Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Телекоммуникация және инновациялық технологиялар кафедрасы

ТРАНСПОРТТЫҚ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ЖЕЛІЛЕР

Зертханалық жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулар
6В06201 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар мамандығының студенттеріне арналған

Алматы 2022

ҚҰРАСТЫРУШЫ: Чежимбаева К.С. Транспорттық телекоммуникация желілері. 6В06201 - Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар мамандығының студенттеріне арналған зертханалық жұмыстар жинағы. – Алматы: АЭжБУ, 2021. – 37 б.

Әдістемелік нұсқаулықта Optisystem модельдеу дестесін пайдалану арқылы зертханалық жұмыстарды дайындау және орындау үшін материалдар бар. Әдістемелік нұсқаулар эксперименттердің сипаттамасын береді және эксперименттік деректерді жүргізу және өңдеу әдістемесін, ұсынылатын әдебиеттер тізімін және бақылау сұрақтарын береді.

Әдістемелік нұсқаулар 6В06201 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар білім беру бағдарламасы бойынша оқитын студенттерге арналған онлайн нысан мен барлық нысандарының студенттеріне арналған.

Без. 22, кесте - 7, әдебиет көрсеткіші-7 атау.

Пікір беруші: т.ғ.к., АЭжБУ доценті Мусапирова Г.Д

«Ғұмарбек Дәукеев Атындағы Алматы Энергетика және Байланыс Университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2022 ж. басылым жоспары бойынша басылады.

© «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2022 ж.

Мазмұны

Кіріспе……. 5
1. OPTISYSTEM автоматтандырылған жобалау жүйесінің жалпы сипаттамасы ……. 6
1.1. КЖЖ туралы жалпы мәліметтер……... 6
1.2 КЖЖ интерфейсінің сипаттамасы …….. 7
1.3 OptiSystem КЖЖ ортасындағы жұмыс процесі …….. 9
2. Зертханалық жұмыс № 1. Optiwave жүйесіне кіріспе ……. 14
2.1 Жұмыс мақсаты…….. 14
2.2 Бастапқы деректер ……. 14
2.3Теориялық бөлім …… 15
2.4 Жұмыс тапсырмалары …….. 16
2.5 Өлшеу нәтижелерін өңдеу …… 17
2.6 Зертханалық жұмысқа дайындалуға арналған сұрақтар 17
3 Зертханалық жұмыс №2. Өндіруі шектелген оптикалық талшықты зерттеу …… 17
3.1 Жұмыс мақсаты …….. 17
3.2 Бастапқы деректер ……. 18
3.3 Теориялық бөлім …… 18
3.4 Жұмыс тапсырмалары …….. 18
3.5 Өлшеу нәтижелерін өңдеу …… 19
3.6 Зертханалық жұмысқа дайындалуға арналған сұрақтар ……... 19
4 Зертханалық жұмыс №3. Дисперсиялық шектелген оптикалық талшықты зерттеу …… 20
4.1 Жұмыс мақсаты …….. 20
4.2 Бастапқы деректер ……. 20
4.3 Теориялық бөлім …… 20
4.4 Жұмыс тапсырмалары …….. 21
4.5. Өлшеу нәтижелерін өңдеу …… 22
4.6. Зертханалық жұмысқа дайындалуға арналған сұрақтар …… 22
5. Зертханалық жұмыс №4. Талшықты-оптикалық дисперсиялық компенсация ……... 23
5.1 Жұмыс мақсаты …… 23
5.2 Бастапқы деректер ……. 23
5.3Теориялық бөлім ……. 23
5.4 Жұмыс тапсырмалары …… 24
5.5 Өлшеу нәтижелерін өңдеу …… 25
5.6 Зертханалық жұмысқа дайындалуға арналған сұрақтар …….. 26
6. Зертханалық жұмыс №5 Фотодиодтың PIN коды бойынша оптикалық қабылдағыштың сезімталдығын есептеу……... 26
6.1 Жұмыс мақсаты …… 26
6.2 Бастапқы деректер ……. 26
6.3Теориялық бөлім ……. 27

6.4 Жұмыс тапсырмалары …….. 28
6.5 Өлшеу нәтижелерін өңдеу …… 28
6.6 Зертханалық жұмысқа дайындалуға арналған сұрақтар …….. 29
7. Зертханалық жұмыс №6. Толқын ұзындығын бөлу мультиплексирлеу (WDM)…….. 30
7.1 Жұмыс мақсаты …….. 30
7.2 Бастапқы деректер ……. 30
7.3 Теориялық бөлім …… 31
7.4 Жұмыс тапсырмалары …….. 31
7.5 Өлшеу нәтижелерін өңдеу …… 32
7.6 Зертханалық жұмысқа дайындалуға арналған сұрақтар …….. 32
8. Зертханалық жұмыс №7. Уақытты оптикалық бөлу мультиплексирлеу жүйесі (OTDM) 33
8.1 Жұмыс мақсаты …… 33
8.2 Бастапқы деректер …… 33
8.3 Теориялық бөлім …… 33
8.4 Жұмыс тапсырмалары …….. 34
8.5 Өлшеу нәтижелерін өңдеу …… 35
8.6 Зертханалық жұмысқа дайындалуға арналған сұрақтар …….. 36
Әдебиеттер тізімі…… 37

Кіріспе

Бұл әдістемелік әзірлеме «Транспорттық телекоммуникация желілері» пәні бойынша жеті зертханалық жұмыстан тұрады.

Зертханалық жұмыс барысында Optisystem бағдарламалық өнімі қолданылды[1]. Бұл өнімді меңгеру үшін барлық жұмыстар үшін жалпы модельдеу ұсыныстары бар бөлім бар.

Әрбір зертханалық жұмыс бойынша әдістемелік ұсыныстар келесі бөлімдерден тұрады: жұмыстың мақсаты, теориялық бөлім, жұмыс тәртібі, жұмысты қорғауға дайындалу үшін бақылау сұрақтары.

Әрбір зертханалық жұмысқа дайындық әдістемелік құралда берілген теориялық материалды да, «Транспорттық телекоммуникация желілері» пәні бойынша дәріс курсынан алынған мәліметтерді де, пән бойынша ұсынылатын оқу әдебиетін де зерделеуді қамтиды.

Модельдеу сәйкес кестелерден студенттер таңдаған жеке бастапқы деректер негізінде зерттеу бағдарламасына сәйкес жүзеге асырылады. Бастапқы деректерге сүйене отырып, әрбір студент жеке модельдеу жүргізеді.

Модельдеу нәтижелері: әзірленген модель, сигналдардың амплитудалық спектрінің графиктері, жиілік сипаттамалары, уақыт осциллограммалары және т.б. әр студент есеп түрінде құрастырады.

Алынған нәтижелер бойынша әрбір студент бекітілген талаптарға сәйкес жеке есеп жасайды [2], оның титулдық беті және келесі бөлімдерден тұруы керек:

– жұмыс мақсаты;

– зерттелетін құрылғы немесе жүйе моделінің сипаттамасы, модельдеу нәтижелері;

– теориялық зерттеудің алынған нәтижелерін талдау, зертханалық жұмыстардың қорытындылары.

Зертханалық есептің титулдық бетін жобалау үлгісі АЭжБУ әдістемелік нұсқау стандарттарында көрсетілген.

1. OPTISYSTEM автоматтандырылған жобалау жүйесінің жалпы сипаттамасы

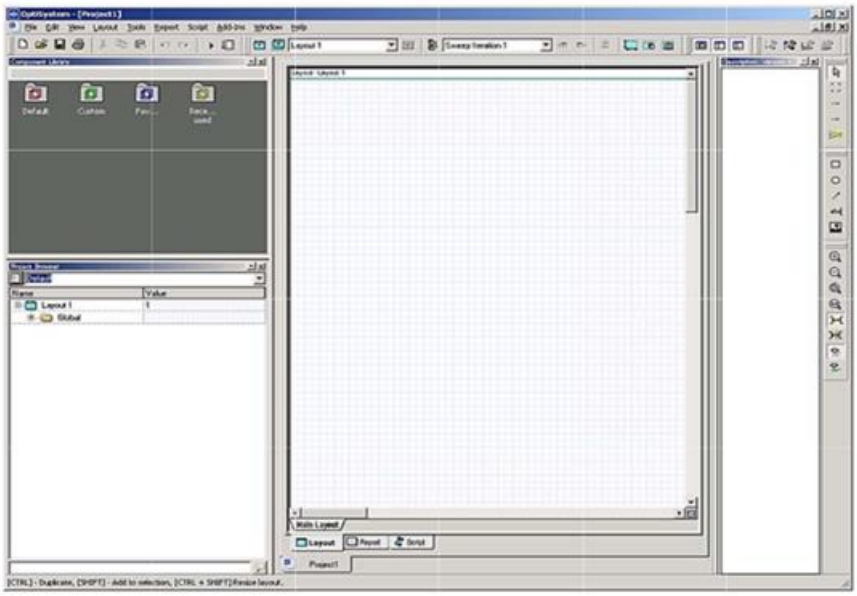
1.1. КЖЖ туралы жалпы мәліметтер

OptiSystem компьютерлік жобалау жүйесі оптикалық желілердің кең ауқымының физикалық деңгейінде әртүрлі типті оптикалық желілерді әзірлеу, тестілеу және виртуалды оңтайландыру мәселелерін шешуге мүмкіндік беретін оптикалық байланыс жүйелерін модельдеуге арналған перспективалы пакет болып табылады. Жетілдірілген графикалық пайдаланушы интерфейсі оптикалық компоненттердің және сілтемелер кестесінің, құрамдас үлгілердің және графиканың орналасуын басқарады. Белсенді және пассивті құрамдастардың үлкен кітапханасы құрамдас сипаттамаларының жүйе өнімділігіне әсерін зерттеу үшін динамикалық түрде өзгеретін нақты, жиілікке тәуелді параметрлерді қамтиды. САПР ғалымдардың, оптикалық телекоммуникация инженерлерінің, студенттердің және басқа да қызығушылық танытқан пайдаланушылардың зерттеу қажеттіліктеріне бағытталған. САПР OptiSystem артықшылықтары:

- жылдам, арзан прототиптеу;
- жасалып жатқан жүйедегі процестер туралы кең түсінік;
- жүйенің сипаттамаларын анықтайтын көптеген деректер параметрлеріне тікелей қол жеткізу;
- автоматты сканерлеу және параметрді оңтайландыру;
- әлеуетті тұтынушыларға оны ұсынудың даму нұсқалары мен сценарийлерінің көрнекі көрінісі.
- OptiSystem қолданбаларды қамтиды:
- физикалық деңгейде компоненттерден жүйелік деңгейге дейін оптикалық байланыс жүйелерін дамыту;
- абоненттік теледидар желілерін дамыту, арналарды уақытпен немесе жиілікті бөлумен мультиплекстік беру;
- пассивті оптикалық желілер;
- кеңістіктік оптикалық жүйелер;
- сақиналы синхронды оптикалық желілерді және синхронды цифрлық иерархиясы бар желілерді дамыту;
- таратқыштарды, арналарды, күшейткіштерді және қабылдағыштарды әзірлеу;
- дисперсиялық карталарды құрастыру;
- қабылдағыштардың әртүрлі үлгілері үшін разрядтық қателік жылдамдығын (BER) және жүйе ақауларын бағалау;
- күшейткіш жүйелердің BER есептеулері.

1.2 КЖЖ интерфейсінің сипаттамасы

Optisystem графикалық пайдаланушы интерфейсінің көрінісі 1.1-суретте көрсетілген..

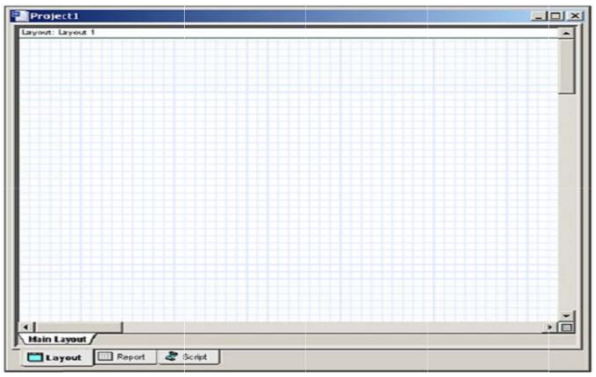


1.1 сурет — OptiSystem графикалық пайдаланушы интерфейсі

Графикалық пайдаланушы интерфейсі келесі негізгі терезелерден тұрады:

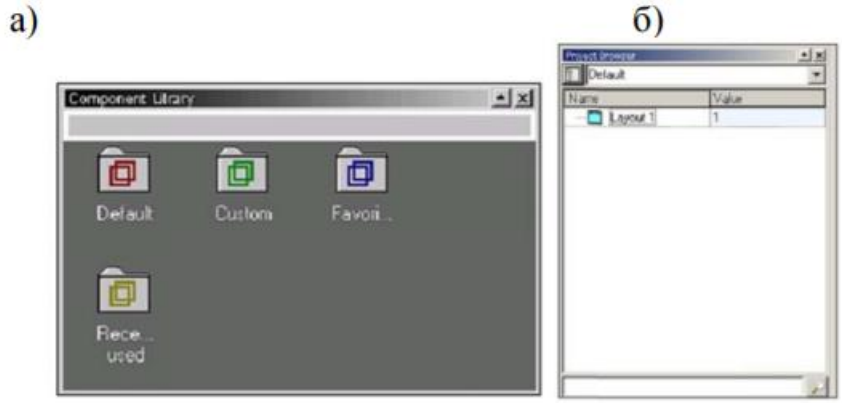
- жоба топологиясы;
- жоба навигаторы;
- компоненттер кітапханасы;
- сипаттама терезесі; ағымдағы күй жолағы.

