың ұсынымдарына сәйкес жүргізіледі, бұл ретте бос буын 10-15 см қормен қалдырылуы және кәбіл ұстағышында ұқыпты

орналастырылуы және бекітілуі тиіс. Жер қыртысының сары-жасыл түсті оқшаулағышы болуы және төртінші плинт жұптарының жерге тұйықтайтын түйісуіне кроссировкалануы тиіс. Кроссировкалық кәбілдер кез келген кроссировканы әрқашан бөлшектеуге болатындай етіп, осы ілгекке еркін салынады. Кроссировкалы сымдар үлкен аралықта, сымдар буынын өшіруді болдырмау үшін, сымдар пластикалық қамыттармен кезең - кезеңімен 20-30 см (бір желілі кроссировкалы сымын пайдалануға болады) арқылы жалпы бумаға жиналады. Арнайы кросс тіреулерді қолдану кезінде өндірушінің ұсыныстарын басшылыққа алу керек.

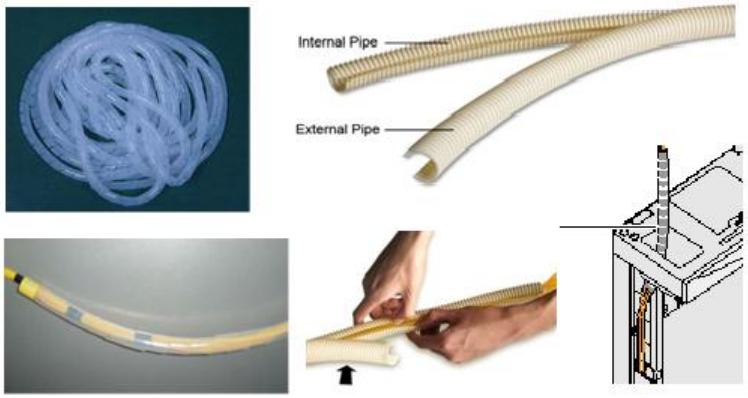
Бақылау сұрақтары

1. Сымдарды плинттерге монтаждауды түсіндіріңіз.
2. Кроссировкалау жұмысын түсіндіріңіз.

4.19 Оптикалық бауларды (пачкордтарды) салуға қойылатын талаптар

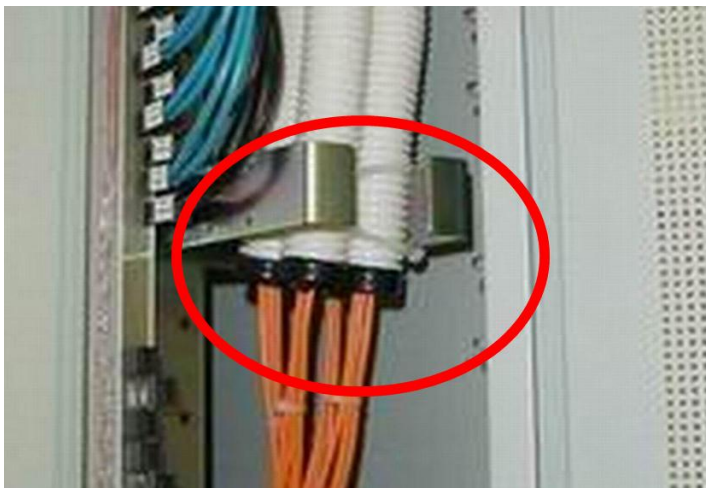
Оптикалық пачкордтарды кәбілде механикалық әсерден қорғаусыз орналастыруға тыйым салынады. Кәбіл арқылы өтетін оптикалық пачкордтар пластикалық ораумен (серпантин) сенімді қорғалуы немесе пластикалық кәбілдік каналға салынуы тиіс. Арнайы пластикалық науаларды (лоток) пайдалану ұсынылады. Кәбілдік каналдың орнына гофротүтікті қолдануға рұқсат етіледі (сурет 4.19).

Егер тіреудің құрылымында арнайы арналар (лотоктар) көзделмесе, тірекке оптикалық пачкордтарды түсіру қорғалуы тиіс (сурет 4.20). Бұл ретте металл құрылымдардың жиылып қалуынан аулақ болу мақсатында гофротүтік диаметрі 25 мм-ден аспауы тиіс.



Сурет 4.19. Оптикалық пачкордтарды пластикалық қорғаныс орамасы (серпантин) және пластикалық алмалы-салмалы гофротүтік көмегімен қорғау

4.20-шы суретте гофраның кесілген ұштары бұзылмау үшін жұмсақ оқшаулағыш лентамен оралуы қажет. Изолентаның шеті гофротүтік жиегінен 2 мм-ден артық шығып кетпеуі тиіс. Сондықтан изолентаның жабысқақ бетінің пачкордтармен байланысын азайту үшін, изолентті орау 2-3 қабатта созылып, изолента гофроқұбырдың профиліне «қысылып» жасалуы керек. Оптикалық пачкордтар ұзындығының артығы зауытта орындалған мамандандырылған құрылымдарында (лотоктарда, сөрелерде, катушкаларда) салынуы немесе кәбіл ұзартқыш немесе тіректе орналастырылған кәбілдік каналында орналастырылуы тиіс.

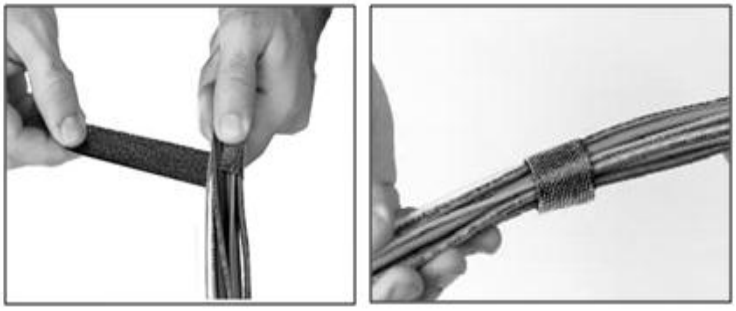


Сурет 4.20. Гофротүтікті изолентамен орау

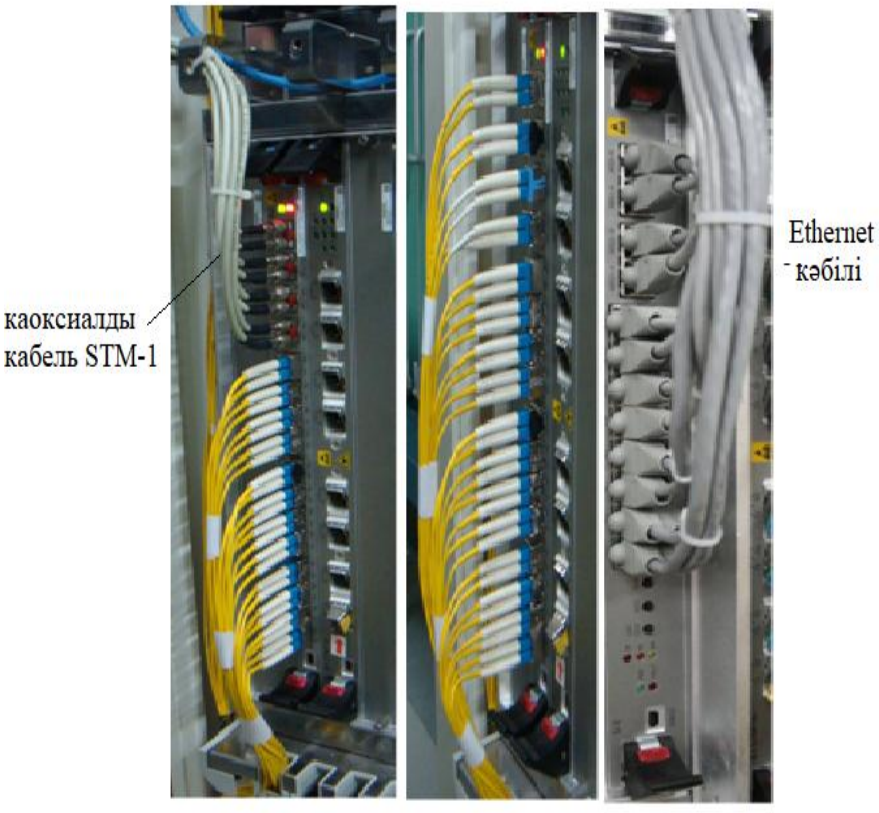
Сурет 4.21. HiT7060 жәнеhiT7300 жабдықтарында оптикалық патчкордтардың орнату үлгісі

Тіреуіштегі оптикалық пачкордтарды осы үшін арнайы арналған сақиналарға, лотоктарға және жабдықты дайындаушы зауытпен көзделген бағыттауыштарға және ұзындығын артық қоюға арналған сөрелерге қосымша орнатылатын сөрелерге салу қажет. Пачкордтар қиылысудан аулақ, дәл және ұқыпты салынуы тиіс. Байламдарды ажыратудан аулақ болу мақсатында бірнеше рет қолданылатын "жабысқақ" тіркейтін лентаны пайдалану ұсынылады. Оның бір жағы "ілгек-жабысқақ" (мөлдір полипропиленді материал негізінде), ал екіншісі – тығыз материалдан (нейлон) жасалған.

Оптикалық пачкордпен тек бекіткіш лентаның тығыз жағы ғана түйісуі тиіс (сурет 4.22). Оптикалық пачкордтар арнайы жгутқа байланады және жеткілікті тарту күшімен керіледі. Керудің артық күшіне жол берілмейді. Оптикалық пачкордтар көп болған жағдайда, оларды бірнеше жеке жгуттарға байлау керек. Екі бекіткіш лентаның арасындағы аралық 40 см аспауы тиіс. Пластикалық қамыттарды және оптикалық пачкордтардың бумаларын тарту үшін лентаны (скотч) желімдеп пайдалануға тыйым салынады. Уақытша ұзындықтың артығын орналастыру (ауысымды және бұрылыстарды қою үшін) жабдықпен жұмыс істеуге (платаларды, желдеткіштерді және т.б. монтаждау/демонтаждау) кедергі жасамауы тиіс.



