

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Жеткербаева Ғалия Сабитқызы

«Талдықорған және Алматы қалалары арасында талшықтық-оптикалық
байланысты ұйымдастыру»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.

 Е.Таштай

« 29 » апрель 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Талдықорған және Алматы қалалары арасында талшықтық-оптикалық байланысты ұйымдастыру»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:



Ғ.Жеткербаева

Пікір беруші

техн. ғыл. канд.,

АУЭС доценті

 А.О.Касимов

« 24 » 04 2019 ж.

Ғылыми жетекші

экон. ғыл. канд., лектор

 А.Е.Құттыбаева

« 24 » 04 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі,
техн.ғыл.канд.

 Е.Таштай

« 20/ » сәуір 2018 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Жеткербаева Ғалия Сабитқызы

Тақырыбы «Талдықорған және Алматы қалалары арасында талшықтық-оптикалық байланысты ұйымдастыру»

Университет ректорының «16» қазан 2018 ж. № 1162-б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі “25” сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Талдықорған және Алматы қалаларының мәліметтері, 2) Құрылғылар тізімі 3) есептеу тәсілдері

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Талдықорған және Алматы байланыс жолдарының қазіргі жағдайы;

ә) Оптикалық кабельдер түрлерін, DWDM технологиясын қарастыру

б) Оптикалық байланыс жолдарын есептеу;

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызба материалдары 11 слайдта көрсетілген.




Ұсынылатын негізгі әдебиет 23 атау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСТЫ (ЖОБАНЫ) ДАЙЫНДАУ
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
DWDM технологияларын талдау	20.01.2019 - 01.03.2019	орындалды
Жобаның құрылғыларын таңдау	02.03.2019 - 02.04.2019	орындалды
Техникалық есептеу бөлімі	01.04.2019 – 15.04.2019	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
DWDM технологияларын талдау	А.Е.Куттыбаева, ЭТЖҒТ каф.лекторы	25.04.19	
Жобаның құрылғыларын таңдау	А.Е.Куттыбаева, ЭТЖҒТ каф.лекторы	25.04.19	
Норма бақылау	PhD докторы, ЭТЖҒТ каф.сениор-лекторы Тайсариева К.Н.	26.04.19	

Ғылыми жетекшісі


(қолы)

А.Е.Куттыбаева

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Ғ.Жеткербаева

Күні

“ 26 ” 04 _____ 2019 ж.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Талдықорған – Алматы оптикалық-талшықтық DWDM желісі құрылғысын орнату қарастырылды. Бұл бітіру жұмысында заманауи құрылғысы таңдалды. құрылғысы таңдалды. Дипломдық жұмыста желінің негізгі параметрлері есептелді, DWDM жобаланатын жүйесінің өткізу қабілеті, сенімділік көрсеткіштері, шудан қорғанудың шектік мәнін, регенерация бөлігінің ұзындығы мен сигнал қуаты және оптикалық кабелдегі шығындар MathCad бағдарламасымен және оптикалық күшейткіші бар ТОБЖ-нің бөгеуілге орнықтылығы есептелді.

ТОБЖ қолдану облысының мүмкіншілігі өте кең – қалалық және ауылдық байланыс желілерінен, борттық комплекстерге (самолеттер, ракеталар, кемелер), мәліметтер көлемінің көптігін үлкен қашықтықтарға таратуға дейін. Талшықты-оптикалық байланыс негізінде мәліметтерді таратудың жаңа жүйелері құрылады.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассмотрена установка в сети DWDM Талдыкорган-Алматы оборудование ВОЛС. В данной выпускной работе выбраны современные оптические усилители.

В дипломной работе рассчитаны основные параметры сети, пропускная способность проектируемой DWDM, показатели надежности и помехоустойчивость ВОЛС с оптическими усилителями.

Область применения FOCL очень широка - от городских и сельских сетей связи, бортовых комплексов (самолеты, ракеты, корабли) до больших расстояний передачи данных. Созданы новые системы передачи данных на основе волоконно-оптической связи.

ANNOTATION

In this diploma work, setting is considered in the network of DWDM Taldykorgan-Almaty equipment . In this final work chosen modern equipment "Cone" (A converter is a strengthener).

The basic parameters of network are expected in diploma work, carrying capacity of designed DWDM, reliability indexes and antijammingness of FOL with LBAS.

The scope of the fiber-optic transmission system is very wide - from urban and rural communication networks, on-board systems (airplanes, missiles, ships) to large data transmission distances. Created new data transmission systems based on fiber-optic communication.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	
1 DWDM технологияларын талдау	10
1.1 DWDM жүйелерінің жалпы сипаттамасы	10
1.2 «Конус»талшықты-оптикалық тарату жүйесінің жобалау	15
1.3 Талдықорған-Алматы DWDM трассасын таңдау	17
1.4 Мәселенің қойылымын негіздеу	18
2 Жобаның құрылғыларын таңдау	19
2.1 Күшейткіш аппаратурасы	19
2.2 IPG компаниясының ПУСК құрылғысы	21
2.3 DWDM құрылымдары	23
2.4 DWDMжүйесін жөндеу және өлшеу	25
2.5 DWDM мультиплексоры және демультиплексоры	27
3 Техникалық есептеу бөлімі	30
3.1 DWDM жобаланатын жүйенің өткізу қабілетін есептеу	30
3.2 Регенерациялық аумақтың көрсеткіштерін есептеу	32
3.3 Энергетикалық қорды есептеу	37
3.4 Сымның иілу бағытын есептеу	38
3.5 Сенімділік көрсеткіштерін есептеу	40
3.6 Шудан қорғанудың шектік мәнін есептейміз	42
3.7 Оптикалық кабелдегі шығындар	44
3.8 Қабылдаушы оптоэлектронды модульдің сезімталдық деңгейін есептеу	45
Қорытынды	67
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	68

КІРІСПЕ

Оптикалық талшық (АТ) қазіргі уақытта ең озық орналастыру ортасы болып табылады және сонымен қатар қашықтықта үлкен көлемдегі деректерді тарату үшін перспективалық таратқыш болып табылады. Қазіргі уақытта оптикалық талшықты деректерді тарату бойынша барлық есептерде пайдалануға болады.

Аймақаралық ауқымда синхронды цифрлық иерархияда талшықты-оптикалық желінің құрылысын анықтау қажет. Жергілікті және аймақтық талшықты-оптикалық жүйелердің интерфейстері Ethernet, FDDI, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, АТМ арқасында біздің өмірімізде жеделдетіледі.

Қазіргі уақытта бүкіл әлем бойынша қызмет көрсетушілер жылына ондаған мың шақырым талшықты-оптикалық кабельдерді жер асты, мұхиттық өзен түбіне және түбіне, электр сымдарына, тоннельдер мен коллекторларға тартады. Көптеген компаниялар, соның ішінде IBM, Lucent Technologies, Nortel, Corning, Alcoa Fujikura, Siemens, Pirelli, талшықты-оптикалық технологиямен белсенді айналысады. Қазіргі уақытта ең озық технология DWDM (толқын ұзындығының көп бөлігін тығыз толтыру) болып табылады, бұл толқын ұзындығын өте ұзындыққа ие мультиплексирующая толқын ұзындығы болып табылады. Бұл технология заманауи талшықты-оптикалық желілердегі кабельдердің өткізу қабілетін айтарлықтай арттырады.

ТОБЖ көлемі өте кең - қалалық және ауылдық байланыс желілерінен, борттық жүйелерден (ұшақтар, ракеталар, кемелер) үлкен деректерді беру қашықтығына дейін. Талшықты-оптикалық байланыс негізінде жаңа деректерді беру жүйесі жасалды.

Көп функционалды ТОБЖ еліміздің негізгі, аймақтық байланыс желілерінде, сондай-ақ қалалық айырбастайтын желілерде кеңінен қолданылады.

Бұл бір талшықты-оптикалық кабель арқылы әртүрлі толқын ұзындығындағы ақпараттық сигналдарды бір мезгілде берумен байланысты және оптикалық кабель арқылы үлкен көлемде берілуі мүмкін. Суасты оптикалық магистральдері өте тиімді және үнемді. Сандық хабар тарату жүйесі талшықты-оптикалық байланыс желілерінде олардың физикалық берілу сипаттамаларына байланысты кеңінен қолданылады. Жеңіл оптикалық кабель, кіші өлшем, өрт қауіпсіздігі ұшақтарда, кемелерде, автомобильдерде, құрастыруда және басқа да құралдарда өте тиімді және пайдалы болды.

Бұл дипломдық жобада осы Алматы–Талдықорған күрежолында талшықты оптикалық байланыс жолын «Конус» (Конвертор күшейткіш) технологиясының негізінде кеңейту қарастырылған.

1 DWDM технологияларын талдау

1.1 DWDM жүйелерінің жалпы сипаттамасы

Оптикалық талшық ретінде бұндай үлкен ағымдағы ақпаратты бере алатын ортаның өзі болып табылды. Алғашқы уақытта бөлінген байланыстың арнасында әрбір талшықтың өте зор өткізгіш жолағын бөлу үшін TDM (Time Division Multiplexing) уақытша мультиплексерлеу қолданылған. Алайда, мәліметтерді жіберу жылдамдығын арттырған кезде құрылғының өсу күрделілігі мультиплексерлеу және модуляция үшін бұл технологияны қолдануға шектеу қойды. Өткізу жолағының кейінгі өсуі WDM (Wavelength Division Multiplexing) толқынды мультиплексерлеуге баламалы жақындауын қамтамасыз ете алды.

Оптикалық талшық ретінде, ол соншалықты көп ақпаратты бере алатын орта болып табылады. Алғаш рет TDM (Time Division Multiplexing) мультиплексері таратылған байланыс арнасында әрбір талшықтың үлкен өткізгіштік белдеуін бөлу үшін пайдаланылды. Дегенмен, деректер жылдамдығы ұлғайғандықтан, құрылғының күрделілігі осы технологияны мультиплексері мен модуляцияға пайдалануды шектеді. Өткізу жолағының кейінгі артуы WDM (Wavelength Division Multiplexing) толқындық мультиплексеріне балама көзқарасты қамтамасыз етуге мүмкіндік берді.

Қазіргі уақытта бүкіл әлем бойынша қызмет көрсетушілер жер асты, мұхит түбінде және өзендердің түбінде, электр сымдары, тоннельдер және коллекторларда ондаған мың шақырым талшықты-оптикалық кабель төселуде. Сондай-ақ, IBM, Lucent Technologies, Nortel, Corning, Alcoa Fujikura, Siemens, Pirelli сияқты көптеген серіктестер талшықты-оптикалық техникаға белсенді қатысады. Қазіргі уақытта ең озық технология DWDM (толқын ұзындығының көп бөлігін тығыз толтыру) болып табылады, бұл толқын ұзындығын өте ұзындыққа ие мультиплексирующая толқын ұзындығы болып табылады. Бұл әдіс талшықты-оптикалық магистральда кабельді өткізу қабілетін айтарлықтай арттырады.

ТОБЖ көлемі өте кең - қалалық және ауылдық байланыс желілерінен, борттық жүйелерден (ұшақтар, ракеталар, кемелер) үлкен деректерді беру қашықтығына дейін. Талшықты-оптикалық байланыс негізінде жаңа деректерді беру жүйесі жасалды. FOCL-ге негізделген, көп қырлы даму үшін бірегей интеграцияланған желі. Кабель талшықты-оптикалық байланысын пайдалану кезінде өте тиімді, кең жолақты ені бар және сурет мөлдірлігі өте жоғары деңгейде және жазылушыларға арналған ақпараттық қызметті кеңейтеді.

DWDM технологиясының негізгі параметрі көрші арналардың оптикалық көріністерінің толқын ұзындығының диапазоны болып табылады. Оптикалық арналардың кеңістіктік таралуы әртүрлі өндірушілердің үйлесімділікке арналған құрылғыларды сынауға қабілеттілігінің негізі болып табылады. ITU-T телекоммуникациясы үшін DWDM жүйесі толқын ұзындығы $\Delta\lambda \approx 0.8$ нм

болатын іргелес арналар арасындағы 100 ГГц жиілігін есептеу үшін анықталды. Қазіргі уақытта 50 ГГц жиілігімен ($\Delta\lambda \approx 0.4$ нм) жиілік жоспарын алу мүмкіндігі қарастырылуда.

Қазіргі уақытта барлық спектральдық аймақтарда жоғары сызықты пайда (1530 ... 1560 нм) қамтамасыз ететін сенімді EDFA оптикалық күшейткіштерін енгізу бойынша жұмыс жүргізілуде. EDFA оптикалық күшейткіштерінің жұмыс алаңын ұлғайту арқылы 100 ГГц жиілік диапазоны, 400 ГГц пен 40 STM-64 арналарының жалпы өткізу қабілеті бір оптикалық талшық негізінде мультиплексировать болады.

– DWDM жүйелерін және магистральдық транзиттік желілердегі жабдықты пайдалану талшық арқылы кез келген берілу үшін қажетсіз бөлінудің шексіз кеңеюі үшін кең перспективалар ашады. WDM жүйелерін классификациялау негіздері және осындай жүйелердің оптикалық көлік желілеріндегі кейбір практикалық қосымшалары қарастырылады.

– Мен арна жоспарына негізделген WDM жіктемесін ұсынамын. WDM жүйесі қазіргі уақытта арналардың санына және жиілік пакетіне (WDM мультиплексорға) байланысты үш топқа бөлінеді:

- қарапайым WDM;
- тығыз WDM (DWDM);
- өте тығыз HDWDM WDM –(High Dense Wavelength Division Multiplexing).

Осы күнге дейін WDM жүйелерінің жіктемесі бойынша стандарт болмағанына қарамастан, ECI Telecom және Alcatel серіптестігінің артынша, арналық, жиіліктік жоспарға сәйкес, WDM жүйелерін келесі түрде бөлуге болады:

Кесте 1.1 - WDM жүйелері

Жүйе	Жиіліктік аралық, ГГц көп емес	Арналар саны
WDM жүйесі	200	≤ 16
DWDM жүйесі	100	≤ 64
HDWDM жүйесі	50	> 64

Бұл жіктемеде WDM жүйелерінің әрбір класының арналар саны айтарлықтай басқаша болады, бірақ арналар арасындағы жиіліктік аралық маңызды рөлін атқарады. Өте тығыз (HDWDM) WDM жүйелері үшін ол кей жағдайларда 25 ГГц жиілік мәніне жетуі мүмкін.

Өткізу қабілетінің өсуінің шектелмеген мүмкіндіктері бар иілгіш тармақталған оптикалық желілерді құратын неғұрлым перспективті технология

WDM (Wavelength Division Multiplexing) толқындық мультиплекстеу технологиясының бірі болып табылады.

WDM технологиясының мәні ол бірнеше оптикалық талшықтың бір мезгілде түрлі толқын ұзындығымен бірнеше ақпараттық арналарды таратуы, бұл оптикалық талшықтың мүмкіндіктерін тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. WDM технологиясы талшықты-оптикалық байланыс желілерін жаңа кабельдерсіз және әрбір талшыққа арналған жаңа құрылғыны орнатпай-ақ жасауға мүмкіндік береді. Бірдей талшықтағы бірнеше талшықтармен салыстырғанда бірнеше арналармен жұмыс істеу әлдеқайда ыңғайлы, себебі кез келген мөлшердегі талшықтарды өңдеу тек бір WDM мультиплексорын, бір WDM демультимплексорды және оптикалық күшейткіштерді талап етеді.

Алғашқы WDM жүйесі 1330 және 1550 нм болатын екі арнаны құрады. Кейінірек, 1550 нм терезесінде 8-ден 10 нм-ге дейін диапазондағы төрт арна жүйесі болды. WDM компоненттерінің әзірлеушілері мен компоненттерінің жоғары өнімділігі нәтижесінде DWDM (тығыз WDM) 8, 16, 32, 64 арналары бар тығыз мультиплексинг технологиясын әзірледі. Қазіргі уақытта арналар арасындағы стандартты қашықтық 0,8 нм құрайды. 192 арналы коммерциялық жүйелер бар.