1.2 - суретте көрсетілген жоба топологиясының терезесі топология компоненттері орналастырылатын, олардың параметрлері өңделетін және олардың арасындағы байланыстар құрылатын негізгі жұмыс кеңістігі болып табылады.



1.2 сурет — Жоба топологиясының терезесі

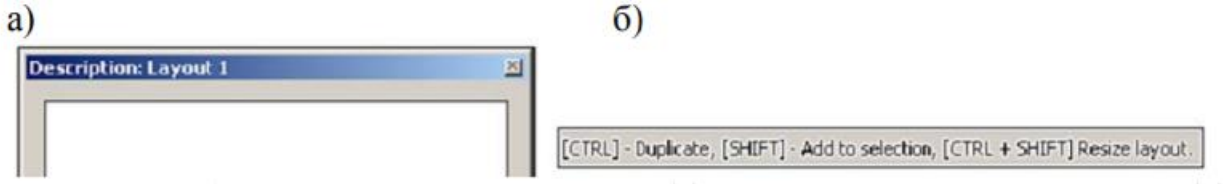
Компоненттер кітапханасы (1.3, а сурет) жүйелер құрылымын құру үшін компоненттерге қол жеткізуді қамтамасыз етеді.



1.3 сурет — Windows құрамдас кітапханасы (а) және жоба браузері (б)

Жоба браузері (1.3, б сурет) жобаны оңтайлы ұйымдастыруға мүмкіндік береді және ағымдағы жобада шарлауды қамтамасыз етеді.

Сипаттама терезесі (1.4, а сурет) ағымдағы жоба туралы толық ақпаратты көрсетеді.



1.4 сурет — Жобаны сипаттау терезесі (а) және ағымдағы күй жолы (б)

Күй жолағында (1.4, б сурет) жобаны есептеу барысы туралы ақпаратты, OptiSystem пайдалану бойынша пайдалы кеңестерді және басқа ақпаратты көрсетеді.

Элемент кітапханасы келесі санаттарды қамтиды:

- визуализация элементтерінің кітапханасы (оптикалық, электрлік);
- таратқыш кітапханасы:

а) оптикалық көздер;

б) с разрядтарының тізбегінің генераторлары; в) импульстік генераторлар;

в) оптикалық модуляторлар;

г) оптикалық таратқыштар;

д) көп режимді көздер;

Жиілікті бөлу мультиплексорлары:

а) енгізу-шығару мультиплексорлары;

б) демультиплексорлар;

в) мультиплексорлар;

г) толқындық торға (AWG) орналастырылған қарғалар;

- оптикалық талшықтар кітапханасы (мультимодты және бірмодалы);
- күшейткіштер кітапханасы (оптикалық, электрлік);
- сүзгі кітапханасы (оптикалық, электрлік);

- пассивті элементтердің кітапханасы (оптикалық, электрлік);
- жол элементтерінің кітапханасы:
а) жиілікті түрлендіргіштер;
б) оптикалық ажыратқыштар;
- қабылдағыш кітапханасы:
а) регенераторлар;
б) фотодетекторлар;
в) оптикалық қабылдағыштар;
г) көпмодалы қосқыштар мен селекторлар;
- сигналдарды өңдеу кітапханасы:
а) арифметикалық амалдар;
б) аспаптар (оптикалық және электрлік);
в) логикалық операциялар;
- құралдар кітапханасы;
бағдарламалық қамтамасыз ету элементтері;
- MATLAB кітапханасы (оптикалық және электрлік компоненттер);
- кабельдік қолжетімділік кітапханасы:
а) тасымалдаушы генераторлар; б) таратқыштар; в) қабылдағыштар;
- кеңістіктік оптикалық жүйелерге арналған элементтер кітапханасы (бос кеңістіктік оптикалық);
- электронды құрылғыларды жобалаудың автоматтандыру кітапханасы.

1.3. OptiSystem КЖЖ ортасындағы жұмыс үрдісі

Тікелей модуляциясы бар лазерлік көз үлгісінің мысалын пайдалана отырып, осы КЖЖ жүйесінің ортасында жұмыс істеу тәртібін қарастырайық.

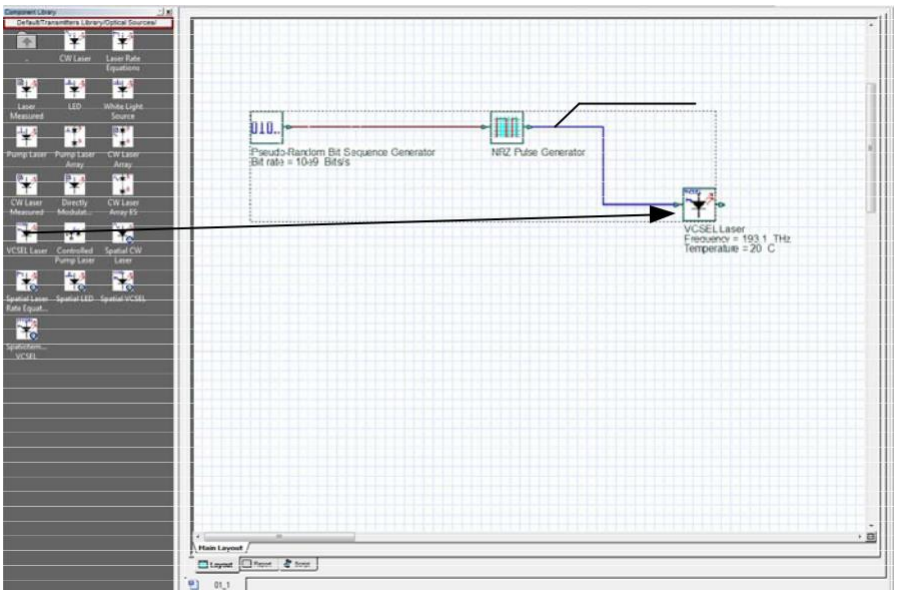
Жасалып жатқан жүйенің негізгі блоктары элементтер кітапханасының терезесінен жоба топологиясының терезесіне тасымалданады: псевдокездейсоқ разрядтық разряд генераторы, импульстік генератор, лазерлік эмитент (мысалы, тік қуысты резонаторы бар беттік сәулелену лазері таңдалады) және т.б. (1.5 сурет).

Диаграммадағы элементтер солдан оңға қарай ретімен орналастырылған. Элементті тасымалдау кезінде бағдарлама порттарды сұлбаның жақын орналасқан сәйкес элементіне қосуды ұсынады.

Барлық элементтерді орналастырып, олардың қосылу ретін тексергеннен кейін, олардың әрқайсысына екі рет шерткеннен кейін сұлбаға енгізілген элементтер орнатылады.

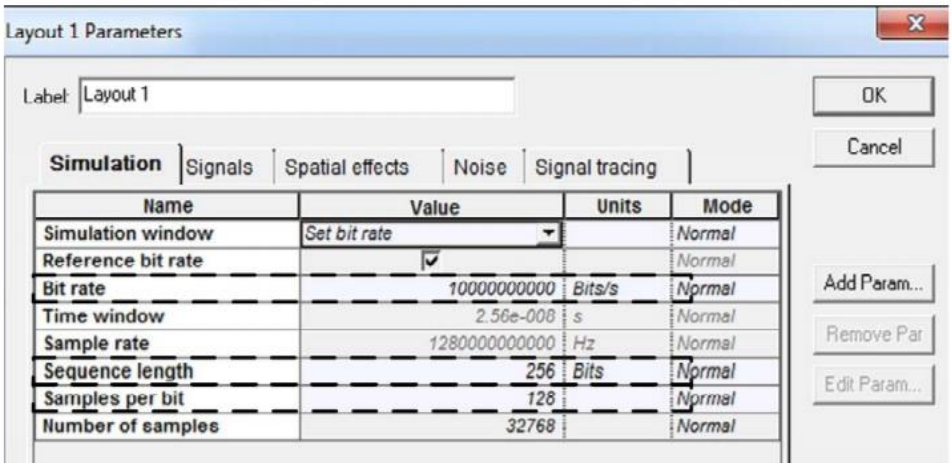
Жалпы, жобаны жүзеге асыру үшін келесі параметрлерді табу керек:
- биттегі мәліметтерді беру жылдамдығы (Bit rate);
- разряд тізбегінің ұзындығы (Sequence length); Бір бит үшін үлгілер

Бұл параметрлер уақыт терезесін, таңдау жылдамдығын және үлгілер санын анықтау үшін пайдаланылады.



1.5 сурет — Әзірленіп жатқан модельдің элементтерін тасымалдау

Жоба параметрлері терезесінде *Bit rate*=10^{10}, *Sequence length* 256 және *Samples per bit* 128 (1.6 сурет) орнатамыз (жоба терезесіндегі бос орынды екі рет басыңыз).



1.6 сурет — Жобаның бастапқы параметрлері терезесі

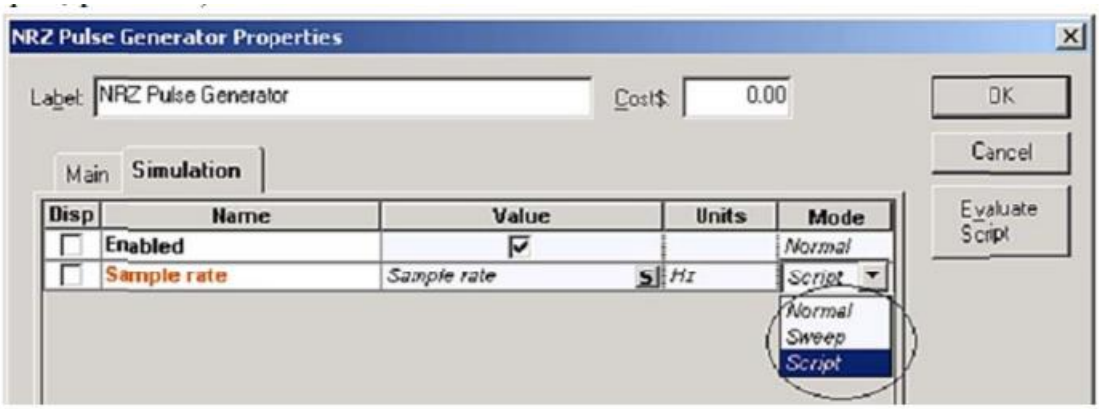
Сонда

$$Time\ window = \frac{Sequence\ length}{Bit\ rate} = \frac{256}{10^{10}} = 25{,}6\ (\text{нс}),$$

$$Namber\ \ of\ samples = Sequence\ \ length \cdot Samles\ \ per\ \ bit = 32768\ (samples),$$

$$Sample\ \ rate = \frac{Number\ of\ samples}{Time\ \ window} = 1{,}28\,\text{ТГц}.$$

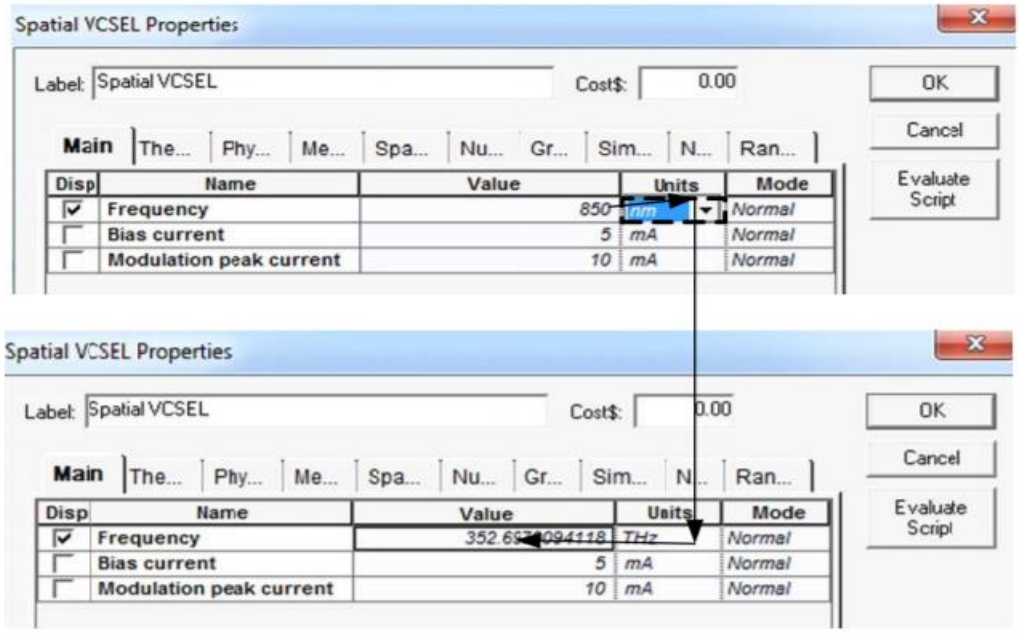
Таңдау жылдамдығы автоматы түрде бағдарламада есептеледі («script»,1.7сурет).