Сурет 4.22. Оптикалық пачкордтарды бекіткіш лентамен байлау



Сурет 4.23. HiT7080 оптикалық және электрлік пачкордтарды орналастыру

Сурет 4.24. Оптикалық пачкордтарды Раман Алкатель күшейткішіне және DWDM 1626lm мультиплексорына қосу

Сурет 4.25. HiT7080, HiT7060 және hiT7035 мультиплексорларына электр кәбілдерін орналастыру

Сурет 4.26. Оптикалық пачкордтардың артық ұзындығын орналастыру

Бақылау сұрақтары

1. Оптикалық пачкордтарды пластикалық қорғаныс орамасы (серпантин) және пластикалық алмалы-салмалы гофротүтік көмегімен қорғауды түсіндіріңіз.
2. HiT7080 оптикалық және электрлік пачкордтарды орналастыруды түсіндіріңіз.
3. Оптикалық пачкордтарды Раман Алкатель күшейткішіне және DWDM 1626lm мультиплексорына қосуды түсіндіріңіз.
4. HiT7080, HiT7060 және HiT7035 мультиплексорларына электр кәбілдерін орналастыруды түсіндіріңіз.
5. Оптикалық пачкордтардың артық ұзындығын не себепті орналастырады?

4.20 Магистралдық оптикалық кәбілді төсеуге қойылатын талаптар

Оптикалық магистралды кәбілді төсеу кезінде барлық ұзындығы бойынша пластикалық гофротүтікке салынуы тиіс. Кәбілдің салбырауына және кәбілде пайдалану қорын орнатуға жол берілмейді. Кәбілдің гофротүтікке шығуы және гофротүтігі бар полиэтилен құбырдың (ПЭТ) түйісуі мамандандырылған оқшаулағыш лентамен бітеледі. Шахта немесе құдық болмаған жағдайда, станция ғимаратында оптикалық кәбіл қорын сақтауға рұқсат етіледі.

Пайдалану қорын қабырғада орындалған жедел қол жеткізу контейнерлерінде (КОД) сақтау қажет (4.27 сурет). Ғимаратқа ПЭТ енгізу қиылысуын болдырмайтындай етіп, еденге бетондалып, қабырғаға бекітілуі тиіс. Енгізулерде бағыттар бойынша жазулар болуы тиіс. Жедел кіру контейнеріне (КОД) кәбіл қоры сақинаға ұқыпты оралып, байлануы тиіс. КОД ашық түстерге боялады. Қақпақта КОД сәйкес (сурет 4.27) кестеге бекітілуі тиіс.

Сурет 4.27. Қабырғада орындалатын жедел қол жеткізу контейнерлерін орналастыру

Бақылау сұрақтары

1. Магистралдық оптикалық кәбілді төсеуге қойылатын талаптарды атаңыз.
2. Қабырғада орындалатын жедел қол жеткізу контейнерлерін орналастыру әрекетін түсіндіріңіз.

4.21 Қоректендіргіш кәбілдерді төсеуге қойылатын талаптар

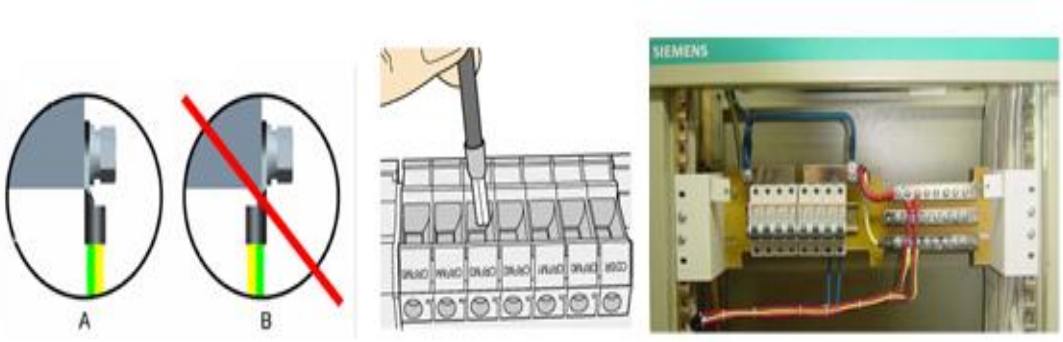
Қоректендірудің жалпы қатарлы шинасы есептік қима кәбілімен орындалады, бірақ 25 мм2 кем емес. Жалпы ядролы қоректендірудің кәбілдерін (фидерлерді, шиналарды) төсеу кәбіл ұзартқыштың шетінен басталады және келесі ретпен жүзеге асырылады:

- "плюстік" кәбіл ЭПУ № 1;
- "плюстік" кәбіл ЭПУ № 2;
- "минустік" кәбіл ЭПУ № 1;
- "минустік" кәбіл ЭПУ № 2;
- жерге қосу кәбілі.

Одан әрі, аркус-клемм көмегімен жабдықпен тіректерді толтыру үшін түсіру жүзеге асырылады. Ерекше жағдайларда әрбір жабдықтар мен тіреулер үшін жеке қуат беру кәбілдерін пайдалануға жол беріледі. Кәбілдер кәбілдің жалпы пакетіне байланады. Кәбіл ұзартқыш бүйіріне бекітілген кәбілдік каналда қоректендіру кәбілдерін салуға рұқсат етіледі.

Ауыспалы кернеу кәбілдерін төсеу кәбіл каналдарында қабырғалар бойынша жүзеге асырылады. Ерекше жағдайларда ауыспалы кернеудің кәбілдерін кәбіл ұзартқыш бойынша төсеуге рұқсат етіледі, ол міндетті түрде металл гофротүтікке төселеді.

Мыс көп желілі кәбілдердің ұштары осы үшін арнайы арналған ұштармен қысылуы тиіс.



Сурет 4.28. Қуат беру және жерге қосу сымдарын қосу мысалдары

Сурет 4.29. 1626LM (сол жақта) қуат кәбілі қорын орналастыру және Раман Алкатель (оң жақта) күшейткішіне электр кәбілдерін қосу

Бақылау сұрақтары

1. Қоректендіргіш кәбілдерді төсеуге қойылатын талаптарды атаңыз.
2. 1626LM (сол жақта) қуат кәбілі қорын орналастыру және Раман Алкатель (оң жақта) күшейткішіне электр кәбілдерін қосу әдістерін түсіндіріңіз.

4.22 E1 ағындарына арналған кәбілдер

Цифрлық ағынның (E1) жалғау желілерін ұйымдастыру үшін 120 Ом толқындық кедергісі бар КВСМ типті немесе өзінің сипаттамалары бойынша ұқсас кәбіл пайдаланылуы тиіс. Кәбіл сипаттамасы «сандық арналардың негізгі параметрлерін қалпына келтіру және өлшеу принциптері» ақпараттық материалында сипатталған. Тарату және қабылдау трактілері үшін, егер мультиплексорлық жабдықты дайындаушымен өзгеше көзделмесе, жеке кәбілдерді пайдалану (жабдыққа қосу үшін зауыттық орындау кәбілдері).

DDF (2 Мбит/с, 120 Ом) желілік және станциялық жақтары арасындағы кроссировка 120 Ом (КВСМ 1х2х0,4 немесе оған ұқсас) толқындық кедергісі бар бір жұпты экрандалған кәбілмен орындалуы тиіс. Кросстау үшін кәбілдің (сымдардың) басқа түрлерін қолдануға қатаң тыйым салынады.

Кәбілдерге қойылатын талаптар:

1. Коаксиалды шығымы бар порттардан ағындарды беру үшін 75 Ом толқындық кедергісі бар кәбілдер қолданылады. Кәбіл диаметрі пайдаланылатын ажыратқыштардың талаптарына сәйкес болуы тиіс.

2. Оптикалық баулар берілетін сигналдың түріне сәйкес келетін (бір модалы, көп модалы) зауытта дайындалған болуы тиіс. Бауларды кеңейтуге болмайды. Баудың бос ажыратулары қорғаныш қалпақшалармен жабылуы

тиіс. Ажыратқыштарды тазалау дайындаушы зауыттың қолданыстағы құжатына сәйкес арнайы керек-жарақтармен ғана жүргізіледі.

3. Тазалау сапасы микроскоптың көмегімен кемінде 200 есе тексеріледі. Оптикалық баулардың сыртқы қорғаныс қабықшасының зақымдануы мен жаншылуына жол берілмейді. Әрбір станцияда осы станцияда қолданылатын әрбір типтегі кем дегенде бір пачкорд есебінен ауыстыру пачкордтары көзделуі тиіс. Ауыстыру пачкордтарын өлшеу және бұрауларды қою үшін пайдалануға тыйым салынады.

Қатардың шеткі тіректерінде қатардың нөмірі бар тақтайша орналастырылады.

Әрбір тіректің немесе шкафтың алмалы-салмалы емес жоғарғы бөлігінде қатарға тіреудің нөмірі бар кесте орналастырылуы тиіс.

Станциядағы әрбір ЭҚҚ өз нөмірі болуы тиіс. Нөмірі бар тақтайша ЭПУ стативінің жоғарғы алынбайтын бөлігіне орналастырылады. Барлық автоматты ажыратқыштар мен балқымалы ендірмелер жүктемелерді бөле отырып, тұрақты ток бойынша қоректендіру схемасына және айнымалы ток бойынша бір сызықты сұлбаға сәйкес таңбалануы тиіс.

