

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Альбекова Жансая Мусағалиқызы

«Оптикалық қол жеткізу құрамдас базасы және желілерін құрастыру  
принциптері»

## **ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА  
ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

 Е.Таштай

«24» 05 2022 ж.

### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Оптикалық қол жеткізу құрамдас базасы және желілерін  
құрастыру принциптері»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

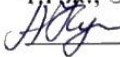


Ж.М.Альбекова

Пікір беруші  
КазНАУ., доктор PhD., қауым  
профессор

 Ә.Б.Несіпбек

«20» 05 2022 ж.

Ғылыми жетекші  
т.ғ.ж., ЭТЖТ сениор-лектор  
 А.Е.Куттыбаева

«20» 05 20 ж.

Алматы 2022 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.Н. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

5B071900 Радиотехника, электроника және телекоммуникация

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі

*Е.Танғай*  
«21» XII 2021 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Альбекова Жансая Мусағалиқызы

Тақырыбы «Оптикалық қол жеткізу құрамдас базасы және желілерін құрастыру принциптері».

Университет ректорының «24» желтоқсан 2021 ж. № 489-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «20» мамыр 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

а) WDM-мультиплексоры бар көпарналы оптикалық байланыс жолының сұлбасы; б) оптикалық кабель G 652, G 655, хроматикалық дисперсиясы шамамен 20пс/нм/км; в) бір арнадағы жылдамдық 10Гбит/с; г) жиілік жолағы 50ГГц; д) CWDM –STM-64 тің 16 шартты арнасы.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі: 1)WDM-мультиплексоры бар көпарналы оптикалық байланыс жолының сұлбасы; 2) Оптикалық байланыс жолына қойылатын талаптар; 3) оптикалық диапазонындағы оптикалық жүйелерді іске қосу; 4) Өшуліктерді есептеу; 5) Өшулік бойынша жол ұзындығын есептеу.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 1) Иванов В.И. Волоконно-оптические системы передачи, 2011 – 200 с 2) Данько Е.Т, Елизарова Е.Ю., Учебное пособие «Активные и пассивные компоненты волоконно-оптических систем передачи», АУЭС, 2016; 3) Скляров О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи.-СПб.: «Лань», 2010 – 120 с; 4)URL:[https://ftp.utcluj.ro/pub/users/cemil/dwdm/dwdm\\_Intro/16\\_5311757.pdf](https://ftp.utcluj.ro/pub/users/cemil/dwdm/dwdm_Intro/16_5311757.pdf) (дата обращения 19.05.2020) 5)URL: [https://www.tutorialspoint.com/optical\\_networks/optical\\_networks\\_wdm\\_technology.htm](https://www.tutorialspoint.com/optical_networks/optical_networks_wdm_technology.htm) (дата обращения 20.05.2020)

[https://www.tutorialspoint.com/optical\\_networks/optical\\_networks\\_wdm\\_technology.htm](https://www.tutorialspoint.com/optical_networks/optical_networks_wdm_technology.htm) (дата обращения 20.05.2020)

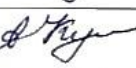
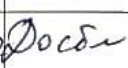
дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

### КЕСТЕСІ

| Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі                                                                   | Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі | Ескерту   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------|
| Диплом жұмысының тақырыбын талдау                                                                                 | 01.12.2021-25.12.2021                              | Орындалды |
| Оптикалық технологияларын салыстыру және байланыс жолы компоненттерін таңдау;                                     | 20.01.2022 -25.03.2022                             | Орындалды |
| Жабдықтар жұмысының есебі                                                                                         | 25.02.2022 - 20.05.2022                            | Орындалды |
| Оптикалық параметрлерін есептеу; минималды өлі аймақты есептеу, өшулікті және өшулікті өлшеудің кателігін есептеу | 25.02.2022 - 20.05.2022                            | Орындалды |
| Дипломдық жұмыстың қолжазбасы                                                                                     | 15.05.2022 -20.05.2022                             | Орындалды |

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған

### қолтаңбалары

| Бөлімдер атауы                    | Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы) | Қол қойылған күні | Қолы                                                                                  |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Диплом жұмысының тақырыбын талдау | А.Е.Куттыбаева, ЭТЖҒТ каф.сениор-лекторы                     | 23.05.2022        |  |
| Теориялық ақпарат                 | А.Е.Куттыбаева, ЭТЖҒТ каф.сениор-лекторы                     | 23.05.2022        |  |
| Норма бақылау                     | ЭТЖҒТ каф.ассистент. Ж. Досбаев                              | 23.05.2022        |  |

Ғылыми жетекшісі

  
(қолы)

А.Е.Куттыбаева

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Ж.М.Альбекова

Күні

«23» 05

2022 ж.

## АНДАТПА

Бұл дипломдық жобада оптикалық қол жеткізу құрамдас базасы мен желілерін құрастыру принциптері қарастырылды. Жобаның бірінші бөлімінде талшықты оптикалық байланыс желілері туралы ақпарат берілді. ТОВЖ құрылымы, активті және пассивті компоненттері мен қолдану аясы туралы мағлұматтар келтірілді. ТОВЖ артықшылықтары мен кемшіліктері туралы айтып өттім.

Жобаның екінші бөлімінде оптикалық желіні құру принциптері туралы ақпарат берілді. Арналардың спектрлік нығыздалуы (WDM), DWDM, CWDM жүйелері туралы мәліметтермен толықтырылды.

Жобаның үшінші бөлімінде оптикалық параметрлерін: минималды өлі аймақты есептеу, өшулікті және өшулік бойынша жол ұзындығын есептедім.

## АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте рассмотрены принципы построения компонентной базы и сетей оптического доступа. В первой части проекта была представлена информация о волоконно-оптических линиях связи. Приведены сведения о структуре ВОЛС, активных и пассивных компонентах и области применения. Я рассказала о преимуществах и недостатки ВОЛС.

Во второй части проекта представлена информация о принципах построения оптической сети. Дополнены данные о спектральном уплотнении каналов (WDM), системах DWDM, системах CWDM.

В третьей части проекта я провела расчеты по оптическим параметрам: расчет минимальной мертвой зоны, расчет погрешности измерения затухания и затухания.

## **ANNOTATION**

In this thesis project, the principles of building a component base and optical access networks are considered. In the first part of the project, information about fiber-optic communication lines was presented. The information about the structure of the fiber optic cable, active and passive components and the scope of application is given. I talked about the pros and cons of VOLS.

The second part of the project provides information on the principles of building an optical network. Data on spectral channel densification (WDM), DWDM systems, and CWDM systems have been supplemented. In the third part of the project, I performed calculations of optical parameters: calculation of the minimum dead zone, calculation of attenuation and error measurement of attenuation.

## МАЗМҰНЫ

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Кіріспе                                                                                   | 10 |
| 1 Талшықты-оптикалық байланыс желілері                                                    | 11 |
| 1.1 ТОБЖ құрылымы                                                                         | 11 |
| 1.2 ТОБЖ негізгі компоненттері, сипаттамалары және қолдану аясы                           | 12 |
| 1.3 ТОБЖ активті және пассивті компоненттері                                              | 13 |
| 1.4 ТОБЖ негізгі артықшылықтары мен кемшіліктері                                          | 16 |
| 2 Оптикалық желіні құру принциптері                                                       | 18 |
| 2.1 Үйлерге тарату желісін құру                                                           | 20 |
| 2.2 G. 652 және G. 655 оптикалық талшық түрлері және стандарттары                         | 25 |
| 2.3 Арналардың спектрлік нығыздалуы                                                       | 26 |
| 2.4 DWDM жүйесі                                                                           | 32 |
| 2.5 CWDM жүйесі                                                                           | 34 |
| 3 Талшықты - оптикалық тарату жүйелерінің параметрлерін есептеу                           | 38 |
| 3.1 Өшулік коэффициентін, өшулік бойынша жол ұзындығын есептеу                            | 38 |
| 3.2 Минималды өлі аймақты есептеу                                                         | 40 |
| 3.3 Талшықты - оптикалық тарату жүйелерінің регенерациялық аймақтарының ұзындығын анықтау | 43 |
| Қорытынды                                                                                 | 46 |
| Пайдаланылған әдебиеттер тізімі                                                           | 48 |

## КІРІСПЕ

Байланыс техникасының бүгінгі күнде қарқынды дамуы біріншіден қоғамның ақпарат алмасуға деген қажеттілігінің артуымен, екінші жағынан ғылыми-техникалық прогрестегі жетістіктермен байланысты. Бұл өрлеудегі маңызды рөлді оптикалық байланыс техникасы алады, оның негізін талшықты-оптикалық байланыс желілері, электронды және оптикалық мультиплекстеу мен коммутация құрылғылары құрайды. Қазіргі уақытта іргелі және қолданбалы ғылымдардың көптеген жетістіктері қысқа мерзімде оптикалық құрылғыларда, желілік және байланыс жүйелерінде қолданылады.

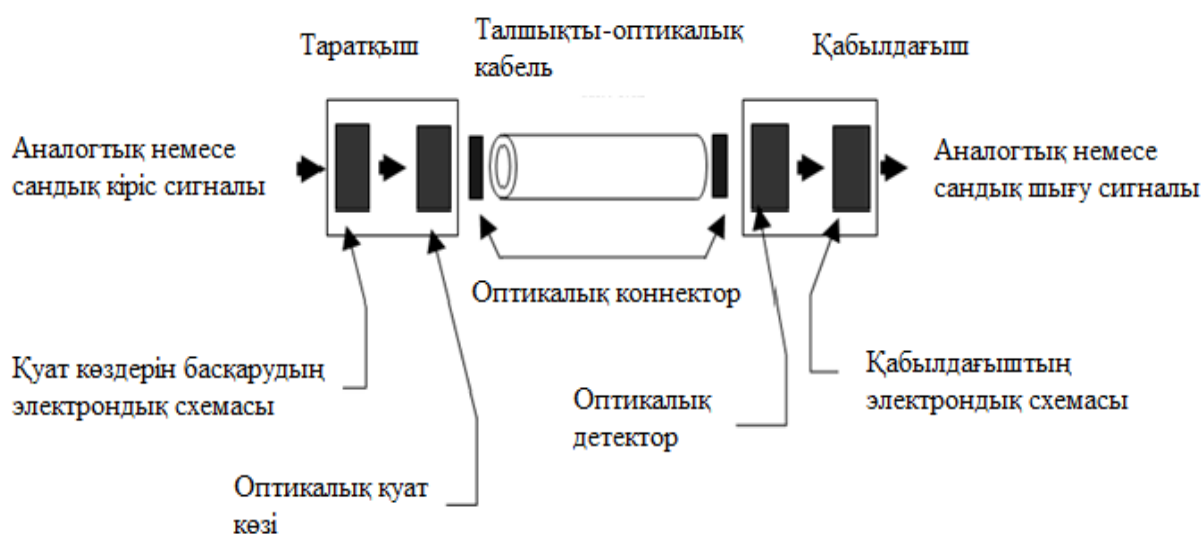
Оптикалық талшық (ОТ) қазіргі уақытта ең жетілдірілген әрі ұзақ қашықтықтарға көп көлемдегі ақпарат тарату ортасы болып табылады. Қазіргі таңда оптикалық талшық мәліметті таратумен байланысты есептердің барлығында дерлік қолданыста болып отыр. Аймақаралық масштабты айтқан кезде синхронды сандық иерархияның талшықты-оптикалық желі құрылысын бөліп айтуымыз қажет. Біздің өмірімізге екпінді түрде локалды және аймақтық талшықты-оптикалық жүйелер интерфейстері Ethernet, FDDI, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, АТМ кіруде. Қазіргі таңда дүние жүзі бойынша байланыс қызметімен қамтушылар ондаған мың километр талшықты-оптикалық кабельдерді жер, мұхиттар мен өзендердің асты, электр сымдары мен тунельдер арқылы тартады.

Талшықты-оптикалық беру желісінде хабар алмасудың жаңартылған жүйелері құрылады. Көпарналы оптикалық байланыс жүйелері (ТОБЖ) көмегімен елдің аймақтық, магистралді байланыс желілерінде кең қолданыс табады. Сондай ақ қалалық АТС-тер арасын байланыстыратын желілерде көптеп қолданылады. Бұл бір талшықты-оптикалық кабель арқылы әртүрлі толқын ұзындығындағы ақпараттық сигналдарды бір уақытта таратуға байланысты болып келеді, және де оптикалық кабель арқылы көп мөлшерде хабарды таратуға болатынын білдіреді. Бұлардың ішінде су асты оптикалық магистральдар айрықша тиімді болып келеді. Берілістің физикалық тарату ерекшеліктеріне қарай сандық тарату жүйелері талшықты оптикалық байланыс желілерінде кең қолданыс тауып отыр. Оптикалық кабельдің қарапайымдылығы, аз өлшемдігі, отқа қауіпсіздігі, кемелерде, автомобильдерде, монтажда және басқа да техникаларда өте тиімді және пайдалы болып отыр.

# 1 ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ БАЙЛАНЫС ЖҮЙЕЛЕРІ

## 1.1 ТОБЖ құрылымы

Талшықты-оптикалық тарату жүйесі - оптикалық толқындар мен сигналдарды пайдалана отырып, оптикалық талшықтар (ОТ) арқылы бірнеше арақашықтықта хабар таратуға арналған активті және пассивті құралдарының бірлестігі. Бөлек айтқанда, оптикалық сигналдарды құру, өңдеу және жіберу үшін оптикалық құрылғылар мен оптикалық тарату жүйелерінің бірлестігі. Яғни, осы жағдайда бұл сигнал лазердің немесе жарық диодының модуляцияланған оптикалық сәулеленуі болып табылады.



1.1 Сурет - Талшықты-оптикалық беру жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Мұндағы таратқыш электр сигналдарын жарыққа айналдыру қызметін атқарады. Бұл ауыстыру жарық беруді қамтамасыз ететін немесе лазерлік диод болып табылатын электр қуат көзі жүзеге асырады. Интернет желісі арқылы басқару сұлбасы көмегімен кіріс сигналы қуат көзін басқаруға керекті белгілі бір пішіндегі сигналға түрлендіріледі.

Талшықты-оптикалық кабель - жарық сигналы өтетін орта болып табылады. Бұл кабель оптикалық талшықтан және қорғаныс қабығынан тұрады.

Таратқыш жіберген жарық сигналын қабылдау және оны электр сигналдарына кері айналдыру қызметін қабылдағыш атқарады. Оның негізгі бөліктері – сигналды ауыстыру функциясын тікелей орындайтын - оптикалық детектор болып табылады.

Оптикалық коннектор талшықты қуат көзіне, оптикалық детекторға және талшықтарды бір-біріне жалғауға негізделген.

Қазіргі уақытта талшықты-оптикалық байланыс желілері бойынша байланысты ұйымдастыру кезінде импульстік-кодтық модуляциясы (ИКМ) бар цифрлық беру жүйелеріне (ЦБЖ) артықшылық берілген. Бұл ЦБЖ-ның аналогтық беру жүйелерімен (АБЖ) салыстырғанда жалпы артықшылықтарынан басқа, ТОБЖ жұмысының және құрылысының ерекшелігіне де байланысты. Бұл оптикалық сәулелену қабылдағыштары ретінде қолданылатын фотодиодтардың шуылының жоғары деңгейіне байланысты. Аналогтық беру жүйелерінің арқасында ақпаратты берудің және оның қажетті сапасын алу үшін аналогтық оптикалық сигналдарды қабылдау мен өңдеудің арнайы әдістері қолданылады. Цифрлық беру жүйелерінде сигнал-кедергіге 30...40 дБм-ға қатысты ақпарат берудің талап етілетін сапасын қамтамасыз етеді, ол аналогтық беру жүйелеріне қарағанда аз. Сондықтан, ТОБЖ-де цифрлық беру жүйесін қолдану арқылы жұмыстар жүзеге асыру аналогтық беру жүйелерімен салыстырғанда әлдеқайда оңай.

