

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

Усербаева Мадина Маратқызы

Оптикалық желілерде тарату жолдары параметрлерін бақылау әдістерін
зерттеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В071900 – 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 » 04 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Оптикалық желілерде тарату жолдары параметрлерін бақылау әдістерін зерттеу»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

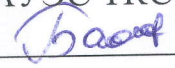
Орындаған:



Пікір беруші

техн. ғыл. канд.,

АУЭС ТКС каф. меңгерушісі

 А.С. Байкенов

« 22 » 04 2019 ж.

М.М. Усербаева

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф. лекторы

 М.Б. Тирижанова

« 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 » 01 2018 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Усербаева Мадина Маратқызы*

Тақырыбы *«Оптикалық желілерде тарату жолдары параметрлерін бақылау әдістерін зерттеу»*

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі “25” сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Дестелік коммутациялы телекоммуникациялық жүйелердің қазіргі жағдайы, 2) Импульс параметрін іздеу; 3) Сигнал қабылдау кодалау заманауи әдістері.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Оптикалық байланыс трактісында сапа жүйелерін талдау; ә) Көрсеткіштерді анықтау; б) Талшықтар санын есептеу.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызба материалдары 11 слайдта көрсетілген: 1) Статистикалық желі ұяшықтары құрылымы; 2) АТМ – SDH сегменттерін қосу сызбасы; 3) Жүйесі сызбасы; 4) Типтік рефлектограмма түрі.




Ұсынылатын негізгі әдебиет 23 атау: *1. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 2-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. - СПб.: Питер, 2003. 2) Современные компьютерные сети. 2-е изд. / В. Столлингс. - СПб.: Питер, 2003. 3) Волоконно-оптическая техника: история, достижения, перспективы /Сборник статей под ред. Дмитриева С. А., Слепова Н. Н. - М.: Издательство «Connect», 2000.*

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

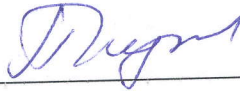
Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Оптикалық байланыс жүйелері	20.01.2019 - 01.03.2019	орындалды
Талшықты-оптикалық трактіндегі оптикалық импульстің таралуы	02.03.2019 - 02.04.2019	орындалды
Адрестік импульсті статистикалық қабылдау процесі	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
Оптикалық байланыс жүйелері	М.Б.Тирижанова, ЭТЖҒТ каф.лекторы	22.02.	
Талшықты-оптикалық трактіндегі оптикалық импульстің таралуы	М.Б.Тирижанова, ЭТЖҒТ каф.лекторы	23.04.	
Норма бақылау	PhD докторы, ЭТЖҒТ каф.сениор- лекторы Тайсариева К.Н.	26.04	

Ғылыми жетекшісі


_____ (қолы)

М.Б.Тирижанова

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



М.Усербаева

Күні

“ 23 ” 04 _____ 2019 ж.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста талшықтық оптикалық желілер параметрлерін қадағалау әдістері қарастырылған.

Дипломдық жұмыстың негізгі міндеттері оптикалық желілерді тарату жолының параметрлерін бақылау әдістерін зерттеу.

Пассивті оптикалық желі түйін мекен-жайларын қосымша адрестеу ұсынылған.

Оптикалық қуат формасының ауытқу параметрлерін анықтаудың әдістемесі, адрестік импульстың фирп түрі келтірілген.

Техникалық бақылау подсистемасының импульстері параметрлерін есептеу әдістері есептелген.

АННОТАЦИЯ

Основной задачей дипломной работы является исследование методов повышения помехозащищенности высокоскоростных цифровых волоконно-оптических систем передачи.

Предложен подход к дополнительной адресации узлов пассивных оптических сетей, обеспечивающий опознание информационных посылок, поступающих к рассматриваемому узлу на стадии, предшествующей цифровой регенерации сигнала, позволяющий проводить тестирование линий с применением дополнительно введенных сигналов.

Разработан метод расчёта параметров импульсов подсистемы технического обслуживания, обеспечивающий оценку и повышение надёжности и помехоустойчивости пассивной оптической сети.

ANNOTATION

The basic task of diploma work is research of methods of increase of stability of the high-speed digital fiber optic systems of transmission.

Offered approach, providing identification of informative parcels, acting to the examined knot on the stage, preceding digital signal regeneration, allowing to conduct testing of lines with the use of the additionally entered signals to the additional addressing of knots passive optical networks.

Methodology of determination of parameters of distortions of form of circumflex optical power and form of address impulse is worked out, multibeam interference effects conditioned by an action in the fiber optic highway of the set configuration.

The method of calculation of parameters of impulses of subsystem of technical service, providing an estimation and increase of reliability and stability of passive optical network, is worked out.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Оптикалық байланыс жүйелері	10
1.2 DWDM технологиясының ерекшеліктері	11
1.3 WDM арналары үшін терминал жабдықтары	13
1.4 Тапсырманың қойылымы	17
2 Талшықты-оптикалық трактіндегі оптикалық импульстің таралуы	18
2.1 Талшықты-оптикалық жол параметрлерін эксперименттік талдау әдісі және оптикалық импульстердің төмен бұрмалануын беру мәселесі	18
2.2 Оптикалық трактінің бұрмалаушы факторларының әсерінен болатын импульсты бақылау	22
2.3 Оптикалық талшықты трактіде аз дәрежеде бұрмаланатын импульс параметрлерін іздеу міндеті	26
2.4 Оптикалық талшықты жолдардағы қоздырғыш факторлардың әсерімен адрестік импульс формасының орнықтылығын талдау	28
2.5 Оптикалық талшықты трактіде ширатылған оптикалық импульстің таралу процесін математикалық моделдеу кезінде қабылданған жорамалдар	30
3 Адрестік импульсті статистикалық қабылдау процесі	33
3.1 Кодтаудың заманауи әдістерін талдау және сигналдарды қабылдаудың математикалық модельдері	33
3.2 Амплитудалық-импульсті-модуляцияланған сигналды қабылдау процесін есептеу	36
3.3 Адрестік импульстер формаларының әліпбиін таңдау әдістемесі	39
3.4 . Оптикалық талшықтық жол параметрлерін есептеу	41
3.5 Бірмодалы оптикалық толқын шығысындағы толқын ұзындығын өлшеу	41
Қорытынды	45
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	47

КІРІСПЕ

Сонымен қатар, оптикалық талшықты-оптикалық тарату желілерін (ТОВЖ) енгізумен "нүкте - нүкте" базалық топологиясы бар гигабитті немесе он гигабитті желі ретінде құрылады, сонымен қатар соңғы уақытта тармақталған топологиясы бар интеллектуалды талшықты-оптикалық желілерге (PON - passive optical networks типті желілерге) орын аударады.

Қазіргі таңда телекоммуникациялық жүйелердің негізгі міндеті көрсетілетін қызметтер саласын кеңейту және олардың сапасын арттыру болып табылады. Тәжірибе көрсеткендей, мұндай міндетті табысты шешу статистикалық мультиплексирлеуі бар тарату жүйесін енгізу кезінде болады.

Алайда, беттік жылдамдықты арттыру, сондай-ақ архитектуралық — топологиялық шешімдерді дамыту тұрғысынан желінің күрделенуі элементтік базаға және аппараттық құрамдас бөлікке қойылатын талаптардың артуына, негізінен талшықты-оптикалық тарату желісінің желілік трактісіне әкеледі.

Сонымен қатар, Ethernet және PON типті жүйелерді өрістетуге арнайы талшықты-оптикалық құрылғылары бар бірдей параметрлері бар (бірыңғай серия, бірыңғай өндіруші) Жарық өткізгіштердің негізінде салынған жоғары келісілген оптикалық талшықты жолды талап етеді.

Кәзіргі кезде байланыс жүйелері қоғам дамуының негізі бола бастады. Қарапайым телефон байланысынан бастап, Интернетке кең жолақты ену мүмкіндігіне дейінгі байланыс қызметтеріне сұраныс, жоғары деңгейде өсіп келеді. Бұл кәзіргі кездегі байланыс желілеріне, олардың өткізу қабілетінің мүмкіндігіне, жүйенің сенімділігіне, оның иілгіштігіне жаңа талаптар қоюда.

Ал кәзіргі күнде ақпаратты таратуда адамзат баласы қоғамының қажеттіліктерін қанағаттандырудың мәселесі негізінен талшықты – оптикалық байланыс жүйелері арқылы жүзеге асырылады. Өйткені талшықты оптикалық тарату жүйелері өте үлкен өткізу қабілетіне ие. Тығыз толқындық мультиплекстеу технологиясының мәні – бір оптикалық талшық бойымен бір уақытта, әр түрлі толқын ұзындығында бірнеше ақпараттық арналар жіберіледі, яғни таратылады. Ал бұл қасиет оптикалық талшықтың мүмкіндіктерін тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Бүгінгі күнде DWDM технологиясы тәжірибеде, яғни практикада өзінің сенімділігін көрсете отырып, өткізу жолағының ең жылдам және үнемді түрде дамушылығын қамтамасыз етеді. Бұл технология жаңа кәбілдерді төсемей-ақ және әрбір талшыққа жаңадан қондырғыны орнатпай-ақ, талшықты – оптикалық байланыс жолдарының өткізу қабілетін көп ретті арттыруға мүмкіндік береді. Жоғарыда айттылғандарды ескере отырып, жаңа оптикалық құрылғының көмегімен сапалы байланысты ұйымдастыру керек.

1 Оптикалық байланыс жүйелері

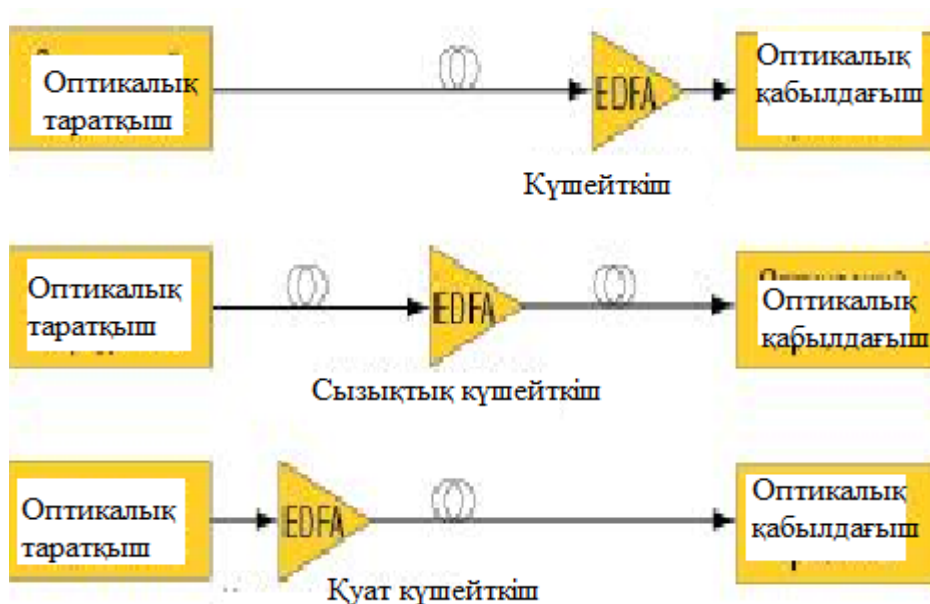
Байланыс желілерінің қуатын арттыру қажеттілігі жыл сайын артып келеді. Бұған қоса, бұл қажеттілік географиялық жағынан кеңінен таралған. Жабдықтаушылардың бағасын төмендету, телекоммуникация саласындағы мемлекеттің монополиялық жағдайын әлсірету және интернетті пайдаланудағы қызығушылық тек тасымалдау жылдамдығына сұраныстың артуына әкеледі. Бүгінгі таңда, DWDM технологиясы өткізу қабілеттілігінің ең жылдам және ең үнемділігін қамтамасыз етеді, іс жүзінде оның сенімділігін көрсетеді. DWDM технологиясының арқасында оптикалық байланыс желісінің сыйымдылығы жүздеген есе ұлғайтылуы мүмкін. Шамасы, DWDM технологиясы өз мүмкіндіктерінің шегіне жетпейді.

Жоғарыда айтылғандай, эксперименттік жүйелерде бірнеше оптикалық талшықтардан бірнеше жүз арнаның берілуіне қол жеткізілді. Арналардың санын одан әрі ұлғайту кең спектрлік ені бар EDFA күшейткіштерін пайдаланып (мысалы, 1565-1625 нм-ке дейінгі L-өткізу қабілеттілігін қоса), немесе 1200 нм дейінгі диапазондағы берілуге мүмкіндік беретін мамандандырылған талшықтарды қолдану арқылы спектральды қашықтықты азайту арқылы мүмкін болады қосымша күшейтусіз.

EDFA күшейткіштері үшін қолданылатын тәсілдер бар: алдын ала сөндіргіштер, желілік күшейткіштер және қуат күшейткіштері. Принтерлер тікелей ресивердің алдында орнатылады. Бұл сигналдан шуыл қатынасын ұлғайту үшін жасалады, бұл қарапайым қабылдағыштарды пайдалануға мүмкіндік береді және жабдықтың бағасын төмендетуге мүмкіндік береді.

Сигнал күшейткіштері ұзын жолдарда немесе осындай желілердің тармақталуында күшейтетін болады. Соңғы қуатты күшейткіштер лазерден кейін тікелей шығыс сигналын күшейту үшін қолданылады.

Бұл лазерлі қуаттың шектеулі болғандығымен түсіндіріледі және одан да күшті лазерді орнатудан гөрі, оптикалық күшейткішті жай ғана орналастыру оңайырақ. 1.2-суретте EDFA үшін барлық үш қолданыс бар.



Сурет 1.1 - EDFA пайдалану әдістері

Қазіргі уақытта нарыққа шығуға арналған бустерлік құрылғы дайындалып жатыр, ол үшін Раман күшейткіш әсері Белл зертханаларында дами бастады. Эффекттің идеясы - бұл белгілі бір толқын ұзындығының лазер сәулесі қабылдау нүктесінен сигналға жіберіледі, ол толқынды бағыттаушының кристалдық торын жиіліктер ауқымында фотонды шығаруды бастайды. Осылайша, пайдалы сигналдың жалпы деңгейі жоғарылайды, бұл максималды қашықтықты сәл арттырады. Бүгінгі таңда бұл қашықтық 160-180 км құрайды, ал Раманов күшейтуі жоқ 70-80 км.

Өткізу жиілігінің айтарлықтай артуы әрбір арнадағы деректер жылдамдығын ұлғайту арқылы жүзеге асырылады. Қазіргі заманғы цифрлық тарату жүйелерінде бұл жылдамдық 2,5 Гбит / с немесе әр канал үшін 10 Гбит / с, 192 арнаның әрқайсысында 40 Гбит / с жылдамдықпен деректерді беруге болады. Бұл жалғыз талшықтан 5 Тбит / с-тан (секундына 1000-ға дейін толық CD-ті) тасымалдаудың жалпы жылдамдығына сәйкес келеді. Интернетте нақты уақыттағы аудио және бейне беру сұранысы DWDM жүйелерін кеңінен қолдануға және олардың құнын төмендетуге көмектеседі.

1.2 DWDM технологиясының ерекшеліктері

WDM технологиясы оптикалық талшықтың бір-біріне кедергісіз бір мезгілде түрлі толқын ұзындығының (түстер) жарық беру мүмкіндігіне негізделген. Әрбір толқын ұзындығы талшықтағы жеке оптикалық арна болып табылады. Бір талшықты бірнеше арналарды біріктіру үшін әр түрлі оптикалық әдістер бар, содан кейін оларды желінің оң жақ нүктелерінде таңдаңыз. Бүгінгі

таңда WDM технологиясы арналарды DWDM (DenseWDM), тығыз толқын ұзындығының мультиплекстеуі деп аталатын нанометрдің тек бір бөлігіндегі іргелес арналар арасындағы толқын ұзындығының айырмашылығымен бір талшық арқылы беру мүмкіндігін береді. WDM-нің дамуы жеке талшықтар арқылы жүзден астам тәуелсіз оптикалық арналарды, сондай-ақ сол оптикалық талшықтағы сигналдардың екеуінде де жіберілетін желілерді тарататын коммерциялық желілерді жасауға мүмкіндік берді. Және бұл тек бастамасы. [13]

DWDM дәстүрлі VRK жүйесімен ұқсастығы бар. Бір немесе бірнеше оптикалық бергіштердің көмегімен пайда болатын әр түрлі толқын ұзындығының сигналдары мультиплексор арқылы көп арналы композиттік оптикалық сигналға біріктіріледі, ол оптикалық талшық арқылы бөлінеді. Демультимплексор композиттік сигнал алады, одан әр түрлі толқын ұзындығының бастапқы арналарын таңдайды, оларды тиісті фототекторларға жібереді. Транзиттік тораптарда кейбір арналарды енгізу / шығару мультиплекстері немесе коммутациялық құрылғы арқылы композиттік сигналдан қосуға немесе бөлуге болады. TDM жүйесіндегі DWDM жүйелерінің негізгі айырмашылығы - DWDM жүйесі бірнеше толқын ұзындығына тасымалданады. DWDM жүйесіндегі толқын ұзындығының әрқайсысында TDM жүйелерінің мультиплекстік сигнал беруі мүмкін екендігін атап өткен жөн.