1.7 сурет— Импульстік генераторды орнату терезесі

Бағдарлама әрі қарай барлық құрамдас бөліктер үшін «Time window» параметрін бірдей пайдаланады, бұл ретте «sample rate» және «number of samples» параметрлерін қайта конфигурациялауға болады.

Параметрлерді орнату терезесінде берілген мәннің өлшемі өзгертілгенде, қайта есептеу автоматты түрде орындалады. (1.8 сурет).



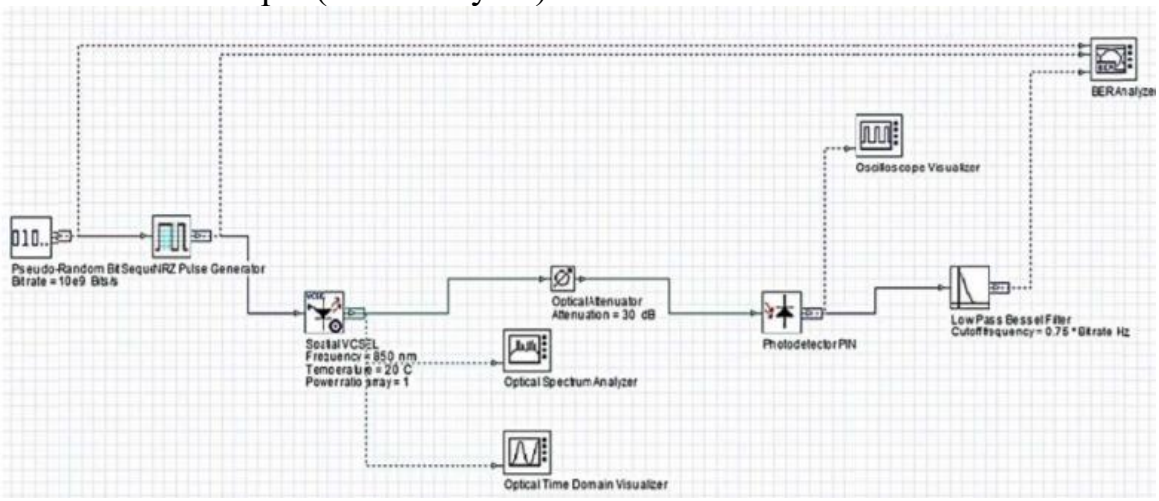
1.8 сурет — Лазер эмиттерінің параметрлерін орнату терезесінде параметр өлшемін өзгерту

Белгілі бір құрылғы үшін жаһандық жоба параметрлерін орнату үшін оның параметрлеріне өтіп, «Simulation» қойындысында «Enabled» жолында құсбелгіні қою керек.

Құрылғы түйіндерін қосуды аяқтап, олардың параметрлерін орнатқаннан кейін визуализация құрылғыларын енгізуге көшеміз (1.9 сурет):

- осциллограф (Oscilloscope visualization);

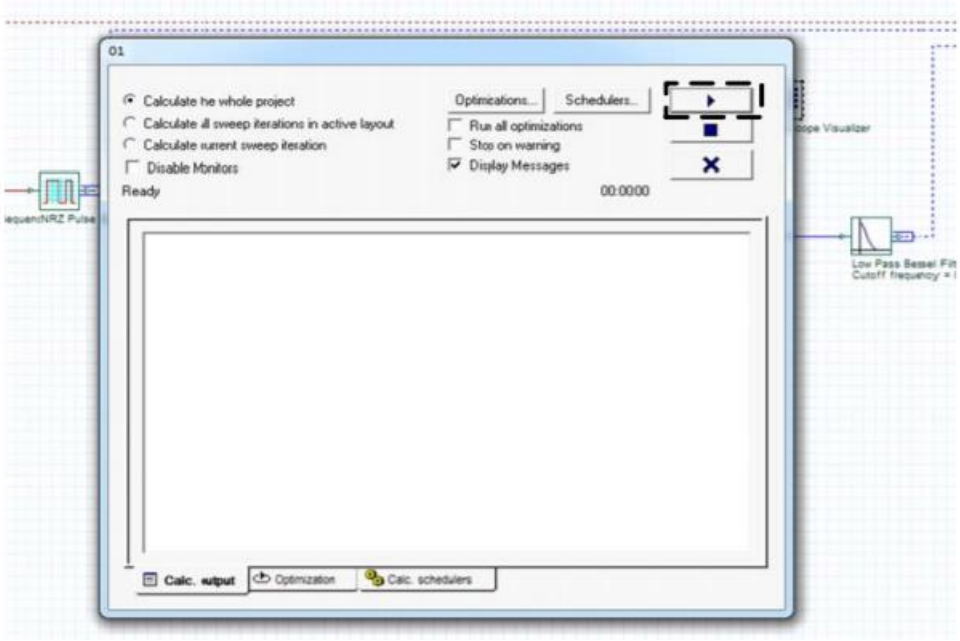
- уақыттық домендегі оптикалық сигналды визуализациялауға арналған модуль (Optical time domain visualizer);
- оптикалық спектр анализаторы (Optical spectrum analyzer);
- BER анализаторы (BER analyzer).



1.9 сурет — Визуализация модулі бар дайын модельдің құрылымы

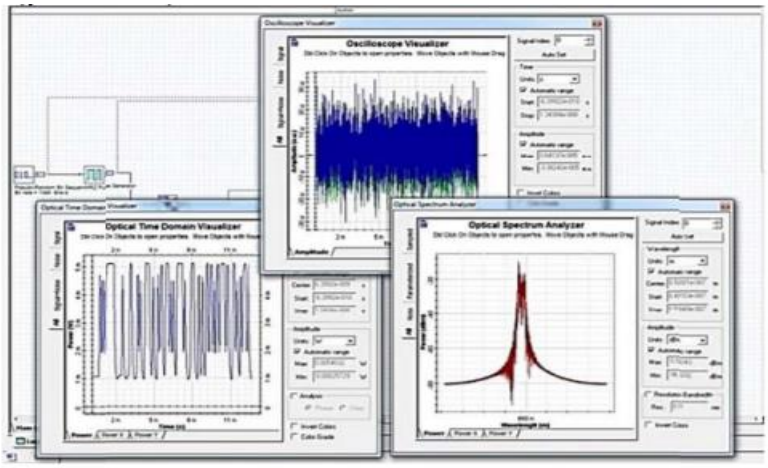
Параметрлерді орнату үшін, мысалы, оптикалық сигнал спектрінің анализаторы, оны тінтуірдің оң жақ түймешігімен басамыз және қалқымалы мәзірден «Component Properties» опциясын таңдаймыз.

Бағдарламаның жоғарғы мәзіріндегі барлық параметрлерді орындағаннан кейін «calculate» түймесін басамыз. 1.10-суретте көрсетілген терезе ашылады, онда біз есептеулерді бастау түймесін басамыз.



1.10 сурет— Модельдеу және жобаны оңтайландыру терезесі

Визуализация модульдерін екі рет басу арқылы есептеулерді аяқтағаннан кейін, алынған модель нәтижелерін талдауға көшуге болады (1.11 сурет).



1.11 сурет — Жеңілдетілген жүйені модельдеу нәтижелері
тікелей модуляциялық лазерлік эмитентпен деректерді беру

Және де OptiSystem-мен жұмыс істеудің кейбір қосымша мүмкіндіктерін де атап өтеміз.

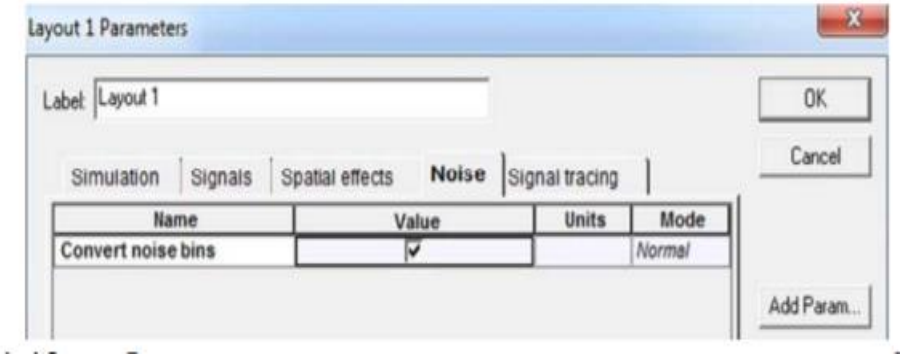
Бағдарламада берілетін сигналдың сипаттамаларына байланысты қосу желілерінің түстері бойынша таңбалау қарастырылған (1.1 кесте).

1.1 кесте — Жалғау сызығының белгілері

Сигнал	Қосқыштың түсі
Екілік (*Binary*)	Қызыл
Көпдеңгейлі (*M-Ary*)	Қою қызыл
Электрлік (*Electrical*)	Көк
Оптикалық (*Optical*)	Жасыл
Ерікті (*Any Type*)	Қою жасыл

Бағдарлама таңдалған сигналға енгізілген немесе бөлек шу толтыру ретінде болуы мүмкін шу көзін енгізу мүмкіндігін қарастырады.

Әдете шулар құрылғы үлгісінің параметрлерінде өшіріледі. Сондықтан, егер оларды талдау қажет болса, 1.12-суретте көрсетілгендей бүкіл жобаның параметрлеріне өту керек, «Convert noise bins» тармағына құсбелгі қойыңыз.



1.12 сурет — «Noise» қойындысындағы жоба параметрлерінің параметрлері терезесі

2. Зертханалық жұмыс № 1. Optiwave жүйесіне кіріспе

2.1 Жұмыс мақсаты

Optiwave жүйесінің әрбір құрамдас бөлігін анықтау және тану.

2.2. Бастапқы деректер

Жұмыстқа керек бастапқы деректері 2.1, 2.2 кестеде келтірілген.

2.1 кесте — Дисперсияның оптикалық импульс сигналына таралу әсерін зерттеуге арналған бастапқы деректер

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
λ, нм	1531	1535	1539	1541	1545	1549	1551	1555	1557	1543
Bit rate, Гбит/с	35	40	25	30	25	35	40	45	35	40
P_0 , мВт	5	8	15	9	12	10	18	6	21	7
Опто-талшық	SMF-28e	SM 332	SM 8/125	SM 9/125	Pure Band	Actale 6900	SM 332	SM 9/125	Pure Band	Actale 6900

Ескерту: кестеде келесі белгілеулер енгізілген: M – транскрипт нөмірінің соңғыдан кейінгі цифры; λ – оптикалық талшықтағы оптикалық сигналдың толқын ұзындығы; *Bit rate* – бит жылдамдығы; P_0 – оптикалық сигналдың қуаты; оптикалық талшықтардың параметрлері 2.3-кестеде келтірілген.

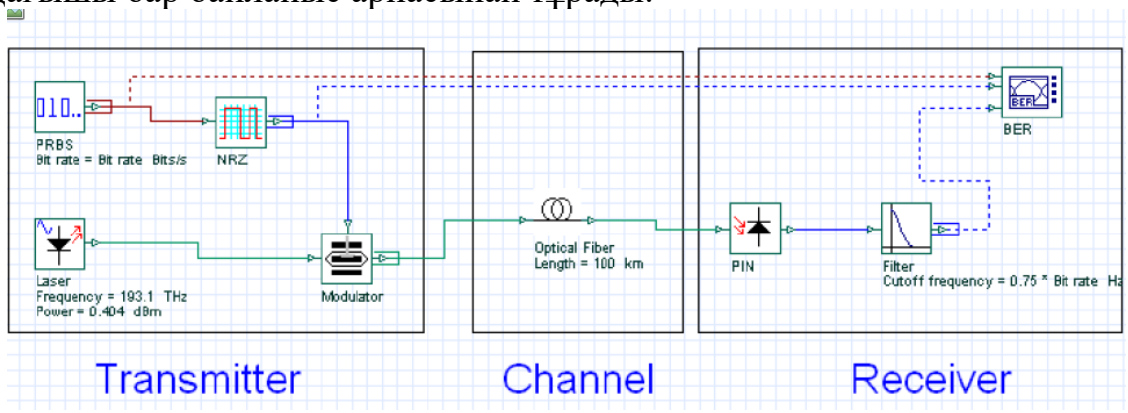
2.2 кесте — Өзіндік фазалық модуляцияның оптикалық импульстік сигналдың таралуына әсерін зерттеуге арналған бастапқы деректер

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Bit rate, Гбит/с	1	4	1,25	3	2	1	3	1,25	4	2
λ1, нм	1480	1490	1500	1510	1520	1530	1540	1550	1510	1500
P1 , мВт	25	35	40	45	40	35	30	25	30	35
λ2, нм	1481	1491	1501	1511	1521	1531	1541	1551	1511	1501
P_2 , мВт	10	15	10	20	15	10	15	10	15	10
L, км	60	15	52	20	30	60	20	52	15	30

Ескерту: кестеде келесі белгілер енгізілген: N — транскрипт нөмірінің соңғы саны; $\lambda_{1,2}$ - оптикалық талшықтағы 1-ші және 2-ші оптикалық сигналдардың толқын ұзындықтары; $P_{1,2}$ - оптикалық талшықтағы 1-ші және 2-ші оптикалық сигналдардың қуаты; L - талшықты-оптикалық желінің екі сегментінің әрқайсысының ұзындығы.