Талшықты оптикалық беру жүйесінде толқын ұзындығы 800-ден 1600 нм-ге дейінгі инфрақызыл диапазонда қолданылады, оның ішінде 850, 1300 және 1550 нм толқын ұзындығына артықшылық беріледі.

## **1.2 ТОБЖ негізгі компоненттері, сипаттамалары және қолдану аясы**

Талшықты-оптикалық байланыс желілері бүгінде жоғары сұранысқа ие. Мұндай желілердің басты ерекшелігі - олардың көмегімен ақпарат ағындарының өте жоғары жылдамдықпен берілуін қамтамасыз ете аламыз.

Талшықты оптикалық беру желісі – оптикалық, әдетте, жақын инфрақызыл диапазонда ақпаратты беруге арналған, активті және пассивті элементтерден тұратын желі.

Активті компоненттерге мультиплексор немесе демультиплексор, регенераторлар, күшейткіштер, лазерлер, фотодиодтар және модуляторлар жатады.

Мультиплексор - бірнеше сигналдарды бір сигналға біріктіреді, осылайша бір уақытта бірнеше сигналдарды беру үшін бір талшықты кабельді пайдалануға болатынын аңғарамыз. Бұл құрылғылар жеткіліксіз немесе шектеулі кабельдері бар жүйелерде жиі қолданылады.

Мультиплексорлардың бірнеше түрлері бар, олар бір-бірінен техникалық сипаттамалары бойынша, функциялары және қолдану аясы бойынша ерекшеленеді:

- спектрлік бөлу (WDM) – ең қарапайым және арзан құрылғылар болып табылады, әр түрлі толқын ұзындығында жұмыс істейтін бір немесе бірнеше көздерден оптикалық сигналдарды бір кабель арқылы жібереді;

- жиіліктік модуляциялау және жиіліктік мультиплекстеу (FM – FDM) - шу мен бұрмалануға жеткілікті қорғанысы бар, жақсы сипаттамалары мен

күрделілігі орташа деңгейлі схемалары бар, бейнебақылау үшін оңтайлы 4,8 және 16 арналары бар құрылғылар;

- ішінара басылған бүйірлік жолағы бар амплитудалық модуляция (AVSB-FDM) - жоғары сапалы оптоэлектроникамен, абоненттік теледидар үшін оңтайлы, бірақ бейнебақылау үшін қымбат, 80 арнаға дейін жеткізуге мүмкіндік беретін құрылғылар;

- импульстік кодты модуляция (PCM – FDM) - қымбат құрылғылар, сандық бейне және бейне бақылау тарату үшін толық цифрлық түрде қолданылады.

### **1.3 ТОВЖ активті және пассивті компоненттері**

ТОВЖ активті элементтері.

ТОВЖ активті элементтеріне жатады:

- мультиплексорлар мен демультимплексорлар. Осы құрылғылардың көмегімен желілердің жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ететін арналарды спектрлік бөлу принципі жүзеге асырылады;

- регенераторлар. Регенераторлар көмегімен жүйенің қабылдау ұшындағы импульс нысанын қалпына келтіру жүзеге асырылады. Регенераторлар оптикалық және электрлік болуы мүмкін, олар оптикалық сигналды электрлік сигналға түрлендіреді, оны қалпына келтіреді, содан кейін қайтадан оптикалық сигналға айналдырады.

- лазерлер. ТОВЖ-да олар ақпарат берілетін сәулелену көздері ретінде әрекет етеді;

- модуляторлар. Бұл құрылғы берілген ақпараттарға сәйкес тасымалдаушы тербелістің пішінін өзгертуді қамтамасыз етеді. Қазіргі уақытта тікелей модуляциясы бар жүйелер кең таралған, онда модулятор функциялары да лазерге жүктелген;

- күшейткіштер. Осы элементтің көмегімен ұзақ қашықтыққа мәлімет берілген кезде сигнал қуатының берілген деңгейін қамтамасыз етіледі. Сонымен қатар, күшейткіштер сигналдың қуатын қажетті кернеу деңгейіне дейін арттыра алады, оптикалық және электрлік болуы мүмкін оптикалық-электронды және электронды-оптикалық сигналды түрлендіруді жүзеге асырады.

- фотодетектор (фотодиод). Талшықты-оптикалық кабельдің екінші ұшында сигнал қабылдайтын және сигналды оптоэлектрондық түрлендіруді жүзеге асыратын құрылғы қызметін атқарады.

Пассивті компоненттер - белгілі бір функцияларды орындау кезінде оптикалық сәулеленуге әсер етпейтін талшықты-оптикалық тарату жүйесінің компоненті.

Пассивті компоненттерге мыналар жатады:

- талшықты-оптикалық кабель - сигнал беру ортасының функцияларын орындайды. Оптикалық кабельдің сыртқы қабығы әртүрлі материалдардан жасалуы мүмкін: поливинилхлорид, полиэтилен, полипропилен, телефон және басқа материалдар. Сонымен қатар оптикалық кабельде әр түрлі брондау және арнайы қорғаныс қабаттары болады (мысалы, кеміргіштерден қорғайтын ұсақ шыны инелер).

- оптикалық муфта - екі немесе одан да көп оптикалық кабельдерді жалғау немесе қосу үшін қолданылатын құрылғы.

- оптикалық кросс - оптикалық кабельді ұштауға және оған активті жабдықты қосуға арналған құрылғы. Сонымен қатар оптикалық кросстар немесе оптикалық тарату құрылғылары (Optical Distribution Frame) активті және пассивті телекоммуникациялық жабдықты қосудың ыңғайлылығын реттей отырып, байланыс торабына қосылған талшықты-оптикалық кабельдерді тарату үшін пайдаланылады. Кросс ішінде оптикалық талшықтарды ретке келтіру және біркелкі төсеу үшін сплит-кассеталар қолданылады. Оптикалық адаптерлер әрқайсысы 4/8 порттың ауыстырылатын жолақтарына немесе тікелей кресттің алдыңғы панеліне орнатылады.

Сонымен қатар пассивті компоненттерге келесі құрылғыларды да жатқызуға болады:

- оптикалық адаптерлер - әр түрлі коннекторлармен аяқталған оптикалық талшықтарды қосуға арналған құрылғылар. Оптикалық адаптерлер SC, LC, FC, ST коннекторларын, сондай-ақ олардың әртүрлі комбинацияларын бір-біріне қатысты жоғары дәлдікпен қосуға және орталықтандыруға мүмкіндік береді.

Қосылыстың дәлдігін қамтамасыз ету үшін оптикалық адаптерлер көп жағдайда цирконий диоксидінен жасалған арнайы центраторлық гильзаларды пайдаланады. Қосқыштарды әртүрлі диаметрлі феррул (SC-LC, LC-FC) қосу үшін екі центратор және нақты геометриясы бар корпус қолданылады.

Оптикалық адаптерлерде металл немесе пластикалық корпустары болады.

Коннекторларды сенімді бекіту үшін түйреуіштер қолданылады, ал "кілт" астындағы ойықтар адаптерлерде қосылған коннекторларды осьтік ығысудан қорғайды. Оптикалық адаптерлер екі қосқышты қосу үшін де, қосқышты әртүрлі типтегі розеткаларға қосу үшін де қолданыла береді.



1.3 Сурет - SC/SC және SC/LC типті адаптерлер

а) SC/LC типті адаптерлер

б) SC/SC типті адаптерлер

- оптикалық аттенюатор - талшықты-оптикалық желіге берілген шаманың өшуін кіргізуге арналған. Оптикалық қабылдағыштың алдындағы сигналдың қуатын азайту қажет болған жағдайда желіге әдейі өшіру қолданылады.

Аттенюаторларды пайдалану әртүрлі сөнуі бар талшықты-оптикалық желілерде бірдей сипаттамалары бар қабылдау-беру жабдығын қолдануға мүмкіндік береді. Аттенюаторлардың екі түрі кеңінен қолданылады — бекітілген және ауыспалы.

Бекітілген аттенюаторлардың дайындаушы белгілеген сөну мәні болады, оның шамасы 0, 5, 10, 15 немесе 20 (дБ) болуы мүмкін. Өшіру бекітілген мөлшердегі ауа саңылауы арқылы немесе аттенюаторға салынған арнайы сіңіргіш сүзгі арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

Мұндай аттенюаторлар екі оптикалық патч сымын немесе патчкордты және оптикалық розетканы қосуға мүмкіндік береді.

Айнымалы аттенюаторлар көп режимді және бір режимді талшықтар үшін 0,5 дБ ыдырау шамасын орнату дәлдігімен 0-ден 25 (дБ) дейінгі шектерде ыдырау шамасын реттеуге мүмкіндік береді. Реттеуге қосылатын коннекторлардың феррулаларының ұштары арасындағы ауа саңылауының мөлшерін өзгерту арқылы қол жеткізіледі.

Оптикалық аттенюаторлар жеке қаптамада келеді және тестілеу туралы қысқаша есеппен бірге жүреді. Енгізілетін өшудің белгіленген мәні бар оптикалық аттенюаторлар үшін екі толқын ұзындығында — 1310 нм және 1550 нм тестілеу нәтижесі көрсетіледі.

- патч сымдары - ST, FC, SC, коннекторлары әр түрлі жылтырататын оптикалық сымдар болып табылады. Құрылғылар активті немесе пассивті телекоммуникациялық жабдықты ауыстыруға арналған болып табылады.



#### 1.4 Сурет- Әртүрлі типтегі коннекторлары бар патч сымы

|                                |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| а) LC/FC                       | б) SC/SC                       | с) ST/ST                       |
| коннекторлары бар<br>патч сымы | коннекторлары бар<br>патч сымы | коннекторлары бар<br>патч сымы |

Бір режимді және көп режимді оптикалық сымдар:

- диаметрі 0,9 мм буферлі жабыны бар оптикалық талшықтар;
- қалыңдығы 2 мм немесе 3 мм бір талшықты кабель;
- 2 x 4 (мм) және 3 x 6 (мм) екі талшықты кабельдер.

Патч сымдарын өндіруде халықаралық стандарттар мен сапа стандарттары (IEC және TELCORDIA) сақталған. Патч сымдарының маңызды сипаттамаларына тікелей және кері шығындар, қисықтықтың максималды

радиусы, феррула шыңының жылжуы, ферруладағы талшықтың ұшының орналасуы, механикалық тұрақтылыққа төзімділік жатады.

Қазіргі оптикалық сымдар бүгілетін оптикалық талшықтың радиусына тең радиуспен иілуге мүмкіндік береді. FTTN жобаларында икемділік пен беріктік жоғарылаған патч сымдары қолданылады.

- оптикалық циркуляторлар - бұл поляризация әсерінен қарама-қарсы жарық ағындарын бөле алатын және оларды тиісті порттарға тарататын оқшауланған бір бағытты порттары бар 3 порттық құрылғы деп саналады.

Циркуляторлар сәулелену көзіне қарамастан бір талшықтан дуплексті байланыс арнасын ұйымдастыру үшін қолданылады. Көбінесе циркуляторлар 10 Gigabit Ethernet желілеріндегі арналарды тығыздау кезінде қолданылады. Құрылғылар сигналды 1 порттан 2 портқа және 2 порттан 3 портқа жібереді.



1.5 Сурет - Оптикалық циркулятор

#### 1.4 ТОВЖ негізгі артықшылықтары мен кемшіліктері

ТОВЖ негізгі артықшылықтары:

- кең өткізу жолағының болуы;
- сигналдың аз әлсіреуі, мысалы, 10 МГц сигналға қатысты, ол RG6 коаксиалды кабелі үшін 30дБ/км салыстырғанда 1,5 дБ/км құрайды;
- талшық диэлектрик болып табылғандықтан "Жер ілмектерінің" пайда болу мүмкіндігі жоққа шығарылады және желінің таратушы және қабылдаушы ұштары арасында электрлік (гальваникалық) оқшаулау жасайды;
- оптикалық ортаның жоғары сенімділігі: оптикалық талшықтар тотықпайды, ылғалданбайды, электромагниттік әсерге ұшырамайды. Сигнал тасымалдаушысы жарық болғандықтан, көрші кабельдерде немесе басқа талшықты-оптикалық кабельдерде кедергі болмайды және ол талшықты-оптикалық кабель ішінде қалады;
- шыны талшық сыртқы сигналдарға және электромагниттік кедергілерге (ЭМӨ) мүлдем сезімтал емес, кабельдің қай қуат көзінің жанында (110 В, 240 В, 10 000 В айнымалы ток) немесе мегават таратқышының жанында болғандығы маңызды емес болып табылады. Найзағайдың 1 см қашықтықта

соғуы кабельге ешқандай ақаулар бермейді және жүйенің жұмысына әсер етпейді;

- ақпараттық қауіпсіздік - оптикалық талшық туралы ақпарат «нүктеден нүктеге» беріледі және оны тек тарату желісінде физикалық араласу арқылы тыңдауға немесе өзгертуге болады;

- талшықты-оптикалық кабель жеңілірек және миниатюралық-диаметрі бірдей электр кабеліне қарағанда ыңғайлы және оңай келеді;

- сигнал сапасына нұқсан келтірместен кабель тармағын жасау мүмкін емес. Жүйеге кез-келген араласу желінің қабылдау соңында бірден анықталады, бұл қауіпсіздік және бейнебақылау жүйелері үшін өте маңызды болып келеді;

- физикалық және химиялық параметрлер өзгерген кездегі өрт және жарылыс қауіпсіздігі

- кабельдің құны күн сайын төмендей отырып, оның сапасы мен мүмкіндіктері ТОВЖ негізінде төмен ток салу шығындарынан басым бола бастайды.

ТОВЖ кемшіліктері :

- шыны талшықтың сынғыш болып келуі - кабельдің қатты иілуімен микрокректердің пайда болуына байланысты талшықтардың сынуы немесе олардың күңгірттенуі мүмкін. Осы қауіптерді жою және азайту үшін кабельді күшейтетін құрылымдар мен өрімдер қолданылады. Кабельді орнату кезінде өндірушінің ұсыныстарын орындау қажет (мұнда, атап айтқанда, минималды рұқсат етілген иілу радиусы нормаланған);

- сынған жағдайда қосылудың күрделілігі - арнайы құрал және орындаушының біліктілігі қажет;

- оптикалық талшықтың өзін де, талшықты оптикалық байланыс жүйелерінің компоненттерін де дайындаудың күрделі технологиясы;

- сигналды түрлендірудің күрделілігі (алдыңғы жабдықта);

- оптикалық терминал жабдықтарының салыстырмалы түрде жоғары құнының болуы. Сондай-ақ, жабдық абсолютті түрде қымбат болады. Шаштың бағасы мен өткізу қабілеттілігі басқа жүйелерге қарағанда жақсы;

- радиациялық сәулелену салдарынан талшықтың күңгірттенуі болып тұрады (алайда, жоғары радиациялық төзімділігі бар қоспаланған талшықтарда бар).