WDM және TDM желі деректерін өткізу қабілетін арттыру үшін қолданылады. Олар бір-бірін толықтырмайды, бірақ бір-бірін толықтырмаса да, олардың сипаттамаларын сілтеме құрылымының икемділігі, тарату жылдамдығы және бит қателерінің салыстырмалы деңгейіне әсері сияқты салыстыруға болады [18].

WDM арналарында толығымен тәуелсіз, сондықтан TDM технологиясына қарағанда икемділік береді. WDM ешқандай қиындықсыз байланыс желісі бойынша көптеген арналарды беруді, трафиктің түрі мен деректерді беру жылдамдығын айтарлықтай өзгерте алады. Ethernet трафигі (10/100/1000 Мбит / с), сандық бейне және сынақ сигналдары WDM технологиясының әртүрлі арналарында бір талшық арқылы берілуі мүмкін және бұл жүйе оңай басқарылады. Қолданыстағы WDM жүйесіне арналарды қосу проблемалар тудырмайды және TDM технологиясындағыдай барлық уақыт аралығын қайта бөлуді қажет етпейді.

TDM технологиясында өткізу қабілетін ұлғайту арқылы өткізу қабілетін арттырады. Бұл жылдамдық қаншалықты тез жасалуы мүмкін - оптикалық талшықтың белгілі бір іргелі шектерінде - пайдаланылатын электронды құрамдастарға байланысты. Әрбір дереккөзден деректерді алу үшін оны сақтаңыз, тиісті уақыт аралығымен жіберіңіз, оны оқып шығыңыз және оны алушыға дұрыс жеткізіңіз, сандық интегралды схемаларды пайдалану қажет. Барлық осы цифрлы компоненттер байланыс желісінің жалпы беру жылдамдығына тең немесе жақын жылдамдықпен жұмыс істеуге тиіс. Яғни, әр арнаның мүмкіндігіне қарамастан, байланыс желісінің толық қуатын қамтамасыз ететін электрондық жабдық орнатылуы керек.

1.3 WDM арналары үшін терминал жабдықтары

Талшықты-оптикалық талшық бірнеше деректерді беру жылдамдығына қол жеткізуге мүмкіндік береді, ал коммерциялық қолжетімді сандық электрондық құрылғылар қазіргі уақытта секундына шамамен 1 млрд операцияны орындайды (1 Гбитс). Электрондық құрылғылардың жылдамдығы өсуіне қарамастан, TDM технологиясы үнемі әр арнаға ең заманауи жабдықты орнату қажеттілігіне байланысты экономикалық шектеулерге ие болады. WRC технологиясының арқасында талшықты-оптикалық кабельдің үлкен өткізгіштік қабілетіне сәйкес байланыс желісіндегі жалпы тарату жылдамдығына қол жеткізу мүмкін емес. Бұл шектеу жаһандық және жаһандық деректерді беру үшін де қолданылады.

Жеке WDM арналары үшін терминал жабдықтары, TDM жүйесіндегідей, белгілі бір талаптарға ие, арнадағы барлық басқа жабдықтар тек композиттік сигналдың жалпы жылдамдығымен емес, арнадағы тарату жылдамдығын қолдана алады. Нәтижесінде, байланыс желісінің толық өткізу қабілеті пайдаланылған электрондық құрылғылардың жылдамдығымен шектелмейді. Қажет болған жағдайда, өткізу жолағы толығымен бар WDM жүйесіне бірнеше арнаны қосу арқылы кез келген уақытта көбейтілуі мүмкін. WDM жүйесін ең заманауи технологиямен ғана жасай алатын VRK ең жылдам байланыс желісі көптеген арналардың бірі ретінде берілуі мүмкін. WDM технологиясы оптикалық талшықпен қамтамасыз етілген үлкен өткізу қабілетін салыстыруға болатын байланыс желісі бойынша жалпы тарату жылдамдығына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Тығыз толқындық мультиплексирлеу технологиясында өте маңызды параметр, сөзсіз, көрші арналардың арасындағы қашықтық. арналар стандарттау қажеттіліктерін кеңістіктік орналасуы, тек осы негізде ол түрлі жабдықтар сыйымдылық туралы бастау болады деген факт болса.

ITU-T халықаралық электробайланыс одағының телекоммуникация стандарттау секторы көрші арналар арасында 100 ГГц аралығындағы DWDM жиілік жоспарын бекітті (1.1-кесте). Енді үлкен пікірталас жиіліктердің жоспарын 50 ГГц аралығындағы арналар арасындағы қашықтықты азайту жолымен жалғасады. Әрбір жиілік жоспарының, телекоммуникациялық операторлардың және желілер өткізу қабілеттілігін арттыруды жоспарлайтын ұйымдардың шектеулері мен артықшылықтары қандай елеулі қиындықтар мен шамадан тыс инвестицияларға тап болады?

1.1-кестеде 100 ГГц жиіліктік жоспарлар торлары арнаның әртүрлі дәрежесі бар [1].

Бір 500/400 қоспағанда тор біркелкі арналарды қамтиды. Каналдардың біркелкі таралуы толқындық түрлендіргіштердің, лазердің және толық оптикалық желінің басқа да құрылғыларының жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді, сондай-ақ, оны жеңілдетеді. Жиілік жоспарының торын іске

асыру негізінен үш негізгі факторға байланысты: пайдаланылатын оптикалық күшейткіштердің түрі (кремний немесе фторлы цирконат) 2,4 Гбит / с жылдамдықтағы (STM-16) немесе 10 Гбит/с (STM-64) , Сызықты емес әсерлердің әсерлері, олардың барлығы өзара тығыз байланысты. EDFA кремний талшығында бір кемістігі бар - бұл аймақта 1540 нм-нен төмен аймақта пайда болатын үлкен вариация, бұл аймақтағы сигналдан шуылға қатынасы мен кірістің сызықты емес болуына әкеледі. Қанағаттанарлықсыз өте төмен және өте жоғары пайда көрсеткіштері. Өткізу жиілігі арта түскен сайын, сигналдан шуылға қатынасы ең аз қабылданады. Сонымен, STM-64 арнасы үшін STM-15 үшін 4-7 дБ жоғары.

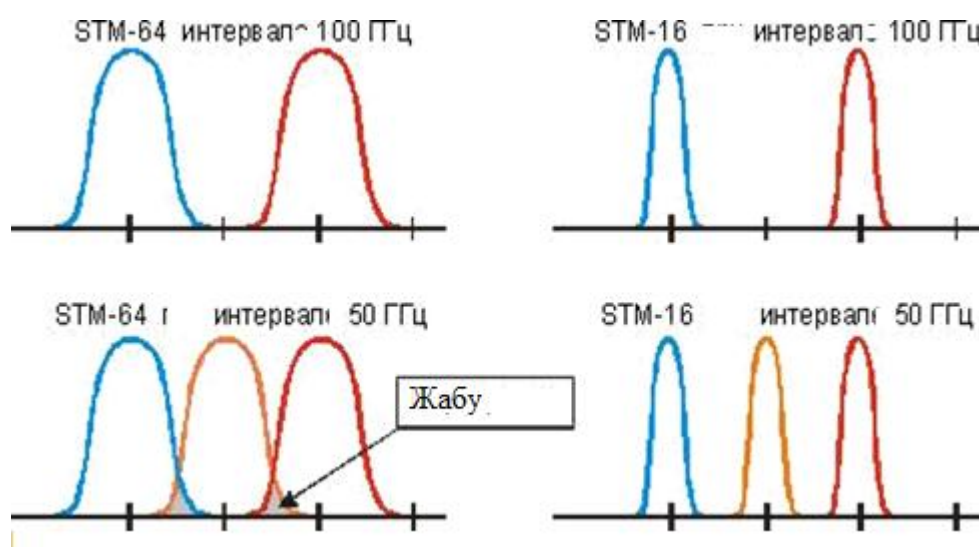
Кесте 1.1- МӘС-Т жиілігі жоспары

Частота, ТГц	Частотный интервал, ГГц						Длина волны, нм
	100	200	400	400/500	600	1000	
1	2	3	4	5	6	7	8
196,1	*	*					1528,77
196,0	*						1529,55
195,9	*	*					1530,33
195,8	*						1531,12
195,7	*	*					1531,90
195,6	*						1532,68
195,5	*	*			*	*	1533,47
195,4	*						1534,25
195,3	*	*		*			1535,04
195,2	*						1535,82
193,1	*	*	*		*		1552,52
193,0	*			*			1553,33
192,9	*	*	*				1554,13
192,8	*						1554,94
192,7	*	*	*				1555,75
192,6	*						1556,55
192,5	*	*	*	*	*	*	1557,36
194,4	*						1558,17
192,3	*	*	*				1558,98
192,2	*						1559,79
192,1	*	*		*			1560.61

Нәтижесінде, кремний EDFA пайдасының сызықтығы STM-16 арналары үшін емес және кішігірім сыйымдылықтарға қарағанда (бұл сызықты емес карамастан, кремний EDFA барлық пайда алу аймағын қолдануға болады)

STM-64 (1540-1560 нм) мультиплекстік арналары үшін аймақтың көлемін шектейді.

0 ГГц аралығындағы тығыз, бірақ стандартталған торлы жиілік жоспары стандартты кремний EDFA-лердің жұмыс жасайтын аймағын 1540-1560 нм-ге жақсырақ пайдалануға мүмкіндік береді. Осы артықшылықтармен қатар осы торға кемшіліктер де бар. Біріншіден, каналаралық аралықта азая бастаған кезде, төрт-толқынды араластыру әсерінің әсері ұлғаяды, бұл арааралық қалпына келтіру желісінің максималды ұзындығын шектейді (сызықтар тек оптикалық күшейткіштерге негізделген). Екіншіден, $\sim 0,4$ нм аралығындағы кішкене аралық аралық қашықтық STM-64 арналарының мультиплексірлеу мүмкіндігіндегі шектеулерге әкелуі мүмкін (1.3-сурет).



Сурет 1.2 - Талшықтағы арналарды спектрлік орналастыру

Бұл формадан 50 ГГц аралығындағы STM-64 арналарын мультиплекстеуге жол берілмейді, өйткені көрші арналардың спектральды қабаттасуы орын алады. Тек арна бойынша (STM-4 және одан төмен) өткізу жылдамдығы төмен болғанда ғана спектрлерді жабады. Үшіншіден, 50 ГГц аралығындағы өзгермелі лазерге, мультиплексорға және басқа компоненттерге қойылатын талаптар әлдеқайда қатал болып келеді, бұл әлеуетті жабдықтарды өндірушілердің санын азайтады, сондай-ақ оның өзіндік құнының артуына әкеледі.

DWDM технологиясы эрбием EDFA (ErbiumFiberAmplifier) көмегімен бекітілген оптикалық талшықтағы күшейткіштерді дамытудағы жетістіктерге көп жетеді. Осы құрылғыларда, сорғы лазерлі энергиясына байланысты, кірістің кіретін барлық арналары күшейтеді, толқын ұзындығы 1530-1565 нм диапазонында - күшейткіштің жұмыс диапазонында жатыр. EDFA күшейткішінде оптикалық сигналдар электрлік және керісінше айырбастан күшейтіледі, бұл жоғары ұзындығы деректер беру желілерін жасауға мүмкіндік береді.

DWDM технологиясы әдетте бір немесе бірнеше лазерлі таратқыштар, мультиплексор, бір немесе бірнеше EDFA күшейткіштері, I / O мультиплексоры, оптикалық кабель, демультиплексор және фотодетекторлардың тиісті саны, сондай-ақ пайдаланылатын байланыс хаттамаларына сәйкес берілетін ұзындықтарды өңдейтін жабдық, және желілерді басқару жүйелерін қамтиды.

WDM технологиясы қолданыстағы электрондық жабдықты өзгертпестен байланыс желісінің сыйымдылығын арттыруға мүмкіндік береді. Жаңа арналар бар арналарға әсер етпей, жаңа толқын ұзындығындағы байланыс желісіне қосылады. Арналардың әртүрлі хаттамалары мен беру жылдамдығы болуы мүмкін және оларды бір-бірімен синхрондаудың қажеті жоқ. TDM технологиясы WDM жүйесін әр каналына қолдануға болады, бұл жеке пайдаланушылар арасында арналардың өткізу қабілетін бөлу кезінде үлкен икемділікті қамтамасыз етеді.

WDM құрылғылары 4-тен 16 арнаға жалғыз талшық арқылы жіберуге мүмкіндік берді, олардың әрқайсысы 2.5 Гбит / с жылдамдықпен SDH / SONET синхронды сандық иерархиясынан сигналдарды беруді қолдады. Бүгінгі күні DWDM жабдығын өндірушілер бірнеше ондаған арнаның қуаттылығы бар жүйелерді дамытады. Бірыңғай оптикалық талшықтан жүздеген арнаны беру және жалпы тарату жылдамдығындағы 1 Тбит / с-қа жақындауға мүмкіндік беретін тәжірибелік жүйелер бар. Мұндай өткізу қабілеті бар жүйелер байланыс операторлары үшін ерекше қызығушылық тудырады.

Талшықты өткізу қабілеті зор. Бір реттік талшық үшін, ол кемінде 50 ТГц. Алайда, осы астрономиялық тасымалдау жылдамдығына жету үшін әртүрлі технологияларды дамыту қажет. Таяу болашақта 400-ге дейінгі арнадағы жүйелер пайда болуы мүмкін, олардың әрқайсысы 2,5 Гбит / с (20 дБ-ден оптикалық сигнал-шу қатынасы) жылдамдықта жұмыс істейтінін болжасақ та, мұндай жүйелердің жалпы өткізу қабілеті 1 Тбит / с жетеді. Технологияның одан әрі дамуы, бағалануы мүмкін, жалпы өткізу қабілетін кемінде 2,5 Тбит / с арттырады.

DWDM пайдаланылатын негізгі технология болып қала береді. Конфигурация мүмкіндігі жоқ көп арналы I / O арналары бірінші рет қолдануға, содан кейін қашықтан басқарылатын жабдыққа жол береді. Желілердің күрделілігі артады, әсіресе арнайы логикалық конфигурацияларды талап ететін мамандандырылған қызметтердің пайда болуы (мысалы, кабельді теледидар). Арналардың саны артуда, және онымен лазер тұрақтылығына, сүзгі дәлдігі мен сигнал күші мен шуды бақылауға арналған талаптар. Пакеттік және ұялы коммутацияны және SONET / SDH, ATM, GigabitEthernet және IP интерфейстерін қолдана алатын DWDM желілері ірі компанияларға өздерінің толқын ұзындығын және түрлі сайттар арасында қауіпсіз және икемді байланыс орнатуға мүмкіндік береді.

Соңғы уақытта желінің өткізу қабілеті жаңа талшықтарды төсеу арқылы әрбір алты айда екі еселеді. Жиырма жүзден астам талшықтан тұратын

кабельдерді пайдалану және 128 каналдық DWDM жүйелерін кеңінен пайдалану жақын арада бұл тарифтерді сақтап қалуға мүмкіндік береді.

Техникалық тұрғыдан алғанда, шешім әр желілік құрылғыларды толтыра отырып алынған, бұл берілген формадағы импульсты генерациялайтын рефлектометрлік блокта жұмыс істейтін екі жақты тарату арқылы жұмыс істеуі тиіс және «loop» сигналын беретін байланыс жабық болуы керек [5], белгілі схемаға көрсетілетін импульсты талдау блогы қосылады. Бұл импульс қалыптасқан цифрлық парцелльдің артық өрістерінің (мысалы, жазба өрісі) бір немесе бірнеше сағат интервалына қосылады. Қабылдау кезінде осындай импульс (бұдан әрі - мекен-жай импульсі) сандық шешімдер жүйесі ретінде бірдей қабылданбайтынына байланысты, осы салада оқылған ақпаратты бағдарламалы түрде оқып шығу орынды болады. Қабылдау кезінде цифрлық сигналдың регенераторына қосымша адрестік импульстің нысанын бақылау мен бағалаудың арнайы блогы орнатылады. Қабылдау контролері берілген импульсті уақыттың өтуімен қабылдайды, яғни сандық сәлемдемелер басталғаннан кейін импульсты сағаттық интервалдар саны бойынша болжамды серпін берілетін алдын ала белгіленген нүктеге дейін анықтайды.