2.3 Теориялық бөлім

2.1-суретте оптикалық байланыс жүйесінің жалпы құрылымдық сұлбасы көрсетілген. Ол алдыңғы жағында таратқышы және артқы жағында қабылдағышы бар байланыс арнасынан тұрады.



2.1 сурет – Optiwave жүйесінің компоненттері

Оптикалық таратқыш

Оптикалық таратқыштың рөлі - электрлік сигналды оптикалық түрге түрлендіру және қабылданған оптикалық сигналды оптикалық талшыққа жіберу. Ол оптикалық көзден, электрлік импульстік генератордан және оптикалық модулятордан тұрады. Триггердің қуаты және жіберілетін сигнал өткізу қабілеті өте маңызды дизайн параметрлері болып табылады.

Байланыс арнасы

Байланыс арнасының рөлі оптикалық сигналды таратқыштан қабылдағышқа бұрмаламай беру болып табылады. Optiwave байланыс

жүйелерінің көпшілігі оптикалық талшықтарды байланыс арнасы ретінде пайдаланады, өйткені талшықтар салыстырмалы түрде аз қуат жоғалтуымен жарықты өткізе алады.

Оптикалық қабылдағыш

Оптикалық қабылдағыш оптикалық талшықтың шығыс ұшында қабылданған оптикалық сигналды қайтадан бастапқы электрлік сигналға түрлендіреді. Ол фотодетектордан, сүзгіден және демодулятордан тұрады. Сандық Optiwave жүйесінің өнімділігі бит қателігімен (BER) сипатталады. BER қате сәйкестендіру битінің орташа ықтималдығы ретінде анықтау әдетте қабылданған. Optiwave жүйелерінің көпшілігі BER 10-9 өнімділік талаптары ретінде анықтайды.

2.4 Жұмыс тапсырмалары

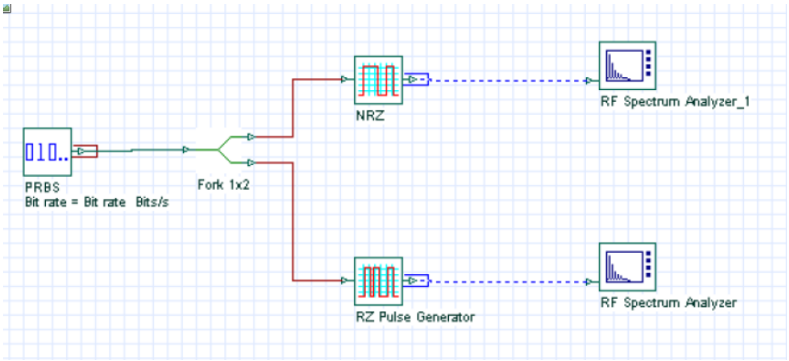
1. Таратқыштың макетін жасаңыз

а) Беріліс жылдамдығын 2,5 ГГц етіп орнатыңыз.

б) 2.2-суретте көрсетілгендей импульстік генератордың екі түріне де PSDP қосыңыз.

с) Тренажерді іске қосыңыз және спектр анализаторымен әрқайсысының өткізу қабілетін қараңыз.

г) Нәтижелеріңізді салыстырыңыз. Оптикалық таратқышта қайсысын қолданған дұрыс? Неліктен?



2.2 сурет - Оптикалық таратқыш

2. Таратқышты жобалаған соң Optiwave жүйесін 1.3-суретте көрсетілгендей құрастырыңыз. Талшық ұзындығын 450 км етіп орнатыңыз. Симуляторды іске қосыңыз және табыңыз:

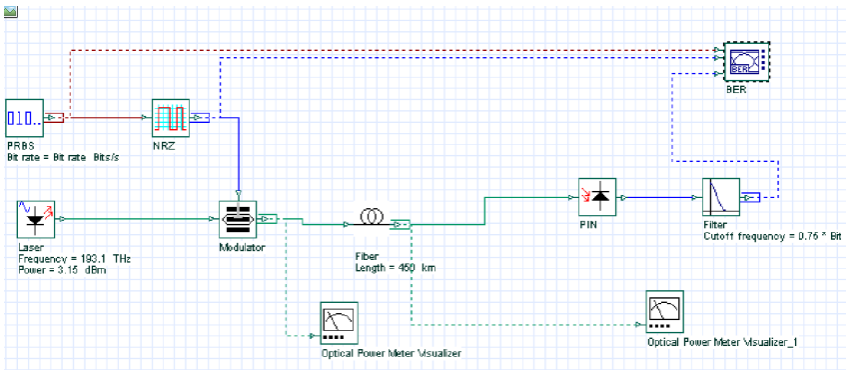
а) Талшықтың екі шетіндегі оптикалық қуат деңгейлері, талшықтың әлсіреуі қандай?

б) BER, сапа факторы және көз диаграммасы.

с) Талшық ұзындығын 480, 500 және 520 км етіп өзгертіңіз және a және b қадамдарын қайталаңыз.

d) Талшық ұзындығын 450 км етіп орнатыңыз, таратқыш қуатын 3,3, 3,6 және 4 дБм-ге өзгертіңіз және a және b қайталаңыз.

д) c және d қадамдарында қабылданған сигналда қандай өзгерістер болды?



2.3 сурет – Optiwave жүйесі

2.5. Өлшеу нәтижелерін өңдеу

2.5.1. Өлшеу сұлбаларымен фигураларды келтіріңіз.

2.5.3. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін беру: осциллограммалар мен оптикалық импульстік сигналдардың спектрлері.

2.5.4. Жұмыс бойынша қорытынды жасау және зертханалық жұмыс бойынша есеп беру.

2.6. Зертханалық жұмысты қорғауға арналған сұрақтар

2.6.1. Фидер қалай жұмыс істейтінін түсіндіріңізші?

2.6.2. Фидер бойымен оптикалық сигналдың таралуы кезінде материал дисперсиясының себебі неде?

2.6.3. Оптикалық сигналдың фидер бойымен таралуы кезінде толқын өткізгіш дисперсиясының себебі неде?

2.6.4. Гаусс импульсінің кейбір бастапқы дірілі болған кезде импульстің эволюциясы қалай өзгереді?

2.6.5 Өзіндік фазалық модуляция әсерінің себебі неде?

2.6.6.Өзіндік фазалық модуляцияның әсері қандай?

2.6.7. Бит жылдамдығы жоғарыласа, талшық арқылы таралатын импульстік сигналдың спектрі қалай өзгереді?

2.6.8. Оптикалық талшықтардың сызықтық емес қасиеттері қандай?

2.6.9 NRZ, RZ кодтарының артықшылықтары мен кемшіліктері?

2.6.10 NRZ, RZ кодтарының құрылымын көрсетіңіз?

3. Зертханалық жұмыс №2. Өшуі шектелген оптикалық талшықты зерттеу

3.1 Жұмыс мақсаты

1) Қуат бюджетінің теңдеуіне негізделген әлсіреу шектелген талшықтың ұзындығын есептеңіз.

2) Алынған жүйені имитациялаңыз және оның өнімділік мақсаттарына сәйкес келетініне көз жеткізіңіз.

3.2. Бастапқы деректер

Жұмысты орындаудың бастапқы деректері 2.1, 2.2-кестеде келтірілген

3.3 Теориялық бөлім

Қуат бюджетінің теңдеуі беріліс жүйесіндегі қуат бюджеті барлық қуат жоғалтуларының қосындысына плюс қуат бос орынға тең болуы керек екенін айтады.

** Қуат бюджеті – таратқыштың шығыс қуаты мен қабылдағыш сезімталдығының айырмашылығы дБм. Теңдеу келесідей көрінеді:*

$$P_T - S_R = AL_F + L_C + L_A + M$$

мұндағы, $P_T -$ таратқыштың шығыс қуаты(дБм);

$S_R -$ қабылдағыштың сезімталдығы (дБм);

$A -$ талшықты әлсірету (дБ / км);

$L_F -$ талшық ұзындығы (км);

$L_C -$ байланыс жоғалуы (дБ);

$L_A -$ қосымша белгілі жоғалулар (дБ);

$M -$ қуат қоры (дБ).

Бұл жаттығуда сіз анықтағыңыз келетін талшық ұзындығынан басқа жоғарыдағы теңдеудегі барлық параметрлерді орнатасыз.

Қабылдағыштың сезімталдығы мұнда 10-9 BER мәніне жету үшін қажетті ең аз қуат ретінде анықталады, ол 6 Q коэффициентіне сәйкес келеді. Қабылдағыш сезімталдығы бит жылдамдығына байланысты. Талшықты әлсірету жұмыс толқын ұзындығына байланысты.

3.4 Жұмыс тапсырмалары

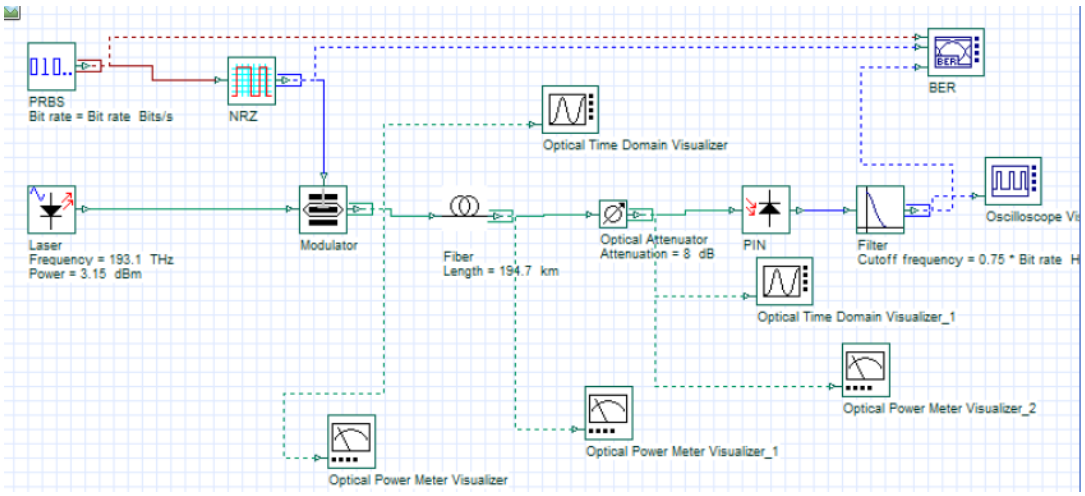
1. Таратқыш / талшық / қабылдағыш орналасуынан бастаңыз

a) Лазердің шығыс қуатын таратқыштың шығыс қуаты көрсетілген деңгейде болатындай етіп орнатыңыз.

b) Талшықтың ұзындығы мен байланыс жоғалуын көрсетілген немесе алдын ала зертханалық жаттығуда есептелгендей орнатыңыз.

c) Талшық пен қабылдағыш арасына оптикалық аттенюаторды қойып, әлсіретуді көрсетілген шекке дейін орнатыңыз.

d) Оптикалық қуат өлшегіштерді және пайдалы болуы мүмкін кез келген басқа визуализаторларды орналастырыңыз.