DWDM технологиясы көптеген оптикалық талшықтарды әрби қосылған EDFA (эрибия талшыққа негізделген күшейткіш) арқылы жасалады. Бұл құрылғыларда толқын ұзындығы күшейткіштер ауқымында 1530-1565 нм аралығындағы диапазонда болады, ал лазерлер энергияның есебінен арналардың күшейтуімен толықтырылады. EDFA күшейткішінде оптикалық ескертулер электрлік емес немесе керісінше жақсарады, бұл электрондық компоненттерді қолдау кезінде деректерді беру желілерін ұзақ қашықтықта жасауға мүмкіндік береді.

Бірінші WDM құрылғылары 2,5 Гбит / с жылдамдықтағы бір талшықтан SDH / SONET сигналдарының синхронды сандық иерархиясын қамтамасыз ететін 4-16 арнаға дейін таратуға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта DWDM әзірлеушілері ондаған арналармен жұмыс жасайды. Сондай-ақ, бір оптикалық талшықтан жүздеген арнаны бөліп шығаратын және тарату жылдамдығында 1 Тбит / с жылдамдықта жұмыс істейтін тәжірибелік жүйе бар. Мұндай спутниктер байланыс операторлары үшін ерекше қызығушылық тудырады.

Көп функциялы ТОВЖ елдің магистральдық, Аймақтық байланыс желілерінде, сондай-ақ қалалық АТС-ті қосатын желілерде кеңінен қолданылады. Бұл бір оптикалық талшықты арна арқылы толқын ұзындығы әртүрлі ақпараттық толқын шоғырын бір мезгілде берумен байланысты және оптикалық кабель арқылы үлкен көлемде берілуі мүмкін. Суасты оптикалық магистральдар өте тиімді және үнемді.

Сандық хабар тарату жүйесі талшықты-оптикалық байланыс желілерінде олардың физикалық берілу сипаттамаларына байланысты кеңінен қолданылады.

Жергілікті есептеу жүйелерінде оптикалық кабельдер негізінде түрлі құрылымдардың желілері (сақина, жұлдыз және т.б.) құрылады. Мұндай

желілер бір үлкен өткізу қабілеті, деректердің сапасы және деректер қауіпсіздігі бар есептеу орталықтарымен біріктіріледі.

Жеңіл оптикалық кабель, кіші өлшем, өрт қауіпсіздігі ұшақтарда, кемелерде, автомобильдерде, құрастыруда және басқа да құралдарда өте тиімді және пайдалы болды.

DWDM жүйесі дәстүрлі TDM жүйесімен ұқсас. Бір немесе бірнеше оптикалық таратқыштар арқылы шығарылған толқын ұзындығы оптикалық талшықтар арқылы сигналды тарататын көп арналы құрылымдалған оптикалық сигналы бар мультиплексор-мультиплексормен біріктіріледі. Егер беру ұзындығы үлкен болса, байланыс желісіне бір немесе бірнеше ретранслятор орнатылады. Демультимплексор әр түрлі толқын ұзындығы бар шығу арнасын анықтайтын құрылымдық сигнал алады және оларды тиісті фотогенге жібереді.

Аралық түйіндердегі кейбір арналар I / O мультиплексоры немесе кросс-байланыс құрылғысы арқылы құрылымдалған сигналды бөлуге немесе қосуға болады.

Түпнұсқалық TDDM DWDM жүйесі негізінде, DWDM жүйесі әр түрлі толқын ұзындығымен жұмыс істей алатынын айта аламыз. TDM жүйесі мультиплексорлық сигналы DWDM жүйесінің әр толқын ұзындығына жіберілуі мүмкін.

DWDM жүйесі әдетте бір немесе бірнеше лазерлік таратқыштар, мультиплексорлар, бір немесе бірнеше EDFA күшейткіштері, кіріс-шығыс мультиплексорлары, оптикалық талшықтар, демультимплексорлар, фотоэлементтер, сондай-ақ берілетін деректерді сәйкес өндейтін желілік басқару жүйелерінен тұрады. TDM қасиеттеріне байланысты WDM технологиясында технологиялық шектеулер жоқ және көп шектеулер жоқ. TDM жүйесі сияқты жеке физикалық арналар бойынша бөлу жылдамдығын арттырудың орнына, WDM технологиясындағы өткізу қабілеттілігін арттыру үшін бұл тарату жүйелерінде қабылдануы мүмкін арналардың санын көбейтеді.

WDM технологиясын пайдаланған кезде өткізу қабілеттілігінің мәні қымбат оптикалық кабельдерді алмай-ақ жүзеге асырылады. WDM технологиясын пайдалану оптикалық кабельді немесе талшықты ғана емес, сондай-ақ жеке толқын ұзындығының ағып кетуіне, яғни «виртуалды талшықтар» түсінігін ерекшелеуге мүмкіндік береді.

Жалғыз талшық арқылы түрлі толқын ұзындығы бір мезгілде бірнеше кабельдік теледидар, телефон қоңыраулары, интернет-трафик, талап бойынша бейне және т.б. сияқты әр түрлі қолданбаларда таратылады. Оптикалық кабель жинақталған резервке (резервке) арналған талшықтың бөлігін пайдалануға мүмкіндік береді.

WDM технологиясы желіде оптикалық кабельдерді енгізу мүмкіндігін жоққа шығарады. Талшықты-оптикалық инфрақұрылым жаңа технологияларды қолдану арқылы болашақта талшықтардың бағасы арзанырақ болатынын ескере отырып, талшықты-оптикалық инфрақұрылым үнемі қымбатқа түседі. Тиімді болу үшін, ол ұзақ уақыт бойы желілік мүмкіндіктерді арттыра алады және

оптикалық кабельдердің жиынтығын ауыстыруы керек. WDM технологиясы бірдей.

Теориялық негізге байланысты кез-келген толқын ұзындығының диапазонында тарату мүмкін, бірақ тәжірибелік шектеулер WDM жүйесіне 1550 нм толқын ұзындығының диапазонын пайдалануға мүмкіндік береді. Бірақ бұл ауқымда да индикаторларды бөлу үшін тамаша мүмкіндік бар.

DWDM жүйесінің көптеген артықшылықтары олардың бағасында көрсетіледі. Біріншіден, оптикалық компоненттердің көптеген сипаттамалары және оптикалық кабельдің сипаттамалары маңызды. Екіншіден, WDM жүйесінің бөліктерін таңдау және желі архитектурасына қойылатын талаптар салыстырмалы түрде салыстырмалы, мысалы, STM-16 TDM жүйесі.

TDM және WDM технологияларын кешенді пайдалану ұсынылатын қызметтер ауқымын кеңейтеді. WDM технологиясын пайдалану көптеген артықшылықтарға ие, бірақ қызметкерлердің жоғары деңгейін және заманауи мониторинг жабдықтарын қажет етеді.

DWDM технологиясы - талшықты арна өткізу қабілетін барынша арттырудың ең толық және тиімді тәсілі. DWDM-ге негізделген оптикалық желінің мүмкіндіктері желі дамып, қолданыстағы транспондерлерге жаңа оптикалық арна қосу арқылы бірте-бірте өсуі мүмкін.

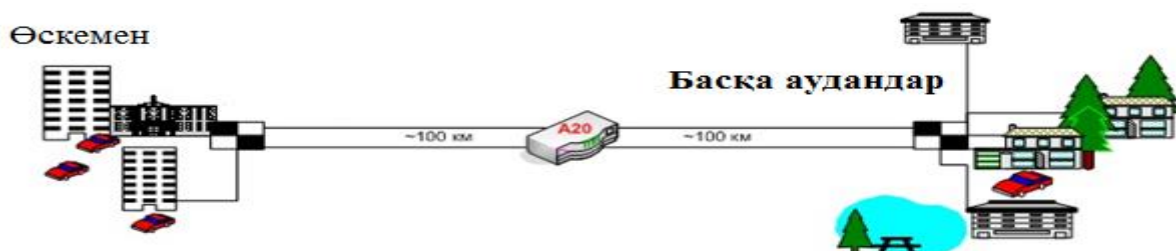
Іс жүзінде, оптикалық арналардың саны жүйелік операторлар үшін маңызды емес, себебі талшықты-оптикалық байланыс желісінің жалпы сыйымдылығы және нарықтық сұраныстың артуы ТООБЖ қуатын арттыру маңызды. DWDM технологиясының ең маңызды ерекшелігі - электронды құрылғылар мен мұхит кабельдерінің мүмкіндіктерін барынша арттыру. Жаңа толқын ұзындығы мен жаңа арналар қосылып, ағымдық арналарға кедергі келтірмейді және жүздеген есе артады. Арналарда әртүрлі протоколдар мен жылдамдықтар болуы мүмкін, бірақ синхрондалудың қажеті жоқ.

Әр WDM арнасы үшін TDM технологиясы пайдаланылады, бұл пайдаланушыға өткізу жолағын ыңғайлы түрде бөлуге мүмкіндік береді. Көптеген ұлттық және халықаралық операторлар DWDM - қашықтағы қашықтықтағы қуатты деректер ағындарын таратудың ең қолайлы әдісі екенін мойындады. DWDM технологиясына негізделген құрылғылар жаңа талшықты-оптикалық желілерді ғана емес, сонымен бірге қолданыстағы желілерді жаңарта және олардың өткізу қабілеттілігін арттыра алады. DWDM технологиясының артықшылықтарының бірі операторлардың DWDM технологиясына және пайдасына қаржылай салымын дереу қайтару болып табылады.

Операторлар үшін жаңадан осы байланыс желісін салу қажет емес. DWDM құрылғыларын алуға кететін осындай қаржылық шығындар DWDM-ді іске асыруға қажеті құрылғыларға (соңғы толқынды оптикалық таратқыштарға, күшейткіштерге, және сүзгілерге, жүйені басқаратын құрылғыларға) жұмсалады, ол өз кезегінде жаңа желілерді жүргізгеннен гөрі арзан болады.

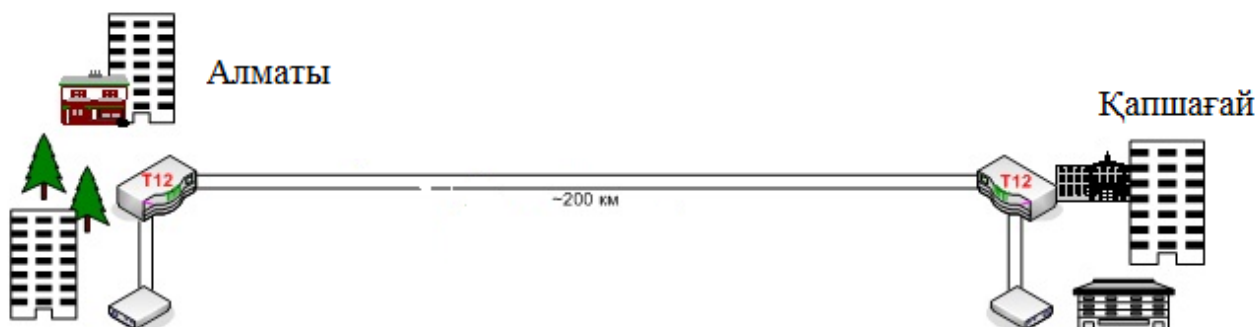
1.2 Талшықты-оптикалық тарату жүйесінің жобалау

Бұл дипломдық жұмыста Конус аппаратурасының мынадай түрлері қолданылды. 1.1 суретте А20 типті КОНУС аппаратурасын ТОБЖ-да сызықтық күшейткіш ретінде қолдану көрсетілген.



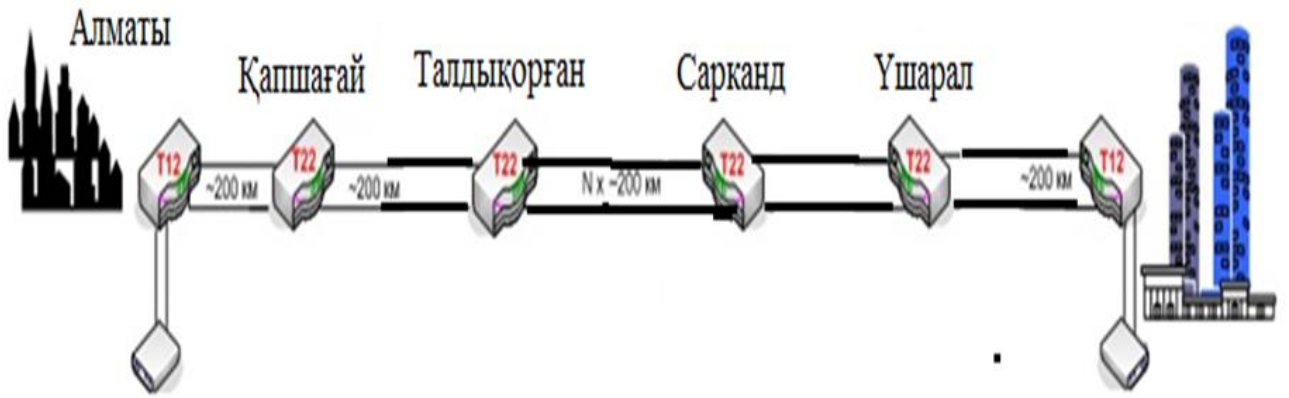
Сурет 1.1 - А20 типті аппаратура сызықтық күшейткіш ретінде қолдану

Тағы да Алматы немесе Талдықорған қалаларында басқа аудандармен және қалалармен қосылу үшін осы нүкте-нүкте топологиясы қажет болды. Сондықтан Т12 типті аппаратурасының көмегімен нүкте-нүкте қосылу топологиясы қолданылды (1.2 сурет).



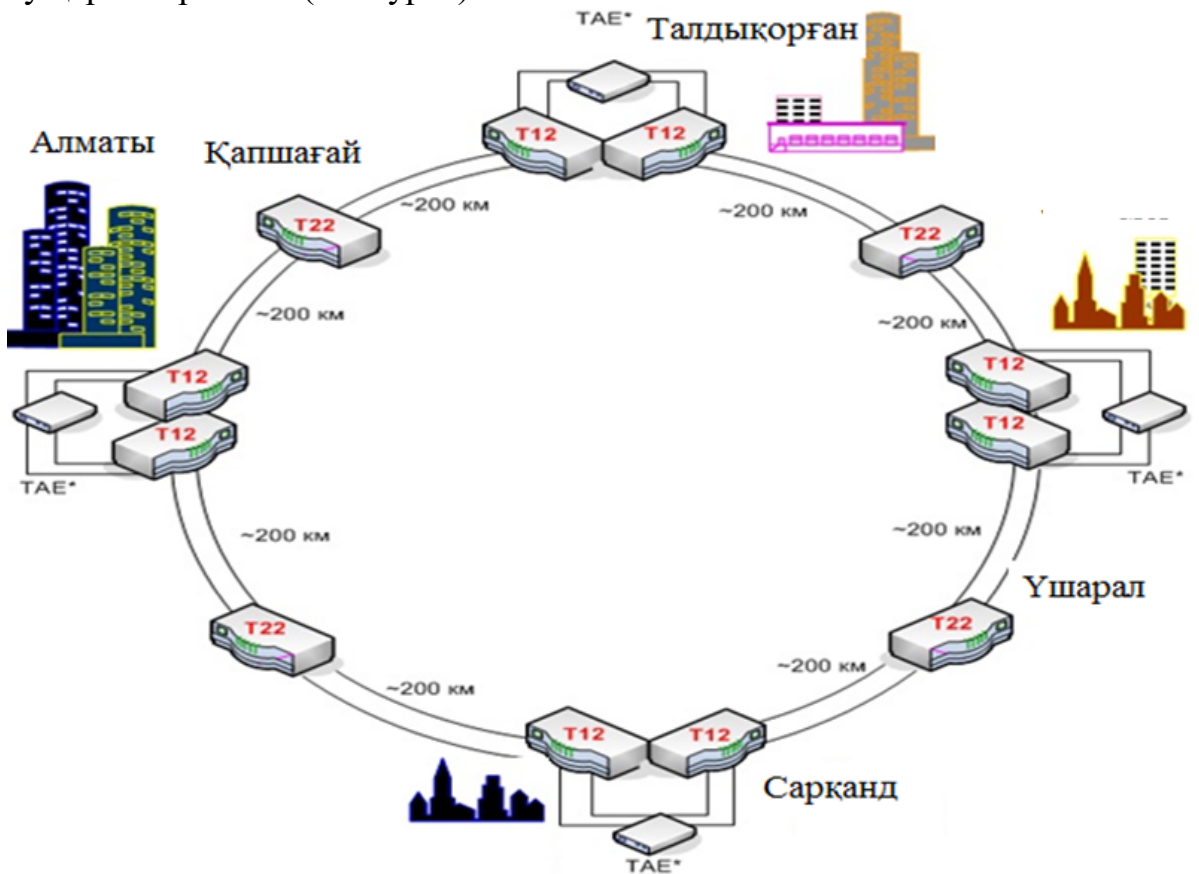
Сурет 1.2 - Т12 типті КОНУС аппаратурасының көмегімен нүкте-нүкте қосылуын ұйымдастыру

Ал негізінде Алматы–Талдықорған қалаларының арасында ТОБЖ ұйымдастыру қарастырылған. Ол Т12 және Т22 типті Конус аппаратурасының көмегімен ұйымдастырылған. 1.3 суретте Т12, Т22 типті аппаратураның көмегімен ТОБЖ-ын ұйымдастыру қарастырылған



Сурет 1.3 - T12,T22 типті аппаратурасының көмегімен ТОВЖ-ын ұйымдастыру

Сонымен қатар T12,T22 типті аппаратураның сақиналық топологиясында қолдану қарастырылған (1.4 сурет).