1.4 Тапсырманың қойылымы

Аналогты импульстік пішіні әрбір желілік торап үшін конфигурацияланған көз диаграммасына сәйкес бағаланады [26]. Көз диаграммасы бойынша тексерілген импульс нақты түйінге тиесілі емес екендігі дәлелденген жағдайда, сандық бағдарламаны есепке алу қажет, өйткені ол кез келген көршілес түйіннен таралған болуы мүмкін. Дегенменде, мұндай жағдай «loop» болып саналмайды. Егер қабылданған импульс «өзінікі» болса, яғни берілген желілік жабдықпен генерацияланған, онда қабылдауды санаудың қажеті жоқ. Осы импульстің рефлектограммасын құру үшін блок - рефлектометр командасы не үшін беріледі. Егер рефлектограммада жалғыз тән шыңы болса, онда бұл жағдай «loop» күйіне сәйкес келеді (рефлектограмма бойынша сызық қай жерде жабылатындығын оңай анықтауға болады), немесе оптикалық талшықта жөндеу бригадасынан шығып кетуді жөн көретін сапа тозуының дәл нүктесі бар. Әйтпесе, рефлектограмма сегментке белгілі қашықтықтарда (тармақталған, дәнекерлеу орындары), мұндай жағдай жалған түрде «loop» дабылын өшіретін қалыпты жұмыс режиміне сәйкес келеді, және бұл жағдайда сигнал беру блогы қосымша енгізілген логикалық схемамен өшіріледі. Әрбір сандық берілуде болатын тораптардың сандық адресациясы үшін арнайы орын сақталатындығын, әділдік үшін атап өту керек.

2 Талшықты-оптикалық трактідегі оптикалық импульстің таралуы

Көрсетілген сигналдың жоғары деңгейімен ТОТЖ пайдалану негізінде салынған желінің ақауларға төзімділігін қамтамасыз ету міндеті ұсынылған. Мәселені шешу үшін рефлектометриялық әдістерді қолдану мүмкіндігі көрсетілген. Бақыланатын және тармақталатын компоненттері бар талшықты-оптикалық желі арқылы таратылатын оптикалық импульстік пішіннің динамикасын модельдеу (нысанның оңтайлы пішінін негіздеу арқылы) жүргізілді. Солитондар үшін бұрыннан қалыптасқан классикалық тұжырымдамаға қарағанда, бұл жағдайда импульстің параметрлеріне жалпы мақсатына (пайдалану мақсаттарына) қойылатын талаптар секілді бірнеше түрлі талаптар қойылады. Оптикалық импульстың иілетін қуатының әртүрлі формаларын пайдалану арқылы талшықты-оптикалық желілік түйіндердің (мысалы, PON және Ethernet желілерінің) қосымша мекен-жайын сұрауға болады деп жорамалданады [1]. Осы үлгіні дайындау кезінде қабылданған рұқсаттар туралы зерттелулер болды. Қабылданған рұқсаттар нақты талшықты-оптикалық абоненттік қатынау жүйелерін модельдеуде заңды деп көрсетілген.

2.1 Талшықты-оптикалық жол параметрлерін эксперименттік талдау әдісі және оптикалық импульстердің төмен бұрмалануын беру мәселесі

Желілік операторға қойылған, қайтару арнасының баптауындағы техникалық тапсырма техникалық ресурс көзі ретіндегі желілік шығындар жағынан да, жабдықтың күйін диагностикалаудың сенімділігі бойынша нақты шешімді талап етті. Талаптың екі пунктін орындау қажет болды:

- WDM технологиясын қолданбау;
- желіні тиісті түрде қорғау үшін «loop» сигнализациясының функцияларын сақтау;

Бұл жағдайда «тексерілетін» деп аталатын сигналды қолдану ұсынылды, ол бір мезгілде мынадай функцияларды орындайды:

- келетін хабарламаның жіберу пунктіннің сипаттамасы, яғни жіберушінің мекен-жайы мен ТОТЖ кескіні ретінде немесе желідегі тармақтардан алынған өзінің мекен-жайының сипаттамасы;
- келетін хабарламаның сандық регенераторға қосылу нүктесіне дейін «loop» деңгейінде, яғни желі тармақтарының сигнализациясы деңгейінде идентификация процессін орындау. Егер, біз осы түйіннің мекен-жайы бар хабарламамызды қарастыратын болсақ, онда оның осы күйін ТОТЖ-дегі жоғары деңгейдегі көріністерден ажырату қажет болды.

Техникалық тұрғыдан, рефлектометрия және мекен-жай яғни , кодтау

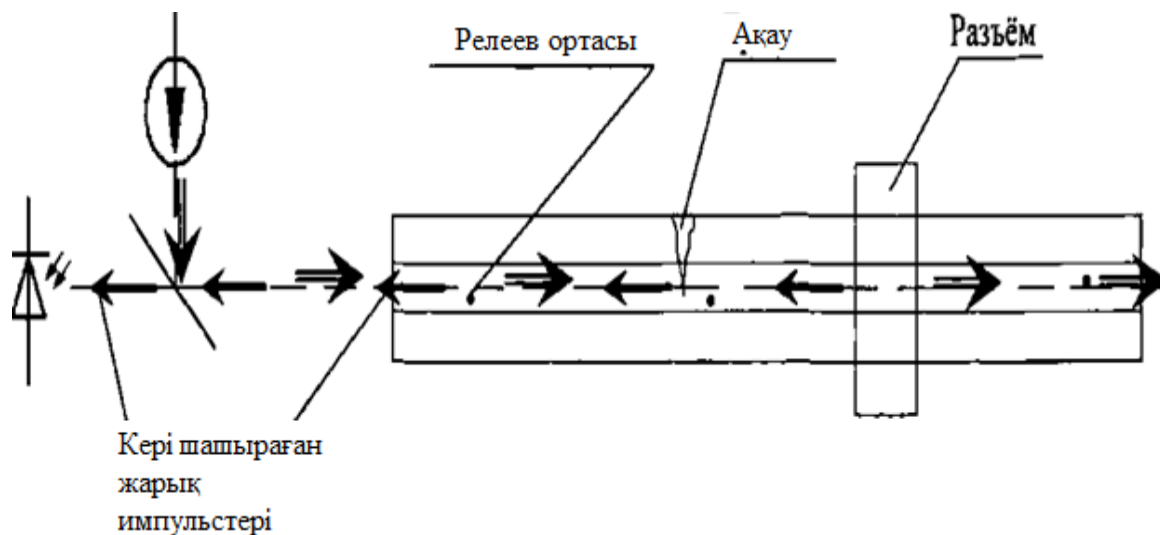
бойынша ТОТЖ күйін талдау әдістерін біріктіру қажет болды. Талшықты-оптикалық сызықтың рефлектометриясының субтаскесінің арқасында осындай сынақ сигналын жалғыз пульс түрінде пайдалану қажет болды. Кері жағдайда қарастырылып отырған желінің қысқа сегменттерін қарастыра отырып, ыңғайлы рефлектограмма жайлы айту мүмкін емес. Бірақ оптикалық желіге бағытталған екі деңгейлі алфавиттің бір серпінін пайдалана отырып, мекен-жай кодтарын қалай ұйымдастыруға болады? Әсіресе, ескертулер жолағы ішіндегі ақпарат жағдайы (мысалы, ескерту жолағынан басталатын тактілер санына байланысты немесе кез-келген бір тактінің ішінде болса, егер желілік стандартта таратылатын ақпаратта қолданылатын ұзақтығы рефлектометрлік импульс ұзақтығынан айырмашылығы болса) бұрмалану немесе шағылғанда жоғалу болады, сол себепті мекен-жайда қолданылмайды. Осындай жағдайда ұсынылған статистикалық мультиплексірілеу желісінің тораптарын қосымша адрестеуге ұсынылған тәсіл бұл «адрестік» импульсінің нысанын алу үшін ақпараттық параметрлерін, атап айтқанда $P(t)$ иілетін оптикалық қуат және чирп формасын пайдалану туралы шешім қабылдады.

Импульс $\lambda(t)$. Осыдан кейін, әрбір i -інші желілік түйінге оның мекен-жайын сұрайтын $[P_i(t); \lambda_i(t)]$ векторын өзіне қабылдап алу керек. Берілген мекен-жай жүйесі тұйықталған және осы бағытта қызмет ететін желілік құрылғылар болу керектігін есептей отырып, негізгі желінің жұмысын жақсартуға арналған қызметтік шағын жүйенің пайда болуы туралы айтуға болар еді, ал маңыздысы - сигналдың жоғары деңгейін көрсететін сызықтағы «loop» әсерінен ақауларға төзімділікті қамтамасыз ету.

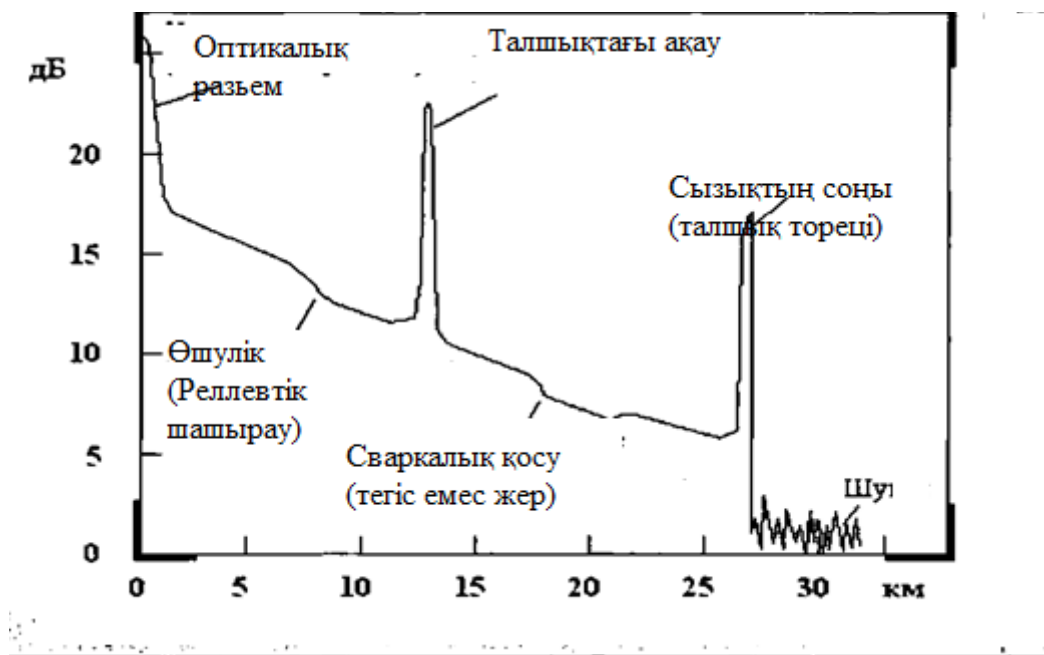
Бірақ, бұл адресация цифрлық сигналды регенерациялаудан кейін талданады, жоғарыда көрсетілгендей оның көмегімен «loop» күйін қалпына келтіру мүмкін емес. Оптикалық рефлектометрдің әрекет ету принципі (OTDR - Optical Time Domain Reflectometer) оптикалық сызықтан қабылданған сигналды зерттеуге негізделген (2.1. сурет). LTE - нің стандартты конфигурациясында оптикалық желіге жіберілетін импульстер генерациялайтын сәулелендіру блогы, қабылданған импульстерді оптоэлектронды түрлендіруді және оларды алдын ала күшейтуді, фото-қабылдау блогы және сигналды өңдеу, нәтижелерді шығаруды жүзеге асыратын базалық модуль (рефлектограммалар, 2.2 сурет). Сондықтан, қазіргі заманғы OTDR типтерінің көпшілігі стандартты интерфейстердің болуын болжайтын модульдік принцип бойынша құрылған. OTDR жұмыс істейтін импульстер келесі параметрлерге ие болуы керек:

- ұзақтығы 0,1 емес ... 20 мкс; аспаптың динамикалық диапазоны және «өлі аймақтың» ені;
- сәуле шығару толқынының ұзындығы - оператордың қалауы бойынша, жарық өткізгіштің мөлдірлік терезелеріне сәйкес, сондай-ақ осы стандарттардан тыс бірқатар телекоммуникациялық жұмыс толқындарынан таңдалуы мүмкін;
- амплитудасы (қуаты), 1...1000 мВт болуы мүмкін, аспаптың динамикалық диапазонын анықтайтын және нәтежиесінде — оптикалық талшықты желінің ұзындығын "өлшеуге болады»;
- импульстердің қайталану жиілігі — оператормен кең шектерде

(жүздеген герц — ондық мегагерц) орнатылуы мүмкін; қабылданған сигналдың орташалану ұзақтығы - параметрлердің бірі ретінде, рефлектограмманың шу деңгейі және аспаптың динамикалық диапазонына байланысты. Кей жағдайларда күрделі бейнені алу қажеттілігінің жоқтығына байланысты OTDR-да тікбұрышты формадағы жалғыз импульстер (меандр) пайдаланылады. Дегенмен, бірқатар жағдайларда қабылданған импульстің пішімі бастапқы түрінен айырмашылығы бар болуы мүмкін:



Сурет 2.1 - OTDR жұмыс істеу принципі



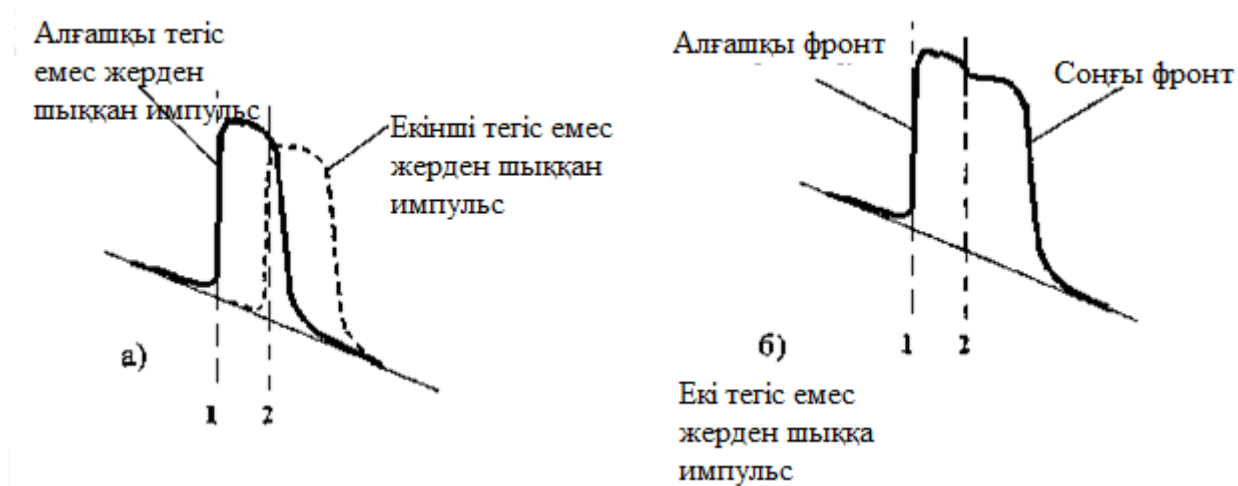
Сурет 2.2 - Типтік рефлектограмма мысалы

1. Оптикалық талшықты тарату желісі, ең алдымен, көп сәулелі интерференция, ал ұзын сегменттер жағдайында - дисперсия және сызықты

емес оптикалық эффекттер.

2. Зерттеу, оптикалық талшықты тарату желісі ерекшелігіне байланысты, атап айтқанда, жарық өткізгіштің импульс ұзындығы $L = c/nr \cdot T$ формуласына сәйкес келеді (c - вакуумдағы жарық жылдамдығы; n - OTDR толқынының жұмыс ұзындығы үшін сыну топтық көрсеткіші; T - импульстің ұзақтығы), 2.3 суретті қараңыз.

3. Фотоқабылдағыштың динамикалық диапазонының шектеулігіне, сондай-ақ қабылдау блогының электрондық схемасын өткізудің соңғы жолағына байланысты [7].