3.1 сурет – Оптикалық талшық арқылы импульстік оптикалық сигналдың дисперсия әсерін зерттеудің жалпы жүйесі

2. Модельдеуді іске қосыңыз және келесі деректерді жазыңыз:
а) оптикалық қуат (дБм)
- Талшықтың екі ұшы
- Қабылдағыш кірісі
б) BER талдауы
- BER
- Сапа факторы
- Көз картасы
3.Талшық ұзындығын зертханаға дейінгі есептелген 125% етіп орнатыңыз және модельдеу мен деректерді тіркеуді қайталаңыз. (2-қадам).
4. Талшық ұзындығын 1-қадамда пайдаланылған мәнге орнатыңыз, бит жылдамдығын 10 Гбит/с дейін арттырыңыз және модельдеу мен деректерді тіркеуді қайталаңыз. (2-қадам).
5. Жоғарыда аталған барлық операцияларды орындағаннан кейін келесі графиктерді алу керек:

3.5 Өлшеу нәтижелерін өңдеу

3.5.1. Өлшеу сұлбаларымен фигураларды келтіріңіз.
3.5.2.Эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін беру: осциллограммалар мен оптикалық импульстік сигналдардың спектрлері.
3.5.3. Жұмыс бойынша қорытынды жасау және зертханалық жұмыс бойынша есеп беру.

3.6. Зертханалық жұмысты қорғауға арналған сұрақтар

3.6.1. Қандай жоғалтулардың көрінісі арқылы оптикалық талшықтардағы әлсіреу себебі неде?
3.6.2. ОМ жоғалтуларының негізгі түрлері қандай?

3.6.3.Спектрдің қысқа толқынды аймағындағы жоғалту механизмі қандай?

3.6.4.Спектрдің ұзын толқынды аймағындағы жоғалтулардың механизмі қандай?

3.6.5 Модаралық дисперсия дегеніміз не?

3.6.6 Материалдық дисперсия дегеніміз не?

3.6.7 Кесу әдісінің негізгі идеясы қандай?

3.6.8 OTDR көмегімен оптикалық талшықтың әлсіреуін қалай өлшеуге болады?

3.6.9.Екі оптикалық талшықтардың қосылу жоғалуын қалай өлшеуге болады?

3.6.10 Талшық жолының үзілістерінде қайтару шығынын қалай өлшеуге болады?

4. Зертханалық жұмыс №3. Дисперсиялық шектелген оптикалық талшықты зерттеу

4.1 Жұмыс мақсаты

1) Стандартты бір режимді талшықты және тікелей модуляцияланған бір режимді, лазерлік диодты таратқышты пайдаланып, талшықты тасымалдау жүйесі үшін дисперсиямен шектелген талшық ұзындығын есептеңіз.

2) Алынған жүйені имитациялаңыз және оның көрсетілген өнімділікке сәйкес келетініне көз жеткізіңіз.

4.2. Бастапқы деректер

Жұмысты орындау үшін бастапқы деректер кестеде берілген. 2.1, 2.2

4.3 Теориялық бөлім

Максималды рұқсат етілген дисперсия (немесе импульстік таралу) Δtmax келесі техникалық нұсқаулықта R жылдамдығы бойынша берілген.

$$\Delta t_{max} = \frac{1}{4R}$$

Бұл нұсқаулық импульстің таралуына байланысты маңызды таңбааралық кедергілер (ISI) болмайтынына негізді кепілдік береді.

Модуляцияланған лазерлік диодты таратқыш арқылы тікелей басқарылатын стандартты бір режимді талшық үшін және хроматикалық дисперсияға байланысты импульстің таралуы келесідей анықталады:

$$\Delta t = LD(\lambda)\Delta\lambda\ ,$$

мұндағы, $\Delta t -$ импульстің таралуы(ри);

$L -$ талшық ұзындығы (км);

$D(\lambda) -$ хроматикалық дисперсия коэффициенті (ри/нм $-$ км);

$\lambda -$ жұмыс толқын ұзындығы (нм);

$\Delta\lambda -$ таратқыштың шығыс сигналының спектрлік ені(нм).

Хроматикалық дисперсия коэффициентін формула арқылы есептеуге болады

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4}(\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3}),$$

мұндағы, $S_0 -$ нөлдік дисперсияның еңісі ($\frac{\text{ри}}{\text{нм2}} -$ км);

$\lambda_0 -$ нөлдік дисперсиялық толқын ұзындығы (нм).

Дисперсиямен шектелген талшықтың ұзындығы L мәніне тең, сондықтан $\Delta t = \Delta t_{max}$.

Таратқыш пен қабылдағыштың көтерілу уақытына байланысты қосымша импульс таралуы мүмкін екенін ескеріңіз. Біраз консервативті техникалық нұсқаулар бұған мүмкіндік береді, бірақ жүйенің қолайлы өнімділігін тексеру үшін модельдеу нәтижелері тексерілуі керек.

4.4 Жұмыс тапсырмалары

1. Таратқыш / талшық / қабылдағыш орналасуынан бастаңыз

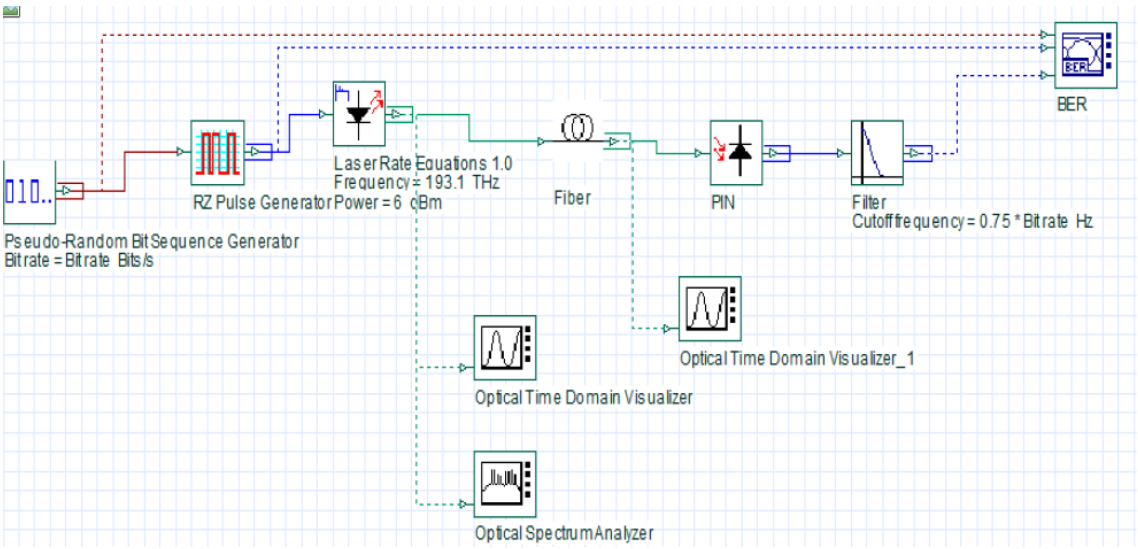
а) CW лазерін және Mach-Zender модуляторын тікелей модуляцияланған лазерлік диодқа ауыстырыңыз. Әдепкі параметрлері бар лазерлік жылдамдық теңдеулерінің үлгісін пайдаланыңыз.

б) Талшықтың параметрлерін алдын ала зертханадағы спецификацияға сәйкес орнату.

с) Талшық ұзындығы параметрін тазалау режимінде келесі бес талшық ұзындығынан өтетіндей етіп орнатыңыз:

d) Таратқыштың уақыттық және жиілік аймағының шығысын, қабылдағыштың уақыттық доменінің кірісін түсіру және жазу үшін визуализаторларды орналастырыңыз. Төмендегі 4.1-суретте көрсетілгендей.

Итерация	Талшық ұзындығы
1	Дисперсиямен шектелген талшық ұзындығы
2	25 км
3	50 км
4	75 км
5	100 км



4.1 сурет – Дисперсиялық шектелген оптикалық талшықты зерттеудің жалпы жүйесі

2. Модельдеуді іске қосыңыз, содан кейін таратқыш шығысындағы спектрлік енін тексеру үшін оптикалық спектр анализаторын пайдаланыңыз.

Әрбір итерация үшін:

- Q факторын, бит қате жылдамдығын (BER) және көз диаграммасын өлшеу және жазу үшін BER анализаторын пайдаланыңыз.
- Талшықтың кіріс және шығыс импульсінің ендерін салыстыру үшін оптикалық уақыт доменінің анализаторын пайдаланыңыз.

4.5 Өлшеу нәтижелерін өңдеу

4.5.1. Өлшеу сұлбаларымен фигураларды келтіріңіз.

4.5.2. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін беру: осциллограммалар мен оптикалық импульстік сигналдардың спектрлері.

4.5.3. Жұмыс бойынша қорытынды жасау және зертханалық жұмыс бойынша есеп беру.

4.6. Зертханалық жұмысты қорғауға арналған сұрақтар

4.6.1. Дисперсияның қандай түрлері бар?

4.6.2. ТОБЖ-да бұрмаланулардың пайда болуының негізгі себептері

4.6.3. Оптикалық талшықтағы әлсіреу салдарынан бұрмалану.

4.6.4. ОФ-да дисперсияға байланысты бұрмалану.

4.6.5. Таңбааралық бұрмаланудың пайда болу себептері.

4.6.6. Оптикалық талшықтағы дисперсиялық сипаттамаларды көрсетіңіз.

4.6.7. Қалыпты және аномальды дисперсияның айырмашылығы неде?

4.6.8 Дисперсиялық әсердің сызықтылығы қалай өрнектеледі?

4.6.9. Талшықтағы дисперсия импульс ұзақтығы мен спектріне қалай әсер етеді?

4.6.10. Сызықты емес сыну эффектінің пайда болу себептері.
4.6.11. Өзіндік фазалық модуляцияның пайда болу себептері.
4.6.12. Толқын пішіні спектрлік компоненттерден қалай өзгереді.
4.6.13. Жиілік чиптеу эффектін түсіндіріңіз.
4.6.14. Теріс дисперсиялық талшықтағы чип эффектін түсіндіріңіз.

5. Зертханалық жұмыс №4. Талшықты-оптикалық жүйелердегі сигнал дисперсиясының компенсациясы(өтеу)

5.1 Жұмыстың мақсаты

1) Хроматикалық дисперсияны азайту үшін дисперсиялық компенсациялаушы талшықтың көмегімен талшықты-оптикалық жүйені жобалау және модельдеу.

5.2. Бастапқы деректер

Жұмысты орындаудың бастапқы деректері 2.1, 2.2-кестеде келтірілген

5.3 Теориялық бөлім

Дисперсиялық компенсацияланған талшық (DCF) жұмыс толқын ұзындығында салыстырмалы үлкен теріс хроматикалық дисперсия коэффициенті (D (λ)) бар оптикалық ортаны қамтамасыз етеді. Егер LTF ұзындығындағы өткізгіш талшық LDCF ұзындығы DCF-мен тізбектей жалғанса, онда жалпы хроматикалық дисперсия салыстырмалы үлкен теріс хроматикалық дисперсия коэффициенті (D (λ)) бар оптикалық ортаны қамтамасыз ететін дисперсиялық өтемдік талшықпен (DCF) беріледі. Егер LTF ұзындығындағы таратушы талшық LDCF ұзындығындағы DCF-мен тізбектей жалғанса, онда жалпы хроматикалық дисперсия келесі түрде беріледі:

$$\Delta t = L_{TF} D_{TF}(\lambda)\Delta\lambda + L_{DCF} D_{DCF}(\lambda)\Delta\lambda,$$

мұндағы $D_{TF}(\lambda)$ – таратқыш талшық үшін хроматикалық дисперсия коэффициенті, $D_{DCF}(\lambda)$ – DCF үшін хроматикалық дисперсия коэффициенті және Δλ – таратқыштың спектрлік ені. Сол сияқты, екі талшық комбинациясының жалпы әлсіреу жоғалуы келесі түрде беріледі:

$$LOSS = L_{TF} A_{TF} + L_{DCF} A_{DCF}$$

Сондықтан таратқыштың, талшықтың және қабылдағыштың сипаттамаларының хроматикалық дисперсиясы мен әлсіреуінің мақсатты мәндерін ескере отырып, жоғарыдағы екі теңдеуді бір уақытта шешу арқылы жіберуші талшық пен DCF ұзындықтарын анықтауға болады.

Жүйе сипаттамалары төмендегі кестеде көрсетілген:

Таратқыш	Шығыс қуаты	0 дБм
	Спектр ені	0,1 нм
	Толқын ұзындығы	1550 нм
	Ақпарат тарату жылдамдығы	2,5 Гбит/с
Талшық	Corning SMF-28	
	Кіріс қосылымының жоғалуы	0,5 дБ
	Шығыс қосылымының жоғалуы	0,5 дБ
DCF		
Қабылдағыш	Сезімталдық	-35 дБм
Жүйе	Пайда	5 дБ

DCF өткізгіш талшықпен бірдей параметрлерге ие, тек 1550 нм-де хроматикалық дисперсия коэффициенті -200 пс/нм-км, ал әлсіреу 1550 нм кезінде -0,5 дБ/км құрайды.

Тапсырма:

1. Максималды рұқсат етілген талшықтың жоғалуын анықтаңыз
2. Максималды рұқсат етілген хроматикалық дисперсияны анықтаңыз
3. (1) және (2) нәтижелері бойынша таратқыш талшық пен DCF ұзындығын анықтаңыз.