Сурет 1.4 - T12,T22 типті аппаратурасын сақиналық топологиясында қолдану

1.3 Алматы - Талдықорған DWDM трассасын таңдау

Алматы–Талдықорған талшықты-оптикалық байланыс жүйесінде ұйымдастырудың көлемі 1095 шақырымды қамтиды. Бұл жобаланатын трасса ҰАСМ-ды қамтиды. 1.5 суретте Алматы–Талдықорған аймағының DWDM желілерінің сұлбасы көрсетілген. Ал ҰАСМ-дың сұлбасының суреті А қосымшада көрсетілген.



Сурет 1.5- DWDM желісінің сұлбасы

Трассаны таңдау мына бағытта орындалады: Алматы - Сарқанд – Үшарал - Талдықорған. Бұл аймақта талшықты-оптикалық көбіл жерге төселген. Техника қарқынды дамуда, сол сияқты халықтың саныда өсуде, сондықтан бұл аймақта ТОВЖ өңдеу сұдай қажет.

1.4 Мәселенің қойылымын негіздеу

Бұл дипломдық жобаның мақсаты Алматы–Талдықорған арасындағы байланыс желісін қазіргі заманғы тағы да ғылыми-техникалық жетістіктердің талабын сай Конвертор күшейткіш құрылғысын таңдап жаңарту болып табылады. DWDM Алматы–Талдықорған арасындағы Қазақстан Республикасының магистральды желісінде қуатты сандық арналар түйінін қалыптастыруға арналған.

Қазіргі уақытта талшықты-оптикалық байланыс жолдарының өткізу қабілеттілігі өсіп келе жатқан тұтынушылардың сұранысын

қанағаттандырмайды. Таратылатын осындай мәліметтердің көлемі өскен сайын ТОБЖ арқылы таралатын сигналдың тездіктерін арттыру керек, бұл таратушы мен қабылдағыштың кез келген жылдамдықтарын STM-16 дан STM-64-ке дейін арттыратын жаңартуларды ажүргізгенде шешіледі.

Дипломдық жобаны орындаудың алдында келісі мақсаттар қойылған:

- Алматы–Талдықорған күре жолды ТОБЖ-ің трассасын таңдау;
- қазіргі уақыттағы Алматы–Талдықорған магистральді ТОБЖ-ің STM-64 сигналдарын беру мүмкіндігін бағалау;
- ТОБЖ нің барлық мүмкін жаңарту нұсқаларын қарау және ең тиімдісін таңдау;
- талшықты-оптикалық кабельдің сыйымдылығын және типін таңдау;
- ТОК негізгі параметрлерінің есептелуін жүргізу;
- ТОК салыну және монтаждалу ерекшеліктерін қарастыру;

2 Жобаның құрылғыларын таңдау

2.1 Конвертор күшейткіш аппаратурасы

Конус аппаратурасы ТОБЖ кеңінен қолданылады. Конвертор күшейткіш ол цифрлық жүйелерде байланыстың қашықтыған жоғарлату үшін арналған.

Конустың құрамы мен сипаттамалары:

- SDH, Gigabit Ethernet, PDH, fast Ethernet 2,5(10) Гбит/с та жылдамдықта жұмыс істейді
- Тарату қашықтығы 200 км болады;
- DWDM құрылғысында қолданылатын транспондер;
- Шығыс қуаты 500 мВт;
- Бағасы төмен.

Конус STM-1 SDH, ден STM-16 ға дейінгі сондай-ақ Ethernet PDH Fiber Channel ESCON/ FICON FDDI тездігі 0,1 -2,5 Гбит/с қашықтығын жоғарлатуына арналған аппаратура. 2.1 суретте осы аппаратура көрсетілген.



Сурет 2.1 - Конус аппараты

«Конус» құрылғысының құрамына оптикалық талшық күшейткіші және транспондер DFB лазері ITU-T торы терезесінде 1550 нм толқын ұзындығы бойынша жұмыс істейді. Транспондер 1,31/1,55 нм дейінгі жиіліктерді бір модты талшықтармен немесе 0,85/1, нм көпмодалы талшықтарды қабылдайды және ол 3R қалпына келтіруін сигналын тудырады. Таратушы DFB лазерінде сигнал жібереді, толқындар ұзындықтары мен спектрлік сипаттамасы бойынша тұрақты. Таратушыдан кейін оптикалық күшейткіш сигналдың таратылуын 200 км-ге дейін аралықта жүзеге асырады. Жаңа байланыс жүйелері үшін «Конус» таптырмас құрылғының бірі болып табылады ол 200 км және одан да көп қалпына келтіргіштерде қашықтықтарын көбейтуде арзан тарату құрылғыларында қолданылады.

Қолдану аймақтары:

Аппаратура тарату жүйесі Қазақстанның кез келген жерінде қолданылады:

- Күре жолдарда біріншілік желіде;
- біріншілік ішкіаумақ желіде;
- жергілікті біріншілік желіде;

- оптикалық желілер қызметінде.

Аппаратураның түрлері:

А типті аппаратурасы оптикалық сигнал күшейткіші

- А10- бірарналы оптикалық сигналдың күшейткіші, ол пассивті компоненттерінде оптикалық сигналдың қуатының жоғалуын компенсациялайды және байланыс жолында керекті сигнал немесе шуылды қатынастарын қамтамасыз етеді.

- А20-екі арналы оптикалық сигнал күшейткіші. Екі арналылардың жұмысына арналған. Оны сызықтық күшейткіш ретінде қолданылады.

- А10w, А20 w- ол толқындық тығыздығы технологиясы бойынша құрылған желіде қолдануға арналған.

Т типті «Конус» аппаратурасы

- Т11-транспондер күшейткіш шығыс терминалымен. Ақырғы құрылғыны сәулелендіруде оптикалық сәулелендіруде DWDM арналарында МСЭ-Т G.692 қатысты болады. Бұл аппаратура пассивті компоненттерінде оптикалық сигналдардың қуаты жоғалтуын компенсациялайды және байланыс жолында керекті сигналдар немесе шуылды қатынастарын қамтамасыз етеді.

Аппаратура сондай-ақ осы ақпараттық сигналдарды қалпына келтіру функциясын атқарады, сигнал формасының қайта қалпына келуін орындайды, амплитудалық, тактылық жиіліктердің сандық тізбектерінде де қолданылады. Бұл құрылғы кез келген сандық желілерде, кез келген күре жолдық тарату жлдарында қолданылады.

Т12- транспондерлер мен күшейткіштер сигнал/шуылдар қатынасын қамтамасыз ету үшін осы оптикалық сигналдардың жоғалтуын компенсациялайды. Тағыда қалпына келтіргіштердің функциясын орындайды, импульстердің формаларын, сигнал амплитудаларын және тактілі жиілігін өз қалпына келтіреді.

Т121Р- кіріс және шығыс терминалдармен транспондер күшейткіші. Ол өз кезегінде сызықтық кірісіне ең алдымен сезімталдығы жоғары қабылдау терминалына бірақ қабылдау жағына да конвертациясыз сигналға қосылған.

Т21РТ - конвертациялық толқын ұзындықтары (1310/1550 нм) қабылдау жағында тағы да осы функцияны атқарады.

Т22-қалпына келтіргіш құрылғылар және күшейткіш, екі арналы оптикалық сигналдар күшейткіші, ол пассивті компоненттерінде оптикалық сигналдың қуаты жоғалуын компенсациялайды және байланыс жолында керекті сигнал немесе шуылдың қатынастарын қамтамасыз етеді.

Т24- Конвертер-күшейткіш терминалдары. Ол екі тәуелсіз бағыттағы ұйымдарға және осы арна байланыстарында 1+1 сұлбасы арқылы болады.

Рхх-алдын ала күшейткіштің хх -шығыс қуатының мәні: 10,20 немесе 40 мВт. Қабылдаушы аппаратура кірісінде оптикалық сигналдың алдын ала күшейткіші ретінде осы кіріс сигналының қуат деңгейін жоғарылатады.

2.2 IPG компаниясы құрылғысы

ПУСК-аумақтық және магистралдық оптикалық DWDM желісін орнату үшін мультисервистік платформасы. ПУСК DWDM мультисервистік платформасы және желінің өткізу қабілеттілігінің ұлғаюын және тарату хаттамлары және әр түрлі типті құрылғылар бірігуін қамтамасыз етеді.

ПУСК DWDM арналарды спектрмен тығыздау технологиясы көмегімен трафиктерді тарату үшін арналған. ПУСК құрылғысы физикалық деңгей хаттамалары үшін, және STM-1 құрылғысынан STM-64 ке дейін SDH таратуды да жүзеге асыруға мүмкіндік береді және сонымен қатар 0,1 ден 10гбит\с дейінгі жылдамдықта ATM, Ethernet, PDH, Fiber Channel, ESCON\FICON FDDI желілерімен де жұмыс істей береді.

ПУСК қалалықтан жоғары ұзындықты қашықтықтағы спектр қабылдауға және эрбийлік және рамановтық оптикалық күшейткіштерді аралық құрылғысыз 300 км дейінгі күре жолдарды ұйымдастыруға мүмкіндік береді. ПУСК құрылғысы модульдік принцип бойынша тұрғызылған, бір блокта спектралды арналардың санын 8-ге дейін ұзарта алуға болады. C+L ауқымында DWDM арналарын 160-қа дейін кеңейту үшін ПУСК-тің бірнеше блоктарын бірыңғай желілерге де орнатуға болады.

Жүйенің барлық элементтері олар - оптикалық транспондерлар, оптикалық-талшықты күшейткіштер, басқару блоктары және қайталанған қоректендіру блоктары, трафик шығынысыз және құрылғының өшуінсіз қосулы режимде ауыстырылуы мүмкін. Оптикалық күшейткіштермен тұрғызылған транспондерлер DWDM арналар деңгейінің сандық баптауын қамтамасыз етеді.

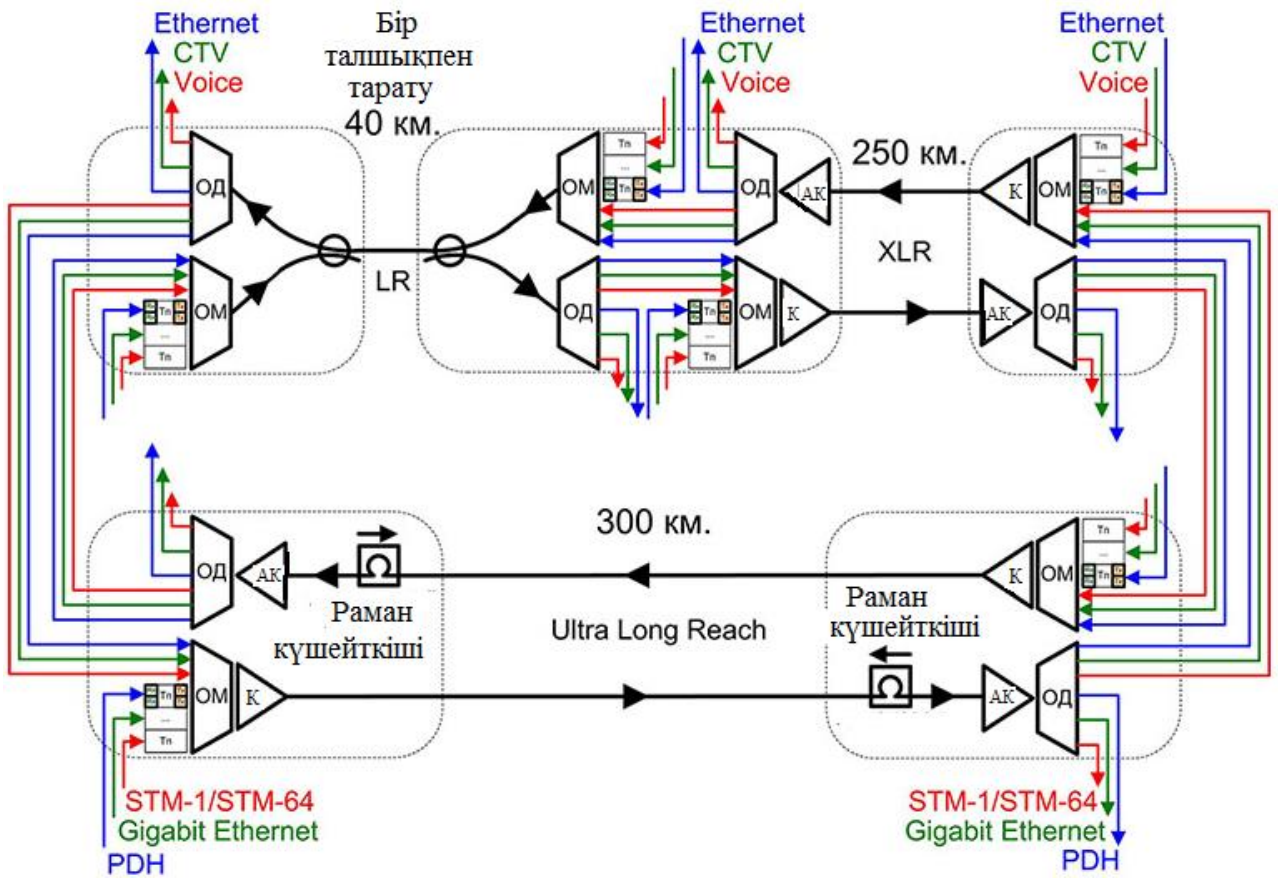
ПУСК құрылғысы 1600 гбит\с жүйе толық сыйымдылығы бар, 10 гбит\с бойынша DWDM 160 арнасын тарату үшін сетрификацияланған. Бүгінде жолдарда 20 оданда көп арналарға жүйе жұмыс істейді. Тарату мүмкіндігі қалпына келтіруге ақ 2000 км дейін. Күшейткіштер және транспондерлер қуатының сандық құрамы арқасында ПУСК құрылғысы, көптеген енгізу шығару арналарда, сақиналық қорымен және 1+1 араласқан күрделі жеті топологиясын құру үшін ыңғайлы.

IPG мықты талшықты лазерлерді өндіру бойынша әлемдік көшбасшы, 250-300 км дейінгі пролеттерды ұйымдастыру үшін, 30 дбм дейінгі қуатты рамановтық күшейткіштер шығарады.

SNMP басқару жүйесі ол ПУСК желі картасында, ақау болған кезде ақаулы түйін қызыл индикациямен ерекшеленетін, түйіндерді көрсетеді. Монитор 2 басқару жүйесінің қабығы ПУСК құрылғысын жұмысқа ыңғайлы түрде баптауға рұқсат береді. НТТР бойынша қатынастары арнайы бағдарламалық қамтамасыз ету қатысуы кезінде құрылғы параметрлерін баптауын қамтамасыз етеді.

Жоғары тездікті оптикалық қосқыштар сақиналық сұлбасын және 1+1 резервті ұйымдастыруға мүмкіндік туғызады. ПУСК барлық блоктары қосулы ауысымда өткізеді. Әрбір блокқа тұрғызылған осындай микроконтроллер

құрылғының жұмысқа қабілеттілігін басқару блогы өшіп қалу кезінде ұстап тұруды қажет етеді. Қайталанған қоректену блоктары құрылғының қосымша сенімділігін қамтамасыз етеді. 2.2-суретте трассадағы DWDM ПУСК платформасының раманов күшейткіші бар сұлбасы көрсетілген.