Сурет 2.3 – Рефлектометриялық импульстің пішінін бұрмалау мысалы

Берілген тапсырмада корреляциялық рефлектометрлерді сигналдың өңдеу күрделілігіне, түйін мекенжайын кодтау кезінде қосымша туындайтын мәселелерге байланысты, қолданбау шешілді (тест қорабында, осы міндетке қатысты).

Сонымен, қарастырылып отырған есептегі мекенжайлы импульстің нысаны қандай болуы керек?

Бір қарағанда, талшықты-оптикалық тарату желісі бойынша берілген импульсті беру кезінде форманың ең аз бұрмалануы туралы логикалық-техникалық талаптан шыға отырып, белгілі түрлері бар (косеканстық, Гаусс, супергаусстық импульс және т.б.) оптикалық квазисолитон режимдерін пайдалануға жүгінуге болады. Егер талшықты-оптикалық тарату желісі жақын орналасқан біртекті емес шағылыстырмайтын, сондай-ақ қолданылатын фотоқабылдау блогы сигналды бұрмаламайды деп болжаса да, мұндай импульстерді пайдалану тапсырманы шешуге мүмкін емес. Талдау көрсетілген режимдерді орындау және нәтижелер алу мынадай белгіленген жағдайларда жүргізілгенін көрсетеді:

1. өзара әрекеттестіктен кейін өз нысанын сақтау;
2. регенерациясыз тарату, талшықты-оптикалық жүйелер үшін уақытша аймақта импульсті кеңейтуді азайту.

Бұл тапсырмада ұсынылған шарттар өзекті емес, өйткені, біріншіден, желіде бірнеше сәлемдемелер пайда болған кезде сандық жүйеде бір мезгілде коллизия жарияланады және таратуды қайталау, келесі кездейсоқ уақыт сәтінде басталады (статистикалық мультиплексирленуі бар желілердің қасиеттері). Екіншіден, жоғарыда айтылғандай, ұзындық тракт бойынша импульстің ұзақ таралу міндеті жоқ, өйткені аз ұзындық сегменттерімен абоненттік қатынау желілері қарастырылады. Бұдан басқа, мұндай есептерде сәйкессіздіктің сандық шараларын әзірлеумен бастапқы қисықпен оны кейіннен салыстыру үшін өрмелейтін нысанды сақтауда міндетті түрде байланыстыру (басты мақсат) жоқ. Импульстің өзгермейтін ұзындығы маңызды, бірақ қисық пішіні қалай өзгертіледі-маңызды мәнге ие емес. Айтпақшы, белгілі шешімдерге сәйкес, тарату процесінде өршіген форманың мезгіл-мезгіл өзгеруі орын алады, бұл қарастырылып отырған жағдайда теріс фактор болады. Сонымен қатар, белгілі есептерде іс жүзінде қолданыстағы көп сәулелік интерференция ескерілмейді, ол жалпы айтқанда, тармақталған желілік жолдың үлгісі болып табылатын көп сәулелік интерферометрлер жүйесі берілетін импульстің ширпіне әсер ететін сүзгінің қасиеттеріне ие. Сонымен қатар, чирп импульс қуатымен желілі байланысты (атап айтқанда, импульсті сәуле шығаратын жартылай өткізгіш лазердің айдау тогына байланысты). Алайда, белгілі жұмыстар, мысалы, осы болжамның жеке қолданылуы ғана көрсетілген. Жалпы жағдайда жартылай өткізгіш көзінің нақты қасиеттерін ескеру қажет.

Осылайша, келесі жағдайларда оптикалық импульстің өшу қуатының түрін табу міндеті тұрады:

1. импульстің қуат қуатына шектеу бар (мысалы, 0 дБм-ден аспау керек);
2. импульстің ұзақтығына шектеу болуы (беру жүйесінде берілген уақыт аралығынан артық емес, бос өрістердің ұзақтығына тең);
3. тәуелділігін сипаттайтын іске асырылуының сипаттамасы;
4. физикалық проблемалардың өзара әрекет етуші институты тарапынан көп сәулелік интерференция сияқты бұрмалаушы фактордың болуы;
5. желі тораптарының санына байланысты жанасатын нысандардың сенімді бөлінуін (бір бірінен ажыратылуын) қамтамасыз ету.

Соңғы тармақта, егер байланыс жүйесінде қабылданған кедергіге төзімді қабылдау белгісі орындалса, оқу қателігінің ықтималдығы берілген шамадан аспайтын болса, бөлу сенімді деп санауға болады. Осылайша, атаулы импульс нысанына қойылатын техникалық талаптарды талдау желінің жұмыс қабілеттілігін жақсартатын техникалық қызмет көрсетудің қосымша қызметтік кіші жүйесін құрудың принципті мүмкіндігінің болуын көрсетеді.

Дегенмен, аз өшетін импульстерді беруге негізделген белгілі тәсілдер бірқатар факторларды есепке алудың болмауына байланысты амплитудалық-импульстік-модуляцияланған жүйелерді құру міндетінде жеткіліксіз тиімді болып отыр. Атап айтқанда, көп сәулелі интерференцияның әсеріне байланысты мәселелер іс жүзінде пысықталмаған.

2.2 Оптоталшықты трактінің бұрмалаушы факторларының әсерінен болатын импульсты бақылау

Оптикалық талшықты жолдардағы дисперсиондық, интерференциондық және сызықты емес оптикалық әсерлерге байланысты мекенжай импульс формасының бұрмалау деңгейін математикалық моделдеуді жүргіземіз, бұл желінің берілген сегменті үшін мекенжай импульс формасын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Z бағыты бойындағы оптикалық-талшықты желінің сыну көрсеткіші мынадай түрде ұсынылуы мүмкін:

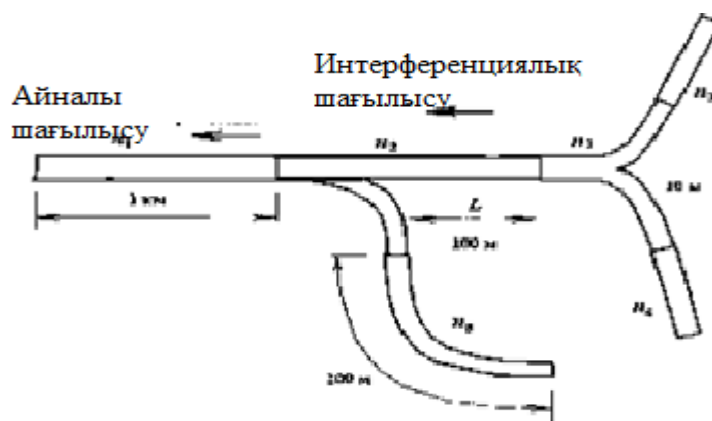
$$n(w, z, l) = \bar{n}(w) + n_{\text{ИФП}}(z) \quad (2.1)$$

мұндағы $n(W)$ - сигнал чипіне байланысты оптикалық талшықты желінің сыну көрсеткішінің орташа мәні so_0 үшін, толқынның жұмыс ұзындығына сәйкес $\lambda_0 = 1550$ нм, $\bar{n}(w_0) \cong 1,48$ SF типті жарық өткізгіштер үшін [4, 10];

$n_{\text{ИФП}}(z)$ - әр түрлі параметрлерге, тармақтарға, басқару құрауыштарын қосумен (басқару құрауыштарының параметрлерін қоса алғанда), ақаулар мен т.б. байланысқан сыну коэффициентінің флукуациясын анықтайтын функция (оптоталшықтың ұзындығын бойлай), ақаулар мен т. б., 2.4 сурет.

$n_{\text{ИФП}}(z)$ функциясы оптикалық талшықты желінің параметрлерін талдау негізінде немесе бірінші және екінші ретті хроматикалық дисперсия параметрлерін өлшеу нәтижелерін пайдалана отырып есептеу (қайта есептеу) арқылы алынуы мүмкін. Егер $n(z)$ тәуелділігінің айқын шыңдары (сыну көрсеткішінің өзгеруі) болса, онда көрініс пайда болады және көп сәулелік интерференция (немесе Фабри-Перо интерференциясы) пайда болады. Сәуле шығару мүлдем когерентті емес болғандықтан, көп сәулелік интерференцияның сигналға әсер ету дәрежесі I сегментінің ұзындығымен анықталады. Яғни, $\Delta\lambda$ өсірілген жағдайда интерференциялайтын сәулелер фазаларының шабуылының өзгеруі :

$$|\Delta\delta| = 4\pi nL/\lambda_0^2 \cdot \Delta\lambda \quad (2.2)$$



Сурет 2.4 - Сыну коэффициентінің флуктуациясы (оптикалық талшықтың ұзындығын бойынша)

(2.2 бойынша) тиімді шама $\Delta\lambda$, L ұзындығына кері пропорционалды. Егер интерференциялық көріністі айқын көрсету үшін [34]: $\Delta\delta = 3/4 \pi + \pi$ қажет болса, онда

$$\Delta\lambda = \frac{c\delta}{L} \quad (2.3)$$

мұндағы $C\delta$ - константа, π сегментінің сыну коэффициентіне, λ_0 толқынның жұмыс ұзындығының мәніне және $\Delta\lambda$ сәулелер жүрісінің айырмасы өсіміне тәуелді, бірақ шағылысқан сәуленің шамасына немесе (а) Фабри-Перо интерферометрінің айналарының шағылысу коэффициенттеріне тәуелді емес.

2.5 суретте типтік мәндер үшін (2.3) функция кестесі берілген $n = 1,48$ және $\lambda_0 = 1,55$ мкм.



Сурет 2.5 - Сегменттің ұзындығын интерференциялық әсерлерді елемеуге болатын немесе болмайтын облыстар арасында тән «фазалар бөлімі» білдіретін сәулелену желісінің еніне тәуелділік кестесі; $n = 1,48$ және $\lambda_0 = 1,55$ мкм

Есептегенде, сызықты емес және дисперсиялық оптикалық әсерлер көрсетеді әлсіз әсері, өріс световодной жүйесі (2.4 сур) қайталанатын байланысқан сәндермен ұсынылуы мүмкін. Осылайша, амплитудасы бар түзу және шағылысқан толқындар үшін:

$$E \sim (r, w) = F(x, y) * \left[\sum_{k=1}^K A_j^{(k)}(zw) * \exp(-j\beta_k z) \sum_{i=1}^k A_b^{(k)}(sw) \exp(-j\beta_k z) \right], \quad (2.4)$$

мұндағы, $F(x, y)$ екі қарама-қарсы толқынның көлденең өзгерістерін сипаттайды, бағыттаушы құрылымның модтық қасиеттерімен байланысты; K - жүйедегі жартылай өткізгіштердің "тиімді" физика институттарының саны; β_k - интерферометр Фабри-Перо толқын саны, $\beta_k = \pi / L_k$; j - жалған бірлік. A_f және Z байланысты баяу өзгереді деп санай отырып, Әдістемеге сәйкес, жиіліктік көріністе байланысты мод амплитуд үшін аламыз:

$$\sum_{k=1}^k \frac{\partial A_f^{(k)}}{\partial z} = \sum_{k=1}^k \left(j(\beta(w) - \beta_k) * A^{(k)} + j\Re * |A_b^{(k)}| - \frac{\alpha}{2} * A_f^{(k)} \right) - \sum_{k=1}^k \frac{\partial A_f^{(k)}}{\partial z} = \sum_{k=1}^k \left(j(\beta(w) - \beta_k) * A^{(k)} + j\Re * |A_b^{(k)}| - \frac{\alpha}{2} * A_f^{(k)} \right) \quad (2.5)$$

мұндағы $\beta(w)$ - келесі сыну коэффициентімен байланысты бағыттталатын мод тарату параметрі:

$$\beta(w) = n(w) * 2\pi / \lambda_0; \quad (2.7)$$

мұндағы β - тура және шағылысқан толқындардың өзара әрекеттесуін анықтайтын байланыс коэффициенті;

α - оптикалық талшықты трактідегі желілік шығындардың коэффициенті, жалпы жағдайда, жарық өткізгіш параметрлерінің айырмашылықтарына, сегменттегі тармақталу мен күшейтудің болуына байланысты z функциясы болып табылады..

Қарсы таратылатын толқындардың байланыс коэффициенті β , [45] сәйкес:

$$\Re = \frac{\pi}{\lambda_0} * \frac{\iint_{-\infty}^{\infty} n_{\text{иПФ 2}}(z) - \langle n_{\text{иПФ 2}}(z) \rangle * |F(x, y)|^2 dx dy}{\iint_{-\infty}^{\infty} |F(x, y)|^2 dx dy} \quad (2.8)$$

тең.

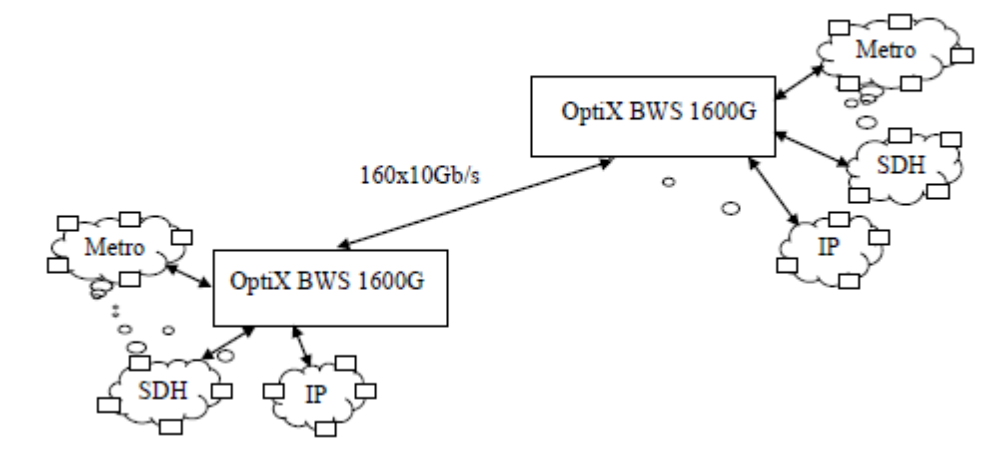
2.3 Оптикалық талшықты трактіде аз дәрежеде бұрмаланатын импульс параметрлерін іздеу міндеті

Шешілетін тапсырманың мәні бойынша бастапқы импульстің чирп қуаттың нысанын және формасын оптикалық-талшықты жол жағынан бұрмалау қосынды қуаттың нысанын аз дәрежеде бұрмалайтындай етіп анықтау қызығушылық тудырады. Басқаша айтқанда, егер берілген импульстің нысаны негізінен кіріс импульсінің нысанына сәйкес келсе, шешім табылған болып саналады, бұл қарастырылып отырған нысанның параметрлерін ақпаратты беру үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

Толқын ұзындығы мен айналмалы жиіліктің белгілі өзара байланысын есепке ала отырып

$C_0(t)$ импульсінің жиілік бастапқы чирпін фазадан уақыт бойынша туынды түрінде алуға болады:

$$C_{\infty}(t) = \frac{\partial \text{Im}(A_f(0,t))}{\partial t} \quad (2.9)$$

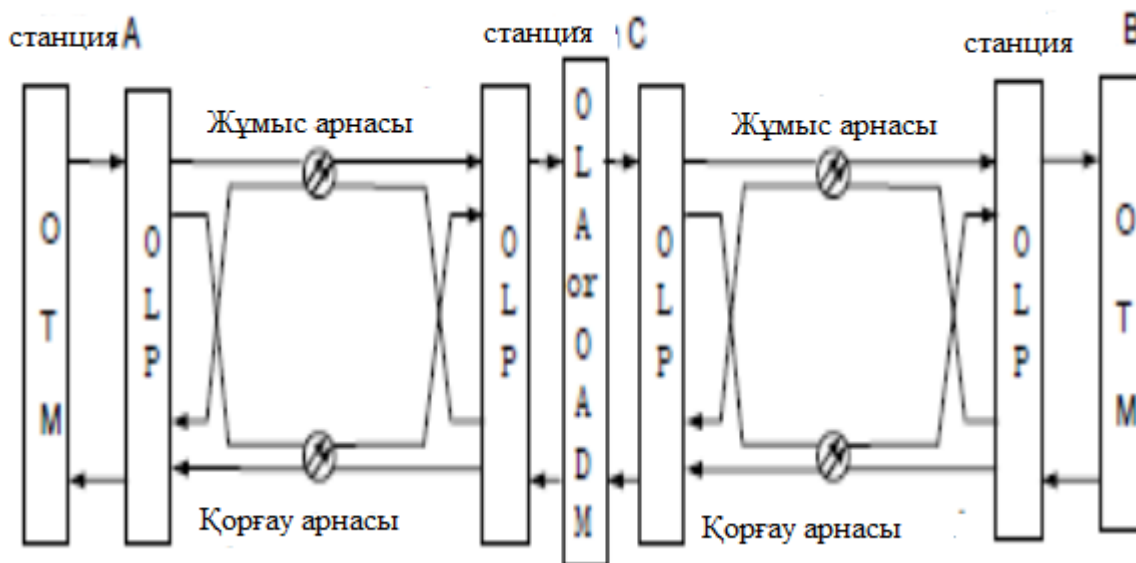


Сурет 2.6 - Тарату желісіндегі OptiX BWS 1600G жүйесі

Оптикалық талшықты жүйенің ИФП-ға қатысты сыртқы сыну көрсеткіші $n_1 = 1,47$ тең. Параметр $\Psi = \pi/2$; $L_{\text{ИФП}} = 100\text{м}$ үшін тең таңдалған.