Әрбір станцияға маркерлік жоспар жасалады. Бір станция шегінде бірдей нөмірлері мен белгілері бар маркерлер мен жапсырмаларды пайдалануға үзілді-кесілді тыйым салынады. Барлық оптикалық пачкордтардың, оның ішінде ауысымды, өлшегіш, тестілік пачкордтардың таңбасы болуы тиіс. Маркерлер мен биркаларды барынша қолжетімді жерде орналастыру қажет. Қосқыш кәбілдер мен баулардың екі шеті де таңбаланады. Бір үлгідегі кәбілдерде (шнурларда) жапсырмалар аяқтан бірдей қашықтықта орналасуы тиіс. Таңбалау үшін қосылым нүктелері туралы ақпараты бар құс белгіні пайдалану ұсынылады. Жапсырмадағы жазу қосылу нүктелерін айқын анықтауы тиіс. Ақпаратта баған нөмірі (желілік элементтің, құрылғының бірегей атауы), сөре нөмірі, слот нөмірі, порт нөмірі, қосылу нүктесіндегі сигналдың бағыты (T_x, R_x, in, out) болуы тиіс. Сондай-ақ қажет болған жағдайда бір мәнді сәйкестендіру үшін басқа да қосымша ақпарат (мысалы, бақыланатын объектінің нөмірі) көрсетіледі. Пропиленнен немесе винилден жасалған, арнайы принтер өшірілмейтін бояумен жазылатын зауытта жасалған өздігінен жабысатын стандартты жапсырмаларды пайдалану ұсынылады. Қосқыш кәбілдер мен баулардың екі шеті де таңбаланады. Екі жақты жапсырмалар суретке сәйкес орындалады. Жапсырманың бір жағында кәбілдің (пачкордтың) жергілікті шетін қосу нүктесі көрсетіледі. Белгінің екінші жағында қашықтағы ұштың қосылу нүктесі көрсетіледі. Қолжазба мәтіндерін уақытша (ауысымды және тестілік) пачкордтардың, сондай-ақ жедел коммутацияға арналған пачкордтардың жапсырмаларында орындауға рұқсат етіледі. Бұл ретте мәтін баспа әріптерімен орындалуға анық және жұмыс үшін қажетті ақпаратты қамтуға тиіс.

Қосу нүктелері туралы ақпараты бар жапсырмалардың орнына түрлі түсті нөмірлік жапсырмаларды пайдалануға жол беріледі.

Сурет 4.30. Жапсырмаларды орындау мысалдары

Бақылау сұрақтары

1. Кәбілдерге қойылатын талаптарын атаңыз.
2. Жапсырмаларды орындау мысалдарын түсіндіріңіз.

4.23 Нөмірлік жапсырмалармен таңбалау принциптері

Оптикалық пачкордтар мультиплексордан ODF-ға нөмірлі жапсырмалармен таңбаланады:

- мультиплексордың берілуі-қызыл түс;
- мультиплексорды қабылдау-ақ түс.

Мультиплексорлар арасындағы жалғаушы оптикалық пачкордтар, ODF-та коммутация үшін пайдаланылатын оптикалық пачкордтар және бір мультиплексор ішіндегі жалғаулардың оптикалық пачкордтары жасыл түсті нөмірлік жапсырмалармен таңбаланады.

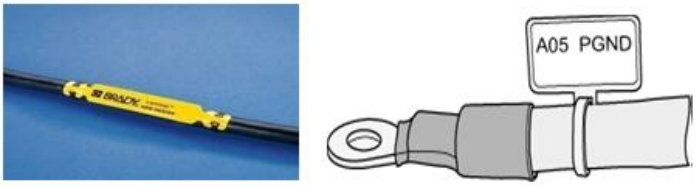
Электр интерфейстерінің қосқыш кәбілдері жасыл нөмірлік жапсырмалармен таңбаланады.

Трибутты электр интерфейстерінің қосқыш кәбілдері нөмірлік жапсырмалармен таңбаланады:

- мультиплексорды беру-қызыл түсті;
- мультиплексорды қабылдау-ақ түсті.

Оптикалық кәбіл ODF енгізілген жерде, кәбілдердің қиылысу орындарында және қабырғаға өту жанында таңбаланады. Жапсырма көрінетін жерде орналасуы тиіс. Жапсырмада кәбілдің түрі, тиесілігі (ол кімнің қызмет көрсетуінде) және бағыты көрсетіледі. Кәбілді гофротүтікке орналастырған кезде жапсырма гофротүтікке орналастырылады. Бірнеше кәбілдерді гофротүтікке орналастырған кезде, бұл кәбілдер гофротүтіктерді таңбалауда көрсетілуі тиіс.

Жерге тұйықтау үшін оқшаулауланған сары-жасыл түсті кәбіл пайдаланылады (сурет 4.31). Кәбілді клеммаға бітеу орны сары-жасыл маркерлік лентамен таңбаланады. Мұндай жағдайда басқа түсті кәбілдерді қолдануға жол беріледі. Ол барлық ұзындығы бойынша сары-жасыл маркерлік лентамен таңбаланады. Белгілер арасындағы қашықтық 0,8 м аспауы тиіс.



Сурет 4.31. Қуат беру және жерге қосу кәбілдері үшін ұсынылатын жапсырма түрі

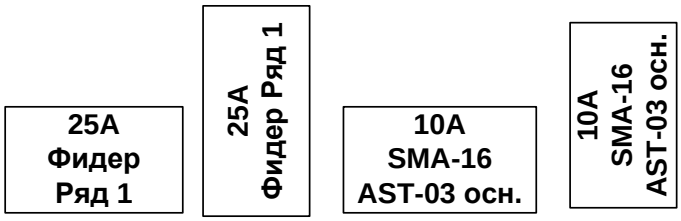
Қоректендірудің ішкі бөлгішінің қоректендіргіш кәбілдері жабдыққа дейін екі жағынан сары нөмірлі жапсырмалармен таңбаланады. Егер бір сымды кәбілдер қолданылса, олар таңбалану белгісімен сыналуы тиіс.

Стативтегі тұрақты токтың таратқышына ЭҚҚ-дан келетін қуат беру кәбілдері 1 метрден кейін таңбаланады: қызыл маркерлік лентамен - "плюс" қоректену; көк маркерлік лентамен - "минус" қоректену.

Қуат беру шиналарының ұшына ЭПУ нөмірі көрсетілген жапсырма бекітіледі. Бір ЭҚҚ-дан екі фидермен қоректендіруді ұйымдастырған жағдайда жапсырмада фидердің нөмірі көрсетіледі. Жалпы ядролық шиналар (фидерлер) таңбаланады: қызыл маркерлік лентамен - "плюс" қоректену; көк маркерлік лентамен - "минус" қоректену**.**

Қоректендірудің жалпы ядролық шиналарында (фидерлерде) L+; L- жазулары бар ақ таңбалау лентасымен таңбалауды қосымша қолдануға рұқсат етіледі. Қуат беру шиналарының ұшына ЭПУ нөмірі көрсетілген жапсырма бекітіледі. Бір ЭҚҚ-дан екі фидермен қоректендіруді ұйымдастырған жағдайда жапсырмада фидердің нөмірі көрсетіледі.

Қоректену көздерінің тарату қалқандарындағы автоматтар сәйкес таңбаланады (сурет 4.32).



Сурет 4.32. Қоректендіру көздерінің тарату қалқандарының автоматтарына жапсырмаларды орнату мысалдары

Мультиплексорлардың алдыңғы панелінде (жетекші шельфтерді қоса алғанда), көрінетін жерге тақта бекітіледі, онда жабдықтың түрі мен мультиплексордың атауы көрсетіледі. Егер мультиплексордың алдыңғы панелінде мультиплексор шассиінің шағын өлшеміне байланысты орналастыру мүмкін болмаса, бүйірлік бекітпелерде немесе шассидің жоғарғы бетінде орналастыру мүмкін (бұл ретте желдеткіш тесіктер жабылмауы тиіс). Тақтайшаның өлшемдері бет панеліне орналастыру мүмкіндігімен анықталады, бірақ бұл ретте 80х120 мм (ВхШ) аспауы тиіс. Мультиплексордың атауы басқару жүйесінен алынады. Негізгі құралдардың инвентарь нөмірлері жабдықтың алынбайтын бөлігіне (корпустан бөлінбейтін корпус немесе бөлшектер), қолжетімді жерде орналасуы тиіс. Зауытта жасалған трафареттерді пайдалану ұсынылады. Жазу ұқыптылығы мен тегістігін сақтай отырып, нөмірді қолмен жазуға рұқсат етіледі. Жазулар жуылмайтын бояумен немесе маркермен орындалады. Түгендеу нөмірі өзгерген кезде ескі нөмір бір сызықпен сызылады, жанында жаңа түгендеу нөмірі жазылады. QR және/немесе штрих коды бар жапсырмаларды қолдануға жол беріледі. Ортақ ғимараттарда орналасқан жабдықтар мен тіректер үшін бірлескен орналастыру тіреулерінде орнатылған жабдықтар мен тіреулер үшін жабдықтың тиістілігі мен жабдықтарға жауапты екендігі көрсетілген қосымша тақтайшаның (жапсырманың) көмегімен белгілеу талап етіледі. Мысалдар 4.34-ші суретте келтірілген.

Кросс жабдықта, дайындаушы зауыт көздеген орындарда бағытын (қабылдау немесе беру) көрсете отырып, жабдықтың іске қосылған порты туралы ақпарат көрсетіледі.

ODF розеткалары талшықтың нөміріне сәйкес нөмірленуі тиіс. Егер ODF конструкциясы мүмкіндік берсе, талшықтар бағыты мен бос емес розеткалардың жанында қосымша қол қою ұсынылады. Кез келген жағдайда, талшықтарды таратын және жұмыспен айналысатын кесте арнайы қарастырылған ODF қалтасында орналастырылады. Егер ODF конструкциясында құжаттаманы орналастыруға арналған қалта көзделмесе, кесте ODF есігіне бекітіледі.

Сурет 4.34. Ақпараттық кестелер

Тұрақты және айнымалы кернеу кәбілдері, жерге қосу кәбілдері екі ұшында да таңбалануы және онда кәбілдің маркасы, ұзындығы және қосылу нүктелері туралы ақпарат болуы тиіс. Мысалы: ВВГ 5х6, 20 м, ЭПУ УЭПС1 – ЩР1.