5.4 Жұмыс тапсырмалары

1. Таратқыш / талшық / қабылдағыш орналасуынан бастаңыз

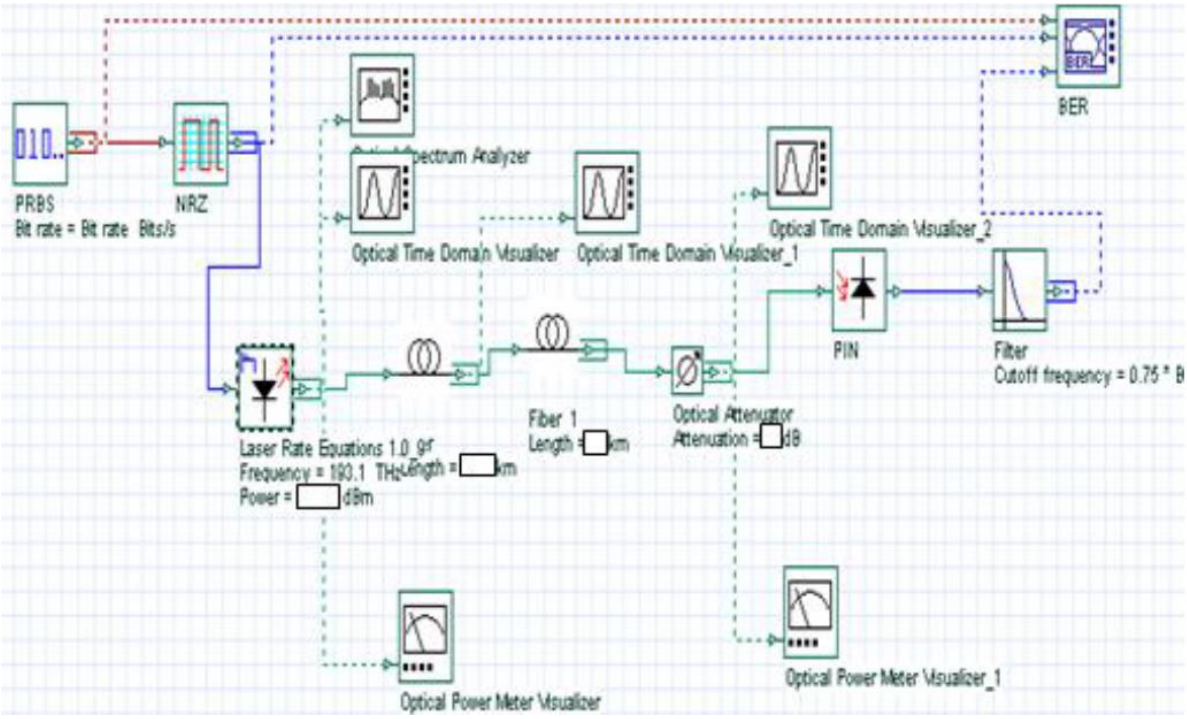
а) CW лазерлік диод пен Mach-Zehnder модуляторын тікелей модуляцияланған лазерлік диодқа ауыстырыңыз (әдепкі параметрлері бар LRE диодымен белгіленген лазерлік диодты пайдаланыңыз).

б) Талшық құрамдас бөлігінің көшірмесі бар талшық құрамдас бөлігімен ретімен қосыңыз.

в) Сондай-ақ жүйенің бос орнын көрсету үшін аттенюаторды қосыңыз.

г) Барлық құрамдастардың параметрлерін, соның ішінде лазерлік диодтың оптикалық шығыс қуатын жоғарыда көрсетілген сипаттамаларға сәйкес реттеңіз.

д) ТФ ұзақтығын жоғарыда есептелген мәнге, ал ДПН ұзақтығын 0 мәніне орнатыңыз. Сәйкес визуализаторларды қосыңыз.



5.1 сурет – Талшықты-оптикалық жүйелердегі сигнал дисперсиясын компенсациялаудың жалпы жүйесі

2. Модельдеуді іске қосыңыз және тексеру үшін визуализаторды пайдаланыңыз

Таратқыштың шығыс қуаты:

- Модуляциялық сигналдың әсерінен шығыс қуаты белгіленген мәннен аз болуы мүмкін. Компенсациялау үшін лазерлік диодтың қуат деңгейін реттеңіз.

Қабылдағыш кірісіндегі оптикалық қуат.

Спектр ені.

- Сонымен қатар, спектрлік ені мақсатты мәнге сәйкес келмеуі мүмкін.

Максималды Q және ең аз BER өлшеңіз.

Көздің сызбасын жазыңыз.

Уақыт аймағының визуализаторын пайдаланып, оптикалық толқын пішіндерін сызыңыз және көрсетіңіз:

- Таратқыштың шығысы.
- Екі талшық арасындағы байланыс.
- Қабылдағыш кірісі.

3. Орналасудағы талшықтардың ұзындығын сәйкесінше реттеңіз. Модельдеуді қайта іске қосыңыз. (2-қадам).

5.5 Өлшеу нәтижелерін өңдеу

5.5.1. Өлшеу сұлбаларымен әзірленген сызбаларды қамтамасыз ету.

5.5.2. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін беру: осциллограммалар мен оптикалық импульстік сигналдардың спектрлері.

5.5.3. Жоғарыда аталған барлық әрекеттерді орындағаннан кейін келесі графиктерді алу керек:

1. Өсуге дейінгі талшық кірісіндегі импульс спектрі.
2. Өндіруге дейінгі талшық кірісіндегі импульстік ені.
3. Өсуге дейінгі екінші талшықтың кірісіндегі импульстік ені.
4. Өсуден кейінгі екінші талшықтың шығысындағы импульстік ені.
5. Сапа факторының графигі.
6. Көз диаграммасы.

5.5.4. Жұмыс бойынша қорытынды жасау және зертханалық жұмыс бойынша есеп беру.

5.6. Зертханалық жұмысты қорғауға арналған сұрақтар

5.6.1. Кең жолақты дисперсиялық компенсация?

5.6.2. Фотонды кристалдармен дисперсиялық компенсация?

5.6.3. Бүкіл желі бойынша нөлдік жалпы (интегралдық) дисперсия мәнін қамтамасыз ету мақсатында талшықты-оптикалық байланыс желісінің (ТОБЖ) дисперсиясының кеңістікте таралуын бақылауға негізделген дисперсиялық компенсация әдістері;

5.6.4. Сәулеленуді таратқыш немесе қабылдағышты басқаруға негізделген дисперсиялық компенсация әдістері;

5.6.5. Жарық импульсінің кеңістік-уақыт сипаттамаларын басқару үшін сызықты емес оптикалық әсерлерді қолданатын дисперсиялық компенсация әдістері.

6. Зертханалық жұмыс №5 Фотодиодтың PIN коды бойынша оптикалық қабылдағыштың сезімталдығын есептеу

6.1 Жұмыс мақсаты

1) Фотодиодтың PIN коды негізінде оптикалық қабылдағыштың сезімталдығын және берілген сапа коэффициентіне жету үшін қажетті минималды қабылданатын қуатты анықтаңыз.

2) Optiwave жүйесіндегі оңтайландыру функциясымен тәжірибе алыңыз.

6.2. Бастапқы деректер

Жұмысты орындауға арналған бастапқы деректер 6.1, 6.2-кестелерде берілген.

6.1 кесте – DFB лазерінің сипаттамаларын зерттеуге арналған бастапқы деректер

М	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
λ, нм	1290	1555	1310	1490	1330	1570	1340	1590	1260	1680
Bit rate, Гбит/с	1,1	1,3	1,2	1,4	1,25	1,5	1,15	1,35	1	1,45
I_{B1}, мА	20	15	20	25	20	15	20	25	15	20
I_{B2}, мА					40					
I_{peak}, мА					40					

Ескертпе: кестеде келесі белгілеулер енгізілген: М - есепке алу кітабы нөмірінің соңғыдан кейінгі цифры; λ – оптикалық талшықтағы оптикалық сигналдың толқын ұзындығы; Bit rate – бит жылдамдығы; I_{B1} және I_{B2} - сәйкесінше ең төменгі және максималды белгіленген орын ауыстыру токтары; I_{peak} - максималды модуляциялық ток.

6.2 кесте – Тік резонаторы бар лазердің сипаттамаларын зерттеуге арналған бастапқы деректер

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
λ, нм	683	863	1550	683	1550	863	683	1550	863	1550
Bit rate, Гбит/с	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1

Ескерту: кестеде келесі белгілеулер енгізілген: N - сынақ кітапшасының нөмірінің соңғы саны

6.3 Теориялық бөлім

PIN фотодиод негізіндегі оптикалық қабылдағыштың сезімталдығы формуламен есептеледі

$$S = \frac{Q}{R}(qQB + \sigma_T),$$

мұндағы,

S = сезімталдық (Вт)

Q = қалаған Q коэффициенті (қажет бит қате жылдамдығына немесе BER қатысты) R = фотодиод сезімталдығы (A / W)

q = электрон заряды (C)

B = қабылдағыштың өткізу қабілеті (Гц)

σT = жылулық шудың орташа квадраттық тогы(а).

Жылу шуының орташа квадраттық тогы келесідей өрнектеледі

$$\sigma_T^2 = (\frac{4K_BT}{R_L})F_nB,$$

мұндағы,

k_B = Больцман тұрақтысы (Дж/к) = 1.380 6488 (13) $\times 10^{-23}$ Т = температура (°К)

R_L = қабылдағыштың жүктеме кедергісі (Ω)

F_n = қабылдағыш шуының коэффициенті

Жоғарыдағы сезімталдық формуласы атыс шуының (қараңғы ағындармен байланысты шуылын елемеу) және термиялық шудың әсерлерін ескереді.

Өшу коэффициенті

Телекоммуникацияда өшу коэффициенті (re) - лазерлік диод сияқты оптикалық көз арқылы жасалған цифрлық сигналдың екі оптикалық қуат деңгейінің қатынасы, мұндағы P1 - екілік 1 жіберілген кезде пайда болатын оптикалық қуат деңгейі және P0 – беру кезінде пайда болатын қуат деңгейі. екілік сан 0. Өшу коэффициентін бөлшекпен, дБ немесе пайызбен көрсетуге болады.

$$r_e = \frac{P_1}{P_0}$$

6.4 Жұмыс тапсырмалары

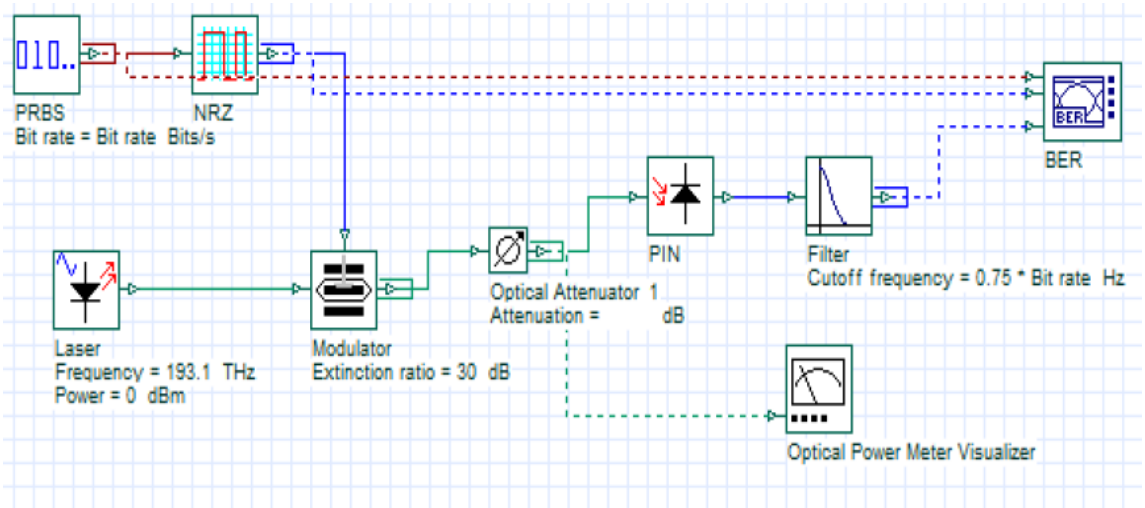
1. Қажетті мәннің 0,1 шегінде Q коэффициентіне жету үшін (18 - 19) дБ диапазонында оптикалық әлсіреткіштің мәнін реттеңіз.

а) Модельдеуді іске қосыңыз және келесіні ескеріңіз:

- Қабылдағыштың кіріс қуаты.
- Сапа факторы және BER.
- Қабылдағыш көзінің диаграммасы.

b) ER мәнін (5, 10, ..., 30) дБ-ден өзгертіңіз және Q факторының эволюциясын ескеріңіз.

в) ER мен сапа факторы арасындағы байланысты көрсететін графикті құру. Сондай-ақ жүйенің бос орнын көрсету үшін аттенюаторды қосыңыз.