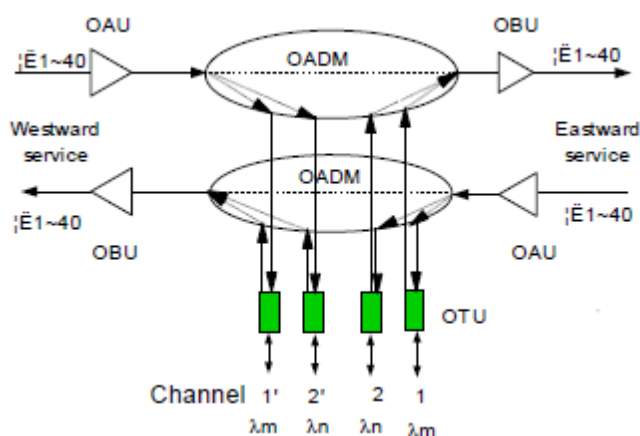
Аналитикалық әдіспен алынған кіріс және берілген импульстер оптоталшықты сегмент параметрлеріне қойылатын жеке талаптар үшін жеткілікті шектеулі техникалық қызығушылық танытады. Жалпы жағдайда теңдеулер (2.6) сызықтың ұзындығы бойынша өзгермелі p коэффициенттері бар, бір емес, бірнеше ИФП элементтері, сондай-ақ сызықтық емес әсерлер мен өшуді сипаттайтын қосынды. Мұндай есептегі (2.5) теңдеу сандық түрде шешілуі мүмкін. Бұл жүйе сегменті үшін Synplify пакетінің кіші бағдарламасы кітапханасына енгізілген соңғы мәнді әдісті қолдана отырып, теңдеулердің

осындай жүйесін шешу. «Телекоммуникациялық жүйелер» ЖШҚ желісі), құрамында 15 тиімді ИФП элементтері бар, жарық өткізгіш қосылыстармен түзілген, күріш түрінің бастапқы импульсі үшін. 2.6, қисық 2, мынаны көрсетті. Оптикалық талшықты жүйеде желілік өшуді есепке алу қуаттың азаюына алып келеді және олардың соңынан елемеуге болады. Сыну көрсеткішінің сызықсыз өзгеруін есепке алу импульс формасының елеулі өзгеруіне әкеледі (сурет. 2.8, қисық 1), соның салдарынан Ар параметрін қарастырылатын тапсырмада пайдаланылатын нысандар әліпбиін әзірлеу кезінде елемеуге болмайды.



Сурет 2.7 - OLP платасымен 1+1 сызықтарын қорғау

Оптикалық талшықты жүйенің ИФП-ға қатысты сыртқы сыну көрсеткіші $n_1 = 1,47$ тең.



Сурет 2.8 - OADM пайдалану есебінен арналарды енгізу/шығару

Барлық тиімді 15 ИФП элементтері.

Сынудың сызықтық көрсеткіші сызық бойымен 1,4684 ... 1,4871 шегінде ауытқиды.

Нысанның көрінетін өзгерістерінің физикалық интерпретациясы келесідей болуы мүмкін. Сигнал спектрінің түрленуі тұрғысынан, зерттелетін әсерлер тасушының негізгі жиілігінің жоғалуына және оның орнына екі жақын бүйірлік құрамдастардың пайда болуына әкеледі, яғни жоғалған тасушы сигнал деп аталады [7]. Бұл, өз кезегінде, импульстің тар жоғарғы бөлігін "жылжытуды" жалғастыратын интерференцияның елеулі әсеріне әкеледі. Алдыңғы жағдайға қатысты импульс фронтының таралуының тежелуі байқалады. Соңғысы көп сәулелі интерференцияның нәтижесі болып табылады. Интерференционды талшықты-оптикалық элемент болып табылатын Брэгг торы ол арқылы таратылатын сигналдың Елеулі кідіруіне және Елеулі дисперсияға әкеп соқтыратыны белгілі. Тербеліс бұрмалау майдандарының кең бөлігінде импульс үлгідегі джиттера (сондай-ақ және әсерінің болмауы сызықтық емес әсерлер) байланысты әрекетімен многолучевой интерференция бірінші және жоғары ретті. Бұл жағдайда интерференциялық картина тәртібі шектелмеген, өйткені сәулеленудің абсолюттік когеренттілігі қарауға қабылданбаған. Сонымен қатар, бұл әдіс - тәсілдемелердің бір-бірімен өзара әрекеттесуін қамтамасыз етеді, бұл әдіс-тәсілдемелердің бір-бірімен өзара әрекеттесуін қамтамасыз етеді, бұл әдіс-тәсілдемелердің бір-бірімен өзара әрекеттесуін қамтамасыз етеді.

Импульстің ағатын қуатының формасына байланысты ақпаратты беру тұрғысынан импульстің тар бөлігінің жағдайы импульстің бастапқы / соңғы сәтіне қатысты өзгеріссіз қалады. Үлкен дәрежеде импульстің кең бөлігінің фронттарының тіктігі өзгереді. Осыған ұқсас есептеу әдістемесін қолдану негізінде симметриялы емес орналасқан ұшымен импульстің бұрмалануын анықтау мынаны көрсетті. Ұсынылған бұрмалауларға қосымша майдандардың ауысуы болады, ол әсіресе тар бөлік үшін байқалады. Алдыңғы фронт неғұрлым тік, артқы — неғұрлым қысқа болады, импульс соққы толқынына ұқсайды. Ұсынылған нәтиже ұқсас бұрмалаушы факторларды есепке ала отырып, танымал импульстерге сәйкес келеді.

2.4 Оптикалық талшықты жолдардағы қоздырғыш факторлардың әсерімен адрестік импульс формасының орнықтылығын талдау

Алынған аналитикалық шешімнің орнықтылығын зерттеу мәселесі түпкілікті түр өте маңызды болып табылады және әсіресе ақпарат тасымалдаушы ретінде пайдаланылатын импульс нысанының маңыздылығын ескере отырып, жеке қарауды талап етеді. Белгілі тапсырмада [4] стационарлық шешім келесі түрге ие:

$$u(x, z) = u_0 \cdot \exp(pz + jqz), \quad (2.10)$$

мұндағы u_0 — тұрақты, ал p және q келесі қатынасқа тең:

$p = -\frac{q^2}{2} + \text{sign}(n_2) \cdot u_0$, $\text{sign}(n_2) = \pm 1$ $N(2)$ сыну кировтік коэффициентінің белгісіне байланысты. Таяу ИК-диапазондағы кварц талшықтары үшін $n^{(2)} > 0$.

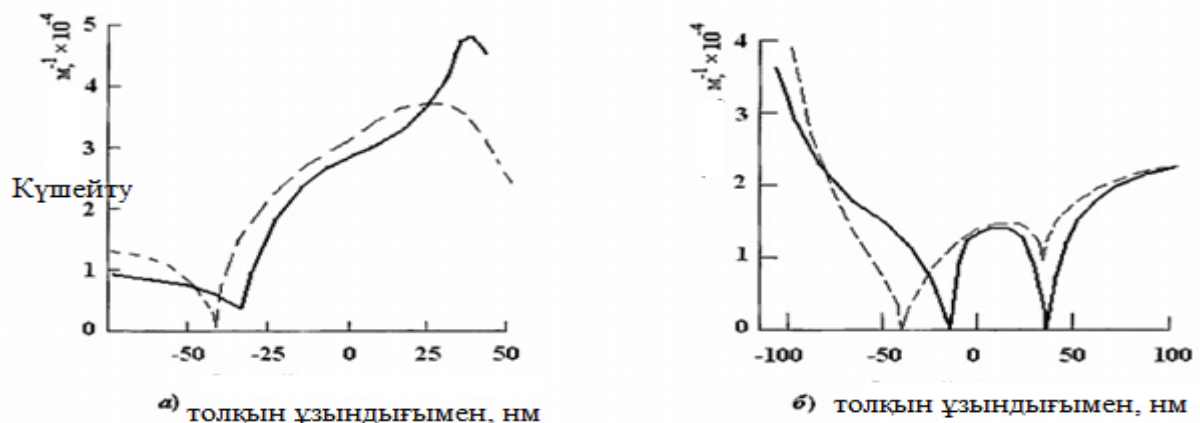
Орнықтылықты сызықтық талдауға сәйкес шешімге (2.15) аз ұйытқулар хабарлау қажет:

$$u(x, z) = (u_0 + u_1 + ju_2) \cdot \exp(pz + jqz), \quad (2.11)$$

мұндағы M_1 и M_2 - аз ұйытқулар.

(2.11) қ және u_2 бойынша классикалық есептің теңдеуі қойылғаннан кейін, ауытқуларға қатысты теңдеулерді алады және олардың қасиеттерін зерттейді. Физикалық тұрғыдан, талшықты оптикалық күшейткіштердің шуы, жарық өткізгіштердегі дисперсиялық әсерлері, сәуленің соңғы когеренттілігі, әсіресе біз қарайтын жағдайда - ИФП туындатқан интерференциялық суреттің жартылай шайылуы, фазаның сызықсыз толтырылуы, яғни импульс чирпының сызықсыз өзгеруімен, сондай-ақ гармоникалар генерациясымен және шашыраудың сызықсыз түрлерімен шартталған.

Егер алынған нәтижелерді белгілі болғанмен салыстырсақ, топтық жылдамдық қалыпты дисперсиясы аймағында импульстің сызықты емес ортада таралуы кезінде тұрақсыз жағдай көп сәулелі интерференция әсерінен туындаған қасиет болып табылады. Тұрақсыз жағдай тұрақты толқынды фронт бөлінетін импульстер тізбегінің қалыптасуында көрінеді. Бұл импульстер тізбегі міндетті түрде емес, сондықтан мұндай жағдайда оптикалық хаостың пайда болуы туралы айтуға болады.



Сурет 2.9 - Талшықты-оптикалық тарату желісі: аномальды (а) және топтық жылдамдықтың қалыпты (б) дисперсиясы облыстарында. Тұтас қисықтар $\Gamma/R=0,5$ және нүктелі қисықтар $\Gamma / R=2$

2.5 Оптикалық талшықты трактіде ширатылған оптикалық импульстің таралу процесін математикалық моделдеу кезінде қабылданған жорамалдар

Ұсынылған математикалық модельде келесі жорамалдар қабылданды:

1. Оптикалық талшықты-оптикалық тарату желісі сәуле шығару қарқындылығына байланысты емес сыну коэффициентін ұсынудың қолайлылығы.

2. (2.1) ара қатынасы N_0 қарқындылығына байланысты емес, ИФП-құрамдас бөлігі кіретін қосындылардан тұрады. Алайда, қаралып отырған жағдайына желілік сәйкес келеді, дегенмен, түрлендіру толқын ұзындықтары түрін λ_1/λ_2 негізделген әсері өлшемдік генерациялау болуы мүмкін. Бұл тапсырыста абоненттік қатынауды таратудың талшықты-оптикалық сегменттері желілік орталармен санауға болады. Шын мәнінде, кварцты жарық өткізгіш желілік орта болып табылады, дегенмен, ұзына бойлық және көлденең жарық өткізгіштердің қасиеттерін өзгертетін түрлі қоспаларды енгізу N (2) параметріне де әсер ететінін мойындау керек. Дамыған модель жаңа оптикалық талшықты материалдарға, ең алдымен нанокұрылымдық барлық түрлерге қолданылмауы мүмкін, олар үшін ара қатынасы Басқа түрде жазылуы тиіс. Нақты p арақатынасына сәйкес келмеген жағдайда $\Delta\beta$ -ның бағасы басқаша болады. Сонымен қатар, оптикалық талшықтарды тарату үшін талшықты-оптикалық байланыс желісі, атап айтқанда, кабельдік теледидар жүйесі үшін тән емес, демек, шешілетін тапсырмада оптикалық талшық жолының желілік қасиеттері бар деп болжауға болады.

3. Фабри-Перо интерферометрлерінің айналары шығын жасамайды. (2.6) теңдеуге кіретін амплитуда бойынша сызықтық жоғалтулар коэффициенті оптикалық талшық бойлық Релеевтік шығындармен байланысты және тұрақты болып табылады. Сонымен қатар, оптикалық талшықты құрылғыларда, сонымен қатар интерференциялық қасиеттерге ие, муфталарда, коннекторларда, және де, әрине, секірмелі түрде өзгеріске ұшырайды. Мұндай теңдеуді қоюда бөліктік-үздіксіз ұзындықтарда әділ болады, ал шешімдер үшін сплайн операциясы орындалуы тиіс. Бірақ, сызықтық жоғалтулар толқын фазасына әсер етпейді, ал амплитудаға баяу өзгертін параметр түрінде әсер етеді, демек, ұсынылған құбылыстар интерференция және сызықсыз әсерлердің әсерімен салыстырғанда айтарлықтай аз болады. Дегенмен, зерттеулерге сәйкес, жағдайдың ең "нашар" ағуы кезінде әдістің қателігі 10% - дан аспайды, демек, техникалық есептеулер мен бағалаулар кезінде рұқсат етілген деп танылуы мүмкін [3].

4. Интерферометрлердің айналары Фабри-Перо шексіз жұқа немесе сол сияқты - g шағылысу коэффициенті z функциясы болып табылмайды. Болжамға жол берілмегенде, g сызудың интегралды коэффициентін пайдалану қажет немесе оның орташа статистикалық мәнін пайдалану қажет.

Бұл модель тек қана нүктеден емес, кеңістік аймағынан, атап айтқанда, бұл кристаллитті және нанокұрылымды материалдарға тән болуы мүмкін - домендер беттерінің көрінісі. Мұндай жағдайда мод R байланыс коэффициентін (2.8) қарағанда басқаша анықтау керек, ең болмағанда - оны кейбір тиімді шамалар ретінде есептеу керек. Дегенмен, шешілетін тапсырмада болжауды рұқсат етілген деп есептеу керек, өйткені. ИФП айналарының "қалыңдығы" абоненттік қатынау желісі сегменттерінің ұзындығынан, мысалы, кабельдік теледидар желісінің ұзындығынан аз (10000 еседен астам).

5. $Af(0, t)$ кіріс импульсінің бастапқы формасы тегіс интегралданған функция болып табылады.

$Af(0, w)$ интегралының жинақталуын қамтамасыз ететін бұл болжам түпкі қуатына байланысты, сондай-ақ талшықты-оптикалық тарату желісінде туындайтын сызықтық емес оптикалық әсерлердің аздығы туралы талаптарға байланысты. Мысалы, кіріс қуаттары едәуір болғанда, Мандельштам-Бриллюэн мен Раманов мәжбүрлі шашырауы сияқты шашыраудың сызықсыз түрлері пайда болады, бұл кезде барлық кіріс жарық шоғырының кері елеулі көрінісі болады және сигнал беру процесі тоқтатылады.

Осылайша, қабылданған жорамалдарды талдау ұсынылып отырған жаңа математикалық модель дұрыс екенін көрсетеді.

Талшықты-оптикалық байланыс жүйесінің ақпараттық сыйымдылығын екі жақты беруді пайдалану арқылы арттыру үшін толқынның жалғыз жұмыс ұзындығында көрсетілген сигналдың төмендеуі немесе есебі маңызды рөл атқарады.

Бұл жағдайда, екі жақты таратуды техникалық іске асыру үшін рефлектограмма принципі бойынша көрсетілген сигналды талдайтын түзетуші логикалық схеманы пайдалануға болады. Бұл үшін жүйеде пайдаланылатын ұзақтық пен деңгейді сақтау туралы талап қойылған ескерту өрісінің биттік интервалына берілетін цифрлық сигналдардың әрбір жіберілуіне енгізілетін қосымша импульстерді пайдаланған жөн.

Цифрлық жүйе жұмысының дұрыстығын талдау қосымша (адрестік) импульстің өспелі қуатының нысанын есептеудің дұрыстығына байланысты болғандықтан, мұндай импульстің параметрлерін табу міндеті зерттелді, олар оның ең аз бұрмалануын қамтамасыз етеді.

