

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн»

Група: 4КГ-06

Дипломний проект

здобувача освіти денної форми навчання

КГ.06.04.000.ДП

ГАРАЩУК

ВЛАДИСЛАВА ДМИТРОВИЧА

**м. Одеса
2023 р.**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн»

Група: 4КГ-06

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи) на тему:

Розробка оптичного передавача для цифрових багатоканальних систем

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 74 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 20 аркушах (слайдах).

Дипломник _____ (Гаращук В.Д.)

Керівник _____ (Кривченко А.А.)

Консультанти:

з економічної частини _____ (Копайгородська Т.Г.)

з охорони праці _____ (Чорновол Н.І.)

з дотримання вимог ЄСКД _____ (Петрашова В.І.)

старший консультант _____ (Кривченко А.А.)

До захисту допущений

Голова циклової комісії _____ (Кривченко Ю.В.)

Завідувач відділення _____ (Скорнякова О.В.)

Захист «22» червня 2023 р. Протокол ДКК № 4

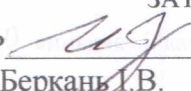
Оцінка ДКК 4/добре

Секретар ДКК _____

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Відділення комп'ютерних систем Комісія КТ та Ш
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітня програма «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР 
Беркань І.В.

“ ” 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу)

Здобувачеві (здобувачці) освіти Гарашук Владиславу Дмитровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка оптичного передавача для цифрових багатоканальних систем

затверджена наказом по коледжу від “ 17 ” ЖОВТНЯ 202 2 р. № 235-А2-ОД

2. Термін здачі закінченого проекту (роботи) _____

3. Вихідні данні до проекту (роботи) 12.06.2023

1. Довжина регенераційної ділянки – 8 км.

2. Використовувати оптичні циркулятори для організації одноволоконної ВОСП

3. Швидкість передачі – до Гбіт/с

4. Використовувати лазерний випромінювач 5С-1300

5. Забезпечення стабільності роботи випромінювача

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)

Огляд існуючих методів волоконно-оптичної передачі

Аналіз одноволоконних оптичних систем передачі

Побудова передавальних і приймальних пристроїв для оптичної передачі

Вибір і обґрунтування структурної схеми оптичного передавача

Складання і розрахунок принципової електричної схеми оптичного передавача

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)

Топологія ВОСП міської мережі; Конструкція оптичного кабелю ОК-8; Принцип передачі інформації у

ВОСЗ; Організація світловодного тракту одноволоконної системи передачі; Порівняльна


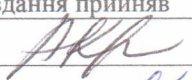
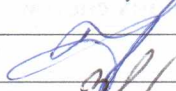


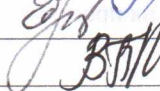
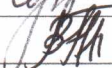
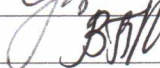
характеристика принципів побудови одноволоконних ВОСП; Структурна схема волоконно-оптичної

системи передачі; Принцип побудови коду СМІ з HDB-3; Структурна схема оптичного приймача;

Узагальнена побудова оптичного передавача; Структурна схема створюваного оптичного передавача;

Функціональна схема оптичного передавача; Принципова електрична схема оптичного передавача

6. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що їх стосується

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1. Технологічний розділ	Кривченко А.А.		
2. Екон. частина	Копайгородська Т.Г.		
3. Охорона праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		

7. Дата видачі завдання 01.05.2023

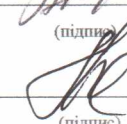
Керівник

Кривченко А.А.



(підпис)

Завдання прийняв до виконання




(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

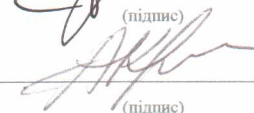
№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1.	Вступ. Постановка задачі проектування	22.05.2023	Виконано
2.	Аналіз технічного завдання та пошук літератури	24.05.2023	Виконано
3.	Вивчення принципів передачі даних в міській мережі	25.05.2023	Виконано
3.	Огляд методів волоконно-оптичної передачі	26.05.2023	Виконано
4.	Аналіз джерел випромінювання ВОСП	29.05.2023	Виконано
5.	Вивчення типів оптичних кабелів ВОСП	30.05.2023	Виконано
6.	Аналіз роботи оптичних мультиплексорів	31.05.2023	Виконано
7.	Вивчення структури оптичних циркуляторів	1.06.2023	Виконано
8.	Вибір і обґрунтування структури оптичного передавача	2.06.2023	Виконано
9.	Розробка структурної схеми оптичного передавача	5.06.2023	Виконано
10.	Розробка принципової електричної схеми передавача	6.06.2023	Виконано
11.	Розрахунок вузлів схеми принципової електричної оптичного передавача	8.06.2023	Виконано
15.	Економічні розрахунки і розробка питань охорони праці	10.06.2023	Виконано
16.	Виконання графічної частини проекту	11.06.2023	Виконано

Дипломник



(підпис)

Керівник



(підпис)

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Технологічний розділ.....	7
1.1 Аналіз побудови волоконно-оптичних мереж.....	7
1.2 Аналіз застосування лінійних кодів ВОСП в міських мережах	9
1.3 Аналіз властивостей оптичних кабелів ВОСП	12
1.4 Вибір типу одноволоконної ВОСП	15
1.5 Інтеграція оптичних пристроїв до мережі	17
1.6 Застосування оптичних циркуляторів в устаткуванні волоконно-оптичних ліній зв'язку	21
1.8 Розробка структурної схеми оптичного передавача.....	25
1.9 Розробка структурної схеми оптичного приймача.....	26
1.10 Вибір методу побудови структурної схеми одноволоконної ВОСП.....	12
1.10.1 ВОСП на основі різних способів розгалуження оптичних сигналів... ..	28
1.10.2 ВОСП, заснована на використанні розділення різноспрямованих сигналів за часом	31
1.10.3 ВОСП на основі використання різних видів модуляції.....	32
1.10.4 ВОСП з одним джерелом випромінювання	35
1.11 Розробка остаточної структурної схеми передавача	36
1.12 Визначення технічних вимог та формування функціональної схеми передавача	38
1.13 Розрахунок потужності випромінювання передавача і вибір типу випромінювача	40
1.14 Вибір транзистора і розрахунок опорів в схемі прямого модулятора. ...	41
1.15 Розрахунок погоджувального підсилювача	45
1.16 Розрахунок пристрою автоматичного регулювання рівня оптичного сигналу.....	47
1.17 Розрахунок ємностей в схемі оптичного передавального пристрою	49
1.17.1 Розрахунок емітерної ємності.....	49
1.17.2 Розрахунок розділової ємності	49

					<i>КГ 06.17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		4

1.17.3 Розрахунок ємностей фільтрів.....	50
2 Економічна частина.....	52
3 Охорона праці.....	57
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на програміста	57
3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища.	57
3.3 Вимоги до організації робочого місця працівника.....	58
3.4 Електробезпека.....	59
4.4 Пожежна безпека.....	61
Висновки.....	62
Перелік використаних джерел.....	63

					<i>КГ 06.17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

ВСТУП

В якості ліній зв'язку можуть виступати кабелі з скрученими парами проводів (виті пари), коаксіальні кабелі, волоконно-оптичні кабелі, радіо-, інфрачервоні, ВВЧ-канали.

При виборі типів кабелю враховують наступні показники:

- вартість монтажу і обслуговування;
- швидкість передачі інформації;
- обмеження на величину відстані передачі інформації (без додаткових підсилювачів-повторювачів (repeater));
- безпека передачі даних.

Головна проблема полягає в одночасному забезпеченні показників ліній зв'язку, наприклад, найвища швидкість передачі даних обмежена максимально можливою відстанню передачі даних, при якому ще забезпечується необхідний рівень захисту даних. Легка простота розширення кабельної системи впливає на її вартість.

Оптичне волокно в даний час вважається найдосконалішим фізичним середовищем для передачі інформації, а також найперспективнішим середовищем для передачі великих потоків інформації на значні відстані. Оптичні кабелі повністю несприйнятливі до перешкод, що викликаються блискавками або джерелами високої напруги. Більш того, оптичне волокно не випускає випромінювання, що робить його ідеальним для відповідності вимогам сучасних стандартів до комп'ютерних застосувань. Сьогодні стало допустимим підключення робочих станцій до інформаційної мережі з використанням волоконно-оптичного мінікабелю, особливо під час блекаутів. Проте, якщо на рівні настільного ПК волоконно-оптичний інтерфейс тільки починає єдиноборство з дротяним, то при побудові магістральних мереж давно стало фактом безумовне панування оптичного волокна.