Сурет 2.2 - ПУСК платформасы раманов күшейткіші бар сұлбасы

ПУСК DWDM жүйесінің негізгі параметрлері:

Трафиктерді тарату ұзақтықтары

100км (40 данаға дейін бір талшық бойынша) күшейткішсіз

220км, оптикалық қуат күшейткішімен

300 км, рамановтық күшейткішпен

2000 км, күшейткіш каскады және импульс өзгерісі компенсациясы

Құрылғы құрамы

(110 гбит\с) 0,1 ден 2,5 гбит\с тездігі бар үшін транспондерлер

17 дбм дейінгі қуат оптикалық күшейткіші;

30 дбм өшулігі бар дейінгі қуат рамановтық күшейткіш

NF<4,5 дбм күшейткіші аз шуылды EDFA

ITU-T бойынша жиілігі 50\100\200 ГГц интервалымен мультиплекстеу

\демультиплекстеу

1,2 және 4 түрлі спектралды арналар шығару үшін OADM

мультиплексоры

оптикалық коммутация блоктары

Басқару жүйелерін қарастыру.
RS -232 локальды терминал, SNMP, HTTP желілік басқару
FAST Ethernet қызметтік арна транспондерлері
Көрсетілген сұлбада STM-16 және STM-64 транспорттық модулдары
қолданылған. Талшықты оптикалық кәбілдер бойымен 32 арна таратылады.

2.3 DWDM құрылымдары

Сызықты талшықты-оптикалық күшейткіштер - аралас DWDM құрылғылары сигналын күшейту үшін қолданылады. Күшейткіш симметрияла екі күре жолдан тұрады – шығыстан атысқа, батыстан шығысқа қарай. Оптикалық бақылау арналары да (OSC) күшейткіш түйінінің шегінде шығарылады. Ұшу жолағындағы өшу тербелістерін өтеу үшін, алдын ала күшейту бөлігінде қондырылған айнымалы оптикалық аттенюатормен қамтамасыз етіледі. Осыдан соң алдын-ала күшейтетін күшейткіш сигналды арнайы бустерлерде көрсету үшін күшейтеді. Талшықтың түріне және ұшу жолағының санына қарай осы алдын-ала күшейткіштің және Бустер бөлігінің аралығында өтеме импульс өзгерісі элементі және түзету құрамы кездеседі. Бустер сигналды одан ары қарай тарату үшін күшейтеді. Кіріске сигнал келіп түскенше оптикалық бақылау арнасы да тағы қосылады.

Импульстер өзгерісі өтеме модулін қолдану талшық түріне және байланыс жолының ұзындығына байланысты. SSMF үшін импульстер өзгерісі өтем модулі күшейткіштің әр түйінінде керек. MCЭ-T G.655 (LEAF, TrueWave) ұсынысы бойында жасалған талшықтар ғана үшін, сәйкес DCM блоктары барына қарай DCM-дер өте жиі орын алуы мүмкін.

Енгізу/шығару OADM мультиплексорлары – бұл сызықты күшейткіштің нұсқасы, мұндағы әр мөлшердегі кез келген данадағы оптикалық арналар ауыстырылуы немесе шығарылып тасталуы мүмкін. Бұған қол жеткізу үшін оптикалық күрежолдарда (Fixed Add Drop Unit (FADU)) тұрақты енгізу шығару блогі орнатылады. Бұл блок диапазон ішінде екіжақты көршілес арналарды демультимплекстейді және мультимплекстейді.

Қайта құрылымды енгізу/шығару мультимплексоры ROADM - бұл сызықты күшейткіштің нұсқасы, мұнда әр диапазондағы кезкелген данадағы оптикалық арналар ауыстырылуы немесе шығарылып тасталуы мүмкін. Бұған қол жеткізу үшін оптикалық трактке арналарды басқару блогі (Channel Control Unit) орнатылады. Бұл блок агрегирленген сигналдар арналарына бөлуі мүмкін және таңдамалы түрде өткізеді немесе өткізбейді. Арналарды басқару блогінің шығыс жағындағы сплиттер аралас WDM сигналының энергиясының бір бөлігіне демультимплексордың шығыс бөлігіне өтуге мүмкіндік береді, онда керекті шығыс арнасы шығарылып алынады. Сонымен қатар арналарды басқару блогінің кіріс бөлігіндегі тармақтағыштың көмегімен мультимплекстелген сигналдар қабылдағыш транспондерлерде транзиттік

ағындармен қосылады. Арналарды басқару блогі шығарылған кез келген арналардың қайта өтпеуін жабу үшін қолданылады, бұл мақсат осындай толқын ұзындығындағы кіргізілген арналармен беттеспеуі үшін қолданылады.

Интерконекция түйіні – бірнеше бағыттағы таралымдарды арналық қосылыс мүмкіндігі, оптикалық демультимплексор мен мультиплексорлық блоктар араларына коммутациялық панелді қолданумен негізделеді.

Эквалайзер – жүйенің тұрақтандырушы күшейту элементі, арнадағы қуат деңгейінің ауытқуын өтеу үшін қолданылады. Тұрақтандырушы күшейткіш желінің әр бөлігінде қажет екені ұсынылады, бұл ұсыныстар ең әлсіз сигнал импульстер өзгерісі таратылуда шектік мәнінен төмен емес екеніне көз жеткізу үшін келтіріледі.

Арнадағы сигналдардың деңгейін теңестіру арналық эквалайзер блоктарын қолдана отырып қол жеткізеді. Арналық эквалайзер блогы тексеруші мәліметті қуатты бақылау блогынан қолданады, арнаның қуаттық өлшемдеріне қарай арнаның қуатын орнату арналық қуат блогына жүктеледі. Бұлар түгелімен оптикалық шешім және оптикалық-электрик-оптикалық өтуді қажет етпейді. Қуатты басқарушы (Power Monitor Unit PMU) блок әр тұрақтандырушы бөлікте арнаның қуат өлшеміне қарай орнатылады. Қуатты басқару блогы жүйедегі қазіргі арналар санына қарай негізделе отырып өлшемдерді автоматты түрде орнатады. Қуатты басқару блогы транспондерден шығатын қуат деңгейін бақылайды, әр транспондерге таратылу деңгейін дұрыс мәнде беру үшін кері бақылау сигналын жібереді.

Қажетті қуат деңгейлерін өтеу үшін қуатты басқару блогі жол бойындағы түйіндерде тұрақтандыру блоктары үшін кері байланысты орнатады.

Импульс өзгерістері компенсаторлары.

DWDM жүйесінің оптикалық талшығы мен кейбір қоспалары хроматикалық импульстер бұзылуына (дисперсияға) ие болады. Талшықтың сыну көрсеткіші осы толқынның ұзындығына тәуелді болады, осының нәтижесінде дыбыс белгілерінің таралу жылдамдығының толқын ұзындығына тәуелділігі пайда болады. Егер сыну көрсеткіштері толқын ұзындығына тәуелді болмаса да, талшықтың геометриялық қасиеттеріне байланысты толқынның түрлі ұзындықтарының дыбыс белгісі бәрібір әртүрлі жылдамдықпен таралады. Материалды және толқынды импульс өзгерістерінің нәтижелік әрекеттеріне байланысты хроматикалық (импульс өзгерісі) дисперсия деп аталады.

Хроматикалық дисперсия (импульстар өзгерісі) оптикалық импульстердің талшық бойынша таралуына байланысты кеңеюіне әкеледі. Байланыс сызығының таралуы үлкен болса, жақын импульстер қысылып дыбыс белгісінің азаюына әкеледі.

Дисперсияны (импульс өзгерісін) өтеудің тиімді әдістемесі негізгі талшықтың толық дисперсиясымен қатар түзетуші талшықтың дисперсия коэффициентін дұрыс өлшеуге және де ұзындығы өлшенген өтеуші талшық дисперсиясын шынымен жойғанына көз жеткізу мүмкіндігіне негізделген.

Дисперсияны (импульстер өзгерісін) өтеуші талшық хроматикалық дисперсияны статикалық басып тастау кезінде негізгі қоспа болып табылады.

Оның теріс хроматикалық дисперсиясы біртекті талшықтың оң хроматикалық дисперсиясынан асып түседі. Ұзындығы белгілі дисперсиясы талшық аумағын қосу сызықтық дисперсияны (импульстер өзгерісін) өтеп, оны нөлге айналдырады. DWDM беріліс жүйелері үшін толқындарының түрлі ұзындығына арналған дисперсиялық сипаттамалардың түрлі иілулерін өзгерту қажет. Иілетін орындары көбінесе өтеуші талшықта да дәл келмейтіндіктен дисперсияның толық нөлге айналмайды.

Олар кейбір толқын ұзындығы аралығында толық дисперсиясының әлсіз толқындық тәуелділігін туғызуы мүмкін, сондықтан беріліс аралығы артқан сайын шоғырланған дисперсияның шашылуы арта түседі.

Өтелу процесі брэгг дифракциялық тор сияқты дискретті қосылыстар көмегімен іске асады.

OptiX BWS 1600G жүйесі үшін ең пайдалы оптоталшықты G.655 және G.652 кабельдері. Олар дисперсия коэффициентінің оң мәніне және 1550 нм аралығында оң дисперсия (импульстер өзгерісі) иілуіне ие болады. Оптикалық дыбыстық қашықтыққа беруден кейін оң дисперсияны осы шоғырландыру дыбыстық белгінің оптикалық импульстерді кеңейтеді. Бұл әсерді азайту үшін желіде DCM өзгерісі (дисперсияны өтеу импульсі) қолданылады. DCM оптоталшықты кабель желілерінің оң дисперсиясын өтеу үшін дисперсияның теріс мәніне ие болады, осылайша дыбыс импульсінің бастапқы түрі сақталып қалады.

OptiX BWS 1600G жүйелерінде C және L аралықтары үшін дисперсияны өтеудің түрлі модульдері де болады (бізге C аралығы қажет):

C аралығы G.655 оптоталшықты кабелдері үшін қолданылады: DCM-10, DCM-20, DCM-40, DCM-80 және DCM-100.

2.4 DWDM жүйесін талдау және өлшеу

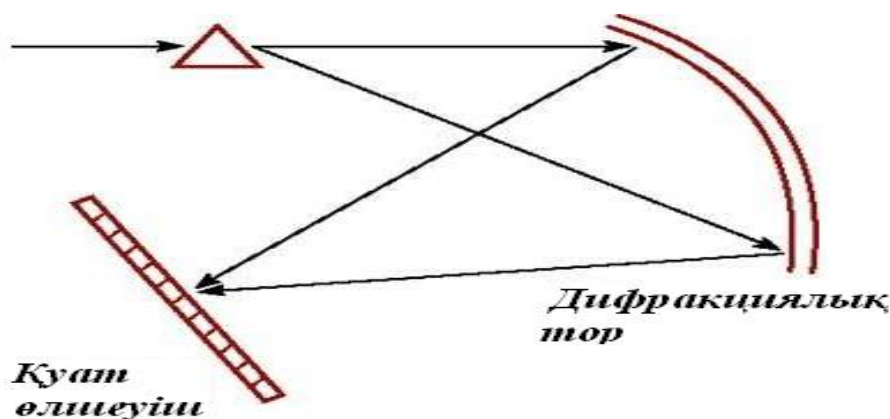
Оптикалық спектр талдағышы.

Спектр талдағышы – құрылғылардың жаңа түрі. Әдетте OSA көмегімен толқынның орталық бөліктерін, көршілес арналар арасындағы ара қашықтықты, сонымен қатар мына қуат, дыбыс белгісі/шу қатынасы және т.б. жалпы сипаттамаларды осылай бақылауға болады. Алайда олардың рұқсат ету мүмкіндігі қолданылатын үлгіге байланысты болады және әдетте 0,1 нм шектеледі.

Спектр талдағышының жұмыс принципі жарық ағынын қоспаларға алдыңғы уақытта әрқайсысының жеке қуатын өлшеу мақсатында бөлу, яғни OSA дыбыс белгісінің толқын ұзындықтарының қажетті аясында жалпы спектральдық аймағын зерттеуге мүмкіндік береді. Ары қарай профиль «толқын ұзындығы-қуат» координаталары бойынша графиктер тұрғызылады. Осылайша, DWDM талшықтары бойынша өтетін мультиплектелген дыбыс

белгісі үшін әрбір арналардың, сонымен қатар өзара әсер ететін осы арналардың оптикалық сипаттамалары белгіленуі және сарапталуы мүмкін.

Дифракциялық торды қолдану – жарықты оның жеке компоненттерінен (түсінен) бөлу үшін ол өте кең қолданылатын әдіс. Дифракциялық тор беткі қабатындағы параллель сызықтар мен жарық дыбысын оптикалық спектрға бөледі. Дыбыс бөлінгеннен кейін оның толқынның берілген ұзындығының қуаты детекторды толқынның қажетті толқын ұзындығында жарықтың максимал концентрациясында орнату жолымен де өлшенуі мүмкін. 2.3-суретте белгіленген қарапайым OSA құрылғысы схемалық түрде көрсетілген – ол бір рет жүретін монохроматор құрылғысы деп аталады. Қазіргі кезде шығарылатын осы OSA технологиясы жаңа осы дисперсті торлардың, ретті жүретін сұлбалар мен қуатты өлшеудің дұрыс дәл сұлбаларының есебінен жақсартылған. Бірақ OSA ұқсас технологиялары жеткіліксіз ықшамды, сонымен қатар оларға ұқыпты қарау керек – бұл қарапайым лабораториялық аспаптар.



Сурет 2.3 - OSA қарапайым қозғалыс сұлбасы

Дыбыстарды бөлу кезінде спектр талдағышы ретінде Майкельсон интерферометрі қолданылады. Қазіргі күні Фабри-Перо принциптері бойынша жұмыс жасайтын және орын ауыстырғыш сүзгіштер негізіндегі талдағыштар қазіргі кезде кең қолданысқа ие.

Оптикалық (Optical Rejection Ratio, ORR) ауытқу коэффициенті - OSA маңызды сипаттамаларының бірі. OSA дыбыстың жоғары мәні кезінде берілген аралықта өлшей алатын дыбыс/шу қатынастарының максимал мәнін сипаттайды.

OSA пайдаланушы үшін нағыз спектрлі кескіннің бөлшектік суреті аса қызығушылыққа ие. Егер ORR өлшеуіш құралы дыбыс/шу жүйесінің қатынасынан төмен болса, мұнда оператор оптикалық дыбыстың нағыз қозғалысына байланысты осындай құралдың өзіндік шектері көрсетілген график алады. Арна және әрқайсысының аралықтары көп болған сайын, сол қуатпен өлшеу үшін ORR жоғарыда болуы қажет. Қуаты бойынша динамикалық аралық OSA оптикалық талдағыштың өту қабілеттілігін көрсетеді, яғни DWDM қосымшасы үшін талап етілген қуат мөлшерінің барлық

әртүрлі деңгейлерін өлшеу қабілеттілігі. Кең динамикалық аралықта осы құралдар жоғары және төмен қуатты дыбыстарды да өлшеуге мүмкіндік береді, нәтижесінде спектрдің өте анық көрінісін алады.

Қазіргі заманғы OSA аса тиімді көпшілігі желілердің инсталляторы үшін және зерттеу үшін өңделген орнатылатын модульдерден тұрады. Бұл модульдер сонымен қатар, өлшеулер үшін де қолданылады. Басқа жағынан, мұндай кеңістікте жұмыс жасауға қажетті көшпелі OSA лабораториялық құралдарға қарағанда оптикалық құралдар тиімді. Көбінесе көшпелі OSA батереялардан тұрады.

DWDM жүйесі, олардан қателіктер табу OSA-дан қарапайым тексеруге қарағанда өте қиын тәртіптерді талап етеді. Оптикалық талшықтар жалпы шығындарға, ORL-ға, поляризация тәртібінде импульстер өзгерісіне) дисперсияға және т.б. тексерілуі тиіс. OSA толқын ұзындығын өте жоғары дәлдіктерме өлшеу қажет болатын жағдайлар үшін монохроматор – толқын ұзындығын өлшеуіш құрал қажет болады.

Осыған ұқсас аралас талдағыш DWDM жүйесін бақылау үшін (Optical Supervisory Channel, OSC) қолданылатын қызмет арналарына арналған бақылауға жарамды. Мұндай каналдар үшін толқындардың келесідей ұзындықтарының біреуін таңдайды – 1510, 1625 және 1490 нм.