Дифференциалдық теңдеулер және шешім (жеке жағдайда) түрінде ұсынылған, дисперсиялық, сызықтық емес және интерференциялық оптикалық әсерлердің әсерін ескереді. Ұсынылған математикалық модельді пайдалану оптикалық талшықты трактіде кеңістіктегі берілген бастапқы формадағы оптикалық импульстің жанған қуаты мен чирпінің өзгеруіне баға беруге мүмкіндік береді.

Талшықты-оптикалық тарату жүйесінің бірнеше қасиеттері бар. Сандық әдістерді қолдана отырып практикалық қолданылуы бар жағдайлар үшін қарастырылатын объекттер болады. Онтайлы бастапқы пішін табылды. Дисперсияның және фазалық өздігінен - және кросс-модуляция түріндегі сызықсыз әсерлердің бірлескен әрекеті импульстің ортаңғы тар бөлігінің

кеңеюіне әкеледі, бұл ретте форманың симметриясын сақтай отырып және фронттардың тік бұрышын анықтайды.

Оптикалық талшық бойынша стационарлық шешімдерге ауытқуларды енгізу әдісімен таратылатын импульс формасының тұрақтылығына сызықтық талдау жасалды —. Егер топтық жылдамдықтың жиынтық дисперсиясы қалыпты болса, импульстің таралуын тұрақты деп санауға болады.

Математикалық үлгі құру кезінде қабылданған жорамалдардың дұрыстығына зерттеу жүргізілді.

3 Адрестік импульсті статистикалық қабылдау процесі

Сигналдарды қабылдау процесін модельдеудің белгілі әдістері мен тәсілдерін қысқаша талқылаулар келтірілген. Оптикалық талшықты арналарда әрекет ететін шулар мен бұрмалаулардың кездейсоқ сипаты туралы ақпарат алынды. Қабылданған жорамалдардың дұрыстығы зерттелді.

3.1 Кодтаудың заманауи әдістерін талдау және сигналдарды қабылдаудың математикалық үлгілері

Алдыңғы бөлімде ұсынылған техникалық тапсырма желілік Стандартта пайдаланылатын тәсілге қосымша желілік торап нөмірі (мекенжайы) туралы ақпаратты беру үшін сәйкес келетін кодтау әдісін және одан әрі (қажет болған жағдайда) - модуляция әдісін таңдауды (іздеуді және айқындауды) талап етеді.

Бұл хабарламаны (ақпаратты) кодтық символдардың бірізділігіне түрлендіру, ал модуляция - бұл символдарды арна арқылы беруге жарамды сигналдарға түрлендіру. Байланыс жүйелерінде кодтау әдістері: тиісті міндеттерді шешу кезінде әрқайсысы қолданатын қарапайым, үнемді және бөгеуілге төзімді болып бөлінеді. Атап айтқанда, энергетикалық, жылдам немесе спектрлік.

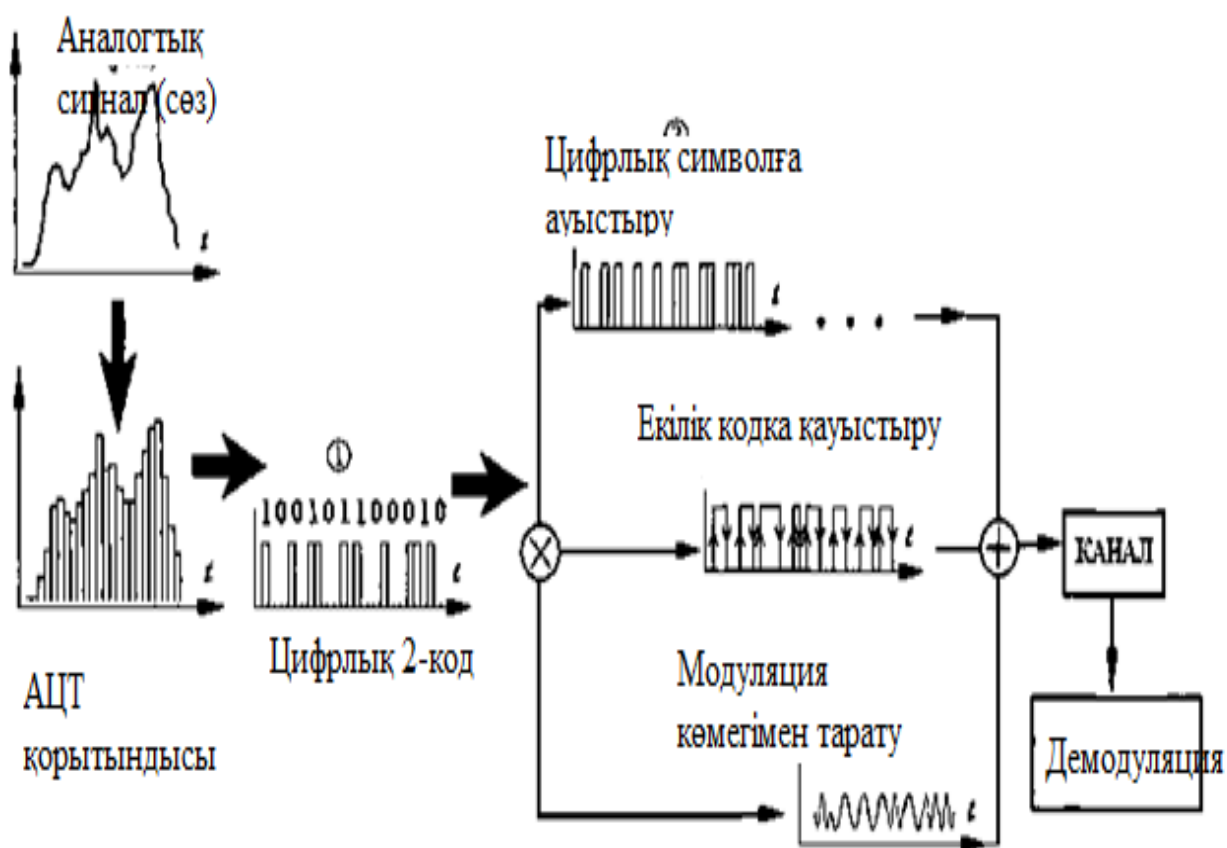
Аталған әдістердің жалпы қасиеті біріншіден, олардың сандық сигналдарға қолданылуы, екіншіден, кодтау процесі нәтижесінде қолданылатын арнаға байланысты екілік, үштік, m -және басқа комбинациялармен ұсынылған цифрлық алфавит символдарының бірізділігін алу болып табылады. Осы есептерде сандық регенераторға дейінгі ақпаратты өңдейтін қызметтік кіші жүйені құру талап етілді, демек, белгілі кодтау әдістері тиімді емес. Қолданыстағы байланыс жүйелерінде аналогтық сигналдарға қатысты кодтау процесі орындалмайды.

Байланыс желісі бойынша аналогтық сигналдарды беру (мысалы, аналогтық арна бойынша [7]) тиісті физикалық орындау арнасының кірісіндегі $P(t)$ қуат деңгейін немесе $U\{t$ кернеуін өзгерту жүргізіледі; немесе цифрлық арнаны қолдану арқылы - аналогтық-цифрлық түрлендіру, кодтау операциясын орындау, әрі қарай код пен т.б. тасымалдаушы модуляциясы және т. б.

Қазіргі уақытта байланыс жүйесінде қолданылатын осы екі тәсілдің белгілі бір араласуы символдық модуляция болып табылады:

- мысалы, CDMA, GPS жүйелерінде, яғни шуға ұқсас сигналдарды немесе арнайы кодтық комбинацияға сәйкес құрылған сигналдарды (мысалы, Уолш, Рида-Соломон және т.б. функцияларына сәйкес) пайдалану орынды болған кезде. Бірақ бұл техникалық жүйелерде негізгі шешілетін міндеттердің бірі жиілік жолағын үнемдеу мақсатында берілетін сигналдардың спектрін

түрлендіру (ығыстыру), аз бөгеуілге қаныққан облысқа кету, МККТ және т. б. стандарттарын орындау болып табылады. Бұл есептерде символ ретінде сандық символдар, атап айтқанда - сандық алфавиттің "әріптері" комбинациясы Уолш, Рида-Соломон және т.б. алгоритмі бойынша ұйымдастырылған. Байланыс жүйесі бойынша беру кезінде сигналдарды түрлендіру үрдістерінің иллюстрациясы берілген. Мұндай символдық модуляцияланған сигналдарды қабылдау жалпы қабылданған ережелер бойынша жүзеге асырылады [7].



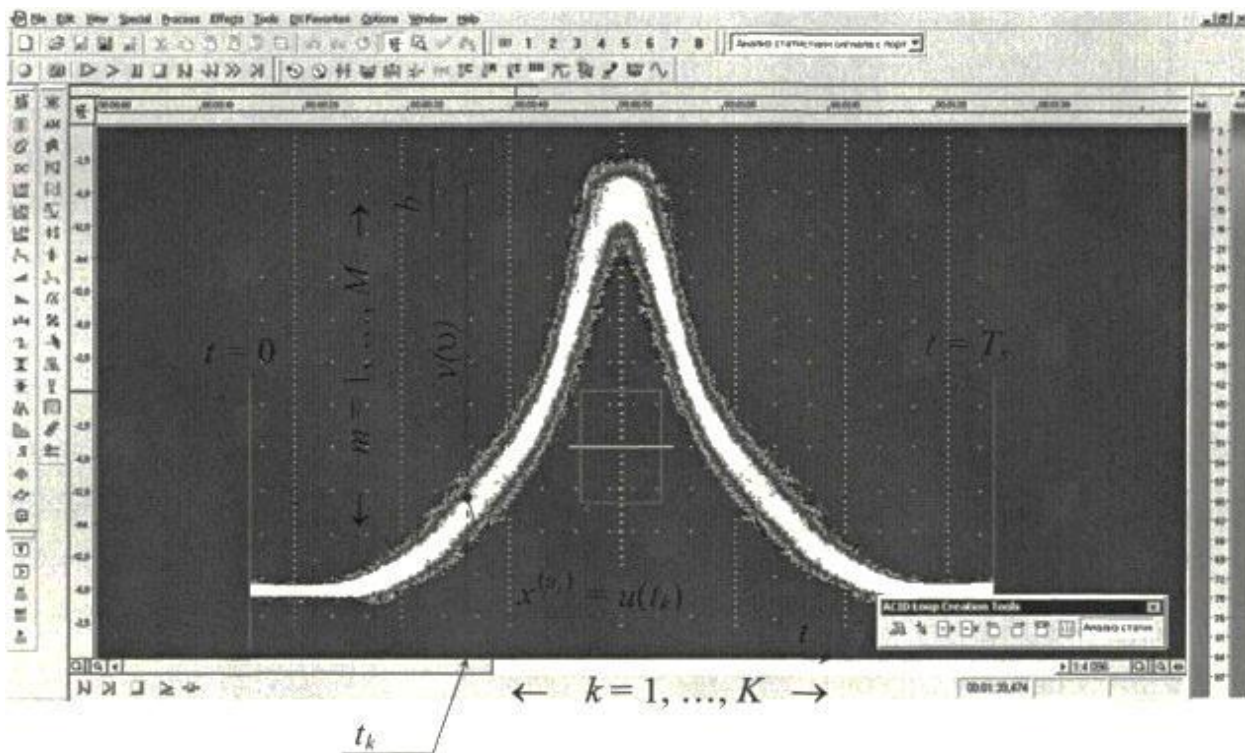
Сурет 3.1 - Байланыс жүйесі бойынша беру кезінде сигналдарды түрлендіру үрдістерінің иллюстрациясы

3.2 Амплитудалық-импульсті-модуляцияланған сигналды қабылдау процесін есептеу

Егер Ethernet желісінің сипаттарына жүгінсек, ақпараттық сигнал беру осы торапқа келе жатқан көптеген сәлемдемелердің жүйелілігімен байланысты.

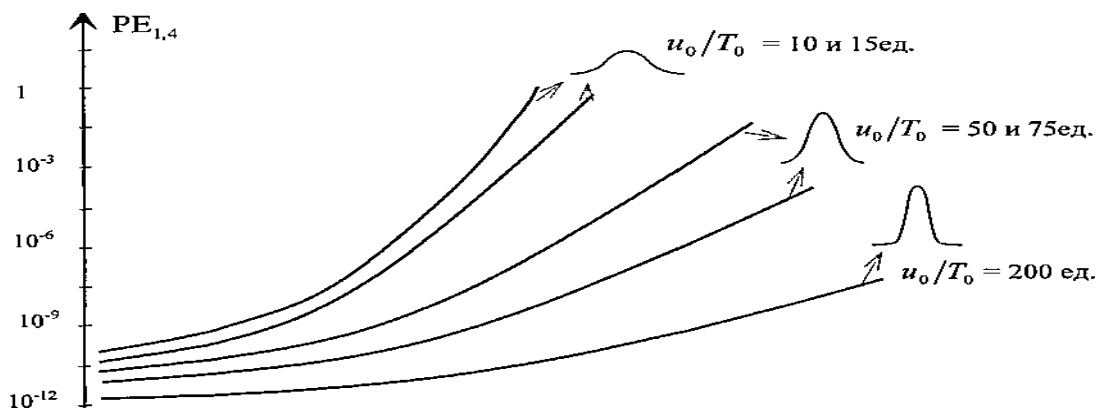
Бірінші тәсілді қарауға тоқталайық. у-түйінде түрдің қабылданған сигналы (3.4), 3.2 сурет.

: $Y_{km} = \{y_{k,m}(\vartheta)\}$, $k = 1, \dots, K$; $t = 1, \dots, M$ параметрі бойынша $y_k(v)$ процестерін бөле отырып, екі өлшемді статистика туралы айтуға болады... Осылайша, k нүктесінде Y_m статистикасы бойынша $u_1(t)$ функциясының $x^{(u)}$ мәнін бағалау есебі қарастырылады. Бағалауды табу үшін $s(x, x)$ шешімді бағалаудың құндық функциясын анықтау қабылданған, ол $\hat{x}(Y)$ шешімді бағалаудың құнын көрсетеді, бұл параметр шын мәнінде x -ға тең.



Сурет 3.2 – Рефлектометриялық импульстерді салу нәтижесі

Бүгінгі таңда қолданылып жүрген тану әдістерінің көптүрлілігіне қарамастан, оларды екі топқа бөлуге болады.



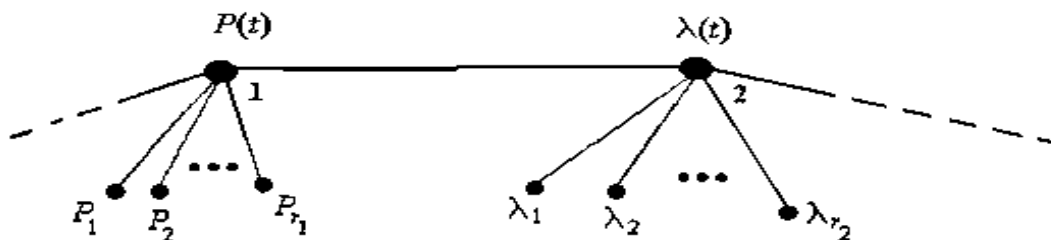
Сурет 3.3 - Нөмір 4-ші торабынан жіберілген жағдайда 1 нөмірлі торапты

қабылдау үшін салынған қате шешімнің ықтималдығы үшін графиктер

3.3 Адрестік импульстер формаларының таңдау әдістемесі

Берілген тапсырманы шешу үшін Хаффман әдісін қолдануға болады [8], оны сандық бірізділікті ұйымдастыруға емес, көздің алфавитіне жауапты, ал функционалды қисықтарды таңдау $P(t)$ және $\lambda(t)$, адрестік импульстің нысанын анықтайтын. Алгоритм кодтау бірге қалаймыз пайдалана отырып, r -ичного ағаштан, онда әрбір торабы болып табылады басталуы үшін r қабырға, және әрбір қабырға өз кезегінде аяқталады торабы. Сөздікті кодтық сөздер бар кейбір (барлық) тораптарды теңдеу арқылы анықтау керек.

Бұл рәсімді тек бір түйін қалғанға дейін жалғастырамыз. Бұл кодтық ағашты анықтайды.