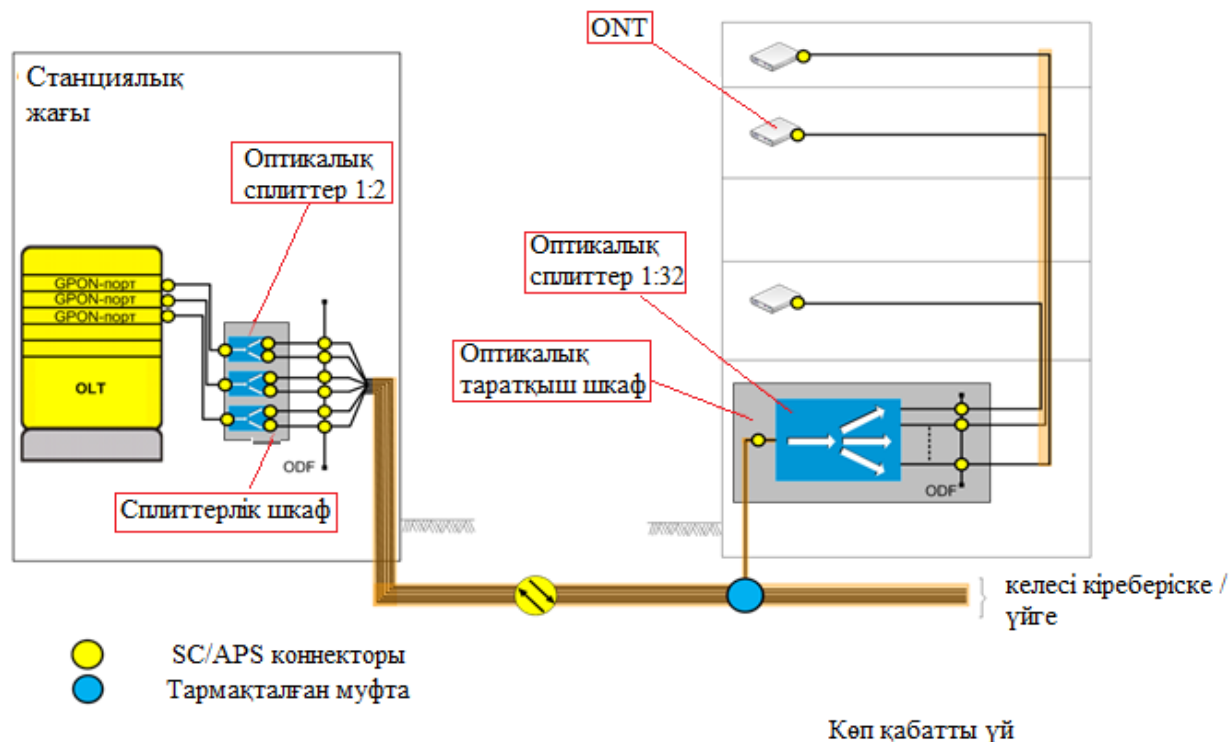
Талшықты-оптикалық кабель 40 жылдан астам уақыт бойы байланыс пен ақпарат беру үшін қолданылады алады, бірақ оның қымбаттығына байланысты ол жақында кеңінен қолданыла бастады. Технологияның дамуы өндірісті үнемді және кабель құнын қол жетімді етуге мүмкіндік берді, ал оның техникалық сипаттамалары мен басқа материалдардан артықшылығы барлық шығындарды тез өтейді.

Қазіргі уақытта ТОВЖ қолданудың негізгі саласы ақпараттық сигналдарды беру желілері болып табылады, мысалы, есептеу желілері, бейнебақылау, кіруді бақылаудың телекоммуникациялық жүйелері және т. б.

ТОБЖ жүйелерін монтаждау орындаушыдан тиісті біліктілік деңгейін талап етеді, өйткені кабельді соңғы бітеу басқа беру құралдарына қарағанда ерекше дәлдікпен және шеберлікпен арнайы құралдармен жүргізілуі тиіс.

## 2 ОПТИКАЛЫҚ ЖЕЛІНІ ҚҰРУ ПРИНЦИПТЕРІ

Оптикалық желіні құрудың жалпы принципі 2.1-суретте көрсетілген. Осы схеманы іске асыру кезінде APC жылтыратқышы бар SC типті коннекторларды барлық аудандарда жүргізілуі қажет.



2.1 Сурет - Оптикалық желіні құру

Станциялық жағы. Станциялық жағында OLT жабдығының оптикалық патч сымы сплиттердің кірісіне қосылады. Оптикалық патчкордты қолданатын сплиттердің шығысы оптикалық крестке қосылады, онда SC/APC коннекторлары арқылы желіге қосылады. Сплиттер құрылымдық жағынан бөлек сөрелердегі оптикалық кресттерде орналастырылады.

Магистралдық учаскі. Магистральды учаскі, АТС үй-жайынан бастап үйдегі оптикалық тарату шкафына дейінгі учаскі жобалық шешімдермен анықталады.

Осы учаскені жүзеге асыру кезінде үйлерді пассивті оптикалық жүйелерде жаппай қосатын шағын аудандарда магистральдық оптикалық жіберу шкафтарын қолдану ұсынылады. Бұл тораптар үйлердің технологиялық үй-жайларында немесе көшеде жасалған шкафтарда орнатылады. Бұл шкафтардың мақсаты - OLT жабдығын орналастыру орнынан негізгі оптикалық кабельден сыйымдылығы аз оптикалық кабельдерге, яғни үйлерге көшу. Осы учаскені жобалау кезінде үй шаруашылықтарының 80%, бірақ бір үйге кемінде

1 ОВ қызмет көрсету негізінде оптикалық кабельдің сыйымдылығын есептеу қажет.

Сплиттер жабдығын орналастыру. Сплиттерлік жабдықты орналастыру тұрғын үйлердің кіреберістерінде, қызмет көрсетілетін және қызмет көрсетілмейтін үй-жайларда вандалдан қорғалған оптикалық тарату шкафтарында (бұдан әрі-ОТШ) жүргізіледі.

ОТШ - ға қойылатын техникалық талаптар

Дизайнға қойылатын талаптар:

- антивандальдың орындалуы және жанбайтын материалдардан жанудан қорғайтын ОТШ корпусы болуы керек;

- тарату шкафтарының қабырғалары қалыңдығы 1-1,5 мм болаттан жасалған болуы керек;

- барлық шкафтар үшін ортақ кілті бар құлыптың болуы;

- су мен шаңнан қорғаудың минималды дәрежесі IP43;

- ОТШ-те бөлімдер саны минималды болуы керек;

- коррозиядан қорғауға арналған шкафтың барлық бөліктері беттерді алдын-ала фосфаттау арқылы ұнтақ бояумен боялған болуы (бояу жабынының түсі сұр).

Өлшемдері:

- ені: шкафтың жалпы ені-700 мм артық емес болады;

- биіктігі: шкафтың жалпы биіктігі-550 мм артық емес болады;

- тереңдігі: шкафтың жалпы тереңдігі-200 мм-ден аспайтын болуы керек.

Құрылымдық ерекшеліктері:

- ақпараттарды жеткізу үшін үстіңгі және астыңғы жағында тығыздағыштары бар төрт тесіктің болуы. Пайдаланылмайтын тесіктер резеңке тығыздамалармен немесе металл алмалы-салмалы бітеуіштермен жабылуы керек, іштен бекіткіші бар бұрандалы қосылыстарда немесе тесіктер алдын ала тесіліп, шкафтың ішіне ылғалдың енуіне жол бермеуі тиіс;

- шкафты тегіс бетке бекіту үшін артқы қабырғаға бекіту тесіктері орнатылуы керек;

- торап құрылғыларды бөлшектеместен оптикалық кабельдің технологиялық қорын (3 м) бекіту және оған қол жеткізу мүмкіндігін орындайды;

- шкафтың құрылымы ішіне кіретін кабельдерді бекіте алу мүмкіндігімен қамтамасыз етілуі керек;

- шкафтың құрылымы негізгі оптикалық кабельдерді жерге қосу мүмкіндігімен қамтамасыз етілуі керек;

- шкафтың сызбалары, ішкі элементтердің орналасуы, енгізу тесіктерінің орналасуы жеткізуге келісім-шарт жасау кезінде тапсырыс берушімен келісілуі керек.

Ішкі жиынтық.

1. Сплиттер жабдықтарын орналастыру.

Оптикалық тарату шкафтары 1:32-ге дейін сплиттерлеу коэффициенті бар біріздендірілген корпустарда жоспарлы оптикалық сплиттерлерді орналастыруды қамтамасыз етуі тиіс.

## 2. Оптикалық кросс.

Оптикалық кросс келесі компоненттерді орналастыруды қамтамасыз етеді:

- а) APC жылтыратумен кемінде 33 SC оптикалық адаптері болады;
- б) оптикалық талшықтың кемінде 48 дәнекерлеуін орналастыруға мүмкіндік беретін сплайс-кассеталардың саны болуы;
- в) оптикалық кабельдің қорын салуға мүмкіндік беретін сплайс-кассетаның периметрі бойынша ұйымдастырушының болуы.

## 3. Сыртқы орта параметрлеріне қойылатын талаптар.

Шкафқа орнатылатын жабдық үшін қойылатын талаптар:

- а) температура диапазоны 0-ден 45 градусқа дейін болуы керек;
- б) басқа ерекше шарттар көзделмеген;

Қол жеткізу тораптарын (шкафты) орнату орындарындағы сыртқы орта параметрлері:

- а) температура диапазоны 0-ден 30 градусқа дейін болуы;
- б) басқа ерекше шарттар көзделмеген.

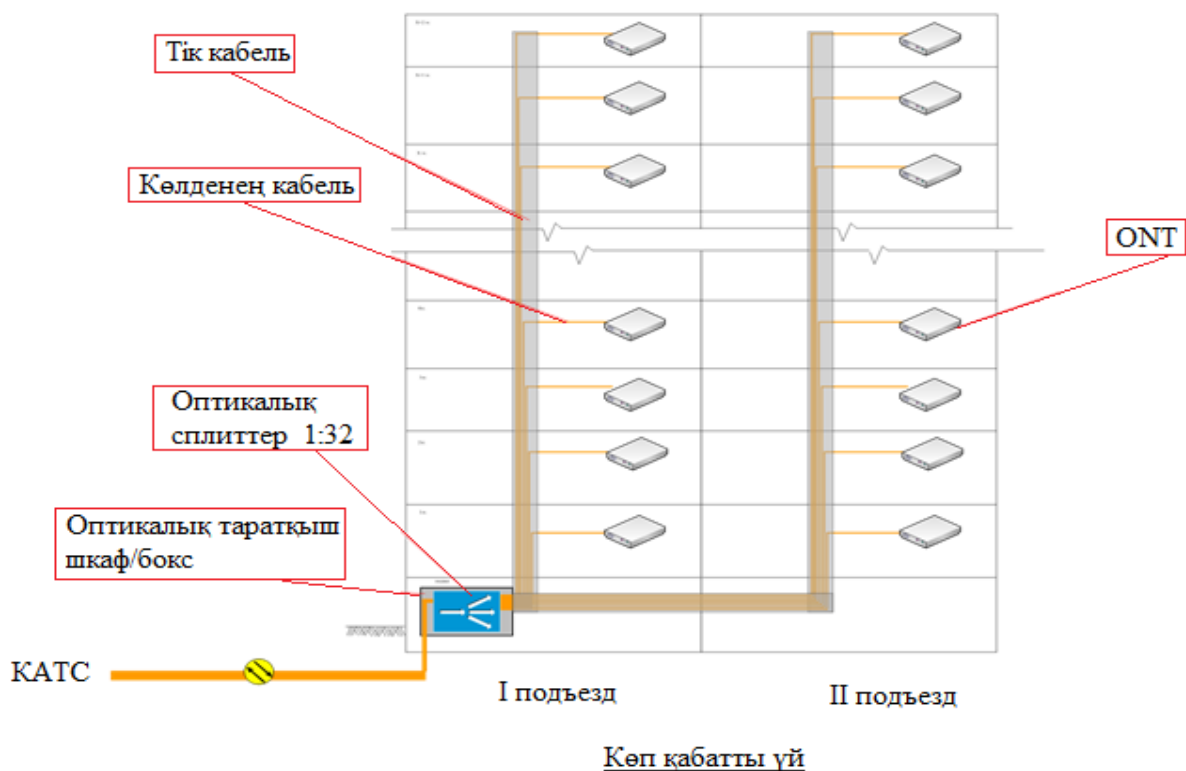
## 4. Жеткізу жиынтығына қойылатын талаптар:

Жинақтағы Шкаф:

- оптикалық кросс - 1;
- шкафты қабырғаға салуға арналған бекіту жиынтығының болуы;
- сплиттерлік жабдықты шкафқа монтаждауға арналған бекіту жиынтығы;
- кілт-құлыптау – 1;
- шкафтың барлық компоненттерінде техникалық құжаттаманы, шкафтың бекітілген сызбаларын және ішкі орналасуын қамтитын орыс тіліндегі өнімнің паспортының болуы;
- "Байланыс" сертификаттау жүйесінің қолданыстағы сертификаты болуы (немесе сәйкестік декларациясы);
- бұйымды қауіпсіз тасымалдауды қамтамасыз ететін қаптама болуы тиіс.

## 2.1. Үйде тарату желісін құру

Үйде ішкі оптикалық кабельді таратуды ұйымдастырудың принципі- орталық тарату орны (бір нүкте бойынша бөлу), демек толық тұтынушы бір тарату нүктесіне қосылады. Үйде оптикалық талшықты таратудың жалпы принципі 2.2-суретте көрсетілген.



2.2 Сурет - Үйде оптикалық талшықты тарату

Үйде оптикалық тарату шкафы орнатылған, оған 1:32 бөлу коэффициенті бар оптикалық сплиттер қосылған және үйде тарату желісін ұйымдастыру үшін оптикалық крест қойылған.

Соңғы қабаттарда (кәбілді төменгі қабаттардан апарған жағдайда) немесе бірінші қабаттарда (кәбілді шатыр үй-жайларынан бөлген жағдайда) кәбілді дәнекерлеу немесе механикалық жалғау үшін 1 м мөлшерінде оптикалық кәбіл қоры қалдырылады.

Оптикалық тарату шкафтарынан көршілес кіреберіске оптикалық кәбілді төсеу кезінде шатырларда/жертөлелерде, сондай-ақ ғимараттың қарама-қарсы беті бойынша қорғаныш құбырда төсеуге рұқсат беріледі.

Үйлердің кіреберістері бойынша оптикалық кабельдің сыйымдылығы келесідей есептеледі:

- бұл есептеудің бастапқы деректері үйдегі порттардың жоспарланған саны бойынша;
- бұл сан үйдегі кіреберістер санына бөлінеді;
- алынған санға сүйене отырып, кіреберісте салынған оптикалық кабельдің сыйымдылығы анықталады.

Желіні одан әрі дамыту мақсатында оптикалық кабельдің қажетті санынан ең аз мөлшерде арттыруға рұқсат беріледі. Оптикалық кабельдің пайдалану қорын көздеу қажет (кіреберісте кемінде 1 ОВ).

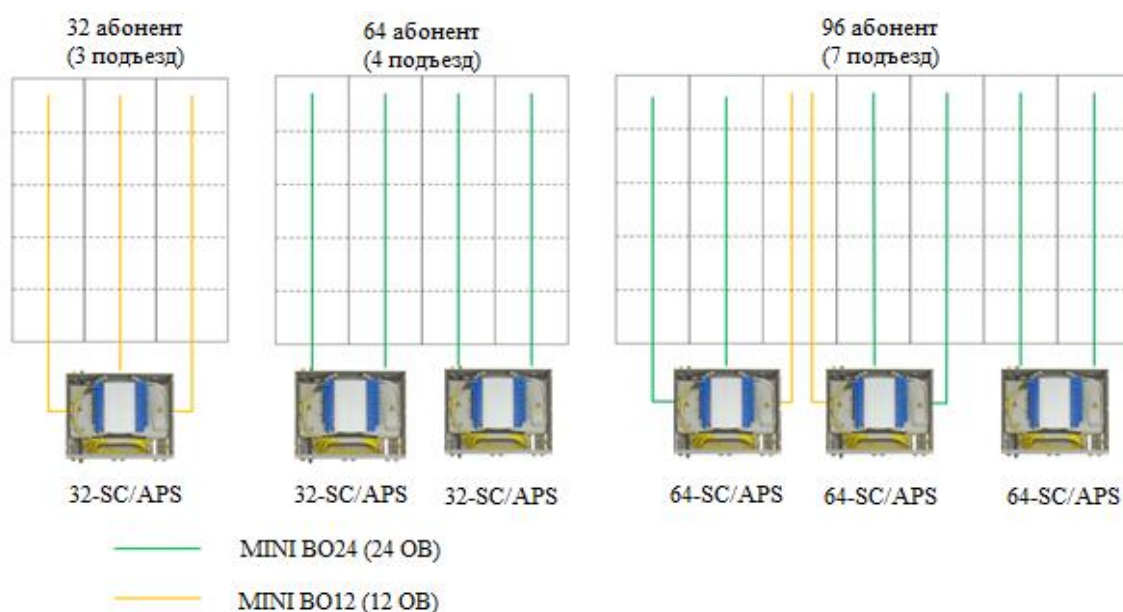
Салынған инвестицияларды сақтау мақсатында және жоба бойынша үлестік шығындарды қамтамасыз ету шарасымен пәтерлер санының 100%

есепінен оптикалық талшықтардың саны бар бірдей төсеулерді қарастыру ұсынылады.