Стандартты талдағыштар барлық оптикалық көрсеткіштерді анықтауға мүмкіндік береді, бірақ сонымен бірге қателіктерді талдауды қамтамасыз етпейді. Сондықтан OSA ақпараттық оптикалық жүйесін бақылау және жөндеу үшін қолдану кезінде биталы қателіктер коэффициентінің тестерін қосу үшін арнайы шығу орны қажет. Бұл жағдайда OSA ішкі сүзгіші DWDM жүйесінде сәйкес келетін толқындарды бөлу және дыбысты қателіктер талдағышына тарату үшін толқынның талап етілген ұзындығына бекітіледі

2.5 DWDM мультиплексоры және демультиплексоры

Әр лазерлік таратқыш DWDM жүйелерінде берілген жиіліктегі бір ғана сигналды береді. Осы сигналдарды бір түгел сигналға мультиплекстеу (бір-бірімен қосу) қажет. Бұл функцияның атқаратын осы құрылғының аты оптикалық мультиплексор MUX (немесе OM). Байланыс желісінің соңындағы біріктірілген сигналдарды жеке арналарға бөлетін құрылғы оптикалық демультиплексор DEMUX (немесе OD) деп аталады. TDM жүйесінде, арналарды уақыт бойынша тығыздау процесі жүргізілсе және ең басты зейін таратқыш пен қабылдағыштың синхронды түрде жұмыс істеуіне негізделеді, онда DWDM жүйесінде мультиплекстеу мен демультиплекстеу жеке сигналдардың спектралды құраушыларына түседі, бұл сигналдардың спектралды сипаттамалары белгілі, TDM жүйесінен айырмашылығы осында.

DWDM мультиплексоры үшін екі ерекшелік қасиеттері кіреді:

– тек бір ғана 1550 нм толқын ұзындығындағы терезе жолағын қолдану, (1530-1560 нм) EDFA күшейткішінің аймағында;

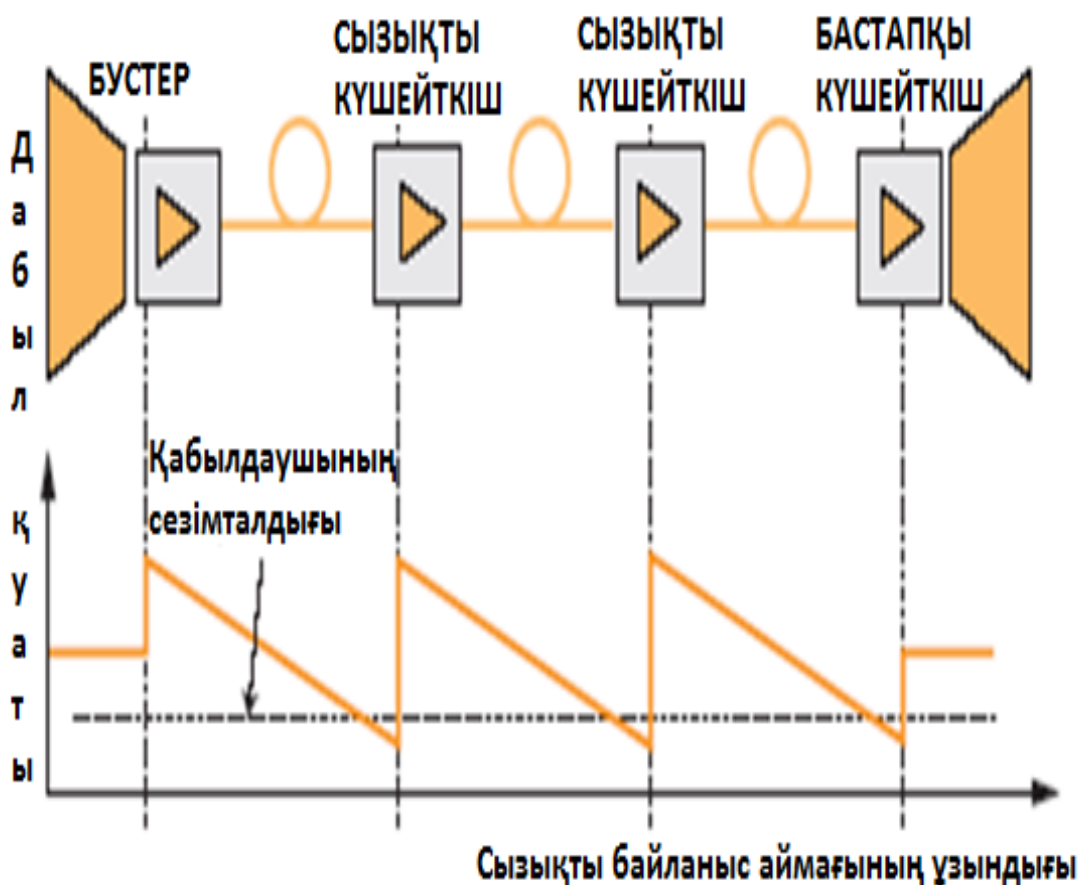
– мультиплекстеу арналар арасының өте жақындығы толқын ұзындығы $\Delta\lambda$, 3,2 / 1,6 / 0,8 немесе 0,4 нм.

Бұдан басқа, DWDM мультиплексорлары ол деген арналар санымен жұмыс істеу үшін берілгендіктен (32 арна немесе одан да көп арналар) DWDM құрылғыларының құрамында бір уақытта барлық арналар мультиплекстеліп, SDH жүйесінде жоқ жаңа басқа да құрылғылар қосылады және олар бір немесе одан да көп арналарды негізгі басқаша мультиплекстік ағынға енгізу және шығару режимінде де жұмыс істейді. Демультимплексордың осы шығыс порттары/полюстері белгілі бір толқын ұзындығына белгіленгендіктен, мұндай құрылғы толқын ұзындығы бойынша пассивті бағыттау процесін жүзеге асырады. Арналар арасының өте жақындығы, бір уақытта өте көп арналармен жұмыс істеу мүмкіндігімен DWDM мультиплексорларын жасау SDH тан басқа өте үлкен ұқыптылықты қажет етеді. SDH мультиплексорлары, 1310 нм және 1550 нм терезе жолақтарын кейде қосымша ретінде 1650 нм толқын ұзындықтарының маңындағы ұзындықтарды қолданады. Сонымен қатар жақын және алыс өтпелі бөгеуілдер DWDM құрылғысының полюстерінде жоғары дәрежелі осы сипаттамалармен қамтамасыздандыру.

Оптикалық мультиплексорлар, демультимплексорлар тізбектей немесе аралас орналасқан жолақты сүзгілерден тұрады. Көптеген жағдайда фильтрден өткізіп, мөлдір қабаты сүзгілер, талшықты, көлемді брег дифракциялық торлары, дәнекерленген екі ұшты талшықты бөлгіштер, кристалдар негізіндегі сүзгілер, интегралды оптикалық құрылғылар қолданылады. Мультиплексордан өткен сигналдар кіріс портқа түседі. Бұдан кейін бұл сигналдар толқындық тақтайша арқылы өтеді және дифракциялық (arrayed waveguide grating) құрылымды құрайтын AWG сигналдары көптеген толқын таратушыларға түседі. Бұрынғысынша сигнал әр толқын таратушыда мультиплекстелген болып қалады, ал әр арна ($\lambda_1, \lambda_2, \dots$) барлық толқын таратқышта келтірілген болып қалады. Содан соң айналық беттен шағылысу жүреді, шағылған жарық ағыны қайтадан толқындық тақтайшада жиналады, бұл жерде олардың фокусталуы және интерференциясы жүреді, интерференцияланған жарық интенсивтілігінің максимумдары кеңістікте таралған болады, әр максимум белгілі бір арнаға сәйкес келеді. Толқындық беттің геометриясы құрылысы, шығыс полюстер мен интерференциялық үлкен шамалар сәйкес келетіндей етіліп, толқын ұзындығының құрылымы мен шығыс полюстерінің орналасуы есептеледі. Мультиплексор құрудың басқа тәсілі бір ғана емес, басқа да екі толқындық тақтайшаларды қолдануға негізделген. Бұндай құрылғылардың жұмыс істеу принципі фокустау мен интерференциялау үшін қосымша тақтайшалар қолданылады.

Мультиплексорлар, демультимплексорлар әр түрлі толқындық әдістер арқылы бір талшық бойымен беру үшін бірнеше оптикалық дабылдарды біріктіреді, осы хабарламаларды таратқан соң қайтадан бөледі. Бірақ, осы дабылдың бүкіл құрылымын ауыстырмай, құрама хабарламаларға қосу немесе

одан тек бір арнаны бөліп алу қажет болады. Ол үшін, яғни барлық осы арналардың дабылдарын электрлік шамаға және қайта кері шамаға түрлендірмей-ақ, осы операцияны орындайтын, арналарды енгізу/шығару мультиплексорлары да қолданылады. 2.4 суретте енгізу/шығару мультиплексоры мына жерде көрсетілген.



Сурет 2.4 - Енгізу/шығару мультиплексоры жұмысы

Соңғы жылдары DWDM құрылғылары алыс қашықтықтағы байланыс операторлары желілерінде де кең қолданыс тапты. Қазір шығарылатын құрылғылар осы оптикалық талшықта 40 және одан көп оптикалық арналарды, ал кейбір DWDM-нің жүйелері 128-160 дейінгі арналарды біріктіруге мүмкіндік береді. Қазіргі кезде осындай DWDM технологиясы оптикалық желілерді тұрғызудың негізі түрі болып табылады және сандық жүйелерге (SDH) ұқсас келеді, дегенмен мультиплекстеу механизмі әр түрлі болып келеді.

DWDM технологиялары осы WDM технологиясына (онда, әдетте, 1310 және 1550 нм мөлдірлік қабаттары немесе 1650 нм шеңберінде қосымша толқын ұзындығының аумақтары қолданылады) қарағанда екі ерекшеліктен тұрады:

– эрбиймен легирленген EDFA оптикалық талшықты күшейтудің толқын ұзындығының шеңберінде (1530...1560 нм) тек осы жалғыз 1550 нм мөлдірлік қабатының қолданылуы;

– қарапайым 3,2/1,6/0,8 немесе 0,4-ке тең мультиплекстелген арналар арасында $\Delta\lambda$ толқын ұзындығы бойынша аз интервалдар.

DWDM мультиплексорлары белгілі бір толқын ұзындығы бар бірнеше (32 дейін және одан көп) арналармен жұмыс істеуге арналған, бірнеше арнасы бар жалпы оптикалық ағыннан бір немесе бірнеше арналарды енгізу/шығару үшін, барлық арналар үшін бір уақытта толқындарды мультиплекстеу/демультиплекстеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді. DWDM демультиплексорларының шығыс оптикалық қосқыш құралдары белгілі бір толқын ұзындығына бекітілген, сондықтан осындай құрылғы толқын ұзындығы бойынша пассивті құралдармен бағыттауды жүзеге асырады. Арналардың толқын ұзындығындағы айырмашылықтары, бір уақытта бірнеше арналармен жұмыс, DWDM мультиплексорлары WDM мультиплексорларымен салыстырғанда, дайындалуда жоғары сапаны қажет етеді.

3 Техникалық есептеу бөлімі

3.1 DWDM жобаланатын жүйенің өткізу қабілетін есептеу

Жүйенің өткізу қабілетін есептеу интерфейсмен олардың жылдамдығын анықтау мақсатында [2] әдістеме бойынша жасалады.

Талдықорған қаласының халық саны – 190 мыңды құрайды. Ал Талдықорған қаласының халық саны – 163300 мың адам. Осы қалаларды байланыстыратын арналар саны халық санына және жеке халық топтарының өзара қарым қатынасқа қызығушылық таныту деңгейіне байланысты болады.

Алматы қаласының халық саны:

$N_{\text{АКТ}}=163\ 000$ адамды құрайды.

Талдықорған қаласының халық саны:

$N_{\text{АТЫР}}=163\ 000$ адамды құрайды.

Берілген шеткі пункттер арасындағы телефон арналарының санын (3.1) формула бойынша есептейік:

$$n_{m\phi} = \alpha_1 \cdot f_1 \cdot y \cdot \frac{m_a \times m_b}{m_a + m_b} + \beta,$$

(3.1)

мұндағы α_1, β_1 – белгіленген жетімділік пен берілген жоғалтуларға сәйкес келетін тұрақты коэффициенттер, $\alpha_1 = 1,3$; $\beta_1 = 5,6$;

f_1 – тартылыс коэффициенті, $f_1 = 0,1$ (10%);

y – меншікті күш түсіру, яғни бір абоненттің орташа күш түсіруі, $y=0,05$ Эрл.;

m_{at}, m_{bt} – АМТС шеткі станциялар қызмет көрсететін абоненттер саны, А және Б пункттерінде сәйкесінше.

Абоненттер саны қызмет көрсету аймағында орналасқан халық санына байланысты анықталады. Санақ мәліметтері негізінде тұрақты телефондармен қазіргі таңда Қазақстан халқының 70% пайдаланатынын ескере отырып $m_t=0,7$ коэффициентін аламыз, бұл АМТС зонасындағы абоненттер саны:

$m_t=0,7$,

$m_t^{\text{Алматы}}=0,71 \cdot 713220=1199254$ адам.

$m_t^{\text{Талдықорған}}=0,7 \cdot 163000=114100$ адам.

Осылайша берілген пункттер арасындағы телефон байланысына арналған арналар санын есептеп шығаруға болады.

$$n_{m\phi} = 1,3 \cdot 0,1 \cdot 0,05 \cdot \frac{1713220 \cdot 114100}{1713220 + 114100} + 5,6 = 700, \text{ арна саны.}$$

DWDM жүйесінің өткізгіштік қабілеті B_o , Гбит/с талшық бойынша ақпарат жіберудің максималды жылдамдығы ретінде келесі формула бойынша анықталуы мүмкін (3.2):

$$B_0 = B_{ТФ} + B_{ЖБ} + B_{DSL} + B_{ВЫД} + B_{ТР}, \quad (3.2)$$

мұндағы, $B_{ТФ}$ – телефондық трафик;

$B_{ЖБ}$ – ғаламторды қарапайым қолданушылардың жалпы беріліс жылдамдығы;

B_{DSL} – DSL қолданушылардың жалпы жылдамдығы;

$B_{ТР}=10$, Гбит/с – магистральді транзит.

Жалпы телефондық ағын келесі формула бойынша анықталады (3.3):

$$B_{ТФ} = n_{ТФ} \cdot V_{ТФ}, \quad (3.3)$$

мұндағы, $V_{ТФ} = 64$ кбит/с – бір цифрлық арнаның жылдамдығы.

$$B_{ТФ} = 440 \cdot 64000 = 28,16 \text{ Мбит/с.}$$

Санақ мәліметтеріне сүйенетін болсақ, күнделікті ғаламторды қолданушылар Қазақстан халқының 60 % құрайды.

$$m_i = 0,60,$$

$$m_i^{\text{Алматы}} = 0,60 \cdot 190000 = 1027932 \text{ адам,}$$

$$m_i^{\text{Талдықорған}} = 0,60 \cdot 163000 = 97800 \text{ адам.}$$

Менің ойымша, берілген магистрал бойынша жалпы ғаламтор трафиінің 40% өтеді.

$$N_{II} = (m_i^{\text{Алматы}} + m_i^{\text{Талдықорған}}) \cdot 0,4 = (1027932 + 97800) \cdot 0,4 = 450292,8 \text{ адам.}$$

Цифрлық күш ағынын беріліс жылдамдығы бірлігінде бит/с-пен келесі (3.4) формула бойынша анықтаймыз:

$$B = V \cdot \Delta \cdot N, \quad (3.4)$$

Ғаламтор желісінің қарапайым қолданушылар үшін $\Delta = 0,04$ Эрл және $V = 56$ кбит/с болған кезде жалпы ғаламтор қолданушылардың 30% құрайды.

$$B_{оп} = 56 \cdot 10^3 \cdot 0,04 \cdot 91680 \cdot 0,3 = 61,6 \text{ Мбит/с.}$$

Ғаламтоды DSL қолданушылар саны $\Delta = 0,2$ Эрл және жылдамдығы 1 Мбит/с болған кезде жалпы ғаламторды пайдаланушылардың 50 % құрайды. DSL қолданушылар туғызатын күш түсіру мөлшерін есептейік.

$$V_{DSL}=1 \cdot 10^6 \cdot 0,2 \cdot 91680 \cdot 0,5=9,1 \text{ Гбит/с.}$$

Ғаламтордың белгіленген желісін қолданушылар саны $\Theta=0,2$ Эрл және жылдамдығы 1 Мбит/с болған кезде жалпы ғаламторды пайдаланушылардың 60 % құрайды. Белгіленген желіні қолданушылар туғызатын күш түсіру мөлшерін есептейік.

$$V_{БЕЛГ}=1 \cdot 10^6 \cdot 0,2 \cdot 91680 \cdot 0,6= 11 \text{ Гбит/с,}$$

$$V_0=0,028 +0,061+9,1 +11 +10=30,2 \text{ Гбит/с.}$$

Толқын ұзындығын есептеу үшін келесі формуланы пайдаланамыз (3.5):

$$N_\lambda = V_0/V_I, \quad (3.5)$$

мұндағы $V_I=10$ Гбит/с – интерфейс ағынының жылдамдығы.

$$N_\lambda = 30,2/10 \approx 3$$

3.2 Регенерациялық аумақтың көрсеткіштерін есептеу

3.2.1 Өшу және дисперсия бойынша аумақ ұзындығын анықтау

Аса жылдам ТОВЖ жобалау кезінде өшу бойынша регенерация аумағының ұзындығы (L_a) және кең жолақтылық бойынша регенерация аумағының ұзындығы ($L_{ш}$) бөлек есептелуі қажет, себебі L_a және $L_{ш}$ шеткі мәндерін шектейтін себептер тәуелсіз.