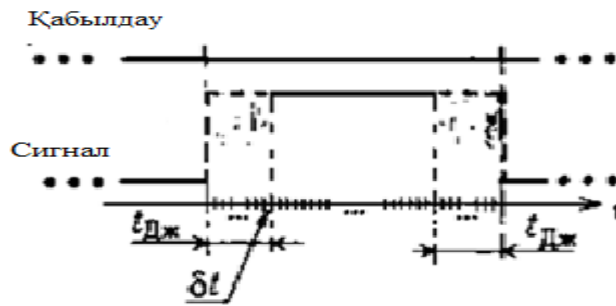


Сурет 3.4 - Шешілетін міндет үшін құрылған "Хаффман ағашының" иллюстрациясы [5]

Кесте 3.1 - Қателік

E	N	M	Есептеу қателігі, дБ
$1 \dots 10^{-6}$	4,6 3	11,4 2	+ 0,04
$10^{-6} \dots 10^{-15}$	4,7 5	11,3	$\pm 0,02$

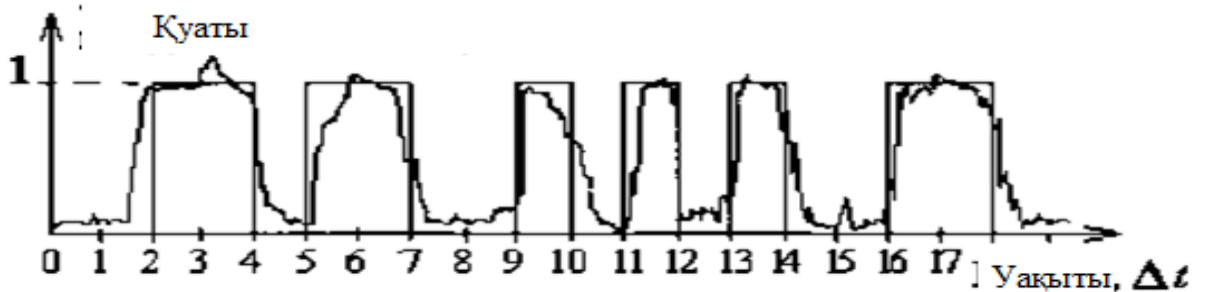
Импульстік сигналдарды модельдеу келесі түрде жүргізілді: джиттер аймағына түсетін 5Т аралықтарында (әрбір шудың белгілі бір мәні әрекет етеді, төменде қараңыз) шудың мәні 10 есе күшейген. Бұл, статистикалық үлгілеудің алдын ала нәтижесі көрсеткендей, нақты байқалатын сигналды шынайы көрсете білді.



Сурет 3.5– Джиттердің көрінісі



Сурет 3.6 – Рұқсат етілген джиттер пішіні



Сурет 3.7 - E1 тарату арнасындағы шу

Жалпы жағдайда сәуле шығару қуаты P , ал одан да көп x жартылай өткізгіш лазердің сәуле шығару толқынының ұзындығы қисаю тоғына тәуелді емес. Бірақ, ток аз диапазонда өзгертіндіктен, лазерді қанықтыру режиміне шығармай, қуат кернеуінің тоғына тәуелділігінің сызықтық жағдайына және толқын ұзындығының тербеліс тоғынан әлсіз квадраттық тәуелділігіне жол беруге болады.

3.4. Оптикалық талшықтық жол параметрлерін есептеу

Оптикалық қуатты өлшеу талшықты оптиканың метрологиялық негізі болып табылады, ал оптикалық қуат өлшеуіштері инженер-электроншылар үшін мультиметр маңызды болса, оптикалық-талшықты жүйелермен байланысты инженерлер үшін өте кең таралған аспап ретінде қарастырылады. Олар құрылыс және орнату үдерісінде де, сонымен қатар ТОТЖ пайдалану үдерісінде де қолданылады, кабельдік желілердің параметрлерін өлшеуді және терминалдық қондырғының жұмыс талдауын қамтамасыз етеді. Тұрақтандырылған сигнал көзімен жұптасып олар оптикалық желінің ең негізгі сапа параметрі – басылуды өлшеуге мүмкіндік береді.

Абсолюттік және салыстырмалы қуатты өлшеу әдістерін ажыратуға болады, олардың біріншісі оптикалық сигналдардың көздері мен қабылдағыштарының сипаттамаларын анықтау үшін, ал екіншісі – қайтымды және келтірілуші шығындардың әлсізденуін, күшеюін, өлшеуге арналған. Бұл уақытта беріліс жүйелерінде абсолюттік қуатты өлшеу, мысалы оптикалық таратқыштың қуаты және оптикалық күшейткіштің сезгіштігін өлшеу қуаттың қорын анықтауға мүмкіндік береді, ал салыстырмалы қуатты өлшеу оптикалық талшықтың шығын мәнін орнатуға мүмкіндік береді, оптикалық күшейткіштің күшею коэффициентін анықтауға мүмкіндік береді және т.с.с.

Оптикалық қуат әдетте электрлік қуатты өлшеу негізінде беріледі, себебі соңғысы ток және кернеу бойынша ғана анықталады. Сондықтан оптикалық қуаттың барлық өлшеулері электрлік қуатты өлшеу құралдарымен тексеріле алады.

Қарастырылатын ӨҚ жіктелулерінде көп жағдайда баламаларын анықтайды:

Оларға қосылған түрлендірудің физикалық принциптері бұл жағдайда аспаптың аталуы кезінде келесі сөздер қосылуы мүмкін: калориметриялық, фотоэлектрлік, пироэлектрлік, пондермоторлық, болометрлік, термоэлектрлік және т.с.с., мысалы орта қуаттағы лазерлік сәулеленудің калориметрлік ӨҚ;

Негізгі құрылымдық белгілері, мысалы, кең саңылаулы, вакуумдық, графитті, жартылай өткізгішті өтпелік, сфералық, дисктік;

Жұмыс режимдері, мысалы, ағындық, терең салқындалатын, аса өткізгішті, изотермиялық (мысалы, терең салқындалатын жартылай өткізгішті болометрлік аспап);

Есептік құрылғының түрі, мысалы, сандық, тіркеуші, өздігінен жазушы, нұсқарлы аспап.

Оптикалық қуатты өлшеудің қолданыстағы құралдары екі түрлі болады – өлшеуіштік аспаптар және өлшеуіштік түрлендіргіштер. Өлшеуіштік аспаптың құрылымдық сұлбасы (3.8 а-сурет) қабылдағыштық (бірінші реттік) өлшеуіштік түрлендіргіштен 1, өлшеуіштік 2 және есептік немесе тіркеуіштік 3 құрылғылардан тұрады.

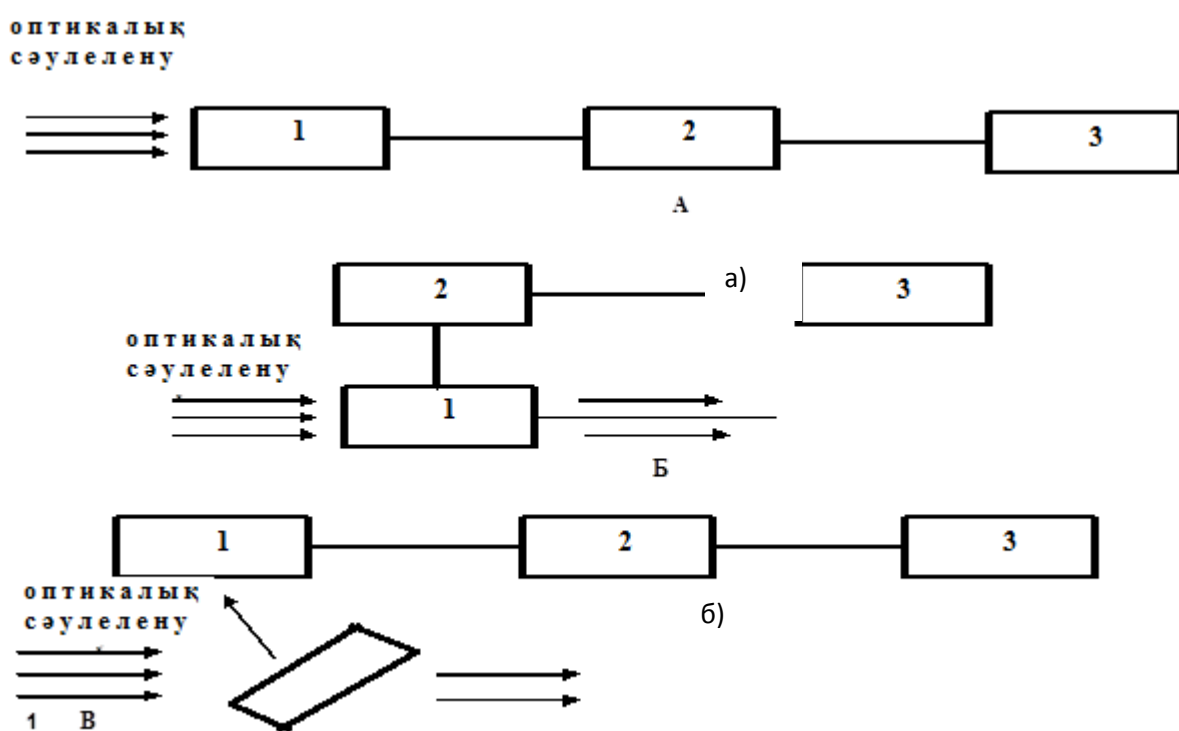
Қабылдағыштың түрлендіргіште лазерлік сәулелену энергиясы не жылулық энергияға, не механикалық энергияға, немесе ары қарай өлшеу мен түрленуге қолжетімді болатын электрлік сигналға түрленеді. Көп жағдайда, келесі түрдегі қабылдағыштық түрлендіргіштер қолданылады:

жылулық (калориметрлік, термоэлектрлік, балометрлік, пневматикалық және т.с.с.);

фотоэлектрлік – сыртқы фотоэффектті фототүрлендіргіштер (фотоэлементтер, ФЭК), ішкі фотоэффекті фототүрлендіргіштер (фотодиодтар, фотокедергілер);

пирозлектрлік;

пондермоторлық түрлендіргіштер.



1 – қабылдағыш (алғашқы) өлшеуіштік түрлендіргіш; 2 – өлшеуіш құрылғы;

3 – есептік немесе тіркеуші құрылғы.

Сурет 3.8 - Оптикалық қуатты өлшеуіштердің құрылымдық сұлбалары

Қабылдағыштық түрлендіргіштердің жұтушы және өткізгіштік типтегі екі түрін ажыратады. Олардың айырмасы ретінде жұтушы типтегі түрлендіргіштерде кіріске келіп түсетін лазерлік сәулеленудің энергиясы толықтай жұтылады және сол жерде тарайды. Өткізгіштік типтегі түрлендіргіштерде кіріске келіп түсетін энергияның тек жартысы ғана ериді. Сәулелену энергиясы ережеге сәйкес, өте үлкен емес, ал сәулеленудің үлкен бөлігі (3.8.б-сурет) түрлендіргіш арқылы ғана өтеді. Жұтылу түріндегі

қабылдағыштық түрлендіргіштер О тармақтағышымен бірге өтпелі типтегі түрлендіргіш ретінде қолдануға болады (3.1.в-сурет).

Өлшеуіштік құрылғы барлық түрлендіргіштік элементтерді және өлшеуіштік тізбектен тұрады. Олардың тағайындамасы – қабылдағыштық түрлендіргіштің шығыстық сигналын есептік немесе тіркеуіштік құрылғының сигналына түрлендіру. Ол пайдалану шарттарында тұрақты коэффициентке, аз инерттілікке және аз тұрақтылыққа, оның ішінде нөлдік дрейфке ие болуы керек.

Есептік және тіркеуіштік құрылғы өлшенетін шаманың мәнін баламалық немесе сандық түрде есептеу және тіркеу үшін пайдаланылады.

Бірінші реттік түрлендіргіш және кейбір жағдайларда, аралықтық түрлендіргіш өлшеуіштік бастиек деп аталатын жеке блок түрінде көп жағдайда орындалады, ал өлшеуіштік және есептік құрылғы – өлшеуіштік блок түрінде болады. Өлшеуіштік блокқа пайдалану үдерісі кезінде өлшеуіштің өлшембөліктік сипаттамасының тұрақтылығын тексеру үшін, нөлдік дрейфтің түзету тізбегінің, температуралық және электрлік тұрақтылық үшін қосымша құрылғылар қажет болады.

Сұлбалық-техникалық жоспарда оптикалық қуаттың өлшеуіштері логарифмдік күшейткіштер негізінде, дискреттік басқарылатын күшейту коэффициентінің сызықтық күшейткішімен және фотоқабылдағыш тогының импульстер жиілігіне түрленуі негізінде орындалады. Ең қарапайым түрі ретінде, фотодиод логарифмдік күшейткіш арқылы сұйық-кристаллды индикаторға бекітілген баламалық-сандық түрлендіргішке қосылуын айтуға болады. Параметрлері белгілі бір деңгейде температура мен қоректендіру кернеуіне байланысты болатын логарифмдік күшейткішті қабылдау арқылы, осы типтегі аспаптардың дәлдігі мен динамикалық аралығы көп жағдайда, FOT-02 (EXPO), OLP-5 (W&G), 555 (Rifocs) және M712 (Fotec) салыстырмалы түрде аса жоғары емес. Сызықтық күшейтудің дискретті басқарылатын коэффициенті бар қуат өлшеуіштері аса жоғары техникалық сипаттамаларға ие. Оларда өлшенетін сигнал сәйкес келетін күшеюден кейін АСТ және микроконтроллер арқылы индикаторға түседі, оның пайдаланылуы күшейту коэффициентін басқару үшін жоғары токтық өлшеу нәтижелерінің түрлендіруін жүзеге асырады және аспаптардың қызметін айтарлықтай кеңейтеді. Мұндай аспаптарға Алмаз-2 (ЛИОНИР), AQ2150 (Ando), FOT-903 (EXFO), K2401 (Siemens), LP-6000 (GN Nettest) және OLP-18 (W&G) жатады.

Баламалық-жиілікті түрлендіргішті өлшеуіштер сонымен қатар, микроконтроллерлерді өлшенетін сигналды импульстер жиілігіне түрлендіру үшін және басқа да өлшеуіштік және сервистік қызметтер үшін пайдаланады. AM-35000 (GN Nettest сияқты қуат өлшеуіштерінің метрологиялық сипаттамалары екінші топтағы аспаптар сияқты болады. Алайда, қоректендіру кернеуі аспабының көрсеткішіне тәуелділігінен орын алатын қосымша кателіктердің болуы және сыртқы электр магниттік әсерлерге төменгі тұрақтылық – баламалық-жиілікті түрлендіруші аспаптардың негізгі кемшілігі болып табылады.

Осыған байланысты, оптикалық сәулеленудің орта қуаттарының өрістік өлшеулері үшін ең тиімді болып сызықтық күшейткіштің күшею коэффициентімен дискретті өзгеретін өлшеуіштер саналады.

Оптикалық қуат өлшеуіштерінің екі негізгі тобын белгілеуге болады: термофотодиодты қуат өлшеуіштері (TFD), оларда оптикалық сәулеленумен туындаған температураның артуы өлшенеді, және фотодиодты қуат өлшеуіштері, оларда оптикалық сәулелену фотондары байланыстырылған электрондық-саңылаулық жұптарды тудырады.

Қуат өлшеуіштері үшін шектік көрсеткіштер ретінде қарастырылады: орта қуатты өлшейтін, жұмыстық толқын ұзындықтарының аралығы; көрсетілген толқын ұзындығында немесе бір толқын ұзындығында орта қуатты өлшеудің динамикалық аралығы;

қуаттың салыстырмалы деңгейін өлшеудің негізгі қателігі;

берілген қуат деңгейін орнатудың негізгі қателігі.

Қазіргі уақытта МЕМСТ 51060-97 3.3-кестеге сәйкес негізгі техникалық сипаттамаларды құрастыруда.

Бұл параметрлер қалыпты климаттық жағдайда жұмыстық режимнің орнатылуы бойынша қамтамасызданыдырылуы керек, ол 4-тен 30 мин дейін таңдалады, егер жұмыстық режимді орнату уақыты 15 минуттан асатын болса, ол аспаптың үзіліссіз уақытына кәрмеуі керек.