Бақылау сұрақтары

1. Нөмірлік жапсырмалармен таңбалау принциптерін түсіндіріңіз.
2. Жапсырмаларды орнату көздерін атаңыз.
3. Ақпараттық кестелер дегеніміз не?
4. Жапсырмалардың таңбалануы неге байланысты?

Тест тапсырмалары

1. Төселген ОК қызметінің есептік мерзімін атаңыз
A. 25 жыл
B. 100 жыл
C. 30 жыл
D. 25 -40 жыл

2. Диаметрі 13мм ОК үшін ең төменгі иілу радиусын атаңыз
A. 230 мм
B. 290 мм
C. 170 мм
D. 200 мм

3. Ажырамайтын (дәнекерленген) қосылыстарға қандай талаптар бар?
A. дәнекерленген қосылыстың беріктігі
B. дәнекерлеу орнында ең аз өшу
C. дәнекерлеу орнында ең аз сөну және дәнекерленген қосылыстың беріктігі
D. ылғалдың әсеріне және температураның өзгеруіне төзімділігі

4. ОТ сынықтарының бетіне қандай негізгі талаптар қойылады?
A. беті тегіс, ойылған болуы керек
B. беті барынша тегіс және жарық өткізгіштің осіне перпендикуляр болуы тиіс
C. беті 3 градустан артық сыну бұрышы бар тегіс болуы тиіс
D. беті тегіс, сынған, 5 градустан аз бұрышпен болуы тиіс

5. Кабель канализациясында ОК төсеу технологиясы
A. арналарды өтімділікке тексеру, тарту күшін шектейтін жүйені пайдалана отырып кәбілді тарту , ОК орнату
B. арналарды өткізгіштікке тексеру, кәбілді қолмен тарту

C. арналарды өтімділікке тексеру, кәбілді механикаландырылған тәсілмен тарту
D. бос арналарда қолмен салу

6. Қоршаған ортаның қандай температурасында ОК төсеуге болады?
A. плюс температурада ғана
B. - 10°C төмен емес
C. - 20°C төмен емес
D. +10°C жоғары

7. Пигтейл пачкорддан немен ерекшеленеді?
A. түрлі диаметрмен ОТ
B. пигтейл бір жағынан оптикалық коннекторы жоқ
C. ұштардың түрлі диаметрімен
D. ұштықтардың әртүрлі диаметрлерімен және ОТ диаметрлерімен

8. ТОТЖ кәбілдерінде жұмыс істеу кезінде оптикалық телефондарды тағайындау
A. қызмет көрсетілетін регенерациялық пункттер арасындағы қызметтік байланысты ұйымдастыру үшін
B. желідегі зақымдану орнына дейінгі қашықтықты анықтау үшін
C. РНР монтаждау, жүргізу және ТОК жөндеу кезінде қызметтік байланысты ұйымдастыру үшін
D. конференция режимінде байланысты ұйымдастыру үшін 5 және одан да көп жұмыс орны

9. ТОТЖ кабельдерінде жұмыс істеу кезінде оптикалық тестерлерді тағайындау
A. кері шашырау коэффициентін өлшеу үшін
B. оптикалық қуатты өлшеу немесе желілік жолдың өшуін өлшеу үшін
C. поляризациялық-модты дисперсияны өлшеу үшін
D. шағылысу сигналының оптикалық қуатын өлшеу үшін

10.Оптикалық магистралды кәбілді төсеу кезінде қойылатын негізгі талап
A. кәбіл барлық ұзындығы бойынша пластикалық гофротүтікке салынуы тиіс
B. көрінетін жерге тақта бекітіледі
C. кәбіл атауы көрсетілетін тақтайша болуы тиіс
D. мультиплексордың атауы көрсетілетін тақтайша болуы тиіс

5– тарау. Авариялық - қалпына келтіру жұмыстары

5.1 Зақымдалған кәбіл желісін қалпына келтіру жұмыстарын ұйымдастыру

Авариялық-қалпына келтіру жұмыстары (АВР) – бұл тарату желілеріндегі жөндеу жұмыстарының ерекше түрі, оларға негізгі талап қысқа мерзімде беру желісінің жұмысқа қабілеттілігін қалпына келтіруді дереу ұйымдастыру болып табылады. ӘАҚ ЖКҚ техникалық қызмет көрсетудің құрамдас бөлігі болып табылады.

Ішкі аймақтық көлік желісінде АВР (қалалық үлгідегі кенттер мен тораптық станциялары бар елді мекендерді қоса алғанда) авариялық жағдайлар туындаған кезде ұйымдастырылады. Трактілер мен беру желісінің әрекетін қысқа мерзімде қалпына келтіруді қамтамасыз ететін көлемде тез арада жүргізіледі және тәулік уақытына және басқа да факторларға қарамастан байланыс желілерінің қалыпты жұмыс істеу режимін қалпына келтіргенге дейін үздіксіз жүргізіледі.

Ауылдық елді мекендерде желілер зақымданған жағдайда, АВР тәуліктің жарық уақытында жүргізіледі. Бұл ретте зақымдануды түнгі уақытта жоюға АВР-ның шығуы туралы шешімді пайдаланушы ұйым басшылығының келісімі бойынша жыл уақыты мен зақымдану орнын ескере отырып, әрбір жағдай бойынша жеке-жеке МЖТТ басшылығы қабылдайды. Зақымдану орнына келгеннен кейін жою байланыс желісінің бүлінген бөлімшесін толық қалпына келтіргенге дейін бақылау мерзімінде жүргізіледі.

АВР шығу уақытын және зақымдану орнына келу уақытын жедел басқарудың кезекші қызметкер белгілейді.

АВР желілік-кәбілдік цехтың (ЛКЦ) немесе АВБ - авариялық-қалпына келтіру бригадасының күшімен жүргізіледі.

ЛКЦ немесе АВБ бүлінген кәбілдік желісінің жұмысқа қабілеттілігін жедел қалпына келтіру үшін қажетті көлемде кәбілдердің авариялық қорымен, уақытша кәбілдік ендірмелермен, энергиямен жабдықтау жабдықтарымен, құрал-сайманмен, трассалық іздестіру құралдарымен, көлікпен және басқа да авариялық қор арнайы бөлінген үй-жайларда сақталуы тиіс.

Әрбір нақты жағдайда байланысты жедел қалпына келтіруді қамтамасыз ететін авариялық-қалпына келтіру жұмыстарын (АВР) орындаудың жүйелілігін жұмыс басшысы және технологиялық карта анықтайды.

Технологиялық карталар әртүрлі операциялар мен АВР кезеңдерінің кезектілігі мен есептік мерзімдерін регламенттейді. Желілік зақымдануды жою технологиясы желінің барлық бөлімшелері үшін бірдей.

Жұмыс уақытында және жұмыс уақытынан тыс АВБ жинау уақыты пайдаланушы ұйымының технологиялық картасында көрсетіледі.

Технологиялық карталарды бекіту кезінде желілік зақымдануды жоюдың барлық процесі барынша аз болуы тиіс.

Технологиялық картаны өндірістік-техникалық әзірлеу бөлімі және пайдаланушы ұйымның басшысы бекітуі тиіс. Технологиялық карта аварияны жою алгоритміне және нақты кәбілдік желі үшін жұмыс түрлеріне арналған нормативтерге сәйкес кәбілдердің түрін, трассаның өту шарттарын және т. б. ескере отырып әзірленеді.

Аварияны жоюдың белгіленген жоспарлары, аварияны жою жөніндегі жұмыстардың барысы және туындаған қиындықтар туралы ӨТО (өндірістік техникалық орталық) бастығы өз басшылығына дереу баяндауға міндетті.

Байланыс тоқтап тұру уақытын қысқарту мақсатында, зақымдану жойылған кезде барлық жағдайларда тарату желісін қалпына келтіру уақытша сұлба бойынша ұйымдастырылады. Бүлінген кәбіл желісінің жұмыс қабілетін жұмылдырылған барлық желілік трактілерді зақымдану бөлімшесінде уақытша сұлбасын қалпына келтіру қарастырады. Әдетте, уақытша кірістіру көлемі мен ұзындығы 100 метрден кем емес оптикалық параметрлері бар пайдалануда болатын ұқсас кәбілден жасалады. Уақытша кірістіру барабанда сақталуы тиіс, бұл ретте оны қосу құрылғыларымен (уақытша жалғастырғыштармен) алдын ала аяқтау қажет емес, бірақ кәбілдің ұштарын герметизациялау қажет. Барабанға кәбілдің соңғы тексеруінің маркасы, ұзындығы және күні көрсетілген жапсырма бекітілуі тиіс. Тексеру әр оптикалық талшықтың бүтіндігіне рефлектометрмен өлшеуді жүргізу арқылы орындалады.

Кәбілдерді уақытша кірістіру ретінде әрбір пайдаланғаннан кейін кәбіл және жалғағыш құрылғылар тазартылуы, кәбілдер барабандарға оралуы және сыналуы тиіс. Уақытша кірістіру жылына кемінде бір рет тексерілуі тиіс.

Тексеру және тексеру нәтижелері, сондай-ақ пайдалану қоры мен уақытша ендірмелерді тексеру нәтижелері сияқты тиісті журналға енгізіледі.

Бүлінген бөлімшедегі барлық жұмыс трактілері қалпына келтірілгеннен кейін уақытша сұлба бойынша желіні қалпына келтірудің тұрақты сұлбасына көшу жөніндегі жұмыстар ұйымдастырылады. ТОБЖ жұмысының тұрақты нұсқасына ауысуды байланыс желісінің сенімді жұмысына кепілдік беретін жұмыстардың толық кешені жүргізілгеннен кейін ғана жүзеге асырады. Желі арқылы АВР-ны қайтару жұмыс режимінде ТОБЖ-ның жұмыс істеуі туралы растауды алғаннан кейін ғана рұқсат етіледі.