6.1 сурет – PIN фотодиод негізіндегі оптикалық қабылдағыштың жалпы диаграммасы

6.5. Өлшеу нәтижелерін өңдеу

6.5.1. Өлшеу сұлбаларымен әзірленген сызбаларды қамтамасыз ету.

6.5.2. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін келтіріңіз: осциллограммалар мен оптикалық импульстік сигналдардың спектрлері.

6.5.3. Жұмыс бойынша қорытынды жасау және зертханалық жұмыс бойынша есеп беру.

6.6. Зертханалық жұмысқа дайындалуға арналған сұрақтар

6.6.1. Біртекті лазердің қалай жұмыс істейтінін түсіндіріңіз.

6.6.2. Құрылымдық жағынан гетерогенді лазер дегеніміз не?

6.6.3. Лазерлік диодтың ватт-амперлік сипаттамасы қандай болатынын және сораптың шекті токтың мәні қандай екенін түсіндіріңіз.

6.6.4. Лазерлі диодтың ватт-амперлік сипаттамасы негізінде аналогтық және цифрлық талшықты-оптикалық тарату жүйелеріндегі лазердің жұмыс режимдерінің айырмашылығын түсіндіріңіз.

6.6.5. Таратушы оптикалық модуль құрылымына не кіретінін түсіндіріңіз.

6.6.6. Таратушы оптикалық модульде неліктен Peltier элементі мен көмекші фотодетектор қолданылатынын түсіндіріңіз.

6.6.7. Лазерлік диаданың жиілік-модуляциялық сипаттамаларының физикалық мағынасын түсіндіріңіз?

6.6.8. Фабри-Перрот лазерінің сәулелену спектрі мен таратылған кері байланыс лазерінің айырмашылығы неде?

6.6.9. Бөлінген кері байланыс лазерінің құрылымын сипаттаңыз және принципін түсіндіріңіз.

6.6.10. Тік қуысты беттік сәуле шығаратын лазердің құрылымын сипаттаңыз және жұмыс істеу принципін түсіндіріңіз.

6.6.11. Лазерлік сәуле шығарғыштар мен жарық диодтарының сипаттамаларын салыстырыңыз.

6.6.12. Лазерлік эмитенттің қандай шу сипаттамалары бар?

6.6.13. Лазерлі эмиттерде қандай сызықты емес бұрмалану бар?

6.6.14. Лазерлік диодтың тікелей модуляциясы қалай жүзеге асатынын түсіндіріңіз.

6.6.15. Талшықты-оптикалық желілер арқылы ақпаратты беру үшін қандай цифрлық кодтар қолданылатынын түсіндіріңіз.

6.6.16. Көз сызбасының мақсатын түсіндіріңіз.

6.6.17. Басқару РЖ сигналының бит жылдамдығы 1-ден 10 Гбит/с-қа дейін ұлғайтылған кезде симуляцияланған оптикалық сигналдың конверт пішіні қалай өзгеретінін түсіндіріңіз және бұл өзгерістің себебі неде?

6.6.18. Тікелей лазерлік модуляция әдісінің артықшылықтары мен кемшіліктерін түсіндіріңіз.

7. Зертханалық жұмыс №6. Толқын ұзындығын бөлу мультиплексирлеу (WDM)

7.1 Жұмыс мақсаты

1) Толқын ұзындығын бөлудің мультиплексирлеу жүйесін құру және талдау.

2) WDM жүйелерінде (AWG) торларын пайдалану тәжірибесін алу.

7.2. Бастапқы деректер

Жұмысты орындау үшін бастапқы деректер 7.1, 7.2-кестеде келтірілген

7.1 кесте — Зертханалық жұмыстың бастапқы мәліметтері

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Bit rate, Гбит/с	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
N_{laser}	15	18	16	15	12	14	10	15	11	14
λmin, нм	1530	1532	1534	1536	1538	1530	1532	1530	1533	1536
Δλ, нм	2,4	1,6	2,4	1,6	3,2	1,6	3,2	2,4	3,2	2,4
RIN, дБ/Гц	–140	–130	–150	–160	–130	–140	–130	–160	–150	–140
L, км	25	26	27	28	29	25	26	27	28	29
P_0, дБм	–5									

Ескертпе: кестеде келесі белгілеулер енгізілген: N - есепке алу кітабы нөмірінің соңғы саны; *Bit rate* – бит жылдамдығы; N_{laser} – таратушы оптикалық модульдегі лазерлер саны; λmin – мультиплексор кірістеріне берілетін оптикалық сигналдардың минималды жұмыс толқын ұзындығы; λ – мультиплексор кірістеріне берілетін сигналдар үшін оптикалық тасымалдаушы тордың қадамы; P_0 – көп толқын ұзындығы мультиплексирленген таратқыштың (*WDM Transmitter*) шығыстарындағы оптикалық сәулеленудің қуаты; RIN – лазерлік эмитенттердің шуының салыстырмалы қарқындылығы; L – Раман күшейткішінің ұзындығы.

7.2 кесте — Зертханалық жұмыстың бастапқы мәліметтері

№ сорғы лазері	1	2	3	4
λ, нм	1405	1415	1435	1460
P, мВт	110	140	180	200

Ескерту: кестеде келесі белгілеулер келтірілген: λ - сорғы лазерінің толқын ұзындығы; P - сорғы лазерінің шығысындағы оптикалық сәулеленудің күші.

7.3 Теориялық бөлім

Талшықты-оптикалық байланыстарда толқын ұзындығын бөліп мультиплексирлеу (WDM) - лазер сәулесінің әртүрлі толқын ұзындығын (түстерін) пайдалана отырып, бір оптикалық талшыққа бірқатар оптикалық тасымалдаушы сигналдарды мультиплекстейтін технология. Бұл әдіс талшықтың бір тізбегінде екі жақты байланыс орнатуға мүмкіндік береді, сонымен қатар өткізу қабілеттілігін көбейтеді.

Толқын ұзындығын бөлу мультиплекстеу термині әдетте оптикалық тасымалдаушыға қолданылады (ол әдетте оның толқын ұзындығымен сипатталады), ал жиілікті бөлу мультиплексирлеу әдетте радио тасымалдаушыға қолданылады (ол жиі жиілік ретінде сипатталады). Толқын ұзындығы мен жиілік қарапайым түрде байланысты болғандықтан, екі термин іс жүзінде бірдей ұғымды сипаттайды.

Орнатылған толқын өткізгіш торлары (AWG) әдетте толқын ұзындығын бөліп мультиплексирлеу (WDM) жүйелерінде оптикалық (de) мультиплексорлар ретінде пайдаланылады. Бұл құрылғылар бір оптикалық талшыққа толқын ұзындығының үлкен санын көбейтуге қабілетті, осылайша оптикалық желілердің өткізу қабілеттілігін айтарлықтай арттырады.

Құрылғылар әртүрлі толқын ұзындығындағы жарық толқындары бір-біріне сызықтық кедергі жасайтын оптиканың негізгі принципіне негізделген. Бұл дегеніміз, егер оптикалық байланыс желісіндегі әрбір арна сәл өзгеше толқын ұзындығындағы жарықты пайдаланса, онда осы арналардың көп санынан келетін жарық арналар арасында аз айқаспалы бір оптикалық талшық арқылы берілуі мүмкін. AWG бірнеше толқын ұзындығы арналарын таратудың соңында бір оптикалық талшыққа мультиплекстеу үшін қолданылады, сонымен қатар оптикалық байланыс желісінің қабылдау жағында әртүрлі толқын ұзындығының жеке арналарын алу үшін демультиплексорлар ретінде пайдаланылады.

7.4 Жұмыс тапсырмалары

1. 7.1-суретте көрсетілген WDM жүйесін құрастырыңыз және келесі мәндерді табыңыз

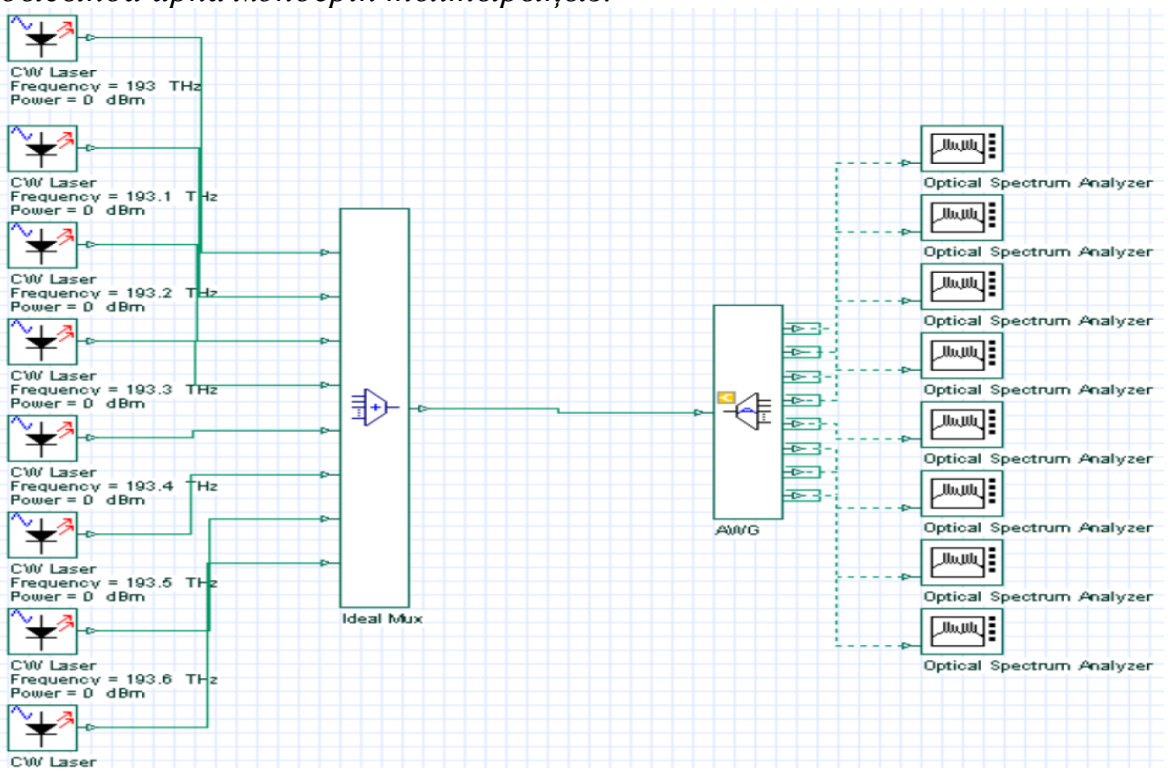
а) Әрбір арна үшін оптикалық спектр анализаторының шығысы.

б) Арналар арасындағы жиілік пен толқын ұзындығының аралығы

с) Жиілік аралығын 1000 ГГц-ке өзгертіп, 1 және 2-қадамдарды қайталаңыз.

d) Әрбір арна арасындағы толқын ұзындығы 80 PM аралықпен 16 арналы WDM жүйесін жобалау; арналардың шығысын тексеріңіз (мысалы, үшінші арна), сонымен қатар жиілік пен толқын ұзындығының интервалын көрсетіңіз.

Ескертпе: Детих блогындағы өткізу қабілеттілігі арналар арасындағы жиілік аралығының 10% екеніне көз жеткізіңіз. Сондай-ақ арналар қойындысында арна мәндерін толтырыңыз.



7.1 сурет – WDM арналық жүйесі

7.5 Өлшеу нәтижелерін өңдеу

7.5.1. Өлшеу сұлбаларымен фигураларды келтіріңіз.

7.5.2. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін беру: осциллограммалар мен оптикалық импульстік сигналдардың спектрлері. Жоғарыда аталған барлық әрекеттерді орындағаннан кейін келесі графиктерді алу керек:

- Бірінші арнаның спектрі.
- Екінші арнаның спектрі.
- Үшінші арнаның спектрі.

7.5.3. Жұмыс бойынша қорытынды жасау және зертханалық жұмыс бойынша есеп беру.

7.6. Зертханалық жұмысқа дайындалуға арналған сұрақтар

7.6.1. Раман күшейткіші қалай жұмыс істейтінін түсіндіріңіз.

7.6.2. Раман күшейткішінің негізгі артықшылықтарын көрсетіңіз.

7.6.3. Раман күшейткішінің күшейту біркелкілігіне кең жиілік диапазонында қалай қол жеткізілетінін түсіндіріңіз.

7.6.4. Неліктен кең жолақты Raman күшейткішінде сорғы лазерлерінің сипаттамаларын оңтайландыру қажет екенін түсіндіріңіз.

7.6.5. Оңтайландыруға дейін және одан кейінгі күшейту жиілігін модерациялау нәтижелерін талдаңыз.

7.6.6. Оңтайландыруға дейін және кейін зертханада алынған сигнал спектрограммаларын талдаңыз.