Кесте 3.1 - Оптикалық қуат өлшеуіштерінің негізгі техникалық сипаттамалары

Көрсеткіш атауы	Мәні
Жұмыстық толқын ұзындығы, мкм	0,6 – 1,7
Орташа қуатты өлшеу ауқымы, Вт	$10^{-12} - 10^{-2}$
Негізгі рұқсат етілетін қателіктер шегі, %	
$10^{-10} - 10^{-2}$, Вт аралығы	6 – 8
$10^{-12} - 10^{-3}$, Вт аралығы	8 – 10

3.5 Бірмодалы оптикалық толқын шығысындағы толқын ұзындығын өлшеу

Ережеге сай, бірмодалы талшықтың алыс аймағында қуатты тарату әдетте гаусттық бумамен ұсынылады:

$$P(z) = P_0 e^{-\frac{2r^2}{r_z(z)^2}}, \quad (3.5.1)$$

мұндағы z – талшық бүйірінен сәуле осі бойынша ағымдық мән;

r_z – қуаттың мәні z -тен $1/e^2$ дейінгі қашықтыққа дейін төмендейтін сәуле радиусы;

r – оптикалық остен радиалдық қашықтық.

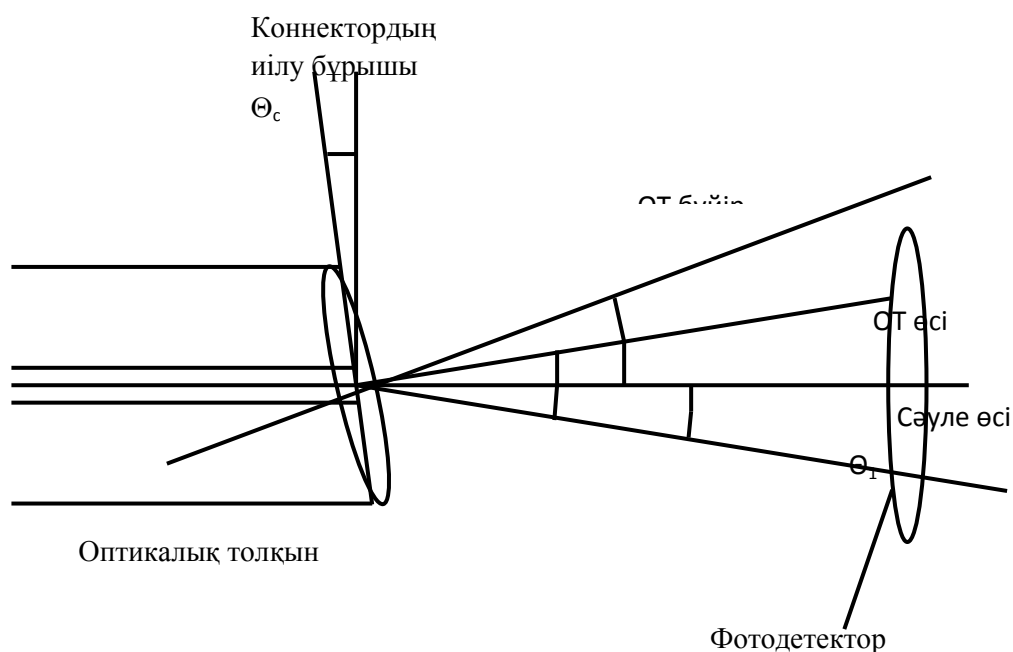
Ережеге сәйкес, гаусстық бума үшін талшықты сандық апертура фотодиод өзінің жалпы қуатының 5% жоғалтатын бұрыш арқылы анықталады. Сондықтан, сәйкесінше фотодиодтың радиусы тең болады.

r_z мәнін z -ке ауыстырамыз, ол оптикалық талшықтың сандық апертурасының фотодиодтан тыс 5%-дық қуат шығынына тең болады.

Гаусстық сәулелену сипаты келесідей болады:

$$w=0.817 \cdot z \cdot NA, \quad (3.5)$$

Осылайша, егер фотодиод радиусы 2,5 мм тең болса, онда талшық шығысы мен фотодиодтың аралығындағы қашықтық 8 мм, ал бір модальды талшықтың сандық апертурасы 0.3 тең, қосылу тиімділігі 96%, ол сол арқылы қуат өлшеуішінің осы конфигурациясы үшін апертураның шектелуін анықтайды.



3.9 Сурет - Коннектордың бүйір беті жазықтығының ортогоналдығының бұзылуы кезіндегі оптикалық қуатты өлшеу

Кәбілде қолданылатын конструктивті параметрлердің оптикалық талшығын анықтайық. ОКК-50-01-4 типті кәбілде шағылу қабықшасының диаметрі = 125 ± 3 мкм және жүрекше диаметрі = 50 ± 3 мкм градиентті оптикалық талшық қолданылады. Сигналдардың таралуы $\lambda=1,3$ мкм толқын ұзындығында жүзеге асады.

Басында сыну коэффициентінің мәнін анықтаймыз n_1 . Ол үшін формуланы қолданамыз:

$$n_1 = \sqrt{\frac{n_2^2}{1 - 2\Delta}} = \sqrt{\frac{1,490^2}{1 - 2 \cdot 0,01}} = 1,505$$

ОКК-50-01-4 типті оптикалық кәбілдегі оптикалық талшықта таралатын модалар санын (6) – формула арқылы анықтаймыз:

$$N_1 = \left(\frac{\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \right)^2 = \left(\frac{3,14 \cdot 25}{1,3} \sqrt{1,505^2 - 1,490^2} \right)^2 = 328$$

Жүрекше диаметрі 0В шегінде модалар саны өзгересін анықтаймыз. Жүрекше диаметрі 50 ± 3 мкм аралығында өзгере алады. Сондықтан модалар санының минималды саны мынаған тең:

$$N_2 = \left(\frac{\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \right)^2 = \left(\frac{3,14 \cdot (25 - 1,5)}{1,3} \sqrt{1,505^2 - 1,490^2} \right)^2 = 290$$

модалар санының максималды саны мынаған тең:

$$N_3 = \left(\frac{\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \right)^2 = \left(\frac{3,14 \cdot (25 + 1,5)}{1,3} \sqrt{1,505^2 - 1,490^2} \right)^2 = 368$$

Сондықтан модалар саны 78-ге өзгереді.

ОКК-50-01 типті оптикалық кәбілдегі қалыпты жиілікті – формула арқылы анықтаймыз (8):

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 25}{1,3} \sqrt{1,510^2 - 1,495^2} = 25,64$$

ОКК-10-01 типті оптикалық кәбілдегі қалыпты жиілікті анықтаймыз:

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5}{1,3} \sqrt{1,510^2 - 1,495^2} = 5,13$$

ОКЛ-01 типті кәбілдегі жүрекшенің диаметрі 0В-ның шекті мәніне өзгергенде қаншалықты критикалық жиіліктің өзгеретінін анықтаймыз. Егер жүрекше диаметрі $8,5 \pm 1$ мкм – де өзгерсе. Критикалық жиіліктің минималды мәні:

$$f_0 = \frac{P_{\text{жм}} \cdot c}{\pi d \sqrt{n_1^2 - n_2^2}} = \frac{3,832 \cdot 3 \cdot 10^8}{3,14 \cdot (8,5 + 1) \cdot 10^{-6} \sqrt{1,505^2 - 1,490^2}} = 1,82 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

Критикалық жиіліктің максималды мәні:

$$f_0 = \frac{P_{\text{жж}} \cdot c}{\pi d \sqrt{n_1^2 - n_2^2}} = \frac{3,832 \cdot 3 \cdot 10^8}{3,14 \cdot (8,5 - 1) \cdot 10^{-6} \sqrt{1,505^2 - 1,490^2}} = 2,30 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

Осыдан критикалық жиілік $0,48 \cdot 10^{14}$ Гц мәнге өзгере алады.

Есепті шығару үшін 2-ші есептегі ОКК-10-01 типті кәбілді есептегендегі конструктивті параметрлерді қолданамыз. ОКК-10-01 типті кәбілде бірмодалы шағылу қабықша диаметрі = 125 мкм, жүрекше диаметрі = 10 мкм оптикалық талшық қолданылады.

$$n_2 = \sqrt{n_1^2 - 2 \cdot n_1^2 \cdot \Delta} = \sqrt{1,504^2 - 2 \cdot 1,504^2 \cdot 0,01} = 1,489$$

E_{01} толқыны үшін критикалық толқын ұзындығының мәнін анықтаймыз:

$$\lambda_0 = \frac{\pi d}{P_{\text{жж}} \cdot n_1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \frac{3,14 \cdot 10}{2,405 \cdot 1,504} \sqrt{1,504^2 - 1,489^2} = 1,84 \text{ мкм}$$

HE_{21} толқыны үшін критикалық толқын ұзындығының мәнін анықтаймыз:

$$\lambda_0 = \frac{\pi d}{P_{\text{жж}} \cdot n_1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \frac{3,14 \cdot 10}{2,445 \cdot 1,504} \sqrt{1,504^2 - 1,489^2} = 1,81 \text{ мкм}$$

Осыдан критикалық толқын ұзындығының мәні 0,03 мәніне өзгеретінің байқаймыз.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бір қарағанда, талшықты-оптикалық тарату желісі бойынша берілген импульсті беру кезінде форманың ең аз бұрмалануы туралы логикалық-техникалық талаптан шыға отырып, белгілі түрлері бар (косеканстық, Гаусс, супергаусстық импульс және т.б.) оптикалық квазисолитон режимдерін пайдалануға жүгінуге болады. Егер талшықты-оптикалық тарату желісі жақын орналасқан біртекті емес шағылыстырмайтын, сондай-ақ қолданылатын фотоқабылдау блогы сигналды бұрмаламайды деп болжаса да, мұндай импульстерді пайдалану тапсырманы шешуге мүмкін емес. Талдау көрсетілген режимдерді орындау және нәтижелер алу мынадай белгіленген жағдайларда жүргізілгенін көрсетеді:

1. Өзара әрекеттестіктен кейін өз нысанын сақтау;
2. Регенерациясыз тарату, талшықты-оптикалық жүйелер үшін уақытша аймақта импульсті кеңейтуді азайту.

Бұл тапсырмада ұсынылған шарттар өзекті емес, өйткені, біріншіден, желіде бірнеше сәлемдемелер пайда болған кезде сандық жүйеде бір мезгілде коллизия жарияланады және таратуды қайталау, келесі кездейсоқ уақыт сәтінде басталады (статистикалық мультиплексирленуі бар желілердің қасиеттері). Екіншіден, жоғарыда айтылғандай, ұзындық тракт бойынша импульстің ұзақ таралу міндеті жоқ, өйткені аз ұзындық сегменттерімен абоненттік қатынау желілері қарастырылады.

Алайда, белгілі жұмыстар, мысалы, осы болжамның жеке қолданылуы ғана көрсетілген. Жалпы жағдайда жартылай өткізгіш көзінің нақты қасиеттерін ескеру қажет.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Баклашов Н.И., Китаева Н.Ж. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды.- М.: Радио и связь, 1989.
- 2 Безопасность жизнедеятельности. Под ред. С.В. Белова.- М.: Высшая школа, 1999.
- 3 Бутусов М.М., Верник С.М., Галкин С.Л. Волоконно-оптические системы передачи. – М.: Радио и связь, 1992.
- 4 Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Методические указания для экономической части выпускной работы для студентов всех форм обучения специальности 5В071900. – Алматы: АИЭС, 2008. – 29 с.
- 5 Гроднев И.И., Мурадян А.Г., Шарафутдинов Р.М. и др. Волоконно-оптические системы передачи и кабели.- М.: Радио и связь, 1993.
- 6 Гроднев И.И., Ларин Ю.Т., Теумин И.И. Оптические кабели. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
- 7 Делита Е.В. и др. Менеджмент предприятий электросвязи.- М.: Радио и связь, 1997.
- 9 Дьяконов В.П. Справочник по алгоритмам и программам на языке Бейсик для персональных ЭВМ.- М.: Наука, 1987.
- 10 Жирар А. Руководство по технологии и тестированию систем WDM. Пер. с англ.- М.: EXFO, 2000.
- 11 Иванов В.Р. Экономика строительства сооружений связи.- М.: Радио и связь, 1989.
- 12 Иванов И.С. Аналоговые и цифровые системы передачи. – М.: Радио и связь, 1987.
- 13 Павлов И. П. Системы WDM: особенности и применение. Журнал «Сети и системы связи», 2007.
- 14 Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В.А. Волоконно-оптические кабели. Современные проблемы волоконно-оптических линий связи. Том 1.-М.: НТЛ, 1999.
15. Основы экономики телекоммуникации.- М.: Радио и связь, 1998.
- 16 Оптические уселители // [Магазин]. 2011.
URL:http://tlct.ru/?folder_id=668800801&mode=folder(дата обращения: 10.05.2016).
- 17 Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. – М.: ЭКО ТРЕНДЗ, 1999.
- 18 Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи.- М.: Радио и связь, 2003.
- 19 Слепов Н.Н. Оптическое мультиплексирование с разделением по длине волны.- Сети телекоммуникации, 1999, № 4, с. 24-31.
- 20 сайт <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/216619> - статья «Спектральное уплотнение каналов» (дата обращения 18.02.2016).

- 19 Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети.- М: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2000.
- 20 Хакимжанов Е.Т. Безопасность жизнедеятельности. Расчет аспирационных систем. Дипломное проектирование. Методические указания для студентов всех форм обучения всех специальностей. Алматы. АИЭС.2002
- 21 Dong L. Novel Add/Drop filters for WDM Optical fider system using assisted mismathed coupler // IEEE Photon/ Techn/Lett/-1996.-Vol.8.-№ 12.-P.1656-1658.
- 22 Шмалько А. В. Цифровые сети связи: Основы планирования и построения. М.. Эко-Трендз. 2001
- 23 Хволес Е. А., Ходатай В. Г., Шмалько А. В. Волоконно-оптические линии связи и проблемы их надежности. ж. ВКСС. Connect. 2000
- 24 Слепов Н. Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. М.. Радио и связь. 2000
- 25 <http://www.teralink.ru/?do=stech2&id=647>
- 26 <http://www.tssonline.ru/keywords.php?keyword=2052&word=DWDM>
- 27 <http://cti.ru/telecommunications/networks/dwdm/>
- 28 <http://si.ibs.ru/content/si/119/1195-article.asp>

Дипломдық жұмысқа
РЕЦЕНЗИЯ

Усербаева Мадина

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Тақырыбы: «Оптикалық желілерде тарату жолдары параметрлерін бақылау әдістерін зерттеу»

Орындалды:

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

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жұмыстың негізгі міндеттері оптикалық желілерде тарату жолдары параметрлерін бақылау әдістерін зерттеу болып табылады. Сымсыз желі құру принциптері мен сипаттамаларын зерттелген. Мүмкін болатын камту аймақтары, байланыс ұзақтығын есептелді.

Кейбір орфографиялық қателер кездеседі.

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 Усербаева Мадина 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Сын - пікір беруші



Б.С.Байкенов

техн. ғыл. канд.,
АУДС ТКС каф. меңгерушісі
2019 ж.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Усербаева Мадина

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Тақырыбы: «Оптикалық желілерде тарату жолдары параметрлерін бақылау әдістерін зерттеу».

Берілген бітіру жұмысында оптикалық байланыс желісін ұйымдастыру мәселесі қарастырылған.

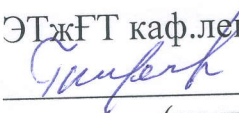
Қолданылатын технология үшін тарату жүйелерінің жабдықтары мен кабель таңдалды және талдау жасалады. OTDR жұмыс принципі, Тіптік рефлектограммасы, Байланыс жүйесінде сигналдардың түрлену процесстері, E1 тарату арнасындағы шуыл, джиттерді есептегендегі кіріс сигналы үлгісі келтірілген.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (95%) деген баға, ал студент Усербаева Мадина 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне дипломдық жұмысын қорғауға жіберуге толық болады.

Ғылыми жетекші

ЭТжҒТ каф.лекторы

 Тирижанова М.Б.

(қолы)

«25» 04 2019 ж.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Усербаева Мадина

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Тақырыбы: «Оптикалық желілерде тарату жолдары параметрлерін бақылау әдістерін зерттеу».

Берілген бітіру жұмысында оптикалық байланыс желісін ұйымдастыру мәселесі қарастырылған.

Қолданылатын технология үшін тарату жүйелерінің жабдықтары мен кабель таңдалды және талдау жасалады. OTDR жұмыс принципі, Типтік рефлектограммасы, Байланыс жүйесінде сигналдардың түрлену процесстері, E1 тарату арнасындағы шуыл, джиттерді есептегендегі кіріс сигналы үлгісі келтірілген.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.


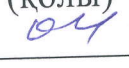
Жалпы, студент Усербаева Мадинаны 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне дипломдық жұмысын алдын-ала қорғауға жіберуге толық болады.

Ғылыми жетекші

ЭТЖЕТ каф.лекторы

 Тирижанова М.Б.

(ҚОЛЫ)

«»  2019 ж.