Үйдегі шкафтардың саны былайша анықталады:

- шкафтардың 2 түрі қолданылады – 32 және 64 порттық.
- үйдегі порттардың қажетті саны шкафтың сыйымдылығына бөлінеді (32 порт).
- кірме жолдармен салынған кабельдердің сыйымдылығын ескере отырып, шкафтың қажетті түрі анықталады – 32 немесе 64 порттық.

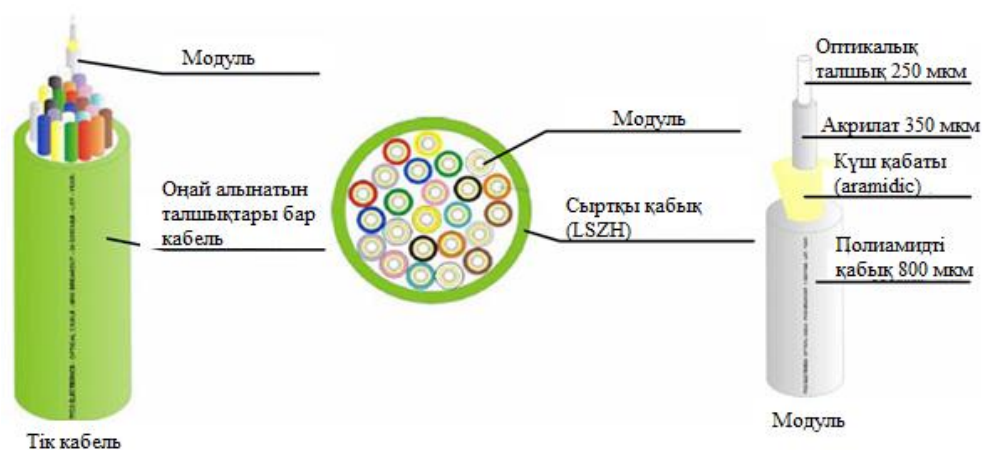
Бірнеше типтік үйлер үшін осы есептеудің мысалдары 2.3-суретте келтірілген (Tусo minibreakout кабелін қолданағанда).



2.3 Сурет - Бірнеше типтік үйлер үшін есептеу мысалдары

Тарату желісінің тік учаскесін ұйымдастыру

Тік (қабатаралық) кабельдік сымдар оңай алынатын талшықтары бар кабельмен жасалады. Бұл кабельдің құрылымы 2.4-суретте көрсетілген.



## 2.4 Сурет - Оңай алынатын талшықтары бар кабельдің құрылымы

Кабельдің бұл түрі FTTN желілерінде пайдалану үшін арнайы жасалған болып табылады. Кабельдің сыртқы диаметрі кішкентай болып келеді. Ол жанбайтын LSZH қабығынан тұрады (төмен түтін нөлдік Halogen - нөлдік галогендік түтіннің төмен шығуы). Кабельдің сыртқы диаметрінің кішкентай болуына байланысты оны тар арналар арқылы төсеу мүмкіндігі бар. Кабель жеке модульдерден тұрады (суретте көрсетілгендей). Әр модуль арнайы қорғаныс қабығымен қапталған және кабель дизайнындағы жеке тәуелсіз элемент болып табылады. Модульдердің қосымша қосылу нүктелерінсіз 25 метрге дейін тармақталуы мүмкін. Кабельдің оптикалық талшығы-ITU-T G.657 стандартты ұсынысына сәйкес болып келеді. (макрогибтерге сезімтал емес).

Жеңіл шығарылатын талшықтары бар кабель оптикалық тарату шкафтарының орнату орнынан әлсіз тоқты көтергіштер бойынша немесе қорғаныс қабатын пайдалана отырып қабырға бойынша төселеді.

ОТШ-да оптикалық кросты қолданатын кабель SC/APC коннекторлары арқылы сплиттердің шығысымен орнатылады. Бос оптикалық талшықтардың ажыратқыштары қорғаныш қалпақшалармен жабылады.

### 2.1.1. Абонентті желіге қосу

Абонентті қосу өтінімдердің түсуіне қарай жүзеге асырылады. Қосылу келесідей түрде болады:

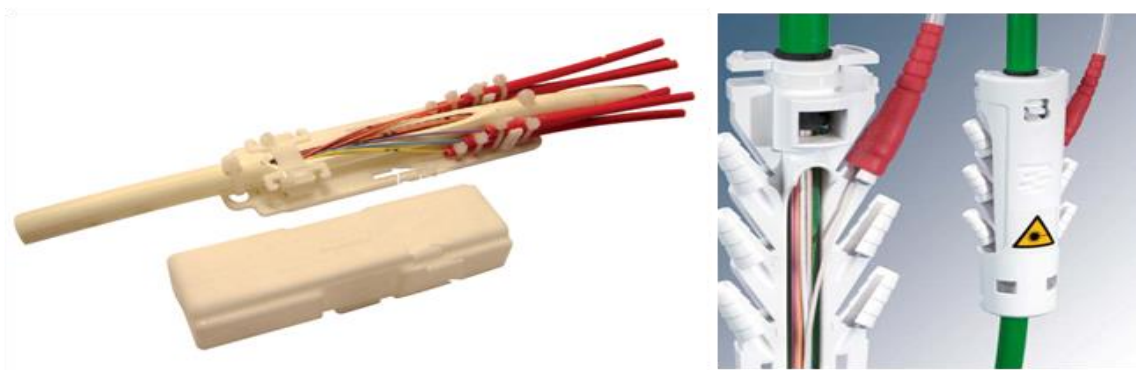
- абоненттің қосылу қабатында жеңіл шығарылатын талшықтары бар тіреуіш бойымен салынған кабельде 5 см терезе жасалынуы керек;
- талшықтар N қабатында қосылу үшін қажетті N+X қабатында кесіліп дайындалады (X – абоненттің кабелінің қажетті ұзындығына байланысты).

Тусо компаниясының minibreakout кабелін пайдаланған кезде N+X қабатында талшықты кесу қажет болмайды;

- N қабатында алынған талшықтар (модульдер) қабықтағы кесу арқылы кабельден алынады және шығарылады;
- алдын ала қорғау және тармақтау құрылғысы орнатылады;

- модуль пәтерге қорғаныс түтігінде немесе қорапта тасымалданады;
- қажет болған жағдайда, механикалық қосқыштарды қолдана отырып модульдерді көбейтуге болады. Осыған байланысты тік кабельдің ұзындығының қорын ұйымдастыру қажет болмайды;
- абоненттің пәтеріне кабель абоненттік розетка орналасқан жерге дейін тартылуы керек;
- ол ARS жылтыратылған SC коннекторымен аяқталады және абоненттік розеткаға қосылады. Механикалық қосқышты қолдана отырып, оптикалық модульмен дәнекерленетін, алдын-ала дайындалған пигтейлді қолдануға рұқсат етіледі;
- ONT абоненттік розеткаға SC/APC коннекторлары бар оптикалық патчкордты қолдана отырып қосылады.

Қорғау және тармақтау құрылғыларының мысалдары 2.5-суретте келтірілген. Олар фронтальды қол жетімді және жанбайтын материалдардан жасалған болуы керек.



2.5 Сурет - Қорғау және тармақтау құрылғылары.

### 2.1.2 Оптикалық талшықты біріктіру

Қажет болған жағдайда, талшықты біріктіру жүйелері оптикалық кабельдің ұзындығын ONT орналасқан жерге дейін ұзарту үшін қолданылады. Бұл жүйенің мысалы ретінде Тусо шығарған жабдық негізінде келтіруге болады.



2.6 Сурет - Тусо негізінде жасалған RECORDsplice оптикалық талшықтарды біріктіру жүйесі

RECORDsplice оптикалық талшықтарды біріктіру жүйесі негізінен талшықты-оптикалық қол жеткізу желілерінде қолдануға арналған және бастапқы (250 мкм) және қайталама (900 мкм) жабында бір режимді және көп режимді талшықтарды қосуға мүмкіндік береді. RECORDsplice біріктіру жүйесі екі элементтен тұрады: RPI-SA100 және RPI-TK100 құралы.

Шашырау жүйесі монтаждаудың жеңілдігімен қоса, сонымен қатар аз уақыт шығындарын қамтамасыз ете алады және бақылау жабдығын қолдануды талап етпейді. Құрал толығымен механикалық болсын, техникалық болсын қызмет көрсетуді, құрастыруды және реттеуді қажет етпейді. Құрал оптикалық талшықтың 20000 чипіне арналған болып табылады және жұмыс қауіпсіздігін арттыратын фрагменттерді жинауға және сақтауға мүмкіндік бере алады.

## **2.2 G. 652 және G. 655 оптикалық талшық түрлері және стандарттары**

ITU-T G. 65x сериясы - бұл G.652, G.653, G.654, G.655, G.656 және G.657-ге бөлуге болатын бір режимді талшық стандарттарының белгілі категориясы, олардың ішінде G. 652 және G. 655- бұл жиі қолданылатын екі нұсқа болып табылады.

G.652 стандартының алғашқы басылымы 1984 жылы жасалынған. Қазір бұл стандартта төрт ішкі нұсқа бар: G.652.A, G.652.B, G.652.C және G.652.D. Барлық төрт нұсқада G. 652 8-10 микрометрдің негізгі өлшемі бірдей. Олардың ішінде G.652 талшықтары бар. А және G. 652.B нұсқасы G.652.C және G.652.D талшықтарына қарағанда жоғары өнімділікке ие.

G.655 стандартын бес нұсқаға бөлуге болады: G.655.A, G.655.B, G.655.C, G.655.D және G.655.E, оның ішінде G.655 C/D/E жиі қолданылады. Бір режимді G.655 талшығы 1550 нм толқын ұзындығындағы дисперсияға байланысты нөлдік емес дисперсті (NZDSF) талшық ретінде белгілі(нөлге жақын), бірақ әлі нөлге тең емес. NZDSF-тің сәйкесінше толқын ұзындығына байланысты теріс және оң көлбеуді білдіретін екі түрі бар: (- D) NZDSF және (+D) NZDSF.

G. 652 және G. 655 SMF кабельдерін қалай таңдауға болады?

Бір режимді талшықты-оптикалық кабельді таңдау біздің қажеттілігімізге байланысты болады. G.652 талшығы және оның кейінгі G.657 нұсқасы қысқа қашықтықта жұмыс жасайтын, 10 Гбит/с-тан жоғары жылдамдықты қажет етпейтін арзан талшықтар болып табылады. Егер қажетті өткізу қабілеті 10 Гбит/с-тан асса немесе жоғары өнімділікпен ұзақ қашықтықта қолдау қажет болса, G. 655 қолдану тиімді болып табылады. ITU-T анықтаған әртүрлі бір режимді оптикалық талшықтарға G.652, G.653, G.654, G.655, G.656 және G.657 кіреді. Бір режимді талшықтың әр түрінің өзіндік қолдану саласы бар және осы оптикалық талшық сипаттамаларының эволюциясы бір режимді оптикалық талшықты ерте орнатудан бастап бүгінгі күнге дейін тарату жүйесінің технологиясының эволюциясын көрсетеді.

G.652, G.652 талшықтарын бөлу үшін. G. 652.A және G. 652.B шамамен 1310 нм нөлдік дисперсиялық толқын ұзындығына ие болуға арналған 1310 нм диапазонында жұмыс істеу үшін оңтайлы. Су шыңының табиғатына байланысты, екеуі де толқын ұзындығына бөлінген мультиплексинг қосымшаларына (WDM) сәйкес келмейді. G. 652 жетілдірілген нұсқаларының талшықтары. C және G. 652.D толық спектрде жұмыс істеу үшін судың шыңын алып тастады, бұл оларды толқын ұзындығына (CWDM) бөлінген мультиплекстелген берілісті қолдау үшін 1310 нм-ден 1625 нм-ге дейінгі толқын ұзындығының диапазонында қолдануға мүмкіндік береді.

## 2.3 Арналардың спектрлік нығыздалуы

Арналардың спектрлік нығыздалуы (WDM - англ. wavelength-division multiplexing, толқын ұзындығы бойынша бөлумен мультиплексорлеу) дегеніміз бір оптикалық талшық бойымен әр түрлі тасымалдаушы жиіліктерде бірнеше ақпараттық арналар арқылы бір уақытта ақпаратты таратуға мүмкіндік беретін технология. 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 орындайды. Және бұл қызметтерді жүргізу барысында тиімділігімен және жеңілділігімен ерекшеленеді. Осындай жүйелерді енгізу өткізу ерекшелігінің жетіспеушілік мәселесін шешуге және жүйенің тиімділігін көбейтуге көмектеседі. Қазіргі уақытта телекоммуникация жүйесінде интернет желісінің дамуының арқасында дыбыстық жүйеден хабарды тарату жүйесіне өту кеңінен қолданыс табады. Сол себепті көліктік жүйеге қойылатын талаптардың бірі болып трафик көлемінің өсуіне сәйкес келетін өткізу жолағының өсуі болып табылады. Жалпы, желіде үш негізгі деңгейді бөлуге болады: магистралды, жіберу және жүргізу.

Магистралды деңгей жоғарғы өткізу ерекшелігімен түсіндіріледі. Бұл деңгей қала немесе регион аймақтарында трафикті бөлу үшін қолданылады. Магистралды деңгейге трафиктің өсуіне байланысты өткізу қабілеттілігін жоғарылату талап етіледі.

Жіберу деңгейі күрделі желі топологиясымен және кіші өткізу қабілеттілігімен түсіндіріледі. Жіберу деңгейіне түрлі трафик нұсқаларын қосу талап етілген, сондай ақ оларды байланыстыру талап етіледі. Қатынау деңгейі кішігірім өткізу қабілеттілігімен және корпоративті желіні қосуға арналған. Заманауи көліктік желіге әртүрлі талаптар ұсынылады.

Жүргізу деңгейіне оңай және тиімді қолдану қажет деп есептеледі. Көліктік желінің өткізу қызметін арттыру үшін жүргізілетін техникалық шешімдер:

- беру жүйесіне жаңа оптикалық төсемелер төсеу. Бұл процесс қазіргі кезде кеңінен дамып келе жатқан, бірақ қолдауды қажет етіп отырған үдеріс;

- жоғары жылдамдықта жұмыс жасайтын техниканы пайдалану (10 Гбит/с, 40 Гбит/с, 100 Гбит/с - тан жоғары). Бұл дегеніміз соңғы жылдары шығатын техниканы пайдалану бекітілген;

- электронды орталарда оптикалық орталарға өту (күшейткіштер, фильтрлер және т.с.с). Бұл жерд оптикалық орталардың қолданылу түрлері мен оларды бір-бірімен ұқсастықтарын қарастыру жүргізіледі.

- толқын ұзындығына орай арналарды нығыздау техникасын қолдану (WDM - Wavelength Division Multiplexing). Бұл үшін тек желідегі терминалдарды оптикалық күшейткіштерге ауыстыру қажет.

WDM жүйесінің сигналды тарату жылдамдығына байланысты дамуы:

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

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

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

- STM-256 (40 Гбит/с) DWDM жүйесі 1550 нм 100/200 толқын ұзындығында 25/50 ГГц интервалында жұмыс жасайды. Тірек желілері бойынша деректерді беру жылдамдығына деген қажеттілік көбінесе желілік инфрақұрылымды салу жоспарына қарағанда үлкен қарқынмен өсуде. Қазіргі таңда 10 Гбит/с (ЮС, STM-64 деңгейінің) жылдамдығы операторлардың жаппай қажеттілігіне айналған. Бұл WDM оптикалық тығыздау технологиясына сәйкес келеді. Сандық синхронды иерархиясы бар жүйелерде (SDH), мысалы, STM-16 деңгейінен STM-64 деңгейіне тікелей көшу үшін жаңа жабдық қажет болады. Ал ол айтарлықтай қаражатты қажет етеді. Осыдан кейін де SDH қызметтерін пайдалану тиімді болып табылады. Спектрлік тығыздау жабдықтарын қолдану басқаша қарастырылады: SDH жеке түйіндерін жаңарту арқылы жоғары жылдамдықты қызмет көрсету мен сол қызметтерді (IP, қашықтағы қоймалар, бейнелер және т.б.) ұсыну мүмкіндігімен заманауи қосқыштарды қосуға болады. Бұл қосымша қызметтерден түсетін жаңа табыс көздері болып табылады.