Жалпы жағдайда өшу бойынша регенерация аумағының ұзындығының екі мәнін есептеу қажет:

$L_{a \max}$ – регенерация аумағының максимал жобалық ұзындығы;

$L_{a \min}$ – регенерация аумағының минимал жобалық ұзындығы.

Регенерация аумағының ұзындығының мәнін бағалау үшін келесідей формулалар қолданылуы мүмкін:

$$L_{a \max} < \frac{A_{\max} - M - n \cdot \alpha_{pc}}{\alpha_{ok} + \alpha_{nc}/L_{cmp}}, \quad (3.6)$$

$$L_{a \min} > \frac{A_{\min}}{\alpha_{ok} + \alpha_{nc}/L_{cmp}}, \quad (3.7)$$

$$L_w = \frac{4,4 \cdot 10^5}{D \cdot d \cdot B}, \quad (3.8)$$

мұндағы A_{\max} , A_{\min} (дБ) – қызмет мерзімінің соңына қателік коэффициентінің $1 \cdot 10^{-10}$ аз емес мәнін қамтамасыз ететін ТОВЖ өшу құралының қайта жабу максимал және минимал мәні;

$\alpha_{ок} = 0,22$ дБ/км – сымның оптикалық талшықтарында километрлік өшу;

$\alpha_{нс} = 0,05$ дБ – регенерация аумағында сымның құрылыс ұзындықтары арасында бірігу орындарында алынбайтын оптикалық біріктіргіштердің оптикалық сәулеленуінің қуатты өшуінің орташа мәні;

$L_{стр} = 4$ км – регенерация аумағында сымның құрылыс ұзындығының орташа мәні;

$\alpha_{рс} = 0,5$ дБ – алынбайтын оптикалық біріктіргіштің оптикалық сәулелену қуатының өшуі;

n – регенерация аумағында алынатын оптикалық біріктіргіштердің саны;

$D = 3$ пс/нм*км – оптикалық талшықтың қосынды дисперсиясы;

$d = 0,09$ нм – сәулелену көзінің спектінің ені;

$B = 9953$ МГц – оптикалық жол бойынша берілетін санды дыбыстардың кең жолақтылығы;

$M = 6$ дБ – регенерация аумағында сым бойынша ТОВЖ жүйелік қоры.

Егер есептің нәтижесі бойынша алатынымыз: $L_{ш} < L_{a \max}$ болса, онда жобалау үшін регенерация аумағында кең жолақтылық бойынша үлкен қорын қамтамасыз ететін басқа да техникалық мәліметтері бар сым немесе құрал таңдалуы қажет. Есептер қайтадан жасалуы қажет. Құрал немесе сымды соңғы рет таңдауда критерийі ретінде даму кезінде (B) трафигінің талап етілген өту қабілетінің есебінен келесі қатынастың орындалуы жатады:

$$L_{ш} > L_{a \max} \quad (3.9)$$

Қайта жабылған өшудің (A_{\max}) максимал мәні беріліс кезінде оптикалық сәулелену қуатаның минимал деңгейі мен ТОВЖ үшін сезімтал қабылдағыш деңгейі арасындағы айырмашылықпен анықталады.

Қайта жабылған өшудің (A_{\min}) минимал мәні беріліс кезінде оптикалық сәулелену қуатының максимал деңгейі мен ТОВЖ үшін қабылдағыш жүктемелік деңгейі арасындағы айырмашылықпен анықталады.

Қабылдағыштың жүктемелі мен сезімталдық деңгейі қызмет мерзімінің соңына қателік коэффициентінің $1 \cdot 10^{-10}$ аз емес мәнін қамтамасыз ететін қабылдағыш кірісінде оптикалық қуатты сәулелену деңгейінің максимал және минимал мәндерімен анықталады.

Беріліс кезінде оптикалық қуатты сәулелену деңгейі, сәулелену көзінің спектрінің ені (d), алынатын оптикалық біріктіргіштің оптикалық қуатты

сәулеленінің өшуі (α_{pc}), қабылдағыштың жүктемелі және сезімталдық деңгейі құралдарға арналған техникалық сипаттамаларында көрсетілген және ВОСП үшін СЦИ ОСТ.45.104-97 талаптарын қанағаттандыру қажет.

(3.1), (5.2) және (5.3) формулаларындағы оптикалық талшықтар мен сымдардың көрсеткіштері оптикалық сым орнатылған техникалық сипаттамаларда көрсетілген және ($\alpha_{нс}$, $L_{стр}$) салу технологияларымен, шарттарымен анықталады.

(М) жүйелік қоры қосымша (жөндеу) қоспалардың, дәнекерлеу байланыстарының, сонымен қатар қоршаған орта қозғалысынан болған оптикалық сым сипаттамаларының өзгеруі және қызмет мерзімі кезінде оптикалық біріктіргіштердің сапасының төмендеуінің есебінен болатын оптикалық сым құрамының өзгеруін ескереді, және ТОВЖ жобалау кезінде, оның ішінде оны тағайындау және байланыс операторларының қолдану шарттары, оператор әрекеті аймағында сымның бүлінуі кезінде орнатылады.

Жүйелік қордың орнатылатын мәнінің ұсынылатын аралығы 2 дБ-дан (қолданудың өте тиімді шарттары) 6 дБ-ға дейін (қолданудың нашар шарттары) болады.

Құралдың энергетикалық потенциалын ($A_{макс}$) табамыз – құралдың қабылдағыш және таратқыш бірігу орындарынсыз аумақтың максимал өшуі:

$$(3.10) \quad A_{макс} = P_{пер} - P_{пр}$$

мұндағы $P_{пер}$ – тарату деңгейі;

$P_{пр}$ - күшейткішті минимал қабылдағыш деңгейі;

$$A_{макс} = P_{пер} - P_{пр} = 2 - (-42) = 44 \text{ дБ};$$

Құралдың энергетикалық потенциалын ($A_{мин}$) табамыз – аумақтың минимал өшуі:

$$(3.11) \quad A_{мин} = P_{ист} - П$$

мұндағы $П$ – қабылдағыш жүктемесінің деңгейі (-1 дБ);

$P_{ист}$ – сәулелену көзінің тарату деңгейі, $P_{ист} = 2$ дБ.

$$A_{мин} = 2 - (-1) = 3 \text{ дБ}$$

Табылған мәндерді (5.1), (5.2) және (5.3) формулаларына қоя отырып, алатынымыз:

$$L_{амакс} < \frac{44 - 6 - 4 \cdot 0,5}{0,22 + \frac{0,05}{4}} = 154,8 \text{ км},$$

$$L_{амин} > \frac{3}{0,22 + \frac{0,05}{4}} = 12,9 \text{ км},$$

$$L_{ш} < \frac{4,4 \cdot 10^5}{3 \cdot 0,09 \cdot 9953} = 163,7 \text{ км.}$$

Есептеулердің нәтижесі бойынша $L_{ш} > L_{a \text{ max}}$ аламыз, яғни құрал мен сым регенерация аумағында кең жолақтылық бойынша қорды қамтамасыз ететін техникалық мәліметтермен таңдалған. Берілген есептерден шығатыны, оптикалық күшейткіштерді Алматы, Талдықорған станцияларында орнатамыз және күшейткіш аумақтардың ұзындығы l_{yy} 102, 114 және 113 км құрайды.

3.2.2 Дисперсияны есептеу

Дыбыстарды ТОБЖ бойынша тарату кезінде ИКМ әдістері қолданылады, нәтижесінде таратылатын ақпарат екілік код түрінде – 1 және 0 битті көрінеді, себебі 1 қуаттың жоғары деңгейіне сәйкес келеді, ал 0 – төменге. Өзгертілген дыбыс ОТ бойынша τ_0 уақыты және B_0 бит/с тарату жылдамдығымен импульсті беріледі. Орналасу процесінде дисперсия әсерінен импульстердің «жуып кетуі» жүреді, яғни олардың уақытының артуы.

Егер импульс қабылдағыштарымен алынған τ_L уақыты битты аралықтан асатын болса, онда көршілес импульстердің бір-біріне бірігуі жүреді, символ аралық интерференцияны тудырады. Сәйкесінше, қабылдағыш басқа импульстарды көре алмайды, нәтижесінде BER битті қателік коэффициенті артады. Битті аралықтың T_0 дыбыстың тарату жылдамдығымен B_0 байланысы келесідей қатынаста:

$$T_0 = \frac{1}{B_0}. \quad (3.12)$$

Мұндай жағдайда, ТОБЖ қалыпты қызметі үшін қажет:

- Бастапқы битті аралықтан аспайтын τ_L алынған импульсінің ұзақтылығын қамтамасыз ету;

- $P_{пр}$ қабылдағышының сезімталдығына тең болатын қуатты қамтамасыз ету немесе $P_{пр}$ асатын қорды енгізу;

Міне, неліктен таратудың жоғары жылдамдығымен ТОБЖ жобалау кезінде маңызды техникалық сипаттамалар ретінде дисперсия және ОТ өшуі саналады.

Егер сызық ТОБ-ның N сегментінен тұратын және дисперсия әрқайсысында D_{PMDi} тең болса, онда нәтижесіндегі поляризациялы түрлі дисперсия тәуелсіз кездейсоқ мәндердің қосынды заңына сәйкес келетін формуламен анықталады:

$$D_{PMD}^2 = D_{PMD1}^2 + D_{PMD2}^2 + \dots + D_{PMDn}^2 \quad (3.13)$$

Поляризациялы түрлі дисперсия τ_{PMD} , әрбір аумақ үшін пс (3.14) формуласымен анықталады:

$$\tau_{PMDi} = D_{PMD} \cdot \sqrt{L_i}, \text{ пс} \quad (3.14)$$

$$\tau_{PMD1} = 0,5 \cdot \sqrt{102} = 5,05 \text{ пс},$$

$$\tau_{PMD2} = 0,5 \cdot \sqrt{114} = 5,34 \text{ пс},$$

$$\tau_{PMD3} = 0,5 \cdot \sqrt{113} = 5,32 \text{ пс}.$$

Импульстің хроматты дисперсия әсерінен ұлғаюы (5.10) формуламен анықталады:

$$\tau_{chri} = D \cdot \Delta\lambda \cdot L_i, \text{ пс} \quad (3.15)$$

$$\tau_{chr1} = 3 \cdot 0,09 \cdot 102 = 27,54 \text{ пс},$$

$$\tau_{chr1} = 3 \cdot 0,09 \cdot 114 = 30,78 \text{ пс},$$

$$\tau_{chr1} = 3 \cdot 0,09 \cdot 113 = 30,51 \text{ пс}.$$

Поляризациялы түрлі дисперсияның есебінен нәтижелі дисперсия келесі [8] қатынасынан анықталады:

$$\tau_{pezi} = \sqrt{\tau_{chri}^2 + \tau_{PMDi}^2}, \text{ пс} \quad (3.16)$$

$$\tau_{pez1} = \sqrt{27,54^2 + 5,05^2} = 28,00 \text{ пс},$$

$$\tau_{pez2} = \sqrt{30,78^2 + 5,34^2} = 31,24 \text{ пс},$$

$$\tau_{pez3} = \sqrt{30,51^2 + 5,32^2} = 30,97 \text{ пс}.$$

Битті аралық $T_0 = \frac{1}{B_0}$ болғандықтан, алатынымыз:

STM-64 үшін: $T_0 = 100,5 \text{ пс}.$

Импульстердің рұқсат етілген максимал мәні импульстің рұқсат етілген ұзақтылығы шартынан анықталады:

$$\tau = \frac{T_0}{2}. \quad (3.17)$$

Сәйкесінше, $V_0 = 9953,28$ Мбит/с таратудың жылдамдығы кезінде импульстің рұқсат етілген ұзақтылығы $\tau = 50,25$ пс болады. Импульстің бастапқы ұзақтылығы [9] қатынасынан анықталады:

$$\tau_0 = \frac{T_0}{4} \quad (3.18)$$

Импульстің соңғы ұзақтылығы оның бастапқы τ_0 ұзақтылығы арқылы келесі қатынаста көрінеді:

$$\tau_i = \sqrt{\tau_{0i}^2 + \tau_{\text{рез}i}^2} \cdot \quad (3.19)$$

Онда бірінші аумақта дисперсия есебінен ұлғайған импульс ұзақтылығы тең болады:

$$\tau_1 = \sqrt{25,125^2 + 28^2} = 37,62 \text{ пс}$$

Яғни, $V_0 = 9953,28$ Мбит/с (STM-64) таратудың жылдамдығы кезінде дисперсия әсерінен ұлғайтылған оптикалық дисперсия $\tau = 50,25$ пс рұқсат етілген мәнінен аспайды. Бірақ сызық бойымен транзит трафигі жүретіндіктен дыбыс сапасының нашарлауы мүмкін, сондықтан ТООБ бойынша STM-64 дыбысын тарату үшін хроматты дисперсияны әрбір пункте компенсациялау қажет.

Дисперсияны компенсациялау үшін 3,7; 4,1 енгізілген өшу бар және (-170); (-340) пс/нм толық дисперсті DCM-10 және DCM-20 модулдерін таңдаймыз.

Компенсация модулінің толық қарама-қарсы дисперсиясы:

$$\tau_{DC1} = (-170) \cdot 0,09 = -15,3 \text{ пс},$$

$$\tau_{DC2,3} = (-340) \cdot 0,09 = -30,6 \text{ пс}.$$

Сәйкесінше, толық компенсацияланған дисперсия байланыс сызығының әрбір аумағында келесіге тең болады:

$$\tau_{\text{рез}C_i} = \tau_{\text{рез}i} + \tau_{DCi}, \text{ пс} \quad (3.20)$$

$$\tau_{\text{рез}C_1} = 28 + (-15,3) = 12,7 \text{ пс},$$

$$\tau_{\text{рез}C_2} = 31,24 + (-30,6) = 0,64 \text{ пс},$$

$$\tau_{\text{рез}C_3} = 30,97 + (-30,6) = 0,37 \text{ пс}.$$

Нәтижесінде, оптикалық сымның шығу орнында $V_0 = 9953,28$ Мбит/с таратудың жылдамдығы кезінде әрбір аумақта импульстің соңғы ұзақтылығы тең болады:

$$\tau_{Ci} = \sqrt{\tau_{0i}^2 + \tau_{\text{рез}Ci}^2}, \text{ пс} \quad (3.21)$$

$$\tau_{C1} = \sqrt{25,125^2 + 12,7^2} = 28,152 \text{ пс},$$

$$\tau_{C2} = \sqrt{28,15^2 + 0,64^2} = 28,159 \text{ пс},$$

$$\tau_{C3} = \sqrt{28,16^2 + 0,37^2} = 28,162 \text{ пс}.$$

Бұл нәтиже рұқсат етілген мәннен едәуір төмен, яғни дыбыс сапасы нашарламады.