Аварияға шығу кезінде ЛКЦ (линиялық кәбіл цехінің) бригадасы бар автокөлік авариялық мүлік тізбесімен, сондай-ақ кәбіл желісі трассасының планшетімен және АВР жүргізуге арналған технологиялық картамен толықтырылуы тиіс.

АВР іс-қимылдарын үйлестіру үшін АВР технологиялық процесінің қажетті элементі болып табылатын қызметтік байланыс пайдаланылады және аварияны жөндеу бригадасы зақымдану орнына келгеннен кейін дереу ұйымдастырылады.

АВР процесінде қызметтік байланыстың уақытша арналары ұйымдастырылады: станция мен қазаншұңқыр арасында; оптикалық кәбілдік қондырғыларды монтаждау жүргізілетін қазаншұңқырлар арасында.

Техникалық мүмкіндіктерге байланысты қызметтік байланыс телефондық оптикалық, радиотелефондық және спутниктік болуы мүмкін. Ол авариялық бригаданы жабдықтау жиынтығына кіретін қызметтік байланыс құралдарының көмегімен қамтамасыз етіледі. Қазаншұңқырлар арасында қызметтік байланыс арналары радиостанциялардың көмегімен ұйымдастырылады. Станция мен қазаншұңқыр арасында тұрақты ұялы немесе спутниктік байланыс болмаған жағдайда байланыс оптикалық телефон арқылы ұйымдастырылады.

Қазаншұңқыр мен станция арасындағы оптикалық телефон бойынша байланыс нөмірі АВР-да технологиялық картамен анықталған оптикалық талшық бойынша FIBRL оптикалық кәбіл арқылы және станция жағынан патчкорд арқылы зақымдану тарапынан «пигтейлді» қосу жолымен жүзеге асырылады.

Байланыстардың тұрып қалу ұзақтығы уақытша кәбілдік ендірмелерді қосу жолымен байланысты толық көлемде қалпына келтіру уақыты болып саналады. Зақымдану тұрақты сұлба бойынша байланыстар қалпына келтірілгеннен кейін жойылған деп есептеледі.

Талшықты оптикалық байланыс желісінде зақымдану жойылғаннан кейін ЛКЦ/ТҚҰ қызметкерлері:

1) 10 күн ішінде желілік анықтаманы өзгертуді рәсімдейді, жұмыс құжаттамасын түзетеді (планшет);

2) бухгалтерлік есеп талаптарына сәйкес зақымдану жойылған кезде пайдаланылған тауарлық-материалдық құндылықтарды (ТМҚ) есептен шығарады.

Талшықты оптикалық байланыс желісінде зақымдану жойылғаннан кейін ЖКЦ қызметкерлері: тұрақты ендіруге көшкеннен кейін іргелес бөлімшелердегі үдемелі оптикалық және физикалық ұзындықтардың сұлбаларына өзгерістер енгізеді.

Талшықты оптикалық байланыс желісіндегі барлық апаттарға тиісті актілер жасай отырып, талдау жүргізіледі. Талдау жүргізу барысында:

1) кінәлі қызметкерлерді, авария сипатын және себептерін анықтайды;

2) АВР жүргізуді ұйымдастыру мен жеделдігін, авария орнын оқшаулау дәлдігін, аспаптарды, тетіктерді және басқа да құралдарды пайдалану тиімділігін, алдын алу іс-шараларының пәрменділігі мен уақтылығын (күзет-ескерту жұмыстары -ДРК) бойынша жұмыстар кешенін жүргізу, техникалық қадағалау, жоспарлы және бақылау өлшеулерін және т. б. жүргізу) қарайды және бағалайды;

3) талшықты оптикалық байланыс желісін қалпына келтіру уақытына егжей-тегжейлі талдау жүргізеді, оны қысқарту жолдарын белгілейді;

4) осындай авариялар болдырмау жөніндегі шараларды айқындайды;

5) кінәлілерді жауапқа тартады.

Техникалық жұмыстарды жүргізу кезінде еңбекті қорғау және қауіпсіздік техникасы үшін жауапты ЛКЦ/АВБ бастығы болып табылады.

АВР өндірісі бойынша жұмыстарға өндірістік оқудан, біліктілік комиссияларында білімін тексеруден және талшықты-оптикалық кәбілмен жұмыс істеу ерекшеліктері бойынша нұсқамадан өткен адамдар жіберіледі. Авариялық зақымданған жерге келген соң, жерді панорамалық суретке түсіруді қоса алғанда (жақын маңдағы объектінің атауы немесе орналасу ерекшеліктері), сондай-ақ кәбілді зақымдаған жерді қазу техникасы ла суретке түсіріледі.

Бақылау сұрақтары

1. Авариялық-қалпына келтіру жұмыстары деген ұғымды түсіндіріңіз.
2. Зақымдалған кәбіл желісін қалпына келтіру жұмыстарын ұйымдастырудың аймақтарға байланысты ерекшеліктерін түсіндіріңіз.
3. Талшықты оптикалық байланыс желісінде зақымдану жойылғаннан кейін қандай жұмыстар орындалады?
4. Кәбілдерді қалпына келтіргеннен кейін талдау не себепті жүргізіледі?

5.2 Уақытша сұлба бойынша ТОБЖ қалпына келтіру жұмыстарын ұйымдастыру

Желілік авариялық зақымдану туралы ақпарат алған кезде жедел басқарудың кезекші қызметкері инженер-өлшеуіштерді, ЖКЦ/АВБ бастықтарын хабардар етеді. Содан кейін хабарлау сұлбасы бойынша АВБ жедел жиыны, басшылықты хабардар ету жүргізіледі.

ЖКЦ/АВБ бастығы авариялық зақымдану туралы хабарламаны алғаннан кейін іргелес станциялардан өлшеу жүргізуді дереу ұйымдастырады және АЖБ жинауға кіріседі. Инженер өлшеу жұмыстарын жүргізеді және ЖКЦ/АВБ бастығына зақымдану орнына дейінгі оптикалық арақашықтықты хабарлайды. Сонымен қатар, оптикалық және физикалық ұзындықтарға жақын жатқан бөлімшелерде, қандай муфталар арасында зақымданудың орын алғанын анықтау жүргізеді, жақын муфтадан зақымдану орнына дейін кәбіл бойынша физикалық қашықтық анықталады және ЖКЦ/АВБ шығуы ұйымдастырылады.

АВБ жинау алдын ала әзірленген жоспар бойынша жүргізіледі, ЖКЦ/АВБ бастығы әзірлейді және оны ұйым басшысы бекітеді.

Инженер станцияға келіп, зақымдану орнына дейінгі қашықтықты анықтау үшін бос және жұмысшы ОТ өлшеуді жүргізеді. Зақымдану орнына дейінгі қашықтық туралы ақпарат тез арада ЖКЦ/АВБ бастығына және кезекші қызметкерге берілуі тиіс.

Егер бүлінген бөлімшеде ақаусыз бос оптикалық талшық болса, онда жұмыс істемейтін тарату жүйелерін оптикалық талшыққа ауыстырып қосу

жүргізіледі. Ол үшін зақымдалған бөлімшеге іргелес шектес станцияларда оптикалық патчкордтарды ODF-та қайта жөндеуден өткізу керек. Қайта қабылдау басшының немесе ЖКЦ/АВБ бастығының келісімі бойынша жүргізіледі. Бос оптикалық талшық ауысқаннан кейін кезекші қызметкерлерден трактілер мен сервистерді қалпына келтіру туралы растама алу қажет. Одан әрі зақымдану себептері анықталады және оларды жою бойынша шаралар қабылданады.

АВБ өлшеу нәтижелерін алып, зақымданған ауданға барады және трассаны тексереді. Келгеннен соң зақымдану сипаты анықталады.

Егер бірмезетте бірнеше зақымдану болса, онда алдымен бір кәбіл жүйесі қалпына келтіріледі, содан кейін келесісі. Әрбір жағдай бойынша кәбілді қалпына келтірудің бірінші кезектілігін ұйым басшысының келісімі бойынша ЖКЦ/АВБ бастығы айқындайды.

Бақылау сұрақтары

1. Желілік авариялық зақымдану туралы кімдерге ақпарат беріледі?
2. Бір мезетте бірнеше зақымдану болса, онда қалпына келтіру жұмыстары қалай жүргізіледі?

5.3 Зақымданған жерді оқшаулау

Оптикалық кәбілдің (ОК) зақымдану орнын оқшаулау жергілікті жерде зақымдану орнын анықтауға бағытталған іс-шаралар кешені болып табылады.

ОК орнын тиімді оқшаулау бірнеше кезеңге бөлінеді:

1) өлшеу нүктесінен зақымдану орнына дейінгі қашықтықты анықтау және осы бөлімшеде жарамды оптикалық талшықты анықтау үшін бос ОТ бойынша оптикалық рефлектометрдің көмегімен өлшеу жүргізу. Зақымдану орнына дейінгі қашықтықты анықтау кезінде әрбір ОТ оптикалық қашықтықтың эталондық мәнін (бүлінбеген ОТ-қа сәйкес келетін мән) білу қажет. Мұндай деректер пайдалану процесінде оптикалық талшықтарды тарату кестесінде белгіленуі тиіс. Егер зақымдалған бөлімшеде бос ОТ болмаса, онда өлшеулерді жұмыс істеп тұрған ОТ бойынша жүргізу керек;

2) физикалық қашықтықты анықтау. Оптикалық ұзындықтан кәбілдің физикалық ұзындығына қайта есептеу үшін кәбілдің орташа арту коэффициентін алу қажет-1,013. Оптикалық кәбіл үзілген жағдайда зақымдану орнын дәл анықтау үшін станциялардағы және муфталардағы ОК қорларын ескеру қажет. Ақпаратты жедел пайдалану үшін станциялардағы және муфталардағы ОК қоры бойынша сұлбаны рефлектометрі бар сөмкеде сақтау қажет;

3) кәбіл трассалары планшеттерінің және трассалық іздестіру құралдарының көмегімен зақымдану орнын көзбен көру.