Даний дипломний проект ставить за мету розробити оптичний передавач для цифрових багатоканальних систем з метою розкрити технологічні особливості планування, побудови і експлуатації волоконно-оптичних мереж.

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		6

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз побудови волоконно-оптичних мереж

Особливістю сполучних ліній (СЛ) є відносно невелика їх довжина за рахунок глибокого районування мереж. Статистика розподілу протяжності СЛ міської мережі в найбільших містах України свідчить, що СЛ протяжністю до 6 км. складають 65% від всього числа СЛ. Значні відстані між регенераційними пунктами волоконно-оптичних систем передачі (ВОСП) дають можливість відмовитися від устаткування регенераторів, від організації дистанційного живлення.

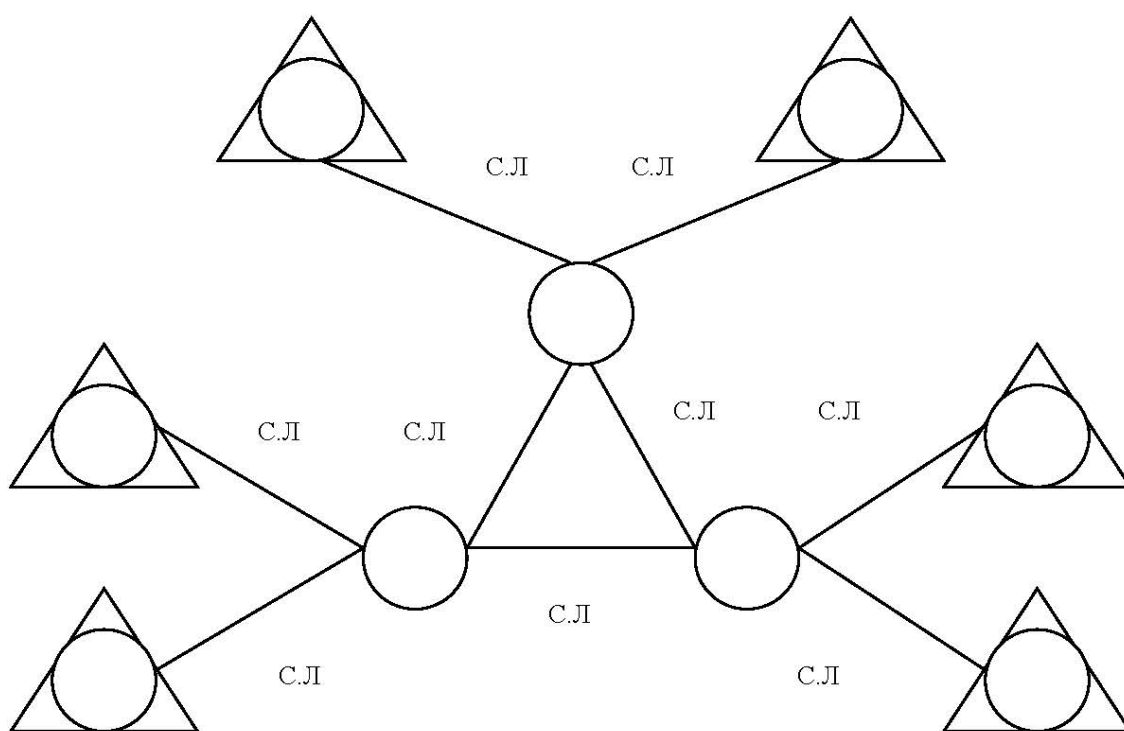


Рисунок 1.1 Топологія ВОСП міської мережі

Принцип передачі інформації у волоконно-оптичних системах зв'язку наведений на рис.1.2. На передавальній стороні на випромінювач, в якості якого у ВОСП використовується світлодіод або напівпровідниковий лазер, поступає електричний сигнал, призначений для передачі по лінії зв'язку. Цей сигнал модулює оптичне випромінювання, внаслідок чого електричний сигнал перетворюється в оптичний. На приймальній стороні оптичний сигнал з ОВ вводиться у фотодетектор (ФД). У сучасних ВОСП у якості ФД використовують

p-i-n або лавинний фото-діод (ЛФД).

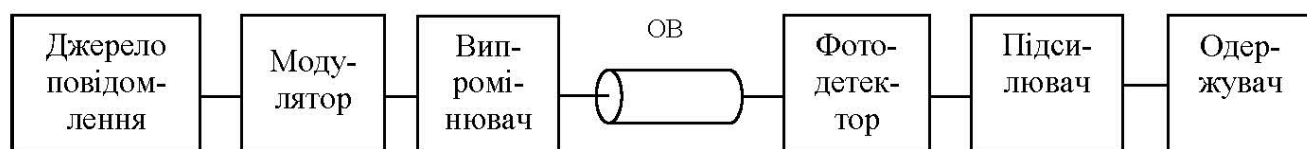


Рисунок 1.2. Принцип передачі інформації у ВОСП

Фотодетектор перетворює падаюче на нього оптичне випромінювання в початковий електричний сигнал. Потім електричний сигнал поступає на підсилювач (регенератор) і відправляється одержувачеві повідомлення.

Вибір елементної бази при реалізації ВОСП і параметри її лінійного тракту залежать від швидкості передачі символів цифрового сигналу. МККТТ встановлені правила об'єднання цифрових сигналів і визначена ієрархія апаратури часового об'єднання цифрових сигналів електрозв'язку. Суть ієрархії полягає в ступінчастому розташуванні вказаної апаратури, при якому на кожному ступені об'єднується певне число цифрових сигналів, що мають однакову швидкість передачі символів, відповідну попередньому ступеню. Цифрові сигнали у вторинній, третинній, і так далі системах виходять об'єднанням сигналів попередніх ієрархічних систем. Для європейських країн встановлені наступні стандартні швидкості передачі для різних ступенів ієрархії (відповідно ємкості в телефонних каналах): перший ступінь—2.048 Мбіт/с (30 каналів), другий—8.448 Мбіт/с (120 каналів), третій—34.368 Мбіт/с (480 каналів), четвертий—139.264 Мбіт/с (1920 каналів). Відповідно до приведених швидкостей можна говорити про первинну, вторинну, третинну і четвертинну групи цифрових сигналів електричного зв'язку (у цьому ж порядку привласнені назви системам ІКМ).

Апаратура, в якій виконується об'єднання цих сигналів, називається апаратурою часового об'єднання цифрових сигналів. На виході цієї апаратури цифровий сигнал скремблюється скремблером, тобто перетворюється по структурі без зміни швидкості передачі символів для того, щоб наблизити його властивості до властивостей випадкового сигналу (рис.1.3).

Це дозволяє досягти стійкої роботи лінії зв'язку незалежно від статистичних властивостей джерела інформації. Скрембльований сигнал може подаватися на

вхід будь-якої цифрової системи передачі, що здійснюється за допомогою апаратури електричного стику.

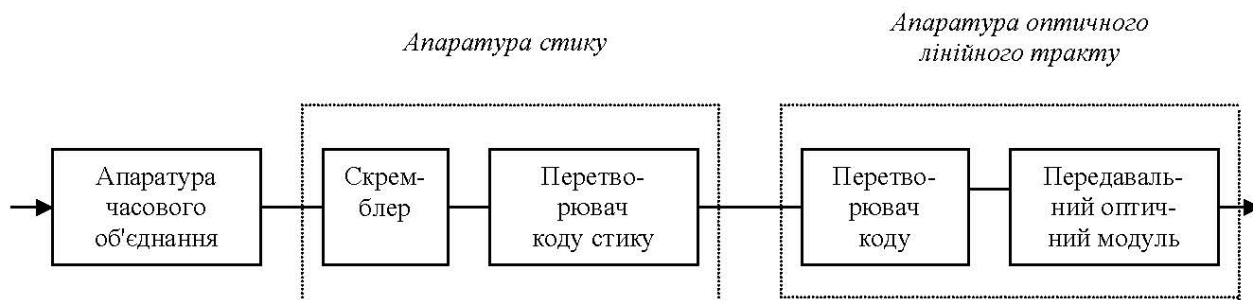


Рисунок 1.3 Структурна схема волоконно-оптичної системи передачі

Для кожної ієрархічної швидкості МККТТ рекомендує свої коди стику, наприклад для вторинної – код НДВ-3, для четверинної – код СМІ і так далі. Операцію перетворення бінарного сигналу, що поступає від апаратури часового об'єднання в код стику, виконує перетворювач коду стику. Код стику може відрізнятись від коду прийнятого в оптичному лінійному тракті. Операцію перетворення коду стику в код цифрової ВОСП виконує перетворювач коду лінійного тракту, на виході якого виходить цифровий електричний сигнал, що модулює струм випромінювача передавального оптичного модуля. Таким чином, волоконно-оптичні системи передачі будуються на базі стандартних систем ІКМ заміною апаратури електричного лінійного тракту на апаратуру оптичного лінійного тракту.