WDM технологиясының үш негізгі айырмашылықтары бар:

1. WDM көліктік желісінің көмегімен, бір толқын ұзындығындағы желінің В таралу жылдамдығына өткізу қабілеттілігінің бір талшық бойымен таралатын N толқын ұзындығын көбейту арқылы оның мөлшерін өсіруге болады:

$$C = N \cdot B$$

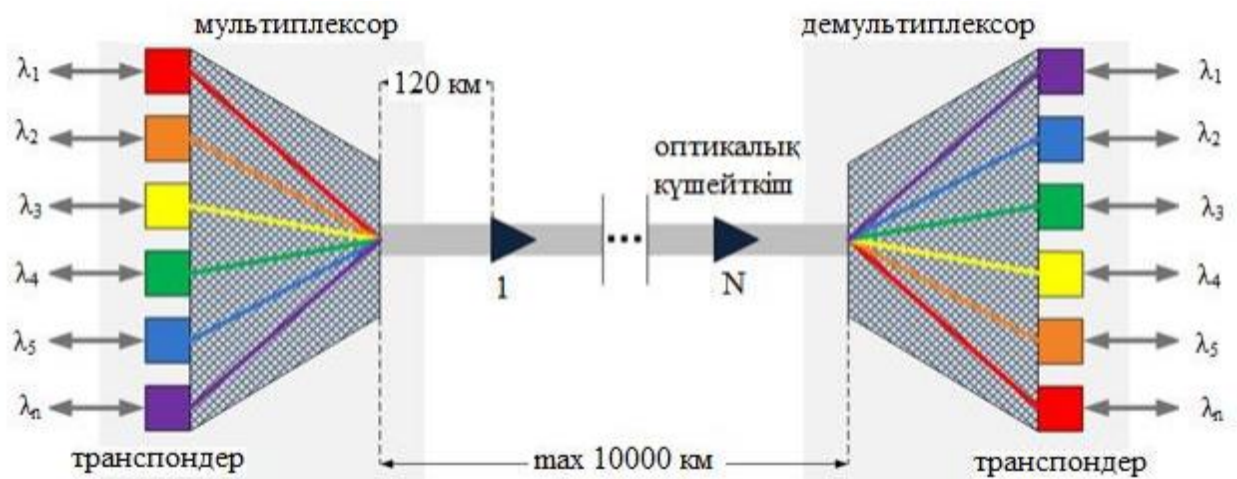
2. WDM технологиясы негізіндегі көліктік желі иілгіш болып келетінін ескерсек: біріншіден, әрбір спектрлік арнаны әртүрлі арна деректерін тарату үшін қолдануға болады. Мысалы, бір толқын ұзындығында Internet, екіншісінде

SONET немесе АТМ деректерін таратуға болады. Екіншіден, тек физикалық желі топологиясымен қоса, виртуалды желі топологиясында қолдануға болады.

3. Барлық спектрлік арнада таралатын сигналдарды оптикалық күшейткішпен күшейтуге болады. Оптикалық күшейткіштің рентранслятордан айырмашылығы: оның әрбір спектрлі арна үшін жеке электрлік күшейткішті қолдана алатындығында. Оптикалық күшейткіштердің арақашықтығы 50...150 км аралығында болады. Сондай-ақ талшықтағы жоғалу шамасы мен талшыққа енетін жарық қуатының шамасымен де анықтауға болады. Бұл қуаттың шамасы ретінде талшықтағы сызықсызды қолданатын талшық пайдаланылып, және 1525...1565 нм толқын ұзындықтары диапазонындағы сигналдарды күшейтуді қамтамасыз етеді. Бұл жүйелерде 45 деректерді таратуға арналған арналар аралығы 400 ГГц интервал аралығында болатын үшінші терезе мөлдірлігі қолданылды. Одан кейінгі толқын ұзындықтары бойынша арналарды нығыздау технологиясы оптикалық күшейткіш көмегімен жолақты кеңейту мен спектрлік арналардың жиілік аралығының кіші болуының арқасында дамып, эффект әсерінен болатын сигналдардың өзгеруімен анықталады. Оптикалық күшейткіштер келесі кезеңде WDM жүйесінде пайда болды. Онда (EDFA – Erbium Doped Fiber Amplifier) эрбиді қолданатын талшық пайдаланылады және 1525...1565 нм толқын ұзындықтары диапазонындағы сигналдарды күшейтуді қамтамасыз етеді. Бұл жүйелерде арналар бойынша 45 деректі тарату үшін арналар аралығы 400 ГГц интервал болатын терезе мөлдірлігі қолданылды. Одан басқа толқын ұзындықтары бойынша арналарды нығыздау технологиясы оптикалық күшейткіш көмегімен жолақ санын кеңейту мен спектрлік арналардың жиілік аралығының кіші болуына байланысты дамыды.

### **2.3.1 WDM жүйесі**

WDM - бұл әртүрлі жиіліктегі оптикалық сигналдарды бір талшық арқылы жіберуге мүмкіндік беретін технология болып табылады. Оның жұмыс принципі жиілікті бөлу мультиплексімен (FDM) бірдей. Яғни, бірнеше сигналдар жиілік спектрінің ашылмаған бөліктерін арқылы әртүрлі тасымалдаушыларды қолдана отырып беріле алады WDM жағдайында қолданылатын спектр жолағы 1300 немесе 1550 нм аймағында орналасқан, екі толқын ұзындығының терезесі болып табылады, онда оптикалық талшықтар өте төмен сигналдық шығындарға ие болып келеді.



2.7 Сурет - WDM жүйесінде оптикалық күшейткіштердің орналасу сұлбасы

Алғашында әр терезе әр бір сандық сигналды жіберу үшін қолданылатын. Таратылған кері байланыс лазерлері (DFB), эрбиум қосылған талшықты күшейткіштер (EDFA) және фотодетекторлар сияқты оптикалық компоненттердің дамуымен әр тарату терезесінде бірнеше оптикалық сигналдар қолдана алатындығы белгілі болды, олардың әрқайсысы толқын ұзындығының жалпы терезесінің аз көлемін алады.

Расында, терезе ішіндегі мультиплекстелген оптикалық сигналдардың саны тек осы компоненттердің дәл болуымен тоқталады. Заманауи технологияның қолдана отырып 100-ден астам оптикалық арнаны бір талшыққа көбейтуге болады. Содан кейін бұл технология dense WDM (DWDM) деп аталды.

Толқын ұзындығын тығыз бөлетін мультиплекстеу желілері (DWDM) төрт негізгі топологиялық конфигурацияға бөлінеді:

- мультиплекстеу қосылған немесе қосылмаған екі нүктелі DWDM желісі;
- толық қосылған ұяшық желісі;
- жұлдыз тәрізді желісі;
- OADM түйіндері мен хабы бар DWDM сақиналы желісі.

Әр топологияның өзіндік талаптары бар және қолдану саласына байланысты әр түрлі оптикалық компоненттері тиісті құрылымдарға тартылуы мүмкін.

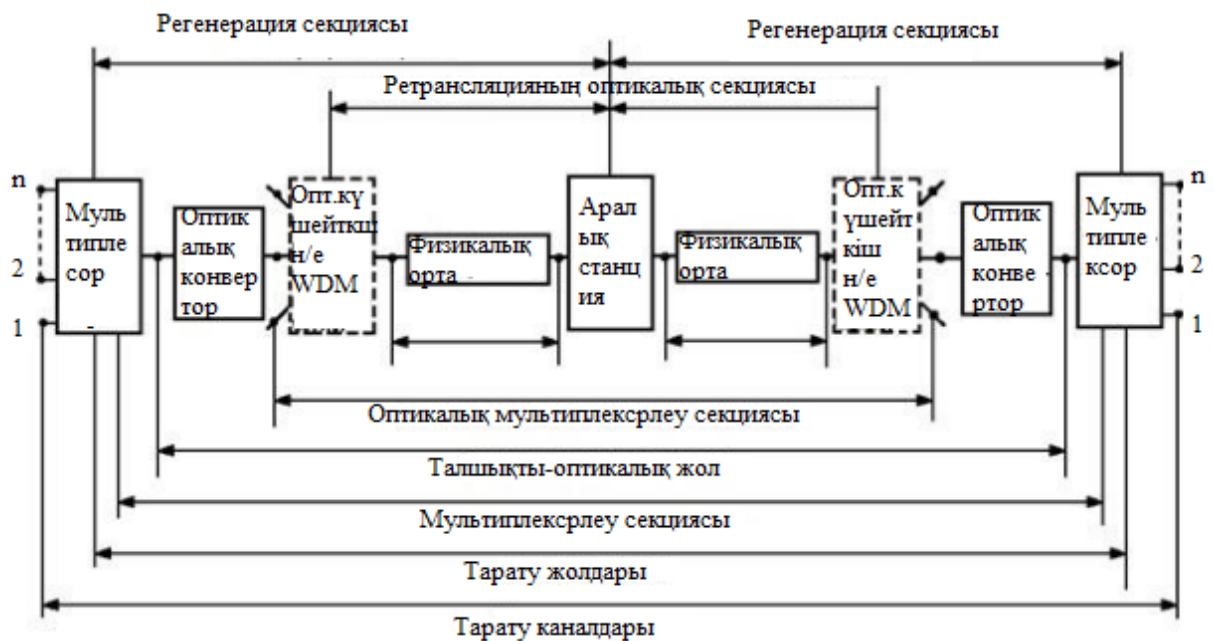
Мультиплексор - берілістегі бірнеше тәуелсіз арналарды біріктіріп, оларды қабылдап және оларды бөлуді қамтамасыз ететін құрылғы болып саналады. Мультиплексор негізінен электрлік арналарды, аналогтық арналарды және сандық арналарды біріктіруді қамтамасыз етеді. Негізгі аналогтық арна бойынша 0,3...3,4 кГц спектрі бар тональды жиілік арнасы қолданылады. Басқа сипаттамалары бар аналогтық арналар болады, мысалы:

- типтік: бірінші (60...108 кГц), екінші (312...552 кГц), үшінші (812...2044 кГц);
- арнайы: 0,03...15 кГц дыбыстық хабар тарату спектрінде;

- теледидар спектрінде 0,05 кГц...6,5 МГц.

Сандық арналарда деректер жылдамдығының белгілі бір стандарттары болады. 64 кбит/с негізгі сандық арнасы ИКМ (импульстік-кодтық модуляциясы) негізінде қалыптасады (125 мкс уақыт аралығында тоналды сигналды дискреттеу және сегіз биттік кодтау арқылы). Басқа сандық арналар келесідей анықталған:

- бастапқы сандық арна — 2 048 кбит/с;
- екінші сандық арна — 8 448 кбит/с;
- үшінші сандық арна — 34 368 кбит/с;
- төрттік сандық арна — 139 264 кбит/с



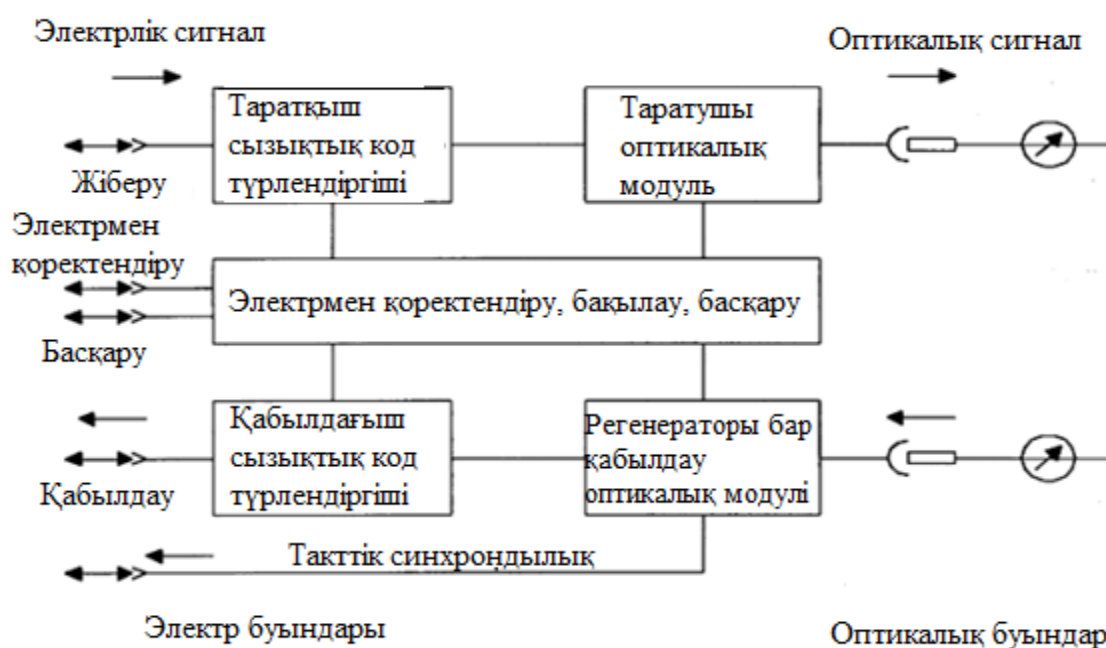
## 2.8. Сурет - Оптикалық тарату жүйесінің жалпыланған құрылымдық сұлбасы

Аналогтық арналар мен цифрлық арналарда тиісті спектрмен немесе деректер жылдамдығымен ақпараттық сигналдар берілуі мүмкін. Оптикалық тарату жүйелерінде негізгі қолданысқа ие құрылғыларды сандық мультиплексорлар алады, өйткені олар жасаған топтық сигналдар берілетін ақпараттың шуылға жақсы төзімділік беретін екілік кодта ұсынылған. Алайда, оптикалық байланыстың қысқа болатын желілерінде аналогтық мультиплекстеу әдістері де қолданылады, мысалы, кабельдік теледидар желілерінде теледидар арналары үшін. PDH, SDH, ATM технологияларының электрондық цифрлық мультиплексорлары кеңінен таралуда.

Мультиплексорлеу оптикалық арналар үшін де жүзеге асырылып қалуы әбден мүмкін (аналогтық және сандық). Аналогтық оптикалық мультиплексорлар бір режимде жұмыс жасайтын оптикалық талшықтардың мөлдірлік терезелерінде және әртүрлі оптикалық тасымалдаушы жиіліктерде пайда болатын белгілі бір арналарды біріктіруге/бөлуге мүмкіндік береді.

Мысалы, мөлдірліктің үшінші терезесінде (1530-1565 нм) ХЭО-Т G. 692 стандартты ұсынысына сәйкес 1528,77 нм-ден 1560,61 нм-ге дейінгі толқын жолағындағы 41 оптикалық арнаның орналасқан жері анықталған болатын. Мультиплекстеудің бұл түрі толқын ұзындығына бөлінген мультиплекстеу деп аталады (WDM).

Техникалық құжаттамада оптикалық трансивер немесе медиаконвертор деп аталатын оптикалық түрлендіргіштің түрі бар. Бұл оптикалық түрлендіргіш тарату жүйесінде электр сигналдарын берілістегі оптикалық сигналдарға және қабылдаудағы кері қалпына келтірумен оптикалық сигналдарды электр сигналдарына түрлендірудің негізгі функцияларын орындайды (сурет 2.9).