3.3 Энергетикалық қорды есептеу

Мультиплексормен және демультиплексормен енгізілетін шығындарды келесі формула бойынша анықтаймыз (3.22):

$$\alpha_{\text{OMUX/ODMUX}} = 1,5 \cdot \log_2 Z \quad (3.22)$$

мұндағы Z – OMUX/ODMUX порттары мен арналары саны.

$$\alpha_{\text{OMUX/ODMUX}} = 1,5 \cdot \log_2 7 = 4,2 \text{ дБ}$$

Желінің энергетикалық қоры келесі формула бойынша анықталады :

$$\mathcal{E} = P_{\text{пер}} - P_{\text{пр}} - L \cdot \alpha_{\text{ок}} - n_{\text{рс}} \cdot \alpha_{\text{рс}} - n_{\text{нс}} \cdot \alpha_{\text{нс}} - \alpha_{\text{OMUX/ODMUX}} - \alpha_{\text{ф}} - \sum \alpha_{\text{DC}} + \sum S_{\text{yc}}, \quad (3.23)$$

мұндағы $\alpha_{\text{ф}}$ – сүзгі шығыны, $\alpha_{\text{ф}} = 1,5$ дБ;

α_{DC} – дисперсия өтеуі модулімен енгізілетін өшу,

S_{yc} – күшейткіштің күшею коэффициенті, дБ.

$$\mathcal{E} = 2 - (-14) - 329 \cdot 0,22 - 12 \cdot 0,5 - 84 \cdot 0,05 - 4,2 - 1,5 - 3,7 + 4,1 + 4,1 + (17 + 23 + 28 + 28) = 7,62 \text{ дБ}$$

Бұл қор лазерлерінің деградациясы кезінде, қосымша кабель қосылған кезде, талшық сапасы ескіре бастаған кезде жүйенің жұмыс қабілеттілігін сақтап қалуға жәрдемдеседі.

3.4 Сымның иілу бағытын есептеу

Оптикалық сымның иілу бағытын есептеу әдістемесі бойынша тартылудың максимал-рұқсат етілген кернеуін анықтау мақсатында жүргізіледі. Механикалық беріктікке байланыс желісінің тіреулеріне иілген оптикалық сымды есептеу кезінде сымның өзінің салмағын ескеру қажет, сонымен қатар мұздың түзілуіне сәйкес қосымша күшті және ОК бойынша жел қысымын. Ауа конструкцияларын механикалық беріктікке жүргізу кезінде жайлы болу үшін оларға әрекет ететін шекті күштер деп аталатын барлық күштерді көрсету керек.

γ_1 , Н/м³ оптикалық сымның ауырлық күшінен (өзінің салмағы) шекті күші (3.24) формуласы бойынша анықталады:

$$\gamma_1 = \frac{P}{S} g, \quad (3.24)$$

мұндағы P – оптикалық сымның шекті массасы, $P = 0,11$ кг/м³;
 S – сымның көлденең қимасының ауданы, $S = 1,13 \cdot 10^{-4}$ м²;
 g – еркін түсу үдеуі, $g = 9,81$ м/с².

$$\gamma_1 = \frac{0,11}{1,13 \cdot 10^{-4}} 9,81 = 9,550 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3$$

Мұздың ауа конструкцияларынан ерекше шекті күш γ_2 , Н/м³ (3.25) формуласымен анықталады:

$$\gamma_2 = \pi b \rho_{\text{л}} \frac{b+d}{S} g, \quad (3.25)$$

мұндағы b – мұз қабырғасының сымдағы қалыңдығы, $b = 5 \cdot 10^{-3}$ м;
 $\rho_{\text{л}}$ – мұз тығыздығы, $\rho_{\text{л}} = 900$ кг/м³;
 d – оптикалық сымның сыртқы диаметрі, $d = 1,2 \cdot 10^{-4}$.

$$\gamma_2 = \pi \cdot 5 \cdot 900 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3} + 1,2 \cdot 10^{-4}}{S} 9,81 = 2,086 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3$$

Оптикалық сымның ауырлық күшінен және ондағы мұздың ауырлық күшінің ауырлық күшінен шекті күш γ_3 , Н/м³ (6.3) формула бойынша анықталады:

$$\gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_2, \quad (3.26)$$

$$\gamma_3 = 9,550 \cdot 10^3 + 2,086 \cdot 10^4 = 3,041 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3.$$

Мұз жоқ болған кезде ауа конструкциясында жел қысымынан шекті күш γ_4 , Н/м³ (6.4) формула бойынша анықталады:

$$\gamma_4 = 0,06g^2 \frac{d}{S} g, \quad (3.27)$$

мұндағы v – жел жылдамдығы, $v = 20$ м/с;

$$\gamma_4 = 0,06 \cdot 20^2 \frac{1,2 \cdot 10^{-4}}{1,13 \cdot 10^{-4}} 9,81 = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Н/м}.$$

Мұзбен жабылған оптикалық сымда жел қысымынан шекті күш γ_5 , Н/м³ (6.5) формуласымен анықталады:

$$\gamma_5 = 0,069 g_1^2 \frac{d + 2b}{S} g, \quad (3.28)$$

мұндағы v_1 – жел жылдамдығы, $v = 30$ м/с;

$$\gamma_5 = 0,06 \cdot 30^2 \frac{1,2 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{1,13 \cdot 10^{-4}} 9,81 = 1,031 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^3.$$

Оптикалық сымның және мұз болмаған кезде жел қысымының ауырлық күшінен шекті күш γ_6 , Н/м³ (6.6) формула бойынша анықталады:

$$\gamma_6 = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_4^2}, \quad (3.29)$$
$$\gamma_6 = \sqrt{(9,550 \cdot 10^3)^2 + (2,5 \cdot 10^4)^2} = 2,676 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3.$$

Оптикалық сымның, мұздың және мұзбен жабылған ауа конструкциясында жел қысымының ауырлық күшінен шекті күш γ_7 , Н/м³ (6.7) формула бойынша анықталады:

$$\gamma_7 = \sqrt{\gamma_3^2 + \gamma_5^2}, \quad (3.30)$$
$$\gamma_7 = \sqrt{(3,041 \cdot 10^4)^2 + (1,031 \cdot 10^5)^2} = 1,075 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^3.$$

Оптикалық сымдағы тартылу кернеуін σ , МПа (6.8) формула бойынша анықтаймыз:

$$\sigma = \frac{l^2}{8f}, \quad (3.31)$$

мұндағы l – ұшу ұзындығы; $l = 50$ м;

γ – қосынды шеткі күш γ_7 , Н/м³;

f - ұшу кезіндегі оптикалық сым иілу бағыты, $f = 1,2$ м.

$$\sigma = \frac{0,1075 \cdot 50^2}{8 \cdot 1,2} = 28 \text{ МПа}$$

Берілген сымның рұқсат етілген тартылу кернеуін $\sigma_{\text{кос}}$, МПа (3.32) формула бойынша есепейміз:

$$\sigma_{\text{дон}} = \frac{F}{S} \cdot 10^{-6}, \quad (3.32)$$

мұндағы F – сымның көлденең тартылу тұрақтылығы, $F = 4$ кН;

$$\sigma_{don} = \frac{4 \cdot 10^3}{1,13 \cdot 10^{-4}} \cdot 10^{-6} = 35,4 \text{ МПа}$$

Тартылу кернеуінің есептелген мәнін таңдалған оптикалық сым үшін рұқсат етілген мәнімен салыстырамыз:

$$28 < 35,4$$

Теңсіздік орындалады – иілу бағыты дұрыс таңдалған және сымның көлденең тартылу тұрақтылығы есептелген көрсеткіштерге сәйкес келеді.

3.5 Сенімділік көрсеткіштерін есептеу

Сенімділік – орнатылған аралықта берілген тәртіпте және қолдану шарттарында талап етілген қызметтерді орындау қабілеттілігін сипаттайтын барлық көрсеткіштердің мәнін уақыт бойынша сақтау қабілеті. Сенімділік құрылыс және қолдану шарттарынан тәуелді әртүрлі қасиеттер немесе олардың байланыстарынан тұратын кешенді қасиет болып табылады. Техникалық басқару «Қазақстанның магистралды және ішкі аймақты алғашқы желілерінде талшықты-оптикалық тарату жолдары» материалдарына сәйкес ТОВЖ жобалау кезінде сенімділік бойынша келесідей талаптар берілуі тиіс:

- Кг дайындық коэффициенті (жоғары болған сайын, бүліну тығыздығы төмен және оларды жою уақыты аз);

- қызмет мерзімі – сымның жұмыс күйінің қолданысқа ену уақытынан шекті күйіне өту кезіне дейінгі календарлық ұзақтығы, яғни ОК ары қарай қолданысы жарамайтын күйі. ОК орташа қызмет мерзімі 25 жылға тең;

- Тв орташа қалпына келу уақыты (ОК қабылдамауды жою уақыты).

Сақтаусыз L= 12 500 км максимал бойлықты СМП магистралды алғашқы желінің сызықтық тракты құралдарының талап етілетін сенімділік көрсеткіші болып [11]:

- дайындық коэффициенті Кг = 0,92;

Шығындар арасындағы орташа уақыт То > 40 сағат;

ОК қалпына келу уақыты Тв < 10 сағат (соның ішінде кіру уақыты 3,5 сағ.).

$$\mu = 0,34, \tag{3.33}$$

мұндағы μ – сымның бір жылдағы (статистика бойынша, коаксиальды сымның бүлінуі 0,34 тең) 100 км сыртқы бүлінулер әсерінен ОК шығынының орташа саны (тығыздық).

Шығынның 1 сағаттағы жолдың 329 км-дегі қарқындылығы келесі формуламен анықталады:

$$\lambda_{\kappa} = \frac{\mu \cdot L}{8760 \cdot 100}, \tag{3.34}$$

мұндағы $L=329$ км – сым ұзындығы;
 8760 – бір жылдағы сағат саны.

$$\lambda_k = \frac{0,34 \cdot 329}{8760 \cdot 100} = 1,28 \cdot 10^{-4}$$

$\lambda_{ЛТ}$, 1 сағ сызықтық жол шығынының қарқындылығы (7.3) бойынша анықталады:

$$\lambda_{ЛТ} = \lambda_k + \lambda_{оп} \cdot n_{оп} + \lambda_{нрп} \cdot n_{нрп}, \quad (3.35)$$

мұндағы $\lambda_{оп} = 30 \cdot 10^{-6}$ – бір сағат бойы ОП-дағы шығын қарқындылығы;
 $n_{оп} = 2$ – ОП саны;
 $\lambda_{нрп} = 1,5 \cdot 10^{-6}$ – бір сағат бойы НРП-дағы шығын қарқындылығы
 $n_{нрп} = 2$ – НРП саны;

$$\lambda_{ЛТ} = 1,28 \cdot 10^{-4} + 30 \cdot 10^{-6} \cdot 2 + 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 1,91 \cdot 10^{-4} \text{ 1/ч}$$

Сызықтық жолдың шығынмен жұмыс істелуі $T_{ЛТ}$, са, (7.4) формуламен анықталады:

$$T_{ЛТ} = \frac{1}{\lambda_{ЛТ}} \quad (3.36)$$

$$T_{ЛТ} = \frac{1}{1,91 \cdot 10^{-4}} = 5,24 \cdot 10^3 \text{ сағат}$$

Сызықтық жолдың орташа қалпына кеоу уақыты $T_{ВЛТ}$, сағ (3.37) формуламен анықталады:

$$T_{ВЛТ} = \frac{\lambda_k \cdot l_k \cdot T_{ВК} + \lambda_{оп} \cdot n_{оп} \cdot T_{ВОП} + \lambda_{нрп} \cdot n_{нрп} \cdot T_{ВНРП}}{\lambda_{ЛТ}},$$

(3.38)

мұндағы $T_{ВК} = 10$ сағат – сымның бір километрде қалпына келуінің орташа уақыты;

$T_{ВОП} = 0,5$ сағат – ОП-дағы бүлінулерді жоюдың орташа уақыты;

$T_{ВНРП} = 2,5$ сағат - НРП-дағы бүлінулерді жоюдың орташа уақыты.

$$T_{ВЛТ} = \frac{1,28 \cdot 10^{-4} \cdot 10 + 30 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 0,5 + 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 2,5}{5,24 \cdot 10^3} = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ сағ}$$

Қарапайым коэффициент $K_{П}$ (7.6) формуласымен анықталады:

$$K_{П} = \frac{T_{ВЛТ}}{T_{ЛТ} + T_{ВЛТ}} \quad (3.39)$$

$$K_{II} = \frac{2,5 \cdot 10^{-7}}{5,24 \cdot 10^3 + 2,5 \cdot 10^{-7}} = 4,771 \cdot 10^{-11}$$

Сызықтық жолдың дайындық коэффициенті K_G (7.7) формуласы бойынша анықталады:

$$K_G = \frac{T_{ЛП}}{T_{ЛП} + T_{ВЛП}} \quad (3.40)$$

$$K_G = \frac{5,24 \cdot 10^3}{5,24 \cdot 10^3 + 2,5 \cdot 10^{-7}} = 0,9999999995$$

Есептелген дайындық коэффициенті K_G бастапқы мәліметтерге сай келеді. DWDM технологияларының негізгі артықшылықтарының бірі болып осындай желілік ұйымның құралдың сенімділігіне ғана емес, тарату ортасының сенімділігіне, сонымен қатар сақтау мүмкіншілігі мен желіде бір элементінің немесе тарату ортасының істен шыққан кезінде де жұмыс істеу қабілеттілігіне негізделген оның қызмет етуінің жоғары сенімділігіне жететін мүмкіндігі табылады.

Синхронды желінің жұмыс істеу қабілеттілігін тез қалпына келтіруді қамтамасыз етудің негізгі әдісі – 1+1 сұлбасы бойынша сақталған өзі қалпына келетін желілік ұйым. Жобаланатын Алматы – Талдықорған станцияларында сақтаудың осы әдісін қолдану есебінен транспорт жолының жоғары сенімділігіне қол жеткізуге болады.

3.6 Шудан қорғанудың шектік мәнін есептейміз

Сигнал-шу қатынасы келесі формула арқылы анықталады:

$$(C/Ш)_{қат} = P\eta / (h * f * \Delta f * M^X), \quad (3.41)$$

мұндағы P – сезімталдық деңгейі;

η - фотодиодтың кванттық тиімділігі;

Фотодиодтың кванттық тиімділігі келесі формула арқылы анықталады:

$$\eta = Si * h * f / g, \quad (3.42)$$

мұндағы h – Планк тұрақтысы;

f – сәулеленудің оптикалық жиілігі.

Сәулеленудің оптикалық жиілігі f толқын ұзындығымен λ келесі қатынаста болады $f = c / \lambda$

$$f = \frac{3 \cdot 10^8}{1,55 \cdot 10^{-6}} = 1,94 \cdot 10^{14} \text{ c.} \quad (3.43)$$

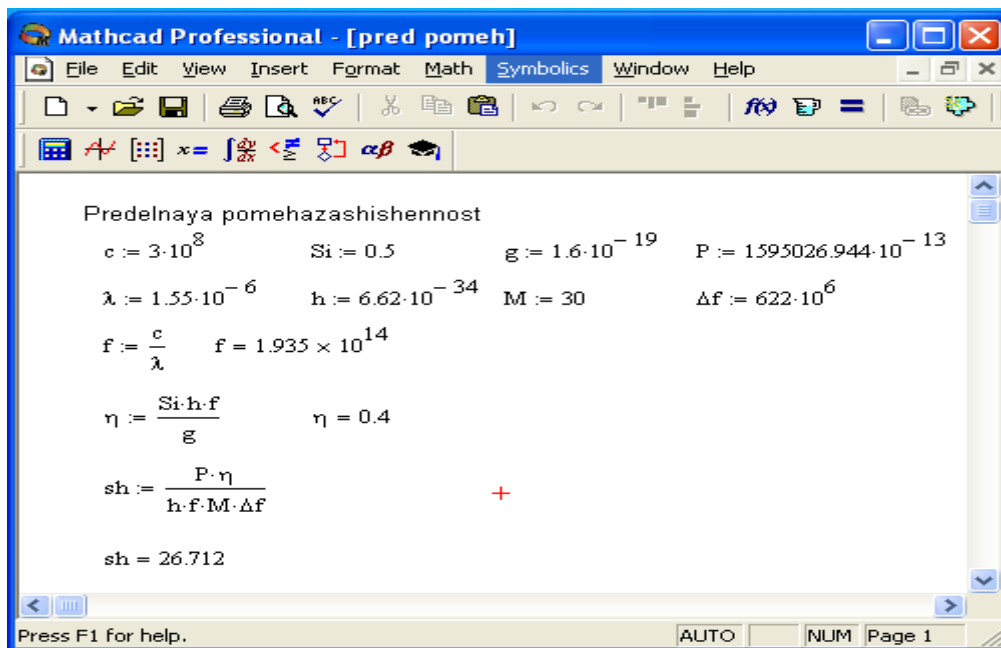
(3.42) формуласына сандық мәндерді қоямыз:

$$\begin{aligned} \eta &= 0,5 \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 1,94 \cdot 10^{14} / 1,6 \cdot 10^{-19} = \\ &= 3,31 \cdot 10^{-34} \cdot 1,94 \cdot 10^{14} / 1,6 \cdot 10^{-19} = 0,4 \end{aligned}$$

(2.41) формуласы арқылы сигнал-шу қатынасын табайық:

$$\begin{aligned} (C / Ш)_{пред} &= 1595026,944 \cdot 10^{-13} \cdot 0,4 / (6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 1,94 \cdot 10^{14} \cdot 622 \cdot 10^6 \cdot 30) = \\ &= 213176,6 \cdot 10^{-13} / 239646,64 \cdot 10^{-14} = 27 \text{ dB} \end{aligned}$$

MathCad есептеу бағдарламасын қолдана отырып жүргізілген есептеу келесі 3.1 суретте келтірілген.