7.6.7. Әртүрлі талшық ұзындықтарындағы күшейту жиілігінің реакциясының модельдеу нәтижелерін талдаңыз.

7.6.8. Әртүрлі лазерлік сигнал қуаттарында күшейту жиілігінің реакциясының модельдеу нәтижелерін талдаңыз.

7.6.9. WDM жүйелерінің элементтері

7.6.10. WDM жүйелерінің негізгі сипаттамалары

7.6.11. Арна жоспары және оны стандарттау

7.6.12. WDM жүйелеріндегі оптикалық күшейткіштердің құрылымын түсіндіріңіз.

7.6.13. Қазіргі DWDM жүйелерінде оптикалық күшейткіштердің қандай түрлері кеңінен қолданылатынын және неліктен екенін түсіндіріңіз.

7.6.15. WDM жүйелерінің классификациясы

7.6.16. WDM жүйелерінің түрлері

8. Зертханалық жұмыс №7. Уақытқа бөлінген оптикалық мультиплексирлеу жүйесі (OTDM)

8.1 Жұмыс мақсаты

Уақытқа бөлінген оптикалық мультиплексирлеу жүйесін құрастыру және талдау (OTDM).

8.2. Бастапқы деректер

Жұмысты орындау үшін бастапқы деректер 7.1, 7.2-кестеде келтірілген

8.3 Теориялық бөлім

Optical Time Division Multiplexing (OTDM) технологиясы – жоғары жылдамдықты тарату технологиясы (100 Гбит/с дейін), ол өте тар импульстарды пайдаланады, өткізу қабілеті үлкен, оптикалық талшық спектрін тиімдірек пайдаланады. OTDM жарық ағынын тікелей оптикалық мультиплекстеу доменіне жылжытады, бұл өте жоғары деректер жылдамдық ағынының синтезіне әкеледі. TDM бір уақытта бірнеше сигналдарға бірдей талшықтарға қол жеткізуге мүмкіндік береді. TDM бір жарық жылдамдығына 40 Гбит/с жету үшін пайдалануға мүмкідік береді.

Жарық көзі N деректер ағынында өте тар оптикалық импульстар сериясын шығарады, сәйкесінше X Гб/с әр сигнал арнасы үшін N деректер ағыны, слайд

сигналының модуляциясы, бір тактілік кідіріс, содан кейін жалпы жылдамдықтан алынған деректерді мультиплексерлейді (N × X) ГБ/с.

OTDM жүйесі негізінен оптикалық көзден, сплиттерден, модуляторлардан, кешіктіру желілерінен және біріктіргіштен тұрады. OTDM жүйесінің технологиясына қол жеткізу оңай, ал оптикалық демультиплексирлеуге қол жеткізу қиын. TDM оптикалық демультиплексирлеуіне қойылатын талаптар келесідей: қатесіз жылдам және тұрақты жұмыс, бақылау, төмен қуат, тәуелсіз поляризация, аз уақытты діріл.

8.4 Жұмыс тапсырмалары

8.1, 8.2-суреттерде көрсетілген уақытқа бөлінген оптикалық мультиплексирлеу (OTDM) жүйесінде бірдей тасымалдаушы жиілігін пайдалана отырып, B бит жылдамдығында модуляцияланған бірнеше оптикалық сигналдар NB разрядтық жиілікте композиттік оптикалық сигналды қалыптастыру үшін мультиплексирленеді. Мұндағы N - мультиплексирленген оптикалық арналар. Әрбір модулятор 10 Гбит/с жылдамдығы қысқа импульстарды жасайды, импульс ені 3дБ 0,05 биттік кезеңді құрайды. Демультиплексор сатысы 10 Гбит/с модуляторды пайдаланады.

1. OTDM жүйесін құрыңыз және келесіні табыңыз:

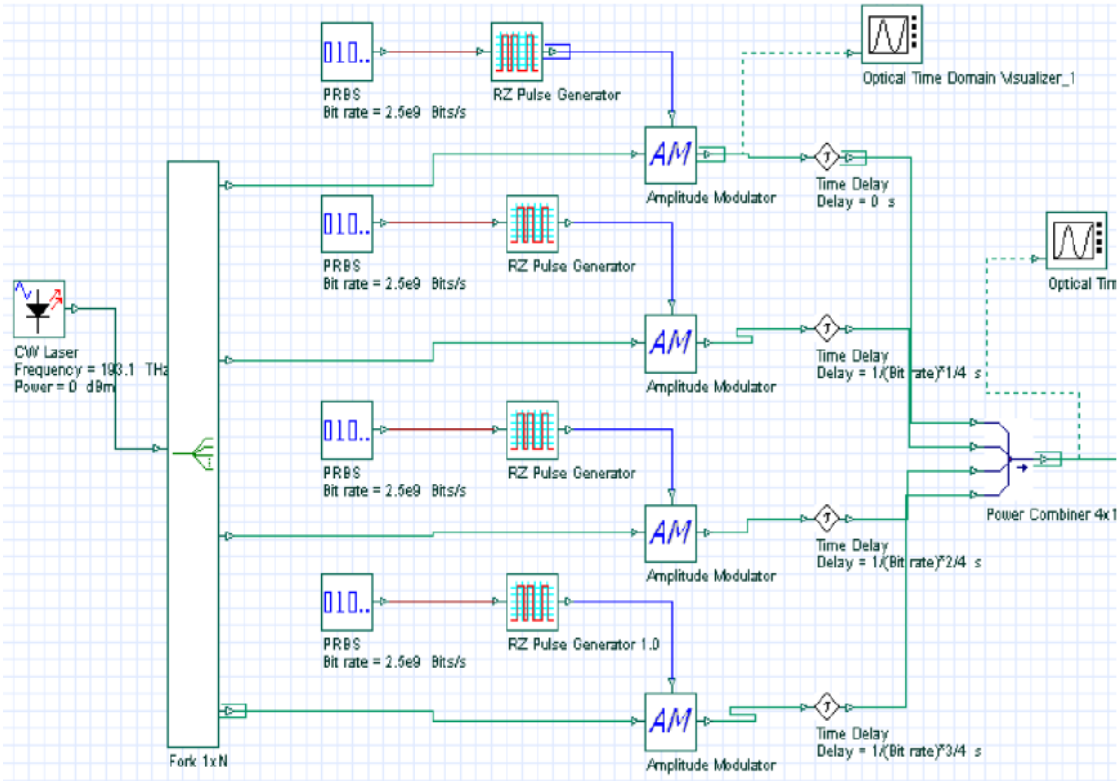
а) Модулятордан кейінгі импульстік ені.

б) Мультиплексордан кейінгі импульстердің ені.

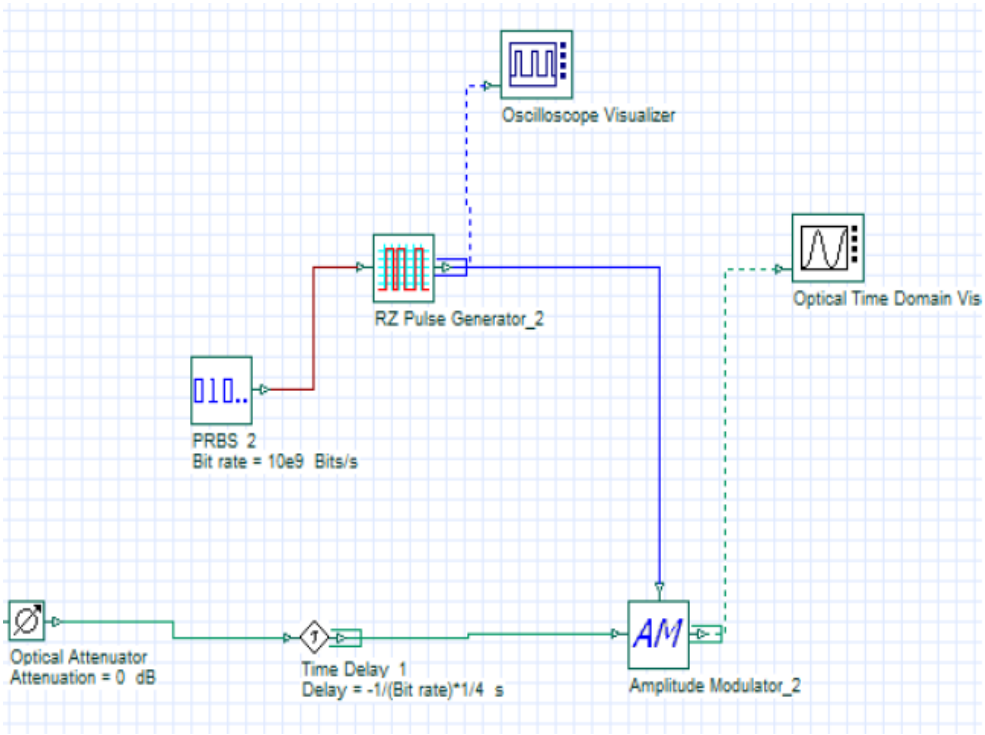
в) PBRS 2 жұмыс режимін біреуге теңестіріңіз. Уақыт кідірісін қажетті шығыс сигналына өзгертіңіз. Демультиплексордан кейінгі импульсті табыңыз. Шығару арнасы қай арна болып табылады?

г) Мультиплексор шығысында 80 Гбит/с деректерді беру жылдамдығын алу үшін жүйені өзгертіңіз. Және жоғарыдағы үш қадамды қайталаңыз.

д) Мультиплексор шығысында 15 Гбит/с алу үшін 5 оптикалық модуляторды қамтитын OTDM жүйесін жобалаңыз. 1, 2 және 3-қадамдарды қайталаңыз.



8.1 сурет – Мультиплексор



8.2 сурет – Демультиплексор

8.5 Өлшеу нәтижелерін өңдеу

8.5.1. Өлшеу сұлбаларымен фигураларды келтіріңіз.

8.5.2. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін келтіріңіз: осциллограммалар мен оптикалық импульстік сигналдар спектрлерін. Жоғарыда аталған барлық әрекеттерді орындағаннан кейін келесі графиктерді алу керек:

- Модулятордан кейінгі импульстік ені.
- Мультиплексордан кейінгі импульстік ені.
- демультиплексордан кейінгі импульстік ені.
- RZ генераторының шығыстарына сигнал амплитудасы (демультиплексор).

8.5.3. Жұмыс бойынша қорытынды жасау және зертханалық жұмыс бойынша есеп беру.

8.6. Зертханалық жұмысқа дайындалуға арналған сұрақтар

8.6.1. OTDM артықшылығы:
8.6.2. OTDM негізгі принципі
8.6.3. OTDM негізгі принципінің контурын беріңіз
8.6.4. OTDM мультиплексирлеу әдісінің түрі
8.6.5. Оптикалық уақыттық доменді мультиплекстеу тұжырымдамасы
8.6.6. Уақытты бөлудің электрлік мультиплексирлеу тізбегі
8.6.7. Уақытты оптикалық бөлудің мультиплексирлеу сұлбасы
8.6.8. RZ, NRZ кодтарын қандай мақсатта қолданамыз
8.6.9. Сызықты емес оптикалық цикл айнасы (NOLM)

Әдебиеттер тізімі

1. OptiSystem Getting Started [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://optiwave.com/resources/downloads/optisystem-getting-started. — 26.07. 2016.

2. Цуканов, В. Н. Волоконно-оптическая техника. Практическое руководство / В. Н. Цуканов, М. Я. Яковлев. — М.: Инфра-Инженерия, 2014. — 304 с.

3. Соломенчук В.Д., Мищенко В.А., Гура К.Н. Оптические транспортные сети. - Киев: Центр последипломного образования ПАО «Укртелеком», 2014. - 294 с.

4. К.С. Чежимбаева. Транспортные телекоммуникационные сети. Конспект лекций для студентов специальности 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации.— Алматы: АУЭС, 2019. – 45 с.

5. Стандарт организации СТ НАО 56023-1910-04-2014 Учебно-методические и учебные работы. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию учебно-методических и учебных работ. – Алматы: НАО АУЭС, 2014.

6. Фокин В.Г. Оптические мультиплексоры OADM/ROADM и коммутаторы PXC в мультисервисной транспортной сети: учебное пособие/ГОУ ВПО «СибГУТИ». - Новосибирск, 2011 г. - 204с.

2022 ж. жиынтық жоспары, реті 82

Катипа Сламбаевна Чежимбаева

ТРАНСПОРТТЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ЖЕЛІЛЕРІ

6В06201 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар мамандығының студенттеріне арналған зертханалық жұмыстар жинағы

Редактор: Изтелеуова Ж.Н.
Стандарттау бойынша маман: Ануарбек Ж.А.

Басылымға қол қойылды __.__.__. Пішімі 60х84 1/16
Таралымы 50 дана. Баспаханалық қағаз№ 1
Көлем 2,4 – оқу- бас.ә. Тапсырыс Бағасы 1200 тг.

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірме – көбейту бюросы
050013 Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126/1