2.9 Сурет - Оптикалық түрлендіргіш сұлбасы

Сандық сигналдың сызықтық код түрлендіргіші шуылдан жоғары қорғанысы бар сигналды құрайды. Таратушы оптикалық модуль (ТОМ) оптикалық сәулеленуді модуляциялауды және оптикалық ортамен (атмосферамен немесе талшықты сызықпен) түйісуді қамтамасыз етеді. Қабылдайтын оптикалық модуль (ҚОМ) оптикалық сәулеленуді электрлік сигналға түрлендіру, бұрмалануды түзету, сандық сигналды күшейту және қалпына келтіру қызметтерін атқарады. Бұл жағдайда сағат жиілігі пайдаланылады, ол арналарды дұрыс демультимплексиялау үшін мультиплексордың қабылдау бөлігіндегі синхрондау үшін қолданылады.

Түрлендіргіштің функциялары микроконтроллерлер сияқты кіріктірілген құралдардың көмегімен басқарылуы мүмкін.

Жиілік интервалына байланысты WDM жүйесі екі негізгі класқа бөлінеді: тығыздықты спектрлік нығыздау жүйесіне 80 арна санымен (dense-WDM (DWDM)) және жиілікті спектрлік нығыздау жүйесіне 40 арна санымен (coarse-

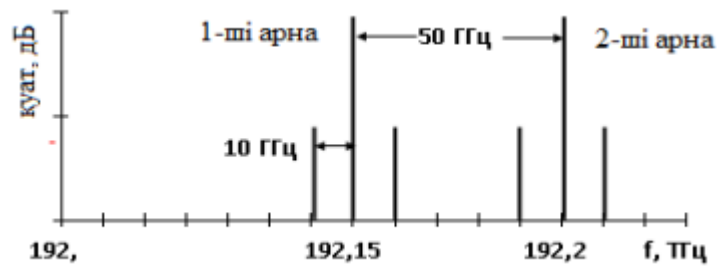
WDM (CWDM) немесе, кейде оны (wide WDM (WWDM) деп те аталатын жүйеге бөледі. Болашақта DWDM жүйесіндегі арна саны 200-ден асуы (1000 – ден асуы мүмкін), ал CWDM жүйесінде арна саны 40-тан асуы мүмкін.

## 2.4 DWDM жүйесі

DWDM жүйесінің негізгі параметрі арна саны болып табылады. Ол әртүрлі өндірушілер шығаратын элементтерді сәйкестендіруді қамтамасыз етеді. Халықаралық электрбайланыс ұйымының стандарттау секторы (ITU – International Telecommunication Union) ITU Rec. 100 ГГц жиілік интервалында жұмыс жасайтын G. 692 стандартын шығарған болатын. Ұсынылған стандартқа сәйкес үшінші терезе мөлдірлігінде (1530...1560 нм) 40 арна пайдалынады (100 ГГц жиілік интервалы 0,8 нм толқын ұзындығы интервалына сәйкес келеді). Қазіргі уақытта спектрлік арналар арасындағы жиілік интервалдары 50 ГГц-тан 25 ГГц-ке дейін төмендетілді, бұл дегеніміз үшінші арнадағы терезе мөлдірлігіндегі арна саны 80-нен 160-қа дейін көбейеді деген сөз. Сол себептен 100 ГГц жиілік интервалындағы «нығыздалған» WDM жүйесі DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) жүйесі деп аталынды.

DWDM жүйесіндегі арна саны (N) мен деректерді тарату жылдамдығын (B) тәуелсіз шама деп атауға болмайды. Интервалы 50 ГГц жиілік арнасы болатын екі көрші арнаны мысал ретінде қарастырайық. Екі арнада да 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 шектелгенде, әрбір арнаның оптикалық спектры үш құраушыдан –  $f_0$  орталық жиіліктен және  $f_0+f_c$  және  $f_0-f_c$  екі бүйірлі жиіліктен тұратынын көреміз. Деректерді тарату жылдамдығы 10 ГГц (STM-64) болған жағдайда, ал арналар арасындағы жиілік интервалы 50 ГГц болады.

STM-64 (10 ГГц) цифрлық ағынды таратуда арналар аралығындағы (50 ГГц) жиілік интервалы оптикалық сигналдың жиіліктік модуляциясында екі еселенгенін 2.10-ші суреттен көре аламыз. Бұл дегеніміз арналар жеткілікті қашықтыққа таратылғандығын көрсетеді. Дәл сол уақытта келесі цифрлық ағынның STM-256 (40 ГГц) иерархиясы үшін осы шарт 100 ГГц немесе одан да жоғары жиілік интервалында орындалу керек болады. Бірақ DWDM жүйесінің арналар арасындағы жиілікті интервал шамасын көрші арналардың оптикалық тасымалдаушылардың ортогоналды полярлығы орындалатындай етіп екі есеге кішірейтуге болатынын білеміз. Сонда STM-256 (40 ГГц) цифрлық ағынын тарату үшін арналар арасындағы 50 ГГц жиілік интервалын қолдана алады екенбіз.



2.10 Сурет - DWDM жүйесінің екі көрші арналар сигналдарының спектрлік сұлбасы

### 2.4.1 DWDM жүйесінің сипаттамалары.

Қазіргі уақытта DWDM технологияларын қолданатын байланыс жүйелері басқада бір арналы талшықты оптикалық байланыс жүйелерімен салыстырғанда едәуір күрделі және қымбат болып табылады. Алайда, егер жаңа ТОВЖ және байланыс желілерін салу бағасының біршама бөлігі оптикалық кабель мен оның төсемінің бағасы болып табылатынын ескеретін болсақ, онда салыстырмалы талдау DWDM-технологиясын қолдану 1 бит ақпаратқа есептегендегі шығындарды көптеген азайтуға мүмкіндік беретінін көре аламыз, яғни мұндай жағдайда желі арзанға түсетін болады. Сондай ақ, ақпараттық арналармен икемді маркетинг мүмкіндігі пайда болады: кабельді немесе талшықты ғана емес, сонымен қатар толқын ұзындығын да сатып алуға немесе жалға алуға болатынын көреміз. Осылайша, DWDM технологиялары желідегі берілетін жиілік диапазонын күрделі, қайта құрусыз және жаңа кабельді төсеместен бірнеше рет кеңейту мүмкіндігін қамтамасыз ете алады екен. Қазіргі уақытта әлемде 64 спектрлік арнасы бар DWDM-жүйелері іс жүзінде кеңінен қолданылады, ал 128 спектрлік арнасы бар жүйелерді дайындау аяқталу сатысында тұр.

DWDM жүйесі жеке арнада 2.5 Гбит/с (STM-16) тарату жылдамдығымен шығарылады. Онда стандартты жолақ ені 30 нм болатын эрбий оптикалық күшейткіш қолданылады. Жүйенің спектралды арналарының 0,8 (100 ГГц) арақашықтығындағы спектралды арналар саны  $N=40$ . Ал спектралды 49 арнаның 0,4 (50 ГГц) арақашықтығындағы спектралды арналар саны  $N=80$  тең.  $N=40$  жүйесіндегі өткізу қабілеттілігі 100 Гбит/с ( $40 \times 2.5$  Гбит/с), ал  $N=80$  екі есе үлкен - 200 Гбит/с ( $80 \times 2.5$  Гбит/с). DWDM жүйесінде өткізу қабілеттілігін жоғарылату үшін арна саны мен тарату жылдамдығын көбейту қажет. Арна санын көбейту үшін ITU ұсынған G.694.1 стандартты диапазонда (1525...1565 нм) оптикалық күшейткіштер мен диапазонда (1570...1620 нм) кеңжолақты оптикалық күшейткіштер қолданылады (2.10-сурет). Тарату жылдамдығын жіберу үшін келесі STM-64 (10 Гбит/с) деңгейге дейін SM талшықты желіні толық компенсациялау қажет. Қазіргі уақытта DWDM жүйесінде арна сандарын көбейту тоқтаусыз даму үстінде. Бұл оптикалық күшейткіштердің ұзын толқынды (L – диапазон) және қысқа толқынды (S – диапазон) жағына қарай

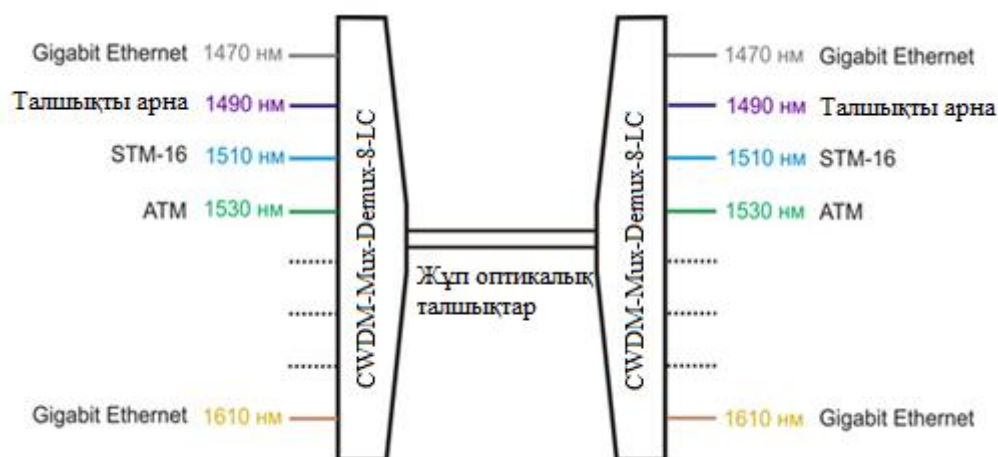
күшейтілген жолақтың кеңеюі арқасында және талшықтың жаңа түрі – нөлдіксіз араласқан дисперсиялы талшық арқылы болады. D

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

DWDM желілері желідегі немесе талшықтағы ақауларды (сынған талшық, ақаулы порт, жұмыс істемейтін торап) анықтап, ақаулықты оқшаулайды. Мақсат - стандарттарда ұсынылғандай болуы керек, мүмкін болатын ең аз бұзушылықпен үздіксіз беруді немесе қызмет көрсетуді ұсына алуы керек. Желінің топологиясы мен архитектурасына байланысты, талшықты-оптикалық деректер интерфейсіне (FOOL) ұқсас қос қарсы сақиналар (сақина желілерінде) арқылы ақаулардың алдын алуға болады. Қарама-қарсы сақинаның архитектурасында ақаулық анықталған кезде, көрші OADM L1 бұрылысымен оптикалық кросс-байланыс арқылы трафикті бағыттау арқылы сәтсіздікке жол бермейді. Жүйе ақаулықтан қалпына келтірілгенде немесе ақаулық жойылғанда, сақина желісі қалыпты күйіне оралады (ақаулық пайда болғанға дейін).

## 2.5 CWDM жүйелері

CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) – технологиясы бір оптикалық талшық бойымен әртүрлі жиілік арқылы бірмезгілде бірнеше ақпарат арналарын тарату технологиясы. ITU-T G.694.2 стандартының рұқсатымен 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 2.11-ші суретте келтірілген. Диапазондар қадамы 20 нм болатын 18 арна орналасқан, барлық 1260-тан 1625 нм диапазон аймақтарын қамтиды.



2.11 Сурет - G-694.2 стандарты ұсынған CWDM арналарын тарату сұлбасы

CWDM жүйелерінің ерекшеліктері:

- жұп оптикалық талшықтарды беру кезінде тәуелсіз арналардың максималды саны – 16 болады;
- BiDi CWDM көмегімен бір оптикалық талшықты беру кезінде тәуелсіз арналардың максималды саны – 8 болады;
- DWDM технологиясымен салыстырғанда төмен құны (CAPEX) ;
- 120 км дейінгі қашықтыққа дейін ақпарат алмасуы;
- CWDM SFP модульдерін қарапайым ауыстыру арқылы желі конфигурациясын өзгерту мүмкіндігінің болуы.

CWDM жүйелері саласында (арналарды "өрескел" бөлетін WDM жүйелері) компания CWDM транспондерімен біріктірілген EDFA оптикалық сызықтық күшейткіштің жаңа модулін ұсынады. Құрылғы шығыс қуаты 13 және 8 дБм болатын таратқыштармен бірге келеді. Бұл құрылғылар 1,25 Гбит/с жылдамдықпен 1270-1600 нм диапазонында сигнал қабылдай алады, оны 1550 нм толқын ұзындығында түрлендіреді және күшейтеді. Құрылғы тұрақты шығу қуатымен ( $\pm 0,1$  дБ) және төмен шуылмен (8,2 дБ) ерекшеленген. Бұл деректерді бір режимді талшық арқылы шамамен 80 км қашықтықта беруге мүмкіндік береді. SC/VC типті оптикалық қосқыштармен жабдықталған.



2.11 Сурет - SC/VC типті оптикалық қосқыш

Алдыңғы панельде индикаторлар болады, бұл ақпарат тарату желісі мен құрылғының күйін жылдам тексеруге, кіріс және шығыс сигналдарын басқаруға мүмкіндік береді. Жергілікті және қашықтан басқару үшін RS232 және Ethernet интерфейстері бар.

Аралас модуль толқын ұзындығын түрлендіруді, содан кейін оптикалық сигналды күшейтуді, қол жеткізу желілері арқылы жылдамдық пен тарату ауқымын арттыруды қамтамасыз етеді, сонымен қатар жоғары жылдамдықты желілерді құру сияқты мәселелерді шешуде қолайлы болып келеді. Оны жергілікті оптикалық желілерде де қолдануға болады.

Сонымен қатар, ұсыныстар портфолиосы OPS резервтік арнасына оптикалық қосқыштардың модульдерімен толықтырылды. Бұл дегеніміз, OPS FG-WDM-F-OPS-1310/1550 оптикалық резервтік қосқышы оптикалық тарату жүйелерінің тұрақтылығы мен сенімділігін арттыруға арналған екенін білеміз. OPS FG - WDM-F-OPS-1310/1550 екі және төрт сымды тарату жүйелерін (1310 және 1550 нм) қуат тізбектерінде резервтік оптикалық жолға автоматты қосқыш ретінде де қолданылады. Ауыстыру уақыты 50 мс-тан аз болады. Желіні үздіксіз бақылау және басқару үшін толқын ұзындығы 1625 нм болатын қызметтік арна (OSC) қарастырылған.

OSC арнасында жұмыс жасайтын құрылғы, жарықдиодты дисплей және RS232 және Ethernet интерфейстері (SNMP протоколы бойынша) арқылы мониторингтің барлық мүмкіндіктерімен қамтамасыз етілген. OSC индикаторы берілетін және қабылданатын сигналдардың деңгейін, толқын ұзындығын, коммутация деңгейін және ағымдағы күн мен уақытты көрсетеді. Ауыстыру автоматты түрде де, қолмен де жүзеге асырылады. Оптикалық кабельдік теледидар (CATV) жүйелері үшін резервтік арнаға арнайы қосқыш шығарылады.

### 3 ТАЛШЫҚТЫ - ОПТИКАЛЫҚ ТАРАТУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЕСЕПТЕУ

#### 3.1 Өшулік коэффициентін, өшулік бойынша жол ұзындығын есептеу

Хроматикалық дисперсиясы шамамен 20пс/нм/км болғандағы, бір арнадағы жылдамдық 10Гбит/с, жиілік жолағы 50ГГц болатын арнадағы өшулікті есептейміз.

Хроматикалық (жиіліктілік) дисперсия. Хроматикалық дисперсия материалды және волноводты құраушылардан тұрады, сондай ақ бір модты немесе көпмодты талшық бойымен таралады. Бұл дисперсия сәуле шығару көзінде жиіліктік спектрдің болуымен және оның когеренттік еместігімен және бағытталу диаграммасының болуымен анықталады.

Материалды дисперсия деп шынының сыну көрсеткішінің толқын ұзындығы бойынша өзгеруін айтамыз. Практика жүзінде кез-келген бастау бір ғана толқында генерацияланбайды, тек белгілі спектор  $\lambda$  диапазон нәтижесінде әр түрлі спектрлі сигналды құрушылар әртүрлі таралу жылдамдығына ие болады, ол талшықтың шығынға ұшыратады.