3.1 Сурет— Есептің MathCad бағдарламасындағы кескіні

3. 7 Оптикалық кабелдегі шығындар

Бірдей бір модальды жарық өткізгіштерді көлденең қимасын түйістірген кездегі торецтердің сәйкес келмеушілігінен және жарық өткізгіштердің

қиғашталуынан болатын шығындарды есептейік. x ($x = 0,5$ мкм) мәндегі жарық өткізгіштің көлденең қимасының нәтижесінде болатын шығын:

$$L_x = 2.17 \times \left[\frac{x_2 \times J_0(x_1)}{J_1(x_1)} \right]^2 \times \left(\frac{x}{a} \right)^2, \quad (3.44)$$

x_1, x_2 – өлшемсіз мәндер.

$$x_1 = \frac{2 \times \pi \times r \times \sqrt{n_1^2 - n_3^2}}{\lambda}, \quad (3.45)$$

$$x_2 = \frac{2 \times \pi \times r \times \sqrt{n_3^2 - n_2^2}}{\lambda}, \quad (3.46)$$

n_3 – фазалық жылдамдықты азайтудың тиімділік көрсеткіші:

$$n_3 = \frac{c}{V_\phi}, \quad (3.47)$$

V_ϕ – фазалық жылдамдық:

$$V_\phi = \frac{c}{n}, \quad (3.48)$$

c – жарық жылдамдығы ($c = 3 \cdot 10^8$ км/с);

n – сыну көрсеткішінің орташа мәні:

$$n = \frac{(n_1 + n_2)}{2 \times n_1}, \quad (3.49)$$

$$n = \frac{(1.4680 + 1.4642)}{2} = 1.4661.$$

$$x_1 = \left(\frac{2 \times 3.14 \times 4.2 \times 10^{-6} \times \sqrt{(1.468)^2 - (1.4661)^2}}{1.55 \times 10^{-6}} \right) = 1.2705.$$

$$x_2 = \left(\frac{2 \times 3.14 \times 4.2 \times 10^{-6} \times \sqrt{(1.4661)^2 - (1.4642)^2}}{1.55 \times 10^{-6}} \right) = 1.2697.$$

J_0, J_1 – бірінші және екінші ретті цилиндрлік функциялар.

$$J_0(1,2705) = 0,56;$$

$$J_1(1,2697) = 0,4.$$

$$L_x = 2.17 \times \left[\frac{1.2697 \times 0.56}{0.4} \right]^2 \times \left(\frac{0.5 \times 10^{-6}}{4.2 \times 10^{-6}} \right)^2 = 0.0676 \text{ дБ.}$$

Көлденең остердің θ ($\theta = 0,3^0$) ауытқуы кезіндегі шығындар:

$$L_\theta = 3.31 \times 10^{-4} \left(\frac{W_0 \times V}{r} \right)^2 \left(\frac{n_2}{n_1 - n_2} \right) \times \theta^2,$$

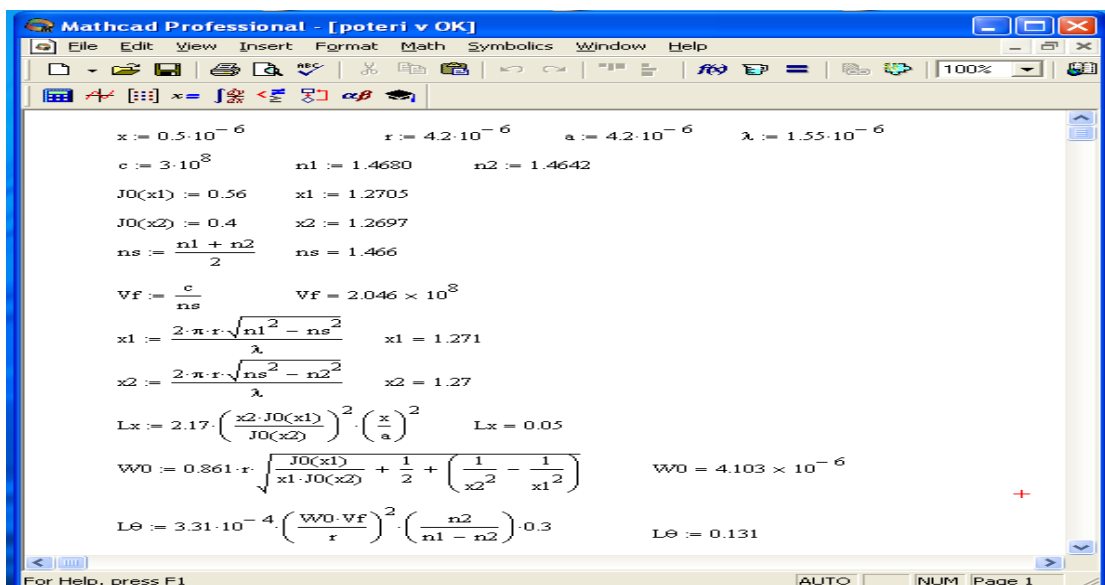
W_0 – HE₁₁ жарық өткізгішінің модалық радиусы:

$$W_0 = 0.861 \times r \sqrt{\frac{J_0(x_1)}{x_1 \times J_1(x_1)} + \frac{1}{2} + \left(\frac{1}{x_2^2} - \frac{1}{x_1^2} \right)},$$

$$W_0 = 0.816 \times 4.2 \times 10^{-6} \times \sqrt{\frac{0.56}{1.2705 \times 0.4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{(1.2697)^2} - \frac{1}{(1.2705)^2}} = 4.338 \times 10^{-6} \text{ м.}$$

$$L_\theta = 3.31 \times 10^{-4} \times \left(\frac{4.338 \times 10^{-6} \times 1.7961}{4.2 \times 10^{-6}} \right)^2 \times \left(\frac{1.4642}{1.468 - 1.4642} \right) \times 0,3 = 0,131 \text{ дБ.}$$

Бір модалы талшықтың дәнекрленген жерінің қосымша шығындарының орташа мәні 0,1дБ кем болады. MathCad есептеу бағдарламасын қолдана отырып жүргізілген есептеу келесі 3.2 суретте келтірілген.



3.8 Қабылдаушы оптоэлектронды модульдің сезімталдық деңгейін есептеу

Келесі түрде көрсетілгендей сандық ҚОМ сезімталдығын анықтау үшін $P_{ПОР}$ өрнекті келтіреміз:

$$P_{пор} = 2g\Delta fQ \frac{M^x}{Si} [1 + \sqrt{(1 + \beta)}], \quad (3.50)$$

$$\beta = \frac{g * I_T + 2 * k * T * F_{ш} / R}{M^{2+x} * g^2 Q \Delta f}, \quad (3.51)$$

- мұндағы Q – кателер функциясының аргументі;
 g – электрон заряды, $1,6 * 10^{-19}$ Кл;
 I_T – фотодиодтың қараңғылық токі;
 k – Больцман тұрақтысы, $1,38 * 10^{-23}$ Вт/К*Гц;
 T – абсолют температура, 300 К;
 R – фотодиод жүктемесінің кедергісі;
 M – тасқындық көбейтіндінің коэффициенті;
 Δf – фотоприемниктің өткізу жолағы;
 Si – фотодиодтың монохроматты тоқтық сезімталдығы.

(3.2) формулаға мәндерді қоя отырып:

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{(1,6 * 10^{-19} * 5 * 10^{-9} + 2 * 1,38 * 10^{-23} * 300 * 4 / 50482)}{30^{2+1} (1,6 * 10^{-19})^2 * 6,36 * 622 * 10^6} = \\ &= \frac{8 * 10^{-28} + 0,0656 * 10^{-23}}{30^3 * 2,56 * 10^{-38} * 3955,92 * 10^6} = \frac{6568 * 10^{-28}}{303814,65 * 10^{-29}} = \frac{65680}{303814,65} = 0,22 \end{aligned}$$

Алынған мәндерді (2.1) формулаға қоямыз:

$$\begin{aligned} P_{пор} &= 2 * 1,6 * 10^{-19} * 622 * 10^6 * 6,36 * \frac{30}{0,5} [1 + \sqrt{(1 + 0,22)}] = \\ &= (253178,88 [1 + 1,105]) = 253178,88 * 10^{-13} * 2,105 = 1595026,944 * 10^{-13} \text{ Вт} \end{aligned}$$

Қуат деңгейі 1мВт-қа қатынас ретінде анықталатындықтан, сезімталдық деңгейін децибелде өрнектеген дұрыс.

$$P_{\text{пор}} = 10 \lg(P_{\text{пор}} / 1 \text{ мВт}) = 10 \lg \frac{1595026,944 * 10^{-13}}{10^{-3}} =$$

$$= 10 \lg 532941,5 * 10^{-10} = -38 \text{ дБ}$$

Энергетикалық қорды анықтаймыз:

$$\mathcal{E} = P_1 - P_{2\text{min}},$$

мұндағы $P_{2\text{min}}$ – сезімталдық деңгейі;

P_1 – енгізілген қуат (от -3 до $+2$).

$$\mathcal{E}_1 = -3 + 38 = 35 \text{ дБ},$$

$$\mathcal{E}_2 = 0 + 38 = 38 \text{ дБ},$$

$$\mathcal{E}_3 = +2 - (-38) = 40 \text{ дБ}.$$

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста Алматы – Талдықорған DWDM желісіне ТОВЖ құрылғысын орнату қарастырылған. Басқа стандарттармен салыстыру жүргізіліп, жүйенің артықшылығы анықталды. Дипломдық жобада желінің негізгі параметрлері есептелді, DWDM жобаланатын жүйесінің өткізу қабілеті, Сенімділік көрсеткіштері, шудан қорғанудың шектік мәнін MathCad бағдарламасымен, регенерация бөлігінің ұзындығы мен сигнал қуаты және оптикалық кабелдегі шығындар MathCad бағдарламасымен және оптикалық күшейткіші бар ТОВЖ-нің бөгеуілге орнықтылығы есептелді.

Бұл дипломдық жұмыста қазіргі заманғы ғылыми-техникалық жетістіктердің талабын сай «Конус» (Конвертор күшейткіш) құрылғысы таңдалды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Бутусов М.М., Верник С.М., Галкин С.Л. и др.; Под ред. Гомзика В.Н. Волоконно-оптические системы передачи: Учебник для вузов. – М.: РиС, 1992.
- 2 Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В.А. Под ред. Проф. Доктора физ-мат наук Тимирова И.А. Современные проблемы волоконно-оптических линии связи. Том 1. Волоконно-оптические кабели. – М.: Издательство НТЛ, 1999.
- 3 Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Техносфера, 2006. – С. 512.
- 4 Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В.А. Современные проблемы волоконно-оптических линии связи. Том 2. Источники излучения и передающие оптоэлектронные модули. – Томск: Издательство НТЛ, 2001.
- 5 Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. – М.: Радио и связь, 1998.
- 6 История DWDM. <http://si.ibs.ru/content/si/119/1195-article.asp>.
- 7 DWDM в Казахстане. <http://www.alcatel.ru/products/networks/all/wdm/a1626lm>.
- 8 Оборудование DWDM. <http://www.c-tt.ru/content/?fl=486&sn=312>
- 9 Методическое указание к выполнению курсовой работы по теме «Расчет основных параметров сети при проектировании оптической линии связи».
- 10 Экономика связи: Учебник для вузов. – Под ред. О.С. Срапионова. – М.: Радио и связь, 1992.
- 11 Волков О.И. Экономика предприятий связи. – М.: Экономика, 1998.
- 12 Н.П. Резникова. Маркетинг в телекоммуникациях. – М.: Эко-Трендз, 1998.
- 13 Буров В.П., Новиков О.И. Бизнес-план: методика составления. – М.: ЦИПКК, 1995.
- 14 Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа. – М.: Финансы и статистика, 1994.
- 15 Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Высшая школа, 2006.
- 16 Баклашов Г.Д. и др. Охрана труда на предприятиях связи: Учебник /Санитарные правила и нормы по гигиене труда в промышленности. Часть 3/ Под ред. Козловского А.Р. – Алматы: 1994. – 123 с.
- 17 Рахманов Б.Н., Чистов Е.Д. Безопасность при эксплуатаций лазерных установок. М.: Машиностроение, 1991.

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс
(жұмыс түрлерінің атауы)

Жеткербаева Ғалия Сабитқызы
(оқушының аты жөні)

5В071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
(мамандықтың атауы мен шифрі)

Тақырыбына: «Талдықорған және Алматы қалалары арасында талшықтық-оптикалық байланысты ұйымдастыру»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім парақ;
б) түсініктеме бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Берілген бітіру жұмысында Талдықорған-Алматы байланыс жолын ұйымдастыру мәселелері қарастырылады. Қолданылатын технология үшін тарату жүйелерінің жабдықтары мен оптикалық кабель таңдалды және талдау жасалады. Тығыздаудың негізгі қасиеттері қысқаша баяндалған.

Дипломдық жұмыста сызықты күшейткіштердің платалары, базалық құрылымы сызбасында студент өз тарапынан қандай жақсартулар енгізуі мүмкіндігін көрсете алмаған. Кейбір орфографиялық қателер кездеседі.

Төртінші және бесінші бөлімдерде экономика және еңбек қорғау сұрақтары қарастырылған.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

Бұл дипломдық жоба жоғарға оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – желілерді құруды талдау және салыстыру технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (95%) деген баға, ал студент Жеткербаева Ғалия Сабитқызы 5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.



А.О.Касимов

2019 ж.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Жеткербаева Ғалия Сабитқызы

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
(мамандық атауы мен шифры)

Тақырыбы: «Талдықорған және Алматы қалалары арасында талшықтық-оптикалық байланысты ұйымдастыру».

Берілген бітіру Алматы - Талдықорған аралығында оптикалық талшықтық байланыс жолын құру болып табылады.


Дипломдық жұмыста желінің негізгі параметрлері есептелді, DWDM жобаланатын жүйесінің өткізу қабілеті, сенімділік көрсеткіштері, шудан қорғанудың шектік мәнін, регенерация бөлігінің ұзындығы мен сигнал қуаты және оптикалық кабелдегі шығындар MathCad бағдарламасымен және оптикалық күшейткіші бар ТОВЖ-нің бөгеуілге орнықтылығы есептелді.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды. Алматы-Талдықорған байланыс жолдарының қазіргі жағдайы қанағаттанарлықсыз. Сондықтан оптикалық байланыс жолын тарту тиімді болып саналады. Жұмыста тығыздау тәсілдері мен оларды орындау құрылғылары талданған. Оптикалық байланыс жолдарын, регенерациялау ұзындығы есептелген.

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

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф.лекторы, экон.ғыл.канд.

 Құттыбаева А.Е.

(қолы)

« 23 » 04 2019 ж.