1.2 Аналіз застосування лінійних кодів ВОСП в міських мережах

Оптичне волокно, як середовище передачі, а також оптоелектронні компоненти фотоприймача і оптичного передавача накладають обмежуючі вимоги на властивості цифрового сигналу, що поступає в лінійний тракт. Тому між устаткуванням стику і лінійним трактом ВОСП поміщають перетворювач коду. Вибір коду оптичної системи передачі складне і важливе завдання. На вибір коду впливає, по-перше, нелінійність модуляційної характеристики і температурна залежність випромінюваної оптичної потужності лазера, які приводять до необхідності використання дворівневих кодів.

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		9

По-друге, обраний вид енергетичного спектру повинен мати мінімальний вміст низькочастотних (НЧ) і високочастотних (ВЧ) компонент. Енергетичний спектр містить безперервну і дискретну частини. Безперервна частина енергетичного спектру цифрового сигналу залежить від інформаційного сигналу і типу коду. Для того, щоб цифровий сигнал не спотворювався в підсилювачі змінного струму фотоприймача бажано мати низькочастотну складову безперервної частини енергетичного спектру пригніченою, інакше для реалізації оптимального прийому перед вирішальним пристроєм регенератора потрібне введення додаткового пристрою, призначеного для відновлення НЧ складової, що ускладнює устаткування лінійного тракту. Існує ще одна причина для зменшення низькочастотної складової сигналу. Річ у тому, що оптична потужність, що випромінюється напівпровідниковим лазером, залежить від навколишньої температури і може бути легко стабілізована за допомогою негативного зворотного зв'язку (НЗЗ) по середньому значенню випромінюваної потужності тільки у тому випадку, коли відсутня НЧ частина спектру, що змінюється в часі. Інакше в ланцюг ННЗ доведеться вводити спеціальні пристрої, що компенсують ці зміни.

По-третє, для вибору коду істотний високий вміст інформації про тактовий синхросигнал в лінійному сигналі. У приймачі ця інформація використовується для відновлення фази і частоти синхронізуючого коливання, необхідного для управління прийняттям рішення в пороговому пристрої. Здійснити синхронізацію тим простіше, чим більше число переходів рівня в цифровому сигналі, тобто ніж більше переходів вигляду 0-1 або 1-0. Кращим з погляду відновлення тактової частоти і простоти реалізації схеми виділення синхронізуючої інформації, є сигнал, що має в енергетичному спектрі дискретну складову на тактовій частоті.

По-четверте, код не повинен мати яких-небудь обмежень на передаване повідомлення і має забезпечувати однозначну передачу будь-якої послідовності нулів і одиниць.

По-п'яте, код повинен забезпечувати можливість виявлення і виправлення помилок. Основною величиною, що характеризує якість зв'язку, є частота появи

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		10

помилки або коефіцієнт помилок, визначуваний відношенням середньої кількості неправильно прийнятих посилок до їх загального числа. Контроль якості зв'язку необхідно проводити, не перериваючи роботу лінії. Цю вимогу припускає використання коду, що має надмірність, тоді досить фіксувати порушення правил формування коду, щоб контролювати якість зв'язку.

Окрім вищеперелічених вимог на вибір коду має вплив простота реалізації, низьке споживання енергії і мала вартість устаткування лінійного тракту.

У сучасних оптоволоконних системах зв'язку для міської телефонної мережі ІКМ-120-4/5 і ІКМ-480-5 для передачі в якості лінійного коду використовується код СМІ, що відповідає більшості вищеперелічених вимог. Особливістю даного коду є поєднання простоти кодування і можливості виділення тактової частоти заданої фази за допомогою вузькосмугового фільтру. Код будується на основі коду НДВ-3 (принцип побудови представлений на рис.1.4). Тут символ +1 перетвориться в кодове слово 11, символ -1 – в кодове слово 00, символ 0 - в 01. З малюнка видно, що для СМІ характерне значне число переходів, що свідчить про можливість виділення послідовності тактових імпульсів. Поточні цифрові суми кодів мають обмежене значення. Це дозволяє контролювати величину помилки достатньо простими засобами. Число однойменних слідуючих один за одним символів не перевищує два-три. Надмірність коду СМІ можна використовувати для передачі службових сигналів, застосовуючи для цієї мети заборонений в звичайному режимі блок 10, а також порушення чергувань 11 і 00.

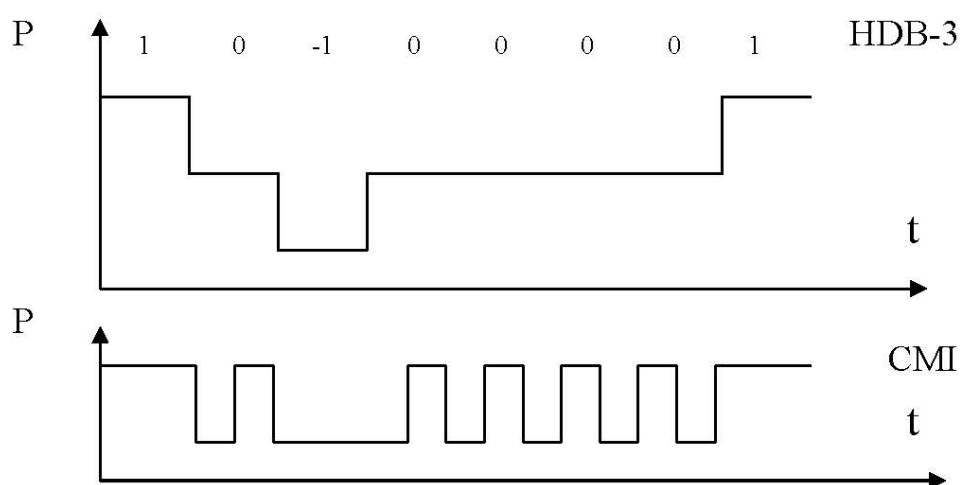


Рисунок 1.4. Принцип побудови коду СМІ з НДВ-3

1.3 Аналіз властивостей оптичних кабелів ВОСП

Оптичний кабель (ОК) призначений для передачі інформації, що міститься в модульованих електромагнітних коливаннях оптичного діапазону. В даний час використовується діапазон довжин хвиль від 0.8 до 1.6 мкм, відповідний ближнім інфрачервоним хвилям. В майбутньому можливе розширення робочого діапазону в область дальніх інфрачервоних хвиль з довжинами хвиль від 5 до 10 мкм. Оптичний кабель містить один або декілька оптичних волокон. Оптичне волокно (ОВ) – це система напрямної для електромагнітних хвиль оптичного діапазону. Практичне значення мають тільки оптоволокна, виготовлені з високо-прозорого діелектрика: скла або полімеру. Для концентрації поля хвилі поблизу осі оптоволокна використовується явище заломлення і повного віддзеркалення у волокні з показником заломлення, що зменшується від осі до периферії плавно або скачками. Оптичне волокно (ОВ) виготовляється зазвичай із зовнішнім діаметром 100 – 150 мкм. Конструкція ОВ показана на рис.1.5. Оптичне волокно складається з сердечника з показником заломлення n_1 і оболонки з показником заломлення n_2 , причому $n_1 > n_2$. Специфікою ОВ є їх висока чутливість до зовнішніх механічних дій. Кварцеве оптичне волокно має малий температурний коефіцієнт розширення, високий модуль пружності і низьку межу пружного розтягування; при відносному подовженні 0.5 – 1.5% воно ламається. Обрив волокна відбувається в перетині, найбільш ослабленому мікротріщинами, що виникають на його поверхні. Мікротріщини розвиваються при попаданні на поверхню вологи, тому міцність непокритого волокна швидко зменшується, особливо у вологій атмосфері. Механічні характеристики оптичного волокна, що поступає на кабельне виробництво, такі ж важливі і підлягають такій же ретельній перевірці, як і його оптичні параметри.

Передача випромінювання по будь-якому ОВ може здійснюватися в двох режимах: одномодовому і багатомодовому. Одномодовим називається такий режим, при якому розповсюджується тільки одна основна мода.

Якщо нерівність (1.1) не задоволена, то в ОВ встановлюється багатомодовий режим. Очевидно, що тип модового режиму залежить від характеристик оптичного

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

волокна (а саме радіусу серцевини і величини показників заломлення) і довжини хвилі передаваного випромінювання. Оптичні волокна, призначені для роботи в одномодовому режимі, називають одномодовими оптичними волокнами. Відповідно ОВ для багатомодового режиму називають багатомодовими.

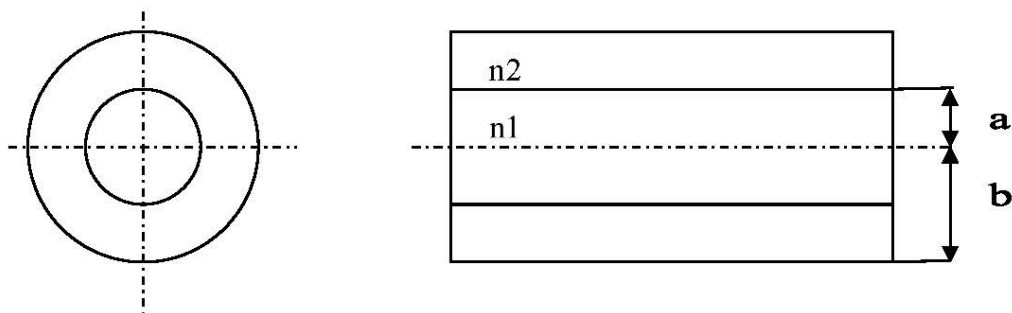


Рисунок 1.5. Конструкція оптичного волокна

$$\left(\frac{a}{\lambda} \right) * n1 * \sqrt{\frac{n1^2 - n2^2}{2 * n1^2}} < 0.3 \quad (1.1)$$

де λ – довжина хвилі передаваного випромінювання, $n1$ і $n2$ – показники заломлення матеріалів ОВ.

Розрізняють оптичні волокна із ступінчастим профілем, у яких показник заломлення серцевини $n1$ однаковий по всьому поперечному перетину, і градієнтні – з плавним профілем, у яких $n1$ зменшується від центру до периферії (рис.1.6).

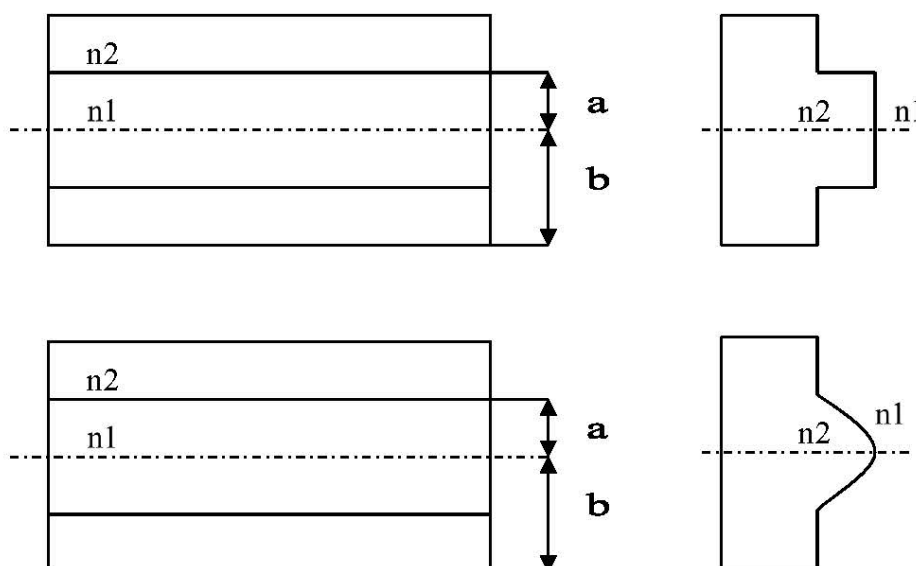


Рисунок 1.6. Показники заломлення ступінчастого і градієнтного оптичних волокон

Фазова і групова швидкості кожної моди в ОВ залежать від частоти, тобто оптоволоконно є дисперсною системою. Викликана цим хвилеводна дисперсія є однієї з причин спотворення передаваного сигналу. Відмінність групових швидкостей різних мод в багатомодовому режимі називається модовою дисперсією. Вона є вельми істотною причиною спотворення сигналу, оскільки він переноситься по частинах багатьма модами. У одномодовому режимі відсутня модова дисперсія, і сигнал спотворюється значно менше, ніж в багатомодовому, проте в багатомодовому ОВ можна ввести велику потужність.

Оптичні волокна мають дуже мале (в порівнянні з іншими середовищами) загасання сигналу у волокні. Кращі зразки вітчизняного волокна мають загасання 0.22 дБ/км на довжині хвилі 1.55 мкм, що дозволяє будувати лінії зв'язку завдовжки до 100 км. без регенерації сигналів. Для порівняння, краще волокно Sumitomo на довжині хвилі 1.55 мкм має загасання 0.154 дБ/км. У оптичних лабораторіях США розробляються ще "прозоріші", так звані фтороцирконатні волокна з теоретичною межею близько 0,02 дБ/км на довжині хвилі 2.5 мкм. Лабораторні дослідження показали, що на основі таких волокон можуть бути створені лінії зв'язку з регенераційними ділянками через 4600 км. при швидкості передачі близько 1 Гбіт/с.

На сьогоднішній день для міської мережі вітчизняною промисловістю випускаються кабелі марки ОК, що мають чотири і вісім волокон. Конструкція ОК-8 приведена на рис.1.7.

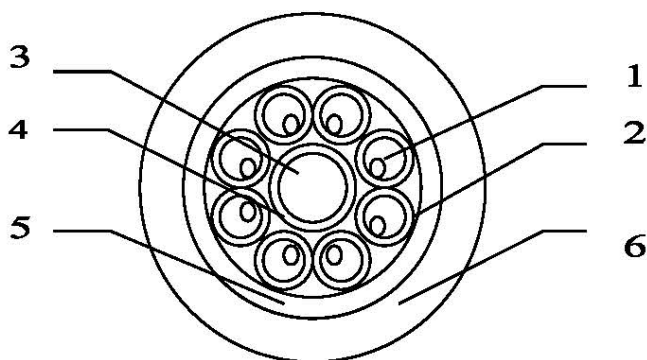


Рисунок 1.7. Конструкція оптичного кабелю ОК

Оптичні волокна 1 (багатомодові, ступінчасті) вільно розташовуються в полімерних трубках 2. Скручування оптичних волокон – повивне, концентричне.

У центрі – силовий елемент 3 з високоміцних полімерних ниток в пластмасовій трубці 4. Зовні – поліетиленова стрічка 5 і оболонка 6. Кабель ОК-4 має принципово ті ж конструкцію і розміри, але чотири ОВ в нім замінені пластмасовими стрижнями.

Недоліки волоконно-оптичної технології:

- необхідні також оптичні коннектори (з'єднувачі) з малими оптичними втратами і великим ресурсом на підключення-відключення. Точність виготовлення таких елементів лінії зв'язку повинна відповідати довжині хвилі випромінювання, тобто погрішності повинні бути порядку частки мікрона. Тому виробництво таких компонентів оптичних ліній зв'язку дуже дороге;
- інший недолік полягає в тому, що для монтажу оптичних волокон потрібне прецизійне, а тому дороге, технологічне устаткування;
- як наслідок, при аварії (обриві) оптичного кабелю витрати на відновлення вище, ніж при роботі з мідними кабелями.

Проте, переваги від застосування волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) настільки значні, що, не дивлячись на перераховані недоліки оптичного волокна, ці лінії зв'язку все ширше використовуються для передачі інформації.

1.4 Вибір типу одноволоконної ВОСП

Широке застосування в цифровій багатоканальній системі волоконно-оптичних систем передачі для організації міжвузлових сполучних ліній дозволяє в принципі вирішити проблему збільшення пропускної спроможності мереж. Найближчими роками потреба в збільшенні числа каналів продовжуватиме швидко рости. Найбільш доступним способом збільшення пропускної спроможності ВОСП в два рази є передача по одному оптичному волокну двох сигналів в протилежних напрямках. Аналіз опублікованих матеріалів і завершених досліджень і розробок одноволоконних оптичних систем передачі (ОВОСП) дозволяє визначити принципи побудови таких систем.

Найбільш поширені і добре вивчені ОВОСП, що працюють на одній оптичній несучій, окрім оптичного передавача і приймача містять пасивні оптичні

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		15

розгалужувачі. Заміна оптичних розгалужувачів на оптичні циркулятори дозволяє зменшити втрати в лінії на 6 дБ, а довжину лінії – відповідно збільшити. При використанні різних оптичних несучих і пристроїв спектрального розділення каналів можна у декілька разів підвищити пропускну спроможність і відповідно понизити вартість з розрахунку на один канало-кілометр.

Збільшити розв'язку між протинаправленими оптичними сигналами, понизити вимоги до оптичних розгалужувачів, а отже, рівень перешкод і збільшити довжину лінії можна шляхом спеціального кодування, при якому передача сигналів одного напрямку здійснюється в паузах передачі іншого напрямку. Кодування зводиться до зменшення тривалості оптичних імпульсів і утворення тривалих пауз, необхідних для розв'язки сигналів різних напрямів. У ВОСП, побудованих так само, можуть бути використані ербієві волоконно-оптичні підсилювачі.

Розв'язку між оптичними сигналами можна збільшити, не удаючись до звуження імпульсів, якщо для передачі в одному напрямі використовувати когерентне оптичне випромінювання і відповідні методи модуляції, а в іншому – модуляцію сигналу по інтенсивності. При цьому істотно зменшується вплив як оптичних розгалужувачів, так і зворотного розсіяння оптичного волокна.

Якщо дозволяє енергетичний потенціал апаратури, на відносно коротких лініях може бути використаний тільки одне оптичне джерело випромінювання на одному кінці лінії. На іншому кінці замість модульованого оптичного джерела застосовується модулятор відбитого випромінювання. Такий метод дуплексного зв'язку по одному ОВ забезпечує високу надійність устаткування і застосування волоконно-оптичних систем передачі в екстремальних умовах експлуатації.

При нинішньому високому рівні розвитку волоконно-оптичної техніки з'явилася можливість передавати оптично сигнали на різних модах ОВ з достатньою для ВОСП розв'язкою, при цьому дуплексний зв'язок по одному ОВ організовується на двох різних модах, що розповсюджуються у різних напрямках, з використанням модових фільтрів і формувачів мод випромінювання.

Кожна одноволоконна ВОСП розглянутих типів має переваги і недоліки. У

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16

таблиці 1.1 показані переваги (знаком «+») систем, їх можливості відносно досягнення якнайкращих параметрів.

Таблиця 1.1. Порівняльна характеристика принципів побудови одноволоконних ВОСП

Тип ВОСП	Мінімальне загасання, максимальна довжина	Захищеність сигналів	Великий об'єм передаваної інформації	Відносно низька вартість	Висока надійність і стійкість до зовнішніх дій
З оптичними розгалужувачами				+	
З оптичними циркуляторами	+				
Із спектральним розділенням		+	+		
З розділенням за часом з використанням оптичних перемикачів		+			
З розділенням за часом з використанням оптичних підсилювачів	+	+			
З когерентним випромінюванням в одному напрямі і модуляцією інтенсивності в іншому		+	+		
З одним джерелом випромінювання				+	+
З модовим розділенням			+		
З когерентним випромінюванням для обох напрямів з різними видами модуляції	+	+	+		

1.5 Інтеграція оптичних пристроїв до мережі

Хвилеводні оптичні системи спектрального мультиплексування/демупльтиплексування (ХСМ/Д) на крайових станціях ВОЛЗ безпосередньо пов'язані з можливостями їх інтеграції з джерелами випромінювання, приймачами, підсилювачами і ін.

Інтегральні джерела випромінювання. На передавальних станціях випромінювання від матриці лазерів, що працюють на довжинах хвиль $\lambda_1, \dots, \lambda_n$.

повинно бути поєднано в один канал для введення у волоконний світлопровід оптичної лінії зв'язку. Це може бути здійснено шляхом використання матриці з Y-з'єднувачів шляхом з'єднання випромінювання лазерів за допомогою ХСМ, об'єднання підсилювачів і ХСМ в єдиний інтегральний блок з одним вихідним каналом, а також іншими способами.

Об'єднувачі на основі InP були інтегровані з ґратами з чотирьох лазерів з розподіленим зворотним зв'язком (РЗЗ) з довжинами хвиль випромінювання в області 1,55 мкм і спектральним інтервалом між окремими випромінювачами 2 нм, виконаними на єдиній підкладці. При цьому втрати, що вносяться, склали значну величину. Надалі втрати були декілька зменшені.

Аналогічні модулі були реалізовані з використанням матриці з лазерів з розподіленими береговськими відбивачами (РБВ). На відміну від РЗЗ лазерів, що працюють на фіксованій довжині хвилі, визначуваної періодом берегівської структури, РБВ лазери дозволяють гнучкіше підстроювати довжину хвилі шляхом зміни струму в пасивній секції берегівського відбивача. Так, зміна струму від 0 до 30 мА приводила до зміни довжини хвилі лазера на 4,5 нм. Чотири РБВ лазера працювали в області довжин хвиль 1,55 мкм із спектральним інтервалом між ними 4 нм. Довжина активної секції лазерів складала приблизно 900 мкм, а секція берегівського відбивача – 500 мкм. Зміна струму на берегівському відбивачі дозволяла проводити підстроювання довжини хвилі генерації з точністю кращою, ніж $\pm 0,2$ нм. Потужність кожного лазера складала 0,2 мВт, розміри готового пристрою були рівні 3×1 мм².

Для побудови оптичних мереж з ХСМ/Д перспективно використовувати джерела випромінювання, які генерують одночасно ряд частот із стабільними строго контрольованими спектральними інтервалами між ними. Такими джерелами є багаточастотні лазери (БЧЛ), що представляють собою підсилювачі з сколеними дзеркальними гранями і разом з одиночним вихідним портом утворюючи оптичний резонатор.

Якщо підсилювачі забезпечують достатнє підсилення, щоб компенсувати всі втрати резонатора, то відбувається генерація лазера на довжині хвилі, визначуваної

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		18

фільтром відповідного каналу. Кожен з K підсилювачів в портах від 1 до N буде, таким чином, генерувати оптичну довжину хвилі λ_t . Інтервали між оптичними каналами зумовлені внутрішнім резонатором і визначаються з великою точністю. Одночасна дія на всіх довжинах хвиль досягається простим запуском всіх підсилювачів. Конкретна інформація на кожному оптичному λ_t каналі задається шляхом безпосередньої модуляції струму зсуву відповідного підсилювача. Нещодавно була продемонстрована робота БЧЛ, що складається з 16 каналів. Пристрій може забезпечувати потужність 13 дБ/м на канал при введенні в одномодове волокно при одночасній роботі всіх каналів. Кожен канал міг бути модульований із швидкістю 622 Мб/с, демонструючи загальну бітову швидкість 10 Гб/с (16x622 Мб/с). Середній інтервал між каналами складав 200 ГГц. Пряма швидкість модуляції обмежувалася в результаті запізнювання, зв'язаного з часом одного проходу резонатора, і складала 2,5 ГГц. Зменшення розмірів пристрою дозволить отримати більш високу швидкість модуляції.

Порівняння БЧЛ і матриці РЗЗ лазерів дозволило оцінити переваги і недоліки кожного з них. Так, кожен окремий РЗЗ лазер може модулюватися з дуже високою швидкістю, оскільки має короткий резонатор. Крім того, розміри кристала РЗЗ лазера значно менше розмірів БЧЛ, оскільки в цьому випадку відсутні і фокусуєчі ґрати, і хвилеводні матричні ґрати. Однак перевага БЧЛ полягає в тому, що вони дозволяють отримувати спектральне розташування оптичних каналів з високою точністю, обумовленою використанням незалежного фільтру для кожної довжини хвилі, що генерується. На відміну від БЧЛ індивідуальні довжини хвиль, матриці РЗЗ лазерів можуть дрейфувати один щодо одного в результаті старіння. На додаток до недоліків матриці РЗЗ лазерів можна віднести і те, що її внутрішні втрати пропорційні числу каналів, унаслідок чого їх збільшення важке.

На основі проведеного порівняння можна зробити наступні висновки.

Якщо необхідне мале число каналів, кращими виявляються РЗЗ лазери зважаючи на їх компактність. Проте, коли число каналів з різними довжинами хвиль збільшується, контроль за розташуванням оптичних каналів по спектральним інтервалах в БЧЛ може сприяти значному збільшенню недоліків, пов'язаних з

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

його розмірами. Тому, БЧЛ може знайти широке застосування в системах з хвилеводним спектральним ущільненням, що вимагають великого числа каналів з різними довжинами хвиль, але з помірною швидкістю передачі даних в одному каналі. Інтеграція ХСМ/Д і фотоприймачів. Чотирьохканальний демультиплексор з малими втратами монолітно інтегрований з фотодетекторами. Демультиплексор складається з диспергуючої хвилеводної системи, сполученої з планерними фокуруючими областями (рис. 1.8).

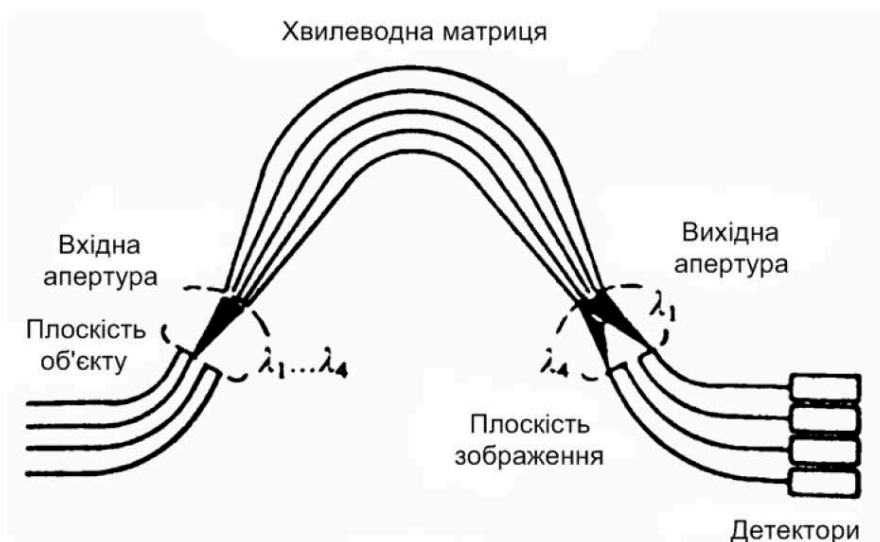


Рисунок 1.8. Демультиплексор з диспергуючою хвилеводною системою, сполученою з планерними фокуруючими областями

У пристрої використовуються гребеневі хвилеводи з поперечною різницею показників переломлення 0,037 і $n_{\text{эфф}}=3,29$. Ширина і висота гребеня складає відповідно 2 і 0,35 мкм. Світло з вихідних хвилеводів поступає на фотодетектори за допомогою пристрою зв'язку, що використовує проникаюче поле. Розміри фотодетектора – 150 x 80 мкм². Внутрішній квантовий вихід був кращий 90 %.

Вимірювання характеристик демультиплексора проводиться за допомогою налаштованого лазерного джерела. Вимірюваний інтервал між каналами складає 1,8 нм. Повна ширина смуги каналу по рівню 0.5 була рівна 0,7 нм. Демультиплексор, монолітно інтегрований з фотодетекторами має втрати 3-4 дБ. Зовнішня чутливість фотодетектора складає 0,12 А/вт. Повні зовнішні втрати, включаючи втрати на зв'язок фотодетектора з хвилеводом, складають 10 дБ, перехресні перешкоди – 12 ... 21 дБ. Пристрій, включаючи фотодетектори і вхідні полоскові хвилеводи, має розміри 3,0 x 2,3 мм².

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

20

1.6 Застосування оптичних циркуляторів в устаткуванні волоконно-оптичних ліній зв'язку

Еволюція розвитку волоконно-оптичних систем передачі (ВОСП) від простих ліній передачі до досконаліших систем з оптичною обробкою сигналу стимулює створення нових оптичних пристроїв, які мають невзаємні властивості, – оптичних ізоляторів (ОІ) і оптичних циркуляторів (ОЦ). У свою чергу застосування таких пристроїв в апаратурі ВОСП дозволяє розширити функціональні можливості і поліпшити характеристики ВОСП. Оптичним циркулятором є пасивний трьох- або чотирьохпортовий оптичний пристрій, який завдяки своїм невзаємним властивостям може розподіляти оптичне випромінювання, що поступає, в різні порти залежно від напрямку розповсюдження випромінювання. Невзаємність властивостей ОЦ обумовлена ефектом невзаємного повороту площини поляризації в магнітовпорядкованих кристалах, зокрема, в кристалах феритів-гранатів.

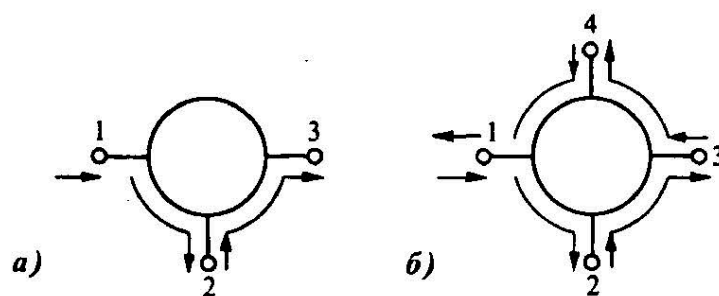


Рисунок 1.9. Схема роботи простого трьохпортового ОЦ Y-типу

Схема роботи простого трьохпортового ОЦ (Y-типу) показана на рис.1.9.а. Оптичне випромінювання, яке поступає через порт 1, виходить через порт 2. Проте випромінювання, що поступає у зворотному напрямі через порт 2, направляється в порт 3, а не в порт 1. Тому при використанні двох сусідніх портів ОЦ функціонує як звичайний ОІ, а при використанні всіх трьох портів може здійснюватися двонаправлена передача по одному волокну.

У загальному випадку ОЦ (X-типу) має чотири порти (рис.1.9.б). Аналогічно попередньому оптичний пучок, що входить через порт 3, виходить через порт 4, а що входить через порт 4, виходить через порт 1. Для більшості застосувань ОЦ достатнє використання перших трьох портів.

На початку ОЦ розроблявся для застосування в якості одного з елементів

оптичного підсилювача, що дозволяє покращити характеристики підсилювача шляхом заміни простих оптичних відгалужувачів на ОЦ. Крім того, використання ОЦ дозволяє реалізувати схему оптичного підсилювача, що працює в режимі "на віддзеркалення".

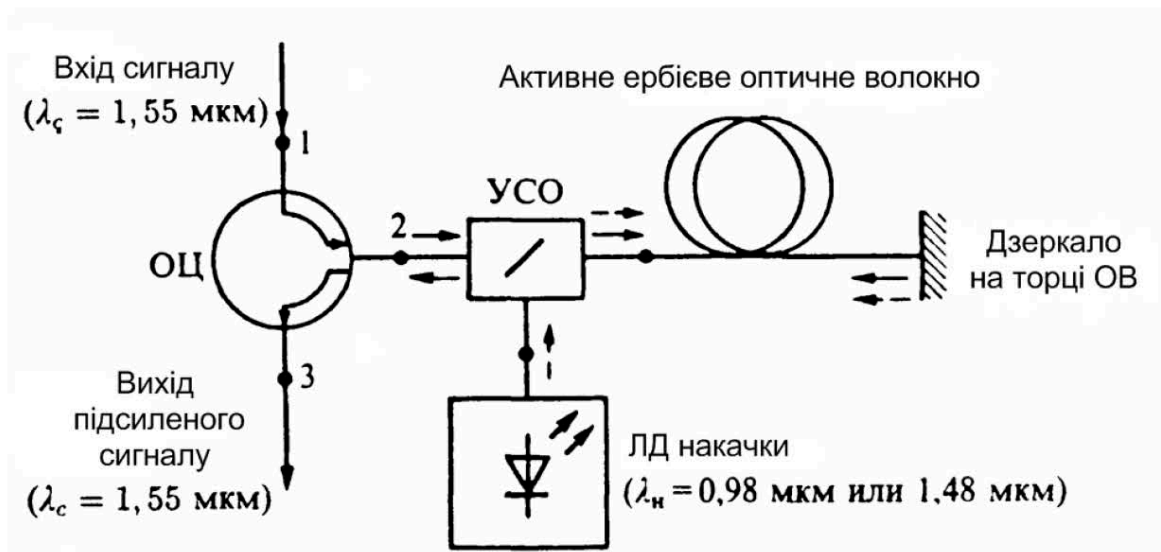


Рисунок 1.10. Схема волоконно-оптичного підсилювача відбивного типу, в якому використовується оптичний циркулятор

Схема волоконно-оптичного підсилювача відбивного типу, в якому використовується оптичний циркулятор, показана на рис.1.10. При такій схемі ефективність дії накачування в активному ербієвому волокні збільшується в два рази.

Після проведеного аналізу слід зазначити, що організація одноволоконного тракту за допомогою ОЦ істотно спрощує виробництво і експлуатацію роз'ємів для польових оптичних кабелів, що вкрай важливо для цифрових багатоканальних систем.

1.7 Вибір виду модуляції оптичних коливань

Для передачі інформації по оптичному волокну необхідна зміна параметрів оптичної несучої залежно від змін початкового сигналу. Цей процес називається модуляцією.

Існує три види оптичної модуляції:

1) Пряма модуляція. При цьому модулюючий сигнал управляє інтенсивністю (потужністю) оптичною несучою. В результаті потужність випромінювання

змінюється за законом зміни модулюючого сигналу (рис.1.12).

2) Зовнішня модуляція. В цьому випадку для зміни параметрів несучої використовують модулятори, виконані з матеріалів, показник заломлення яких залежить від дії або електричного, або магнітного, або акустичного полів. Змінюючи початкові сигнали параметрів цих полів, можна модулювати параметри оптичної несучої (рис.1.11).

3) Внутрішня модуляція. В цьому випадку початковий сигнал управляє параметрами модулятора, введеного в резонатор лазера (рис.1.14).

Для зовнішньої модуляції використовуються електрооптичні (ЕОМ) і акустооптичні (АОМ) модулятори.

Принцип дії ЕОМ заснований на електрооптичному ефекті – зміні показника заломлення ряду матеріалів під дією електричного поля. Ефект, коли показник заломлення лінійно залежить від напруженості поля, називається ефектом Поккельса. Коли величина показника заломлення не лінійно залежить від напруженості електричного поля, то це ефект Керр. Ефект Поккельса спостерігається в деяких анізотропних кристалах, коли ефект Керр у ряді рідин (нітрогліцерині, сірковуглеці).

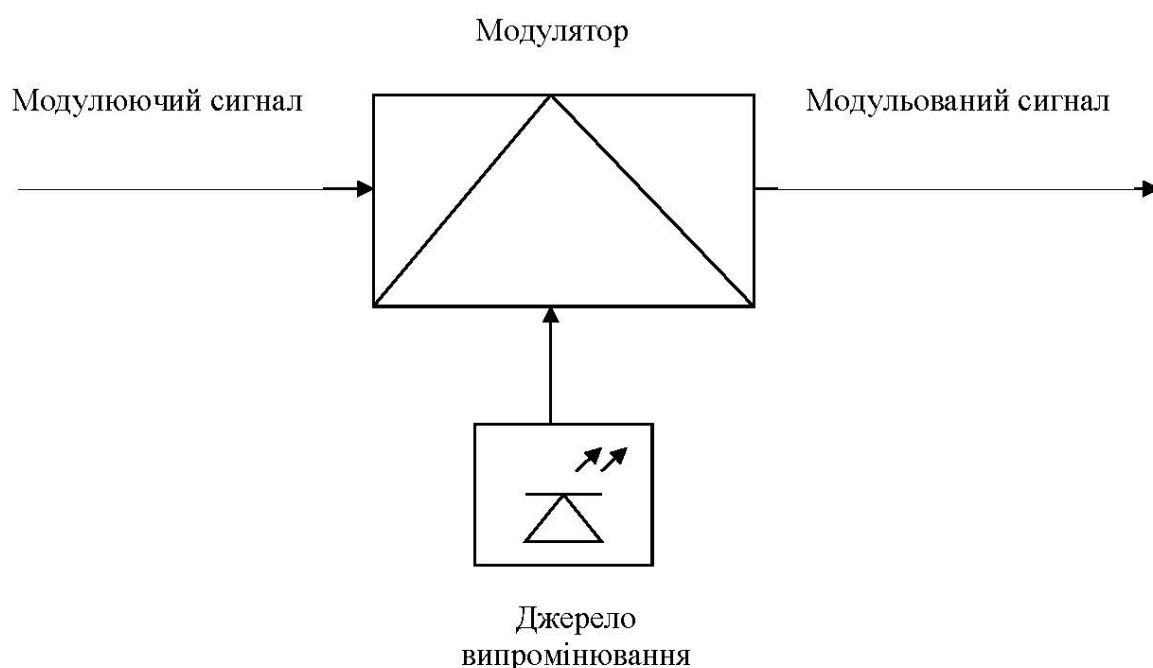


Рисунок 1.11. Зовнішня модуляція

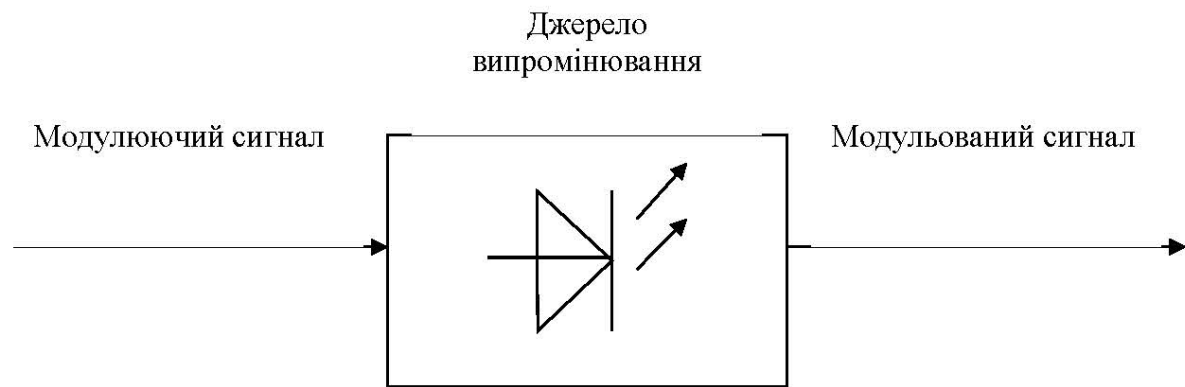


Рисунок 1.12. Пряма модуляція

Акустооптичні модулятори засновані на акустооптичному ефекті – зміні показника заломлення речовини під впливом ультразвукових хвиль. Ультразвукові хвилі збуджуються в речовині за допомогою п'єзокристала, на який подається сигнал від генератора з малим вихідним опором і великою акустичною потужністю.

Найбільш простим з погляду реалізації видом модуляції є пряма модуляція оптичної несучої по інтенсивності на основі напівпровідникового джерела випромінювання. На рис.3.2 представлена схема простого прямого модулятора. Тут початковий сигнал через підсилювач подається на базу транзистора V1, в колектор якого включений випромінювач V2. Пристрій зсуву дозволяє вибрати робочу крапку на ват-амперній характеристиці випромінювача. Саме пряма модуляція використовується на міських мережах зв'язку в системах, таких як «Соната-2» і ІКМ-120.

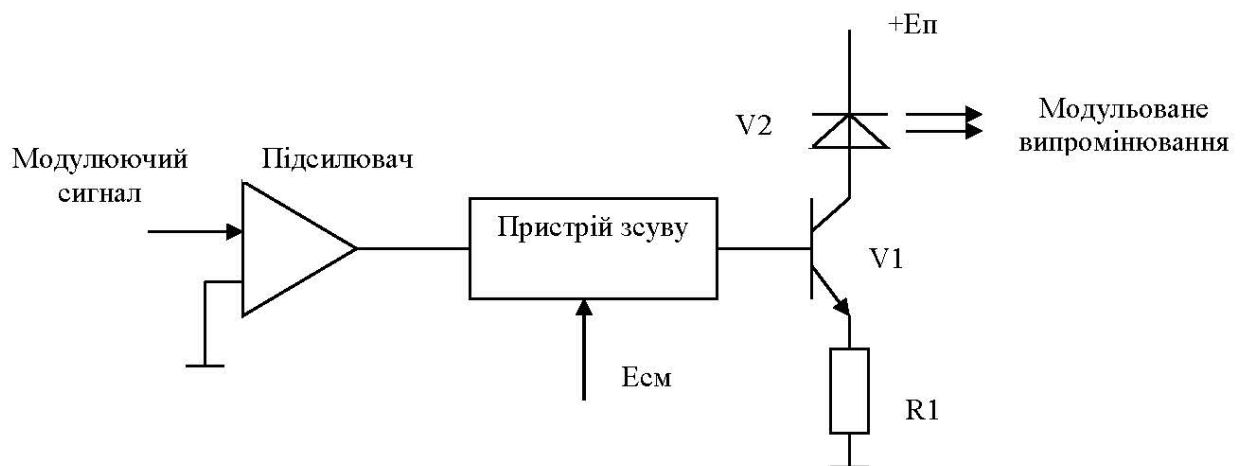


Рисунок 1.13. Схема прямого модулятора

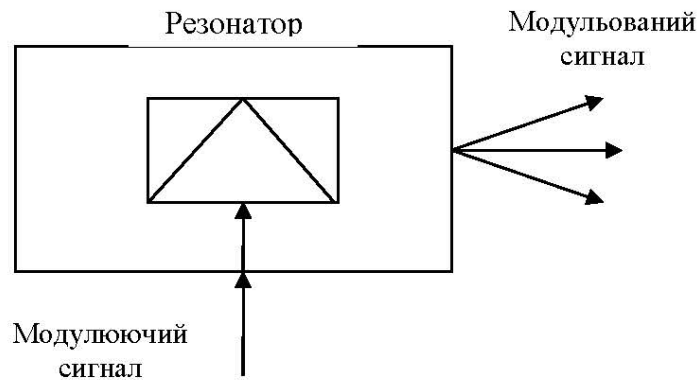


Рисунок 1.14 Внутрішня модуляція

1.8 Розробка структурної схеми оптичного передавача

На рис.1.16 представлена структурна схема оптичного передавача (ОП) з прямою модуляцією несучої. Перетворювач коду ПК перетворює стиковий код в код, використовуваний в лінії, після чого сигнал поступає на модулятор. Схема оптичного модулятора виконується у вигляді передавального оптичного модуля (ПОМ), який окрім модулятора містить схеми стабілізації потужності і частоти випромінювання напівпровідникового лазера або світловипромінюючого діода. Тут модулюючий сигнал через диференціальний підсилювач ДП-1 поступає в прямий модулятор з випромінювачем (МОД). Модульований оптичний сигнал випромінюється в основне волокно ОВ-1. Для контролю потужності випромінюваного оптичного сигналу використовується фотодіод (ФД), на який через допоміжне волокно ОВ-2 подається частина випромінюваного оптичного сигналу. Напруга на виході фотодіода, що відображає всі зміни оптичної потужності випромінювача, посилюється підсилювачем ДП-2 і подається на інвертуючий вхід підсилювача ДП-1. Таким чином, створюється петля негативного зворотного зв'язку, що охоплює випромінювач. Завдяки введенню НЗЗ забезпечується стабілізація робочої точки випромінювача.

При підвищенні температури енергетична характеристика лазерного діода зміщується (рис.1.15), і при відключених ланцюгах стабілізації потужності рівень оптичної потужності при передачі «0» (P_0) і при передачі «1» (P_1) зменшуються, різниця струму зсуву I_b і порогового струму I_p збільшується, а різниця $P_1 - P_0$ зменшується.

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

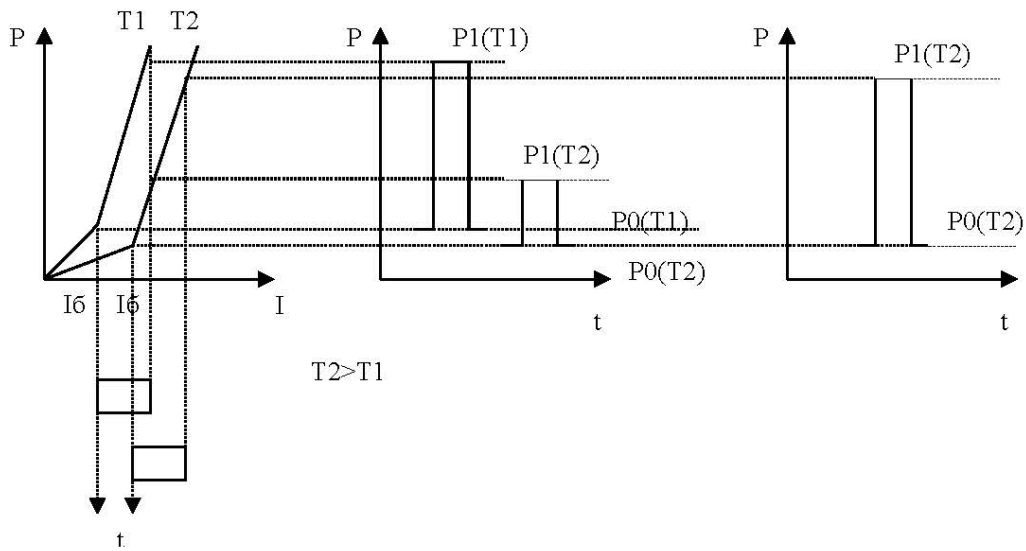


Рисунок 1.15. Принцип роботи ланцюгів стабілізації ПОМ

Після часу встановлення перехідних процесів в ланцюгах стабілізації встановлюються нові значення $I_{\text{б}}$ і $I_{\text{п}}$ і відновлюються колишні значення P_1 - P_0 і $P_{\text{ср}}$. Для зменшення температурної залежності порогового струму в передавальному оптичному модулі є схема термокомпенсації (СТК), що підтримує усередині ПОМ постійну температуру із заданим відхиленням від номінального значення. Сучасні мікрохолодильники дозволяють отримувати відхилення не більш тисячних доль градуса.

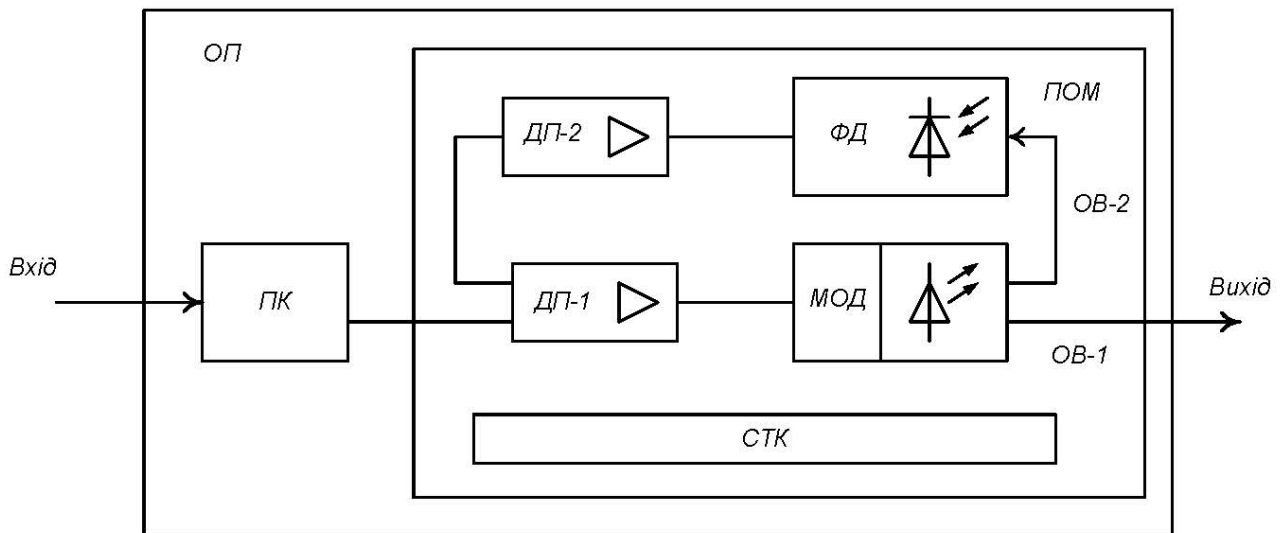


Рисунок 1.16 Структурна схема оптичного передавача

1.9 Розробка структурної схеми оптичного приймача

Структурна схема оптичного приймача (Опр) показана на рис.1.17. Приймач містить фотодетектор (ФД) для перетворення оптичного сигналу в електричний.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ

Малопшумливий підсилювач (МП) призначений для посилення отриманого електричного сигналу до номінального рівня. Посилений сигнал через фільтр (Ф), що формує частотну характеристику приймача, що забезпечує квазіоптимальний прийом, поступає в пристрій лінійної корекції (ЛК). У ЛК компенсуються частотні спотворення електричного ланцюга на стику фотодіода і першого транзистора підсилювача. Після перетворень сигнал поступає на вхід вирішального пристрою (ВП), де під дією тактових імпульсів, що поступають від пристрою виділення тактової частоти (ВТЧ), ухвалюється рішення про прийнятий символ. На виході оптичного приймача є перетворювач коду (ПК), що перетворює код лінійний в стиковий код.