Материалды дисперсияның теңдеуіне сыну көрсеткішінің толқын ұзындығына дифференциалды тәуелділігі кіреді:

$$\tau_{\text{мат}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \frac{\lambda^2}{c} \frac{d^2n}{d\lambda^2} l, \text{ м} \quad (3.1)$$

мұндағы  $\Delta\lambda$ -сәуле көзінің спектрлі жолағының кеңдігі;

$\lambda$ -таратылған толқын ұзындығы;

$c$ -жарық жылдамдығы;

$l$  - жолақ ұзындығы.

Идеалды сатылы профил үшін:

$$\tau_{\text{мат}} = \Delta\lambda \cdot l \cdot M(\lambda), \text{ м} \quad (3.2)$$

мұндағы  $\Delta\lambda$ -сәулелену көзінің спекторлік жолағының кеңдігі (лазер үшін 1...3нм, сәулелі диод үшін 20...40нм);

$M(\lambda)$  - меншікті материалдық дисперсия пс/(нм·км) – пикосекундты нанометр спектр жолағының км сәулесіндегі ұзындығының көбейтіндісіне қатысты.

Толқын ұзындығының ұлғаюымен материалды дисперсия кішірейеді, кейін ол О нүктесі арқылы өтіп, теріс мәнге ие болады.

Толқынжолдық (ішкі модаль) дисперсия моданың ішіндегі процесстермен анықталады. Ол таратылатын жиілік спектрінің кеңдігіне тәуелді және  $\gamma = \psi(\lambda)$  толқын ұзындығынан, моданың таратылу коэффициентіне тәуелділігін сипаттайды:

$$\tau_B = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \frac{2n_1^2 \cdot \Delta \cdot l}{c} = \Delta\lambda \cdot l \cdot B(\lambda), \text{ м} \quad (3.3)$$

мұндағы  $B(\lambda)$  – меншікті материалдық дисперсия, пс/(нм·км).

Меншікті хроматикалық дисперсия меншікті және толқын жолды дисперсияларының алгебралық қосындысы болып табылады:

$$D(\lambda) = M(\lambda) + B(\lambda). \quad (3.4)$$

Себебі материалдық дисперсия оң да терісте болуы мүмкін, белгілі бір толқын ұзындығында материалды және толқын жолды дисперсия компенсацияланып, нәтижесінде дисперсия нөлге ауысады. Бұл процесс жүзеге асатын толқын ұзындығын нөлдік дисперсияның толқын ұзындығы деп аталады. Баспалдақты бір модаль талшық үшін нөлдік дисперсиясы үшін толқын ұзындығы 1310 нм.

Хроматикалық дисперсия меншікті хроматикалық дисперсиямен мына қатынаспен байланысады:

$$\tau_{xp}(\lambda) = D(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \text{ с/км} \quad (3.5)$$

мұндағы:  $D(\lambda)$  – меншікті хроматикалық дисперсия, с/(нм·км);

$\Delta\lambda$  – сәулелену көзінің спектрлік кеңдігі, нм.

Бірмодаль сәуле өткізгіштерде поляризациялық модаль дисперсия болмағандықтан импульстердің ұлғаюын хроматикалық дисперсия арқылы анықтай аламыз:

$$\tau_{xrom} = D(\lambda) \cdot \Delta\lambda \cdot L, \text{ с/км} \quad (3.6)$$

мұндағы:  $D(\lambda)$  – оптикалық талшықтағы хроматикалық дисперсияның коэффициенті – 3,5 пс/нм·км;

$\Delta\lambda$  – лазерлік сәулеленудің жолағының ені – 0,5 нм;

Оптикалық талшықты қолдану арқылы өшулік бойынша жол ұзындығын есептей аламыз:

$$20 = 3,5 \cdot 0,5 \cdot L; \quad (3.7)$$

$$L = \frac{20}{3,5 \cdot 0,5} = 11,42 \text{ нм}$$

Орташа квадраттық импульсті кеңейтуді келесідей анықтаймыз:

$$\sigma_y = \frac{\sigma}{L} = \frac{17,5}{11,42} = 1,53 \text{ пс/км} \quad (3.8)$$

Оптикалық талшықтағы дисперсияны ескере отырып, регенерацияланатын аумақтың ұзындығын есептей аламыз:

$$l_{p.a \max} = \frac{0,25}{\tau \times B} = \frac{0,25}{20 \times 10^{-12} \times 621 \times 10^6} = 0,0001 \times 10^6 \text{ км} = 100 \text{ км} \quad (3.9)$$

мұндағы: В – ақпаратты таратуға кететін жылдамдық, бит/с;

$\tau$  – орташа квадраттық импульсті кеңейту шамасы, с/км;

Өшулік коэффициенті өшулік регенерациялық аумақ ұзындығын алдын ала анықтайды:

$$\alpha = \alpha_c + \alpha_k. \quad (3.10)$$

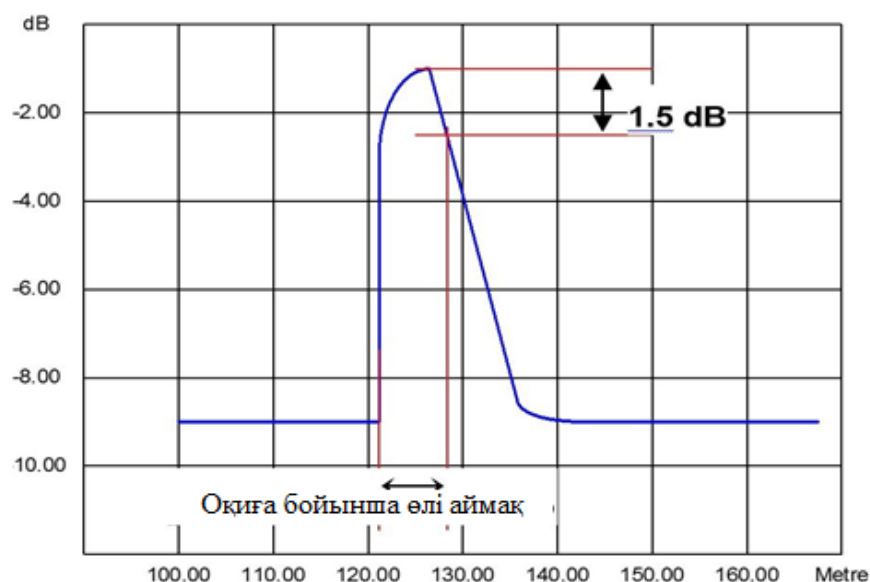
мұндағы  $\alpha_c$  – өздік жоғалулар;

$\alpha_k$  – қосымша жоғалулар немесе кабельдік жоғалулар.

### 3.2 Минималды өлі аймақты есептеу

Оптикалық сызықты диагностикалау кезінде оның толық бөліктері рефлектограммада анық көрінбейді. Бұл рефлектометрдің жұмыс принципіне байланысты болып келеді. Коннектордан немесе жарықтан шағылысқан сигнал көп қуатқа ие болған кезде және рефлектометрге қайта оралу оны біраз уақытқа "соқыр етеді". Нәтижесінде, зоналау импульсінен өтетін қашықтықтағы қабылдағыш "соқыр" болған кезде инженерге ол импульстер көрінбейді. Бұл "көрінбейтін" талшық аймақтары әдетте "өлі аймақтар" деп аталады. Өлі аймақтардың екі түрі болады:

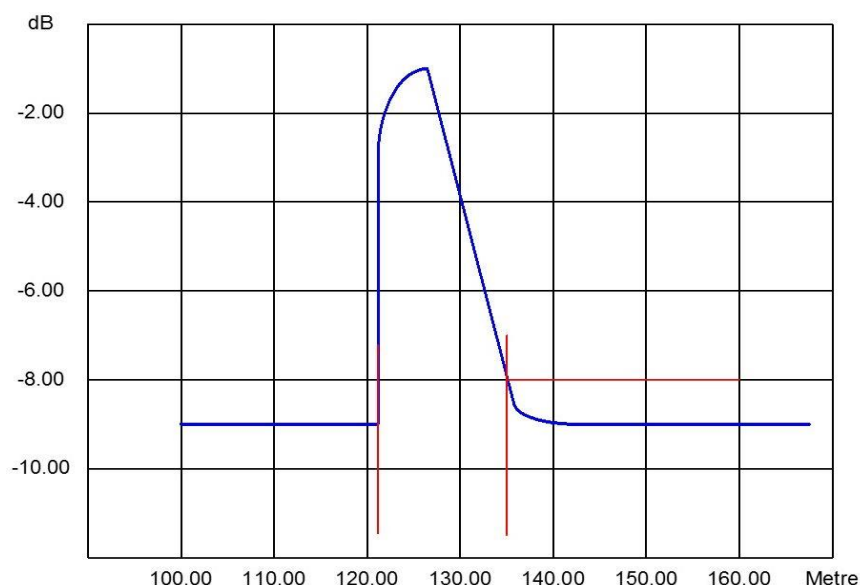
- оқиға бойынша өлі аймақ - жақын жерде орналасқан екі шағылысатын жағдайдағы (мысалы, коннекторлар) ажырату мүмкін емес болатын қашықтық.



3.1 Сурет - Оқиға бойынша өлі аймақ

Оқиға бойынша өлі аймақ импульстің басынан бастап 1,5 дБ-ге дейін төмендеген қашықтыққа тең екені анықталған.

Өшулік бойынша өлі аймақ - бұл оқиғадағы шығындарды өлшеуге болатын шағылысқан оқиғадан кейінгі қашықтық.



3.2 Сурет - Өшулік бойынша өлі аймақ

Өшулік бойынша өлі аймақ кері шашырау деңгейінен 0,5 дБ деңгейінде болатын шағылысу процесінің басынан оның еңісіндегі нүктеге дейінгі қашықтық болып табылады.

Егер дәнекерленген қосылыстар коннекторларға жақын болса, олар өлі аймаққа түскен кезде рефлектограммада көрінбейді. Мұндай дәнекерлеудегі

шығындарды анықтау үшін екінші жағынан сызықты өлшеуді қолдануға да қажеттілік туындауы мүмкін.

Минималды өлі аймақ деп зондталған импульстерді беру және нысанадан шағылысқан импульсті қабылдау үшін бөлек импульсті радиолокатордың минималды диапазоны нөлге тең болған жағдайдағы аймақты айтамыз. Бірақ та, беру және қабылдау үшін бір қабылдағышты пайдаланатын болсақ радиолокатордың таратқышы мен қабылдағышы кезекпен жұмыс істейтін болады. Бұл жоғары сезімтал құрылғы радар қабылдағышы болып табылады. Алайда оған күштілеу зондтау импульсі әсер еткен кезде істен шығуы мүмкін. Осылайша, зондтау импульсінің сәулеленуі кезінде қабылдағыш жабылады, ал осы уақытқа пропорционалды диапозонды радардың минималды диапазоны деп атайды екенбіз. Дәл осы диапозон "соқыр" немесе "өлі" аймақтың өлшемдерін анықтай алады. Сондай ақ, сәулелену аяқталғаннан кейін оптикалық талшықтағы қосқышты бастапқы қалпына келтіру үшін біраз уақыт қажет болғандығы "соқыр" аймақтың мөлшеріне әсер етеді. Минималды диапозон радардың маңызды сипаттамаларының бірі болып табылады, себебі осы аймақтағы мақсат радармен анықталады. Жоғарыда келтірілген пайымдауларға сүйене отырып, радардың минималды диапазонын (минималды өлі аймақты) анықтау үшін келесі формуланы жазуға болады:

$$D_{min} = \frac{c_0 \times (\tau + t_{\text{вост}})}{2}, \text{ м} \quad (3.11)$$

мұндағы:

$c_0$  - толқынның таралу жылдамдығы ( $3 \times 10^8 \text{ м/с}$ );

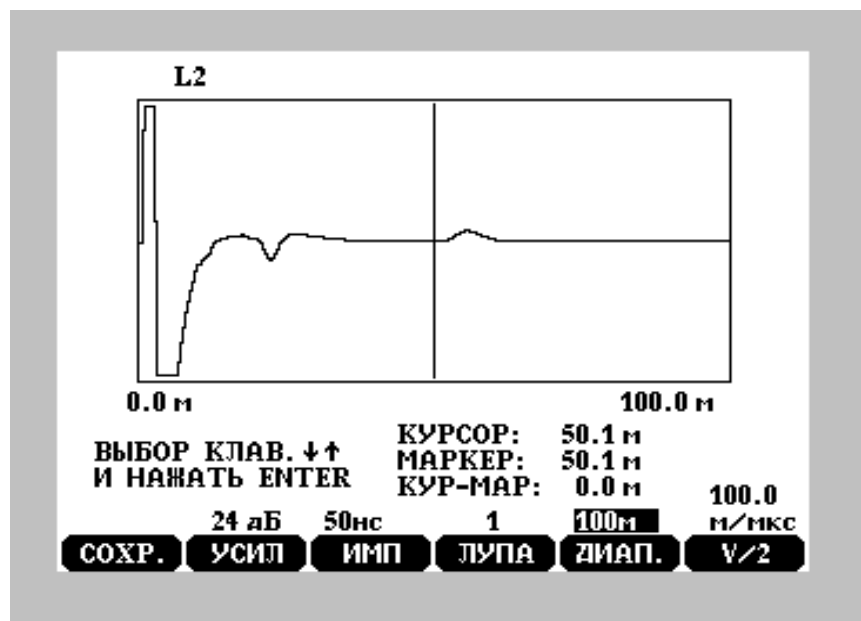
$\tau$  - зондтау импульсінің ұзақтығы (1 сағ);

$t_{\text{вост}}$  - оптикалық қосқышты қалпына келтіру уақыты (8760 сағ);

Сонда:

$$D_{min} = \frac{3 \times 10^8 \times (1 + 8760)}{2} = 13\,141,5 \text{ м} \quad (3.12)$$

Бірнеше микросекундтағы зоналық импульстің ұзақтығы үшін радиолокатордың минималды диапазоны жүздеген метрді құрайды, бұл көптеген дәстүрлі радиолокациялық тапсырмалар үшін қолайлы болып келеді. Басқаша жағдай радиолокаторда ондаған, тіпті жүздеген микросекундтардың ұзақтығы бар күрделі зондтау сигналдары қолданылған кезде пайда болады. Мұндай жағдайларда күрделі зондтау қолданылады, қысқа қашықтықтағы нысандарды анықтау үшін қысқа ұзындықтағы сигналдар қолданылады, ал алыс қашықтықта – ұзақ уақытқа созылады, яғни қысқа сигнал ұзақ сигналдың "өлі" аймағын тексеру үшін пайдаланылады.



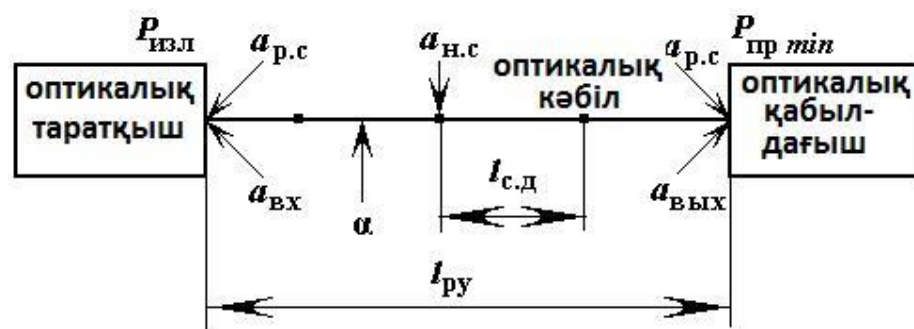
3.3 Сурет - Оптикалық рефлектометр арқылы минималды өлі аймақты анықтау

### 3.3 Талшықты-оптикалық тарату жүйелерінің регенерациялық аймақтарының ұзындығын анықтау

Оптикалық сигналдың жолақ бойынша жайылуы негізінде оның уақыт бойынша қуат дәрежесінің төмендеуімен немесе дисперсиясының өсуімен түсіндіріледі. ТОВЖ регенерациялық аймағының ұзындығын анықтау – типті тарату жүйесімен және оптикалық сым таңдап алынғаннан кейін, оның берілген сапасы және жолақтың өткізу қабілеттілігі негізінде орындалады. Бірінші жақындаудағы сандық тарату жүйесіндегі байланыстың сапасы қабылдағыштың шығысындағы флуктуациялық шуыл дәрежесімен және символаралық интерференциямен анықталады. Яғни, кеңею кезіндегі импульстардың жабылуы процесі жүзеге асады. Жолақтың импульстік кеңеюі өскен сайын,  $\tau_{рез/пу}$  шамасының сипаттамасы көбейеді және қателігі өседі. Сондықтан регенерационды аймақтың ұзындығы  $l_{пу}$  оның дәрежесінің төмендігімен немесе жолақтың кеңеюімен шектеледі.