Рефлектометр көмегімен өлшеуді жүргізу келесі ретпен орындалу қажет:

1) желіде өлшенетін талшықтың екі жағынан патчкордтарды ажырату;

2) рефлектометрді өлшенетін желінің оптикалық талшығына қосу. Өлшеу патчкордтарын қосар алдында микроскоптың көмегімен патчкордтардың өз ажыратқыштарының тазалығына көз жеткізу;

3) өлшеу жүргізу;

4) рефлектометрді өлшенген оптикалық талшықтан ажырату;

5) патчкордтарды қосар алдында микроскоптың көмегімен патчкордтардың өз ажыратқыштарының тазалығына көз жеткізу;

6) бұдан әрі патчкордтарды өлшенген оптикалық талшық бойынша екі жағынан қосу.

ТОБЖ зақымдалуын жою кезінде RAMAN күшейткішінің кірісінен пигменттер мен патчкордтарды ажыратуға тыйым салынады. Пигтейл/патчкордты алу RAMAN күшейткішін өшіргеннен кейін жедел басқару кезекші қызметкерлерінің бұйрығы бойынша ғана мүмкін. Біліксіз әрекеттер RAMAN күшейткішінің істен шығуына әкелуі мүмкін.

ТОБЖ бөлімшесінде тарату жүйесінің бірі істен шыққан, ал қалғандары жұмыста болған жағдайда, онда зақымдану себебін анықтау кезінде келесі ережені сақтау қажет:

1) зақымдану себептерін анықтау үшін станцияға жіберілетін өлшеуіште жарамды және орамда сақталатын патчкордтардың таза ажыратқыштары болуы тиіс;

2) станцияға келген соң қызметкерэлектр қорегінің (ғимараттың жарықтандырылуы) болуын тексеру, сондай-ақ ЭҚҚ мен автоматтарға назар аудару қажет;

3) бұдан әрі жабдықтың дыбыс және жарық сигнализациясы қандай күйде болуын көзбен тексеру;

4) жабдық орналасқан ғимарат ішіндегі температураға назар аудару;

5) жоғарыда көрсетілген пункттер бойынша ауытқулар анықталған жағдайда кезекші қызметкер мен басшылыққа ақпаратты дереу хабарлау;

6) жұмыс оптикалық талшықтарын өлшеуді кезекші қызметкердің нұсқауы бойынша жүргізу(қарсы станцияда өлшенетін оптикалық талшықтан патчкордты міндетті түрде алып тастау арқылы);

7) бос талшықтарды өлшеу ЖКЦ/АВБ бастығымен келісім бойынша жүргізіледі.

Бақылау сұрақтары

1. Зақымданған жерді не себепті оқшаулайды?
2. ОК орнын тиімді оқшаулау кезеңдерін атаңыз және түсіндіріңіз.
3. ТОБЖ бөлімшесінде тарату жүйесінің бірі істен шыққан, ал қалғандары жұмыста болған жағдайда, онда зақымдану себебін анықтау кезінде сақталатын ережелерді атаңыз, түсіндіріңіз.

5.4 Кәбілдің зақымдану жерін анықтау

Кәбілдің анық үзілуі – кәбіл трассасын қарау кезінде анықталатын кәбілдің зақымдануы.

Бұл жағдайда 1×0,8×1,4 метрден кем емес өлшемдегі екі қазаншұңқыр әзірленеді және ендірмені қосу үшін жұмыс орны дайындалады (шатырлар орнатылады, жарықтандыру қамтамасыз етіледі, қазаншұңқырлар мен т.б. арасында қызметтік байланыс ұйымдастырылады) (сурет 5.1).

Сурет 5.1. ТОБЖ қалпына келтіру кезіндегі қазаншұңқырлардың орналасу сұлбасы

Зақымданған кәбіл жерден 0,5-0,7 м- ге дейін ашылып, тазарттылады. Одан әрі кәбіл екі жаққа созылып, ұштары монтаж үшін белгіленген орынға орналастырылады (шатыр, автокөлік, АВТО-зертхана).

ПЭТ-дан кәбілді созғаннан кейін ОК ПЭТ-дан 15 метр қашықтықта кесіледі (тұрақты ендірмені әрі қарай монтаждауды және муфтадағы қор құрылғысын есепке ала отырып).

Кәбілдің бөлінген шеттері уақытша муфтада бекітіледі және fibrlok уақытша сұлбасы бойынша талшықтарды монтаждау жүргізіледі.

Бақылау сұрақтары

1. Кәбілдің зақымдану жерін анықтауды және жұмыс орнын дайындауды түсіндіріңіз.
2. ТОБЖ қалпына келтіру кезіндегі қазаншұңқырлардың орналасу сұлбасын түсіндіріңіз.

5.5 Телефон канализациясында оптикалық кәбілдегі зақымдануды жою

Телефон канализациясында кәбіл үзілген жағдайда телефон канализациясын бақылаушы өкілдерін хабардар ету және шақыру қажет.

Техникалық құжаттаманы пайдалана отырып, жергілікті жердегі зақымдану бөлімшесін анықтау керек. Қауіпсіздік техникасы ережелерін сақтай отырып, зақымдану орнына жапсарлас құдықтарды ашу (газдануын тексеру, қажет болған жағдайда суды сору, оның ішінде қалаларда ассенизаторлық машинаны тарту).

Кәбілдердің құдықта немесе жер астындағы зақымдану орнын нақтылау.

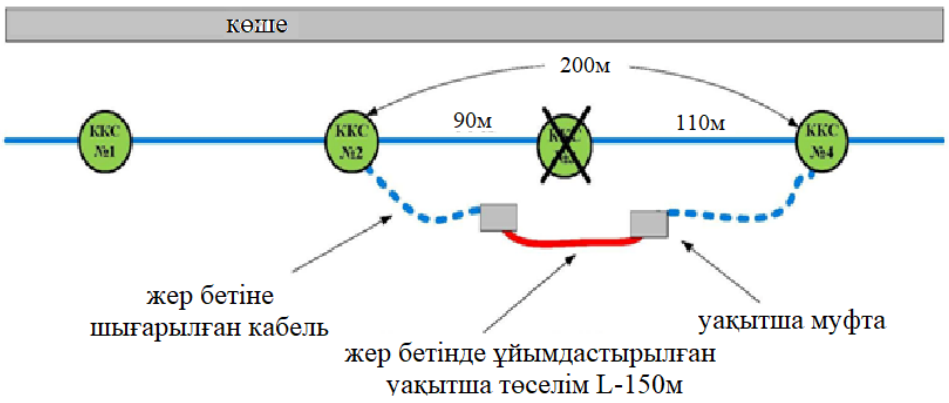
Егер зақымданған жер тікелей құдықта (зақымданған кәбіл көрінсе), онда жапсарлас құдықтарда (зақымдалмаған) шамамен 0,5-0,7 м ПЭТ ашылады. Содан соң кәбіл аралас құдықтардың екі жағына созылып, жер бетіне беріледі, ұштары монтаждау үшін белгіленген орынға орналастырылады (шатыр, автокөлік, АВТО-зертхана).

Созылғаннан кейін кәбіл ПЭТ-дан 15 метр қашықтықта кесіледі (тұрақты ендірмені одан әрі монтаждауды, муфтадағы қор құрылғысын және уақытша ендірменің ұзындығын ескере отырып) және қалған соңы кесіледі.

Уақытша ендірмені төсеу үшін қолданыстағы ПЭТ немесе орталық құдықтан (зақым болған жерде) екі жаққа уақытша ендірме созылатын басқа да бос немесе жартылай бос телефон канализациясының арналарын пайдалану қажет.

Тек кәбілдің созылу жедел мүмкіндігі болмаған жағдайда ғана телефон канализациясынан тыс уақытша ендірме салу керек. Жүріс бөлігі арқылы өтпе жолда уақытша ендірменің сақталуын қамтамасыз ету қажет. Өту орнында бақылаушыны қою.

Егер кәбіл шығарылмаса, онда оны осы құдықтарда кесіп алып, таза жерге шығару керек. Сондай-ақ, егер зақымдалған аралықтан созылған кәбілдің ұшы 5 метрден кем болса, онда ол аралас құдыққа тартылады (кәбілді монтаждау үшін анықталған орынға беру мүмкіндігін ұйымдастыру үшін). Уақытша кірістіру ұзындығына назар аудару керек. Стандартты емес жағдайларда кәбілдік канализацияда зақымдануды жою жөніндегі барлық шешімдер басшылықпен келісілуі тиіс (сурет 5.2).



Сурет 5.2. Уақытша қондырма ұзындығы жеткіліксіз болған кезде кәбіл канализациясындағы зақымдануды жою.

Кәбілдің бөлінген шеттері уақытша муфтада бекітіледі және fibrlok уақытша сұлбасы бойынша талшықтарды монтаждау жүргізіледі.

Уақытша ендірменің ұзындығы зақымдалған ТОБЖ қалпына келтіру үшін жеткіліксіз болған жағдайда, онда кәбілдің ұштары аралас құдықтарға созылып, одан әрі жер беті бойынша бүліну болған құдықтар бағытында төселуі тиіс. Бұл ретте уақытша ендірмені механикалық зақымданудан оны топыраққа қазу жолымен немесе өзге де тәсілдермен қорғау қамтамасыз етіледі.

Бақылау сұрақтары

1. Телефон канализациясында оптикалық кәбілдегі зақымдануды жою кезінде істелетін жұмыстарды түсіндіріңіз.
2. Кәбіл канализациядан шығарылмағандағы іс шараларды атаңыз.
3. Уақытша қондырма ұзындығы жеткіліксіз болған кезде кәбіл канализациясындағы зақымдануды жою әрекетін түсіндіріңіз.

5.6 Оптикалық муфтада ОТ зақымдануын жою

Оптикалық муфтада зақымдану кезінде муфталар орналасқан жерде қазаншұңқыр әзірленеді, оптикалық муфтаның контейнері ұқыпты үзіледі, муфта мен талшықты оптикалық кәбілдің қоры құмнан босатылады. Бұдан әрі контейнердегі муфтаны және ОК қорын тексеру қажет, оларды сыртқы зақымданудың бар-жоғын тексеру қажет.

Күрделі сыртқы зақымдану ОК немесе муфталар анықталған кезде зақымдану жою бойынша жұмыс көлемі және бүлінген аралықты ауыстыру үшін қажетті кәбіл саны анықталады.

Сыртқы зақымдану болмаған кезде муфталар мен муфтаны қазандардан ұқыпты шығарып, оны жұмыс істеу үшін дайындалған орынға (шатыр, автокөлік, АВТО-зертхана) апарады және ашады.

Муфтадан (кассетадан) бүлінген ОТ алғаннан кейін көзбен шолу жүргізіледі. Сыртқы зақымдану болмаған жағдайда ОТ монтаждық үстелде еркін қойылады. Өлшеуіш соңғы станциядан қайта өлшеуді жүргізеді. Мұндай манипуляцияларда муфталарда талшық қорларын ұқыпсыз жинау кезінде пайда болуы мүмкін үлкен өшу мәндерімен біртектілік жойылуы мүмкін. Гильзаның ішінде ОТ үзілу немесе қисаю түрінде ОТ анықталған кезде өлшеуіштің бұйрығы бойынша (нақты уақыт режимінде осы ОТ-қа рефлектометр қосылған кезде) монтаждаушылар ОТ гильзаның екі жағынан алдымен алыс, содан кейін жақын жағын сындырады. Содан соң ОТ дайындап, қайтадан пісіреді. Егер бұл ретте өлшеуіш рефлектометр экранында оптикалық талшықтың жартылау, дәнекерлеу процестерін байқамаса, онда бұл оптикалық талшықтың зақымдануы (үзілуі) муфтаның өзінде немесе оған тікелей жақын жерде екенін білдіреді.

Бұл жағдайда келесі жұмыстар жүргізіледі:

- дәнекерлеу құрылғысында оптикалық талшықты сындырады және оны өлшеуіш жағынан орайды.

Егер бұл ретте рефлектометр экранында өзгерістер пайда болса, ал рефлектограмманың соңында қалыпты сынауға сәйкес келетін жарық пайда болса, бұл «өлшеуіш – муфта» бөлімшесіндегі ОТ жарамды екенін білдіреді.

Бұл жағдайда келесі жұмыстар жүргізіледі:

- дәнекерлеу құрылғысында оптикалық талшықтарды сындырады және оны өлшеуіш жағынан орайды. Егер бұл ретте рефлектометр экранында өзгерістер пайда болса, ал рефлектограмманың соңында қалыпты сынауға сәйкес келетін жарық пайда болса, бұл «өлшеуіш – муфта» бөлімшесіндегі ОТ жарамды екенін білдіреді;

Екінші жағынан ОТ дайындайды және дәнекерлеу құрылғысында дәнекерлеуге дайын ОТ түзетеді. Нормаға сәйкес келетін түзетуді бағалау кезінде өлшеуіштің бұйрығы бойынша монтаждаушы дәнекерлеуді жүргізеді.

Егер жапсардың енгізілетін өшуі нормаға сәйкес келсе, онда ОТ (үзілуі) кесілген гильзада немесе оның жанында болған, яғни дәнекерлеу жігінің сөнуін рефлектометрмен өлшейді.

Монтаждаушылар ОТ-ны зақымдалған жағынан муфтада тексереді, оны модульден созуға абайлап әрекет етеді. Егер ОТ кесіндісі модульден шығатын болса, онда монтаждаушылар модульді бөліп, оптикалық желі қалдығының ұзындығын анықтайды. Оның ұзындығына байланысты бүлінген немесе барлық муфтаны зақымдалған жағынан желілік кәбіл қорын пайдалана отырып толығымен қайта бөледі. Муфтада ОТ үзілмесе, ОТ орнын анықтау үшін қарама-қарсы станциядан өлшеу жүргізіледі.

ОТ орнын неғұрлым дәл анықтау мақсатында - басшылықпен келісім бойынша - жарамды бос ОТ бірін үзеді және рефлектометр экранындағы үзіктердің орнын салыстырады. Салыстыру нәтижесі бойынша муфтаның жанында ОК қорының жеткіліктілігі немесе ОК бөлімшесін ауыстыру қажеттілігі анықталады.

Тест тапсырмалары

1. Авариялық-қалпына келтіру жұмыстарына қойылатын негізгі талап

A. қысқа мерзімде беру желісінің жұмысқа қабілеттілігін қалпына келтіру

B. талшықтарды дәнекерлеуге дайындау

C. оптикалық желі қалдығының ұзындығын анықтау

D. зақымданған жерді оқшаулау

2. Телефон канализациясында кәбіл үзілген жағдайда орындау қажет

A. телефон канализациясын бақылаушы өкілдерін хабардар ету және шақыру қажет

B. зақымданған жерді оқшаулап, акт жазу керек

C. бүлінген аралықты ауыстыру үшін қажетті кәбіл саны анықталады

D. зақымданған кәбілді муфтаға жалғайды

3. ТОТЖ құрылысының қай кезеңінде ТОК кіріс бақылауы жүргізілетінін көрсетіңіз
A. ТОК сатып алу кезеңінде
B. зауыттағы ТОК-тың шығу бақылауының нәтижелері қабылданғанда
C. ТОК салғаннан кейін
D. дайындық кезеңінде

4. Рефлектометрдің рұқсат ету қабілеті неге байланысты?
A. импульс ұзақтығына және қабылдағыштың өткізу жолағына
B. жиілік тұрақсыздығына
C. динамикалық диапазонға
D. орташа уақытқа

5. Пайдалану өлшемдерінің түрлері
A. арнайы, монтаж алдындағы
B. профилактикалық, авариялық, бақылау, арнайы
C. монтаж алдындағы, төсеуден кейінгі, қабылдау-тапсыру, арнайы
D. жоспарлы-профилактикалық, төсеуден кейін

6. Оптикалық рефлектометрлерде сызықтық аппроксимацияның қандай әдістері қолданылады?
A. екі нүкте әдісі және ең кіші квадраттар әдісі
B. ең үлкен квадраттар әдісі
C. жеті нүкте әдісі
D. бес нүкте әдісі

7. Оптикалық ұзындығы орта-модульді құрылым ТОК физикалық ұзындығынан артық болатын негізгі себептерді атаңыз
A. тірек элементінің айналасында жарық өткізгіш модульді бұрау
B. барлық ОТ орталық модульде еркін жатыр
C. қуат элементінің айналасындағы орталық және резервтік модульдерді бұрау
D. жарық өткізгіш модульдің ішінде жарық өткізгіштерді бұрау

8. Муфтада ОТ үзілмесе, онда ол қалай анықталады
A. қарама-қарсы станциядан өлшеу жүргізіледі
B. акт жазылады
C. муфтаны ашып, тексеру жүргізіледі
D. муфтаны ауыстырады

9. Оптикалық муфта зақымданғанда орындалады

A. муфталар орналасқан жерде қазаншұңқыр әзірленеді, оптикалық муфтаның контейнері ұқыпты үзіледі, муфта мен талшықты оптикалық кәбілдің қоры құмнан босатылады

B. оптикалық муфтаның контейнері ұқыпты үзіледі, муфта мен талшықты оптикалық кәбілдің қоры құмнан босатылып, бөлімшеге алып келеді

C. талшықты оптикалық кәбілдің қоры құмнан босатылып, сол жерде дәнекерлеу жұмысы орындалады

D. зақымданған жер оқшауға алынып, рефлектометрлермен өлшенеді

10. Зақымданған кәбіл жерден қанша... метрге дейін ашылып, тазартылады

A. 0,5-0,7

B. 1

C. 2

D. 0,3

Бақылау сұрақтары

1. Авариялық-қалпына келтіру жұмыстарын түсіндіріңіз.
2. Зақымдану анықталғандағы қызметкерлердің жұмысын түсіндіріңіз.
3. Зақымданған жерді оқшаулау әдістерін түсіндіріңіз.
4. Кәбілдің зақымдану жері қалай анықталады?
5. Телефон канализациясындағы зақымдануды жою жұмыстарын түсіндіріңіз.
6. Оптикалық муфтада зақымдануды жою жұмыстарын түсіндіріңіз.
7. Рефлектометрмен жұмыс істеу дағдысын түсіндіріңіз.
8. ТОБЖ-да зақымдану жойылғаннан кейінгі қызметкерлердің жұмысын түсіндіріңіз.

Қорытынды

Оқу құралы 1309000 –мамандығының КМ 01 «Талшықты - оптикалық байланыс желілері мен оптикалық жабдықтардың көмегімен ақпарат беру жүйелерінің қазіргі заманғы технологияларын қолдану» модулі бойынша өзектілендірілген оқу жоспарына сәйкес әзірленген.

Оқу құралдарын әзірлеу бойынша авторлық ұжым болып КМ 01 модульдері анықталды.

Бұл модуль жұмыстың нәтижелілігін сипаттайды және оқушыларға талшықты оптикалық тарату жүйесінің және оны үлгілеу жүйелерінің қазіргі заманғы технологияларын қолдану үшін қажетті дағдылар мен білімді алуға мүмкіндік береді.

Бұл оқу әдістемесінде талшықты-оптикалық байланыс желілері мен оптикалық жабдықтардың көмегімен ақпарат беру жүйелерінің қазіргі заманғы технологиялары қарастырылған. Талшықты оптикалық тарату жүйелерінің қолданыстағы элементтік базасының негізгі сипаттамалары мен қолданылу салалары, құру принциптері және есептеу техникасының жұмыстары түсіндірілген.

Оптикалық кәбілдер мен желілік жабдықтардың қолданыстағы түрлері мен олардың негізгі техникалық сипаттамалары келтірілген.

Сонымен қатар талшықты-оптикалық кәбілдерді бөлу, оптикалық талшықтарды дәнекерлеуге дайындау және өлшеуді келтіру, көп модтық және бір модтық оптикалық талшықтарды дәнекерлеу жұмыстары қарастырылған.

Осы оқу әдістемесі оқушыларға, желілік жабдықтарды пайдалана отырып, талшықты-оптикалық байланыс желілерінің функционалдық сұлбалары арқылы талшықты-оптикалық байланыс жүйелерінің топологиясын әзірлеу кезінде нақты техникалық шешімдерді қабылдауға және негіздеуге көмек бере алады.

Қысқартылған сөздер

АВР- авариялық-қалпына келтіру жұмыстары
АВБ- авариялық-қалпына келтіру бригадасы
АЛ - абоненттік желі
ВАС - ватт - амплитудалық сипаттама
АС (ОС) - ақырғы станция
ЖКЦ (ЛКЦ- линейный кабельный цех) - желілік кәбілдік цех
ИКМ - импульсті кодты модуляция
КОД - қол жеткізу контейнері
(ККС) КБҚ - кәбілдік байланыс құдықтары
ТОТЖ (ВОСП) - талшықты оптикалық тарату жүйесі
ТОБЖ (ВОЛС) - талшықты оптикалық байланыс желісі (линиясы)
PON - пассивті оптикалық желі
POH - Path Overhead - маршруттың басы
PTR - Pointer - SDH жүйесіндегі көрсеткіш
RGEN, REG - Regenerator - Регенератор
RSOH - Regenerative Section Overhead - регенераторлық секцияның басы
SDH - Synchronous Digital Hierarchy - синхронды цифрлық иерархия
SDXC - Synchronous Digital Cross Connect - синхронды цифрлық коммутатор
SOH - Section Overhead – секция басы
STM - Synchronous Transport Module - синхронды транспорттық модуль
SDH – синхронды цифрлы иерархия
TU -Tributary Unit - жүктеме блогы
TUG - Tributary Unit Group - жүктеме блоктарының тобы.
VC - Virtual Container - Виртуалды контейнер
PDH - Plesiochronical Digital Hierarchy - плезиохронды цифрлық иерархия
SMUX- мультиплексор регенератор режимінде
TM -Terminal Multiplexer - терминалды мультиплексор
AU -Administrative Unit - административтік блок
СМІ - екі деңгейлі код
LO POH - Low Order POH - төменгі деңгейлі маршруттың басы
К1, К2 – автоматты түрде резервті қосатын сигнализация
СЦИ - синхронды цифрлық иерархия
ОК - оптикалық кәбіл
ОТ- оптикалық талшық

Глоссарий

Ағып шығатын мода – энергияның жоғалуына байланысты жарық өткізгіштің қабықшасына сыну салдарынан жарық өткізгіште өшетін мод. Жарық өткізгіштің шетіне сыртқы шығу көзінен түсетін сәуленің түсу бұрышы апертура бұрышы мәнінен асып кеткен кезде пайда болады.

Ағаш тәрізді топология – телекоммуникация желі құрылымы ағаш тәріздес тармақталған болады.

Ағытпаларды құрастыру - кабельдердің ұштарында ажыратқыштарды кейіннен жалғау және коммутациялау үшін орнату процесі.

Апертура бұрышы – бұл мод таралатын оптикалық талшықты жарық таратқыштың оптикалық өзегінің осі мен кеңістіктегі сәуле арасындағы ең жоғары бұрыш.

Аралық муфта - сыртқы магистральдық кәбілдерінің ұзындығын жалғауға арналған құрылғы. Әдетте дөңгелек қырлары бар цилиндр немесе параллелепипед түрінде болады.

Белсенді емес (пассивный) элемент - ақпараттық деңгейде берілетін сигналдарға өзгерістер енгізбейтін кәбілдік жүйенің құрылымдық құраушысы.

Біржақты жүйе (симплексная система)– резервтік аппараттық құралдары жоқ жүйе.

Біржақты тарату (сиплексная передача) – байланыс желісі бойынша тек бір бағытта сигналдарды тарату.

Бір модалы талшық – өте тар өзегі бар оптикалық талшық -диаметрі 10 мкм немесе оданда аз. Жоғары жылдамдықты тарату үшін үлкен қашықтыққа қызмет етеді.

Бір түстілік (монохроматичность) – сәулелену спектрінің енін анықтайтын сәуле шығару сипаттамасы.

Ғимараттық кросс орны (кроссовые здания) – ішкі магистралды кәбілдерді ғимарат қабаттарында орналасқан жабдықтармен жалғау орны.

Демультиплексор – бір ағынды оптикалық сигналдарды бірнеше тәуелсіз арналарға бөлу.

Дисперсия - электромагниттік сәулеленудің жекелеген спектральды құрауыштарының уақыт бойынша шашырауы. Дисперсия жарық өткізгіштегі жарық импульстерінің уақыт ішінде кеңеюіне себепші болады.

Екі жақты тарату (дуплексная передача) – байланыс желісі бойынша екі бағытта ақпараттарды бір мезгілде тарату.

Екі талшықты оптикалық кәбіл – бір қорғағыш қабықшасы бар екі оптикалық талшық.

Жарық шығаратын диод (светоизлучающий диод) – кернеуді беру кезінде жарықты сәуле шығаратын жартылай өткізгішті құрал.

Желі топологиясы (топология сети) – аумақтық, әкімшілік және ұйымдастыру факторларын ескере отырып, олардың арасындағы тораптар

мен қосылыстардың физикалық орналасуын көрсететін желінің жалпы сұлбасы.

Интерфейс - екі жүйенің немесе жабдық бөліктері аралығындағы шекара.

Когерентті сауле (когерентное излучение) – толқынның кез келген екі нүктесінде тербеліс фазаларының әртүрлілігі сәулеленудің әрекет ету уақытында тұрақты болып қалатын сәуле.

Когерентті толқын (когерентная волна) – жиілік тербелістері және фазалардың тұрақты ығысуы бірдей толқын.

Көлденең толқын (поперечная волна) – таралу бағытына толқындардың көлденең таралуы.

Көп сәулелі коннектор (многолучевой коннектор) – көп талшықты кәбілдің қосқыш панельдің коннекторларымен ажыратылған қосылуын қамтамасыз ететін оптикалық талшықты құрылғы.

Кросс – кәбілдердің, кәбіл элементтері мен сымдардың аяқталуын электрлік қосу және механикалық бекіту үшін байланыс құрылғысы.

Оқшаулағыш арқылы бұрандалы түйіспе (врезной контакт сквозь изоляции) – оқшаулағыш материалға байланысты. Анықтаушы фактор оның оқшаулау қалыңдығы емес, материалдың сипаттамалары болып табылады. Оқшаулама кедергісі ұзындығына байланысты.

Оптикалық араластырғыш (оптический смеситель) – бір арна бойынша бірнеше оптикалық сигналдарды тарататын оптикалық қондырғы.

Оптикалық кабель - жарық тарататын кәбіл. Бұл бірнеше шыны немесе пластикалық талшықтардан тұратын, қорғаныс қабатымен, мықты материалмен және сыртқы қабықпен қоршалған тарату ортасы.

Өсімді (сросток) – дәнекерлеумен немесе желімдеумен орындалған екі талшықты жарық өткізгіштің тұрақты қосылуы.

Пісіру (сварка) – талшықты жарық өткізгіштердің ажырамайтын жалғау технологиясы, олардың ұштарын электр доғасымен балқытуға негізделген.

Штабик (штабик) - оптикалық талшықты тарту үшін оптикалық шыныны дайындау.

Экрандалмаған шиыршықтанған жұп (неэкранированная витая пара) – экрандаушы қабықтары жоқ бірнеше орам сымдардан тұратын кәбіл түрі.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

Негізгі әдебиеттер

1. Айгараева Г.А., Асанова Қ.С. «Көпарналы телекоммуникациялық жүйелер» , Фолиант, Астана, 2016.

2. Г.Бойко., В. Эйрих Волоконно-оптические системы передачи, Фолиант, Астана, 2012.

3. Фокин В.Г. Оптические системы передачи и транспортные сети, Экотрендз, Москва, 2008

4. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи Техносфера Москва. 2007г.

5. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH.-М.:ЭКО-ТРЕНДЗ.1997г.

6. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи.-М.:Р/с. 2000г.

7. Бакланов И.Г.Технологии измерений первичной сети-Часть 1. Системы Е1, PDH, SDH.- М .,2000г.

8. www.yandex.kz/спектральное уплотнение каналов.

Қосымша әдебиеттер

9. Бакланов И.Г. Технологии измерений первичной сети-Часть 2. Системы синхронизации, B-ISDH, ATM- М ., 2000г.

10. Бакланов И. Г. Технологии ADSL/ADSL2+: теория и практика применения. – М.: Метротек, 2007.

11. Балашов В.А. Технологии широкополосного доступа xDSL. Инженерно-технический справочник.-М., 2009 г.

12. Власов В.Е., Парфенов Ю.А. Кабели цифровых сетей электросвязи.-М.: Эко-Трендз, 2005.

13. Кабели СКС на сетях электросвязи. Теория, конструирование, применение./под ред. В.Е.Власов и др. - М.: Эко-Трендз, 2006.

14. Олифер В. Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. 3-е изд. – С-Пб.: Питер, 2006.

15. Гольдштейн В.С., Пинчук А.В., СуховицкийА.Л. IP-Телефония. - М.: Радио и связь, 2001.

16. Слепов Н.Н. Развитие технологий оптической связи и волокон: Семинар компании Corning – 19.12.06. – Фотоника, №2, 2007.

17. Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Пассивные оптические сети PON //LightwaveRussianEdition, 2004.

18. Гладышевский М.А. Сравнение технологии EPON и GPON// Lightwave Russian Edition, 2005.

19. Иванов А. Б. Контроль соответствия в телекоммуникациях и связи: измерения, анализ, мониторинг. - М.,Системс,2000.

20. Олифер В. Г. Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы.. Учебник для вузов. 3-е изд. - СПб.. Питер. 2006.