Ұсынылған сымда тарату жылдамдығы қайтадан регенерация аймағының ұзындығына пропорционал болады.

Есептік қатынасты фотоқабылдағыштың кірісіндегі бізге қажетті сигналдың қуатын күшейту арқылы ала аламыз (жіберілетін қуат  $P_{пр\ min}$ ).



3.4 Сурет - Талшықты-оптикалық трактың құрылымдық сұлбасы

3.4-ші суретке қарағанда:

$$P_{\text{пр min}} \leq P_{\text{изл}} - a_{\text{вх}} - 2a_{\text{р.с}} - \left( \frac{l_{\text{ру}}}{l_{\text{с.д}}} - 1 \right) a_{\text{к.с}} - \alpha_{\text{ру}} - a_{\text{вых}}, \quad (3.13)$$

Мұндағы  $P_{\text{изл}}$  – оптикалық сәуле шығарудың қуат деңгейі, дБм;

$P_{\text{пр min}}$  – қабылдағыштың сезгіштігі, дБм;

$a_{\text{р.с}}$  – алыныпсалынбалы қосылыстардағы жоғалтулар, дБ;

$a_{\text{к.с}}$  – алыныпсалынбайтын қосылыстардағы жоғалтулар, дБ;

$\alpha$  – әшулік коэффициенті ОТ, дБ/км;

$l_{\text{с.д}}$  – кәбілдің құрылыстық ұзындығы, км;

$a_{\text{вх}}$  – сәулені талшыққа ендіргендегі жоғалтулар, дБ;

$a_{\text{вых}}$  – сәулені талшықтан шығарғандағы жоғалтулар, дБ.

$\Pi = P_{\text{изл}} - a_{\text{вх}} - a_{\text{вых}} - P_{\text{пр min}}$  – шамасы, белгіленген сәуле шығару көздері мен фотоқабылдағыштың түрімен анықталатын аппаратураның энергетикалық потенциалы.

(3.12)-ден регенерациялық аймақтың ұзақтығын (км) , оның жолағының өшуімен анықтауға болады:

$$l_{\text{ру}} \leq \frac{\Pi + a_{\text{н.с}} - 2a_{\text{р.с}}}{a_{\text{н.с}} + \alpha l_{\text{с.д}}} l_{\text{с.д}} \quad (3.14)$$

Дисперсиялы талшықтың сипаттамасына регенерациялық аймақтың ұзындығы шектеу қояды. Дисперсиялы оптикалық талшықтың есептеуі бойынша регенерацонды аймақтың ұзындығы  $B$  – қажетті ақпаратты тарату жылдамдығын, бит/с;  $\tau$  – дисперсиялы оптикалық талшықтың мәнін с/км құрайды.

ТОБЖ  $l_{\text{ру}}$  регенерация телім ұзындығы кабель сипаттамасының берілуімен анықталады: оның өшулік коэффициенті  $\alpha$  және дисперсиясы  $\tau$  .

Таңдалған аппаратура мен сигналдың сапалық көрсеткіштері үшін регенерациялық аймақты анықтау оптикалық кабельдің сипаттамаларына, дәлірек айтқанда, дисперсия мен өшулікке байланысты болады. Өшулік

регенерациялық аймақтың ұзындығын шектейді. Дисперсия импульстердің кеңеюіне алып келеді, линияның ұзындығы артқан сайын таратылатын ақпараттың қателік ықтималдығы арта түседі.

Кабельдің өшулігі беруші қуаттың төмендеуіне әкеп соғады, сәйкесінше регенерация телім ұзындығын шектейді. Кабельдің дисперсиясы беруші импульстерді салуға және оның бұрмалануына әкеледі, қаншадықты жол ұзын болса, соншалықты импульсты бұрмалану енгізіледі және де кабельдің өткізу мүмкіндігіне  $\Delta F$  шектеу қойғызылады

Регенерация телім ұзындығы өшулік пен дисперсия мәндерін қанағаттандыруы қажет. Сондықтан регенерациялық телім ұзындығында ең бірінші мүмкін мәндерден өшулікті  $l_{py}^3$ , содан кейін дисперсияның талап етілген мәндерінен және өткізу мүмкіндігінен есептеулер орынадалады. Алынған екі регенерациялық телім ұзындықтары  $l_{py}^3$  және  $l_{py}^3$  мәндерінен өшулік пен дисперсия шарттарын қанағаттандыраттын ең кіші мәнді аламыз.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жобада оптикалық қол жеткізу құрамдас базасы мен желілерін құрастыру принциптері қарастырылған. Жобаның бірінші бөлімінде талшықты оптикалық байланыс желілері туралы ақпарат берілді. ТОВЖ құрылымы, активті және пассивті компоненттері мен қолдану аясы туралы мағлұматтар келтірілді. ТОВЖ артықшылықтары мен кемшіліктері туралы айтып өттім.

Жобаның екінші бөлімінде оптикалық желіні құру принциптері туралы ақпарат берілген. Станциялық жағында, магистралдық жағында кабельдерді төсеу жұмыстарын жүргізу процестері туралы мәліметтер келтірілген. Сонымен қатар оптикалық тарату шкафтарына қойылатын талаптарды, оның ішінде: кабель дизайнына қойылатын талаптар мен оның өлшемдері және құрылымдық ерекшеліктері жайында толықтырып ақпараттар келтірілді. Ішкі жиынтық пен оптикалық кроссқа, сондай ақ сыртқы орта параметрлеріне және жеткізу жиынтығына қойылатын талаптарды негізге ала отырып оптикалық желіні құрудағы көптеген жұмыстармен таныстым.

G.652 және G.655 оптикалық талшық түрлері мен стандарттарын қарастырдым. Олардың артықшылықтары мен кемшіліктерімен таныстым. Оларды қандай белгілеріне сипатына қарай ажырату керек екенін, сондай ақ қай стандартты пайдалану тиімді екенін білдім.

Арналардың спектрлік нығыздалуы (WDM) дегеніміз бір оптикалық талшық бойымен әр түрлі тасымалдаушы жиіліктерде бірнеше ақпараттық арналар арқылы бір уақытта ақпаратты таратуға мүмкіндік беретін технология. Сонымен қатар WDM технологиясы - бұл әртүрлі жиіліктегі оптикалық сигналдарды бір талшық арқылы жіберуге мүмкіндік беретін технология болып табылады. Оның жұмыс принципі жиілікті бөлу мультиплексімен (FDM) бірдей. Яғни, бірнеше сигналдар жиілік спектрінің ашылмаған бөліктерін арқылы әртүрлі тасымалдаушыларды қолдана отырып беріле алады WDM жағдайында қолданылатын спектр жолағы 1300 немесе 1550 нм аймағында орналасқан болады және, екі толқын ұзындығының терезесі болып табылады, онда оптикалық талшықтар өте төмен сигналдық шығындарға ие болып келеді.

DWDM технологиясын қолдану 1 бит ақпаратқа есептегендегі шығындарды көптеген азайтуға мүмкіндік беретінін көре аламыз, яғни мұндай жағдайда желі арзанға түсетін болады, CWDM жүйелері бір оптикалық талшық бойымен әртүрлі жиілік арқылы бірізгіде бірнеше ақпарат арналарын тарату технологиясы. туралы мәліметтермен толықтырылды. Сонымен қатар SDH жүйесі және STM-16 және STM-64 стандарттарымен таныстым

Жобаның үшінші бөлімінде оптикалық параметрлерін: минималды өлі аймақты есептеу, өшулікті және өшулікті өлшеудің қателігін есептеу бойынша есептеулер жүргіздім. Талшықты оптикалық кабельдердің негізгі қасиеттерін артықшылықтарын, қолдану аясын біле отырып, оның сипаттамаларымен таныс болдым.

Келесі есептік бөлімде берілген мәліметтерге сүйене отырып арналар санын, өшулікті, өшулік бойынша жол ұзындығын, регенерациялық аумақтың ұзындығын, ТОВЖ сенімділік көрсеткіштерін, минималды өлі аймақты, өшулікті және өшулікті өлшеудің қателігін есептеу жұмыстары жүргізілді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1) Иванов В.И. Волоконно-оптические системы передачи, 2011 – 200 с
- 2) Данько Е.Т, Елизарова Е.Ю., Учебное пособие «Активные и пассивные компоненты волоконно-оптических систем передач», АУЭС, 2016;
- 3) Скларов О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи.-СПб.: «Лань», 2010 – 120 с;
- 4)URL:[https://ftp.utcluj.ro/pub/users/cemil/dwdm/dwdm\\_Intro/16\\_5311757.pdf](https://ftp.utcluj.ro/pub/users/cemil/dwdm/dwdm_Intro/16_5311757.pdf) (дата обращения 19.05.2020)
- 5)URL:[https://www.tutorialspoint.com/optical\\_networks/optical\\_networks\\_wdm\\_technology.htm](https://www.tutorialspoint.com/optical_networks/optical_networks_wdm_technology.htm) (дата обращения 20.05.2020)
- 3.<https://emirb.org/bl-bitiru-jmisinda-almati-oblisi-irgeli-auilina-wimax.html?page=3> (2022 ж)
4. <https://www.nateks.ru/publication/spektralnoe-uplotnenie-wdm-urovnya-stm-64-10g-ot> (2012 ж)
5. <http://diplinegroup.ru/novosti/vols-osnovnyie-komponentyi,-xarakteristiki-i-sfera-primeneniya.html> (2017 ж)
6. <https://lektsii.org/14-26770.html>
7. Чернова О.Н. Технологии xWDM — это перспективно. Решения Натекс — Первая миля, 2011, №1, с.26-31.
8. Чернова О.Н. Достижения xWDM-технологий. — Вестник связи, 2012, №2.
9. M. Zhong, M. P. Hedges, R. L. Ahlefeldt, J. G. Bartholomew, S. E. Beavan, S. M. Wittig, J. J. Longdell, and M. J. Sellars, Nature 517, 177 (2015). 8
10. F. Jelezko, T. Gaebel, I. Popa, M. Domhan, A. Gruber, and J. Wrachtrup, Phys. Rev. Lett. 93, 130501 (2004).
11. A. Gruber, A. Dräbenstedt, C. Tietz, L. Fleury, J. Wrachtrup, and C. v. Borczyskowski, Science 276, 2012 (1997).
12. E. Bourgeois, A. Jarmola, P. Siyushev, M. Gulka, J. Hruby, F. Jelezko, D. Budker, and M. Nesladek, Nat. Commun. 6, 8577 (2015).
13. F. Dolde, I. Jakobi, B. Naydenov, N. Zhao, S. Pezzagna, C. Trautmann, J. Meijer, P. Neumann, F. Jelezko, and J. Wrachtrup, Nat. Phys. 9, 139 (2013).
14. P. W. K. Rothemund, Nature 440, 297 (2006).
15. J. V. Barth, G. Costantini, and K. Kern, Nature 437, 671 (2005).
16. S. Abb, L. Harnau, R. Gutzler, S. Rauschenbach, and K. Kern, Nat. Commun. 7, 10335 (2016).
17. A. Gopinath, E. Miyazono, A. Faraon, and P. W. K. Rothemund, Nature 535, 401 (2016).
18. Q. Luo, C. Hou, Y. Bai, R. Wang, and J. Liu, Chem. Rev. 116, 13571 (2016).
19. S. Bose, Phys. Rev. Lett. 91, 207901 (2003).
20. C. Di Franco, M. Paternostro, and M. S. Kim, Phys. Rev. Lett. 101, 230502 (2008).

21. A. Ajoy and P. Cappellaro, Phys. Rev. Lett. 110, 220503 (2013).
22. Belloni, T. M., Zhang, L., Kylafis, N. D., Reig, P., & Altamirano, D. 2020, MNRAS, 496, 4366
23. Buisson, D. J., Altamirano, D., Armas Padilla, M., et al. 2021, MNRAS, 503, 5600
24. Buisson, D. J. K., Hare, J., Guver, T., et al. 2020, ATel, 13563, 1
25. Chevalier R. A., 1975, ApJ, 200, 698.
26. Cioffi D. F., McKee C. F., Bertschinger E., 1988, ApJ, 334, 252.
27. Draine B. T., 2011, piim.book
28. Fesen R. A., Blair W. P., Kirshner R. P., 1985, ApJ, 292, 29.
29. Filippenko A. V., 1997, ARA&A, 35, 309.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ  
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Альбекова Жансая Мусағалиқызы

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Тақырыбы: «Оптикалық қол жеткізу құрамдас базасы және желілерін  
құрастыру принциптері»

Берілген бітіру жұмысында оптикалық қол жеткізу құрамдас базасы  
және желілерін құрастыру принциптерін қарастырған.

Жұмыста оптикалық желіні құру принциптері туралы ақпарат берілген.  
Оптикалық параметрлерді: минималды өлі аймақты, өшулікті және өшулік  
бойынша жол ұзындығы есептелді.

Алайда, келесі ескертулерді атап өту керек:

1. Дипломдық жобада стилистикалық және грамматикалық қателер  
кездеседі;

2. Алынған нәтижелер толық салынбаған.

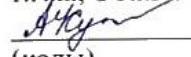
Жоғарыда келтірілген ескерту жұмыстың маңыздылығын  
төмендетпейді. Дипломдық жұмыс оқу жұмыстарының талаптары мен  
стандарттарына сәйкес келеді

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (95%) деген баға, ал студент  
Альбекова Жансая Мусағалиқызы 5B071900 – Радиотехника, электроника  
және телекоммуникация мамандығы бойынша «техника және технологиялар  
бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

**Ғылыми жетекші**

ЭТ және FT каф.лекторы

т.ғ.ж., ЭТжFT сениор-лектор

 Куттыбаева Айнур Ермекеалиевна  
(қолы)

«20» мамыр 2022 ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагияттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор:** Альбекова Жансая Мусағалиқызы

**Тақырыбы:** Оптикалық көл жеткізу құрамдас базасы және желілерін құрастыру принциптері

**Жетекшісі:** Айнура Қуттыбаева

**1-ұқсастық коэффициенті (30):** 3.3

**2-ұқсастық коэффициенті (5):** 2.3

**Дәйексөз (35):** 0.5

**Әріптерді ауыстыру:** 56

**Аралықтар:** 0

**Шағын кеністіктер:** 67

**Ақ белгілер:** 0

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**

☐ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

2022-05-24

Күні

Кафедра меңгерушісі



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Альбекова Жансая Мусагаликызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Оптикалык кол жеткізу құрамдас бaзасы және желілерін құрастыру принциптері

**Научный руководитель:** Айну́р Қуттыбаева

**Коэффициент Подобия 1:** 3.3

**Коэффициент Подобия 2:** 2.3

**Микропробелы:** 67

**Знаки из других алфавитов:** 56

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2022-05-24

*Дата*

*Заведующий кафедрой*



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Альбекова Жансая Мусагапқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Оптикалық қол жеткізу құрамдас базасы және желілерін құрастыру принциптері

**Научный руководитель:** Айнур Куттыбаева

**Коэффициент Подобия 1:** 3.3

**Коэффициент Подобия 2:** 2.3

**Микропробелы:** 67

**Знаки из других алфавитов:** 56

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- ☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

2022-05-24

Дата



Сұңғат Марқсұлы

проверяющий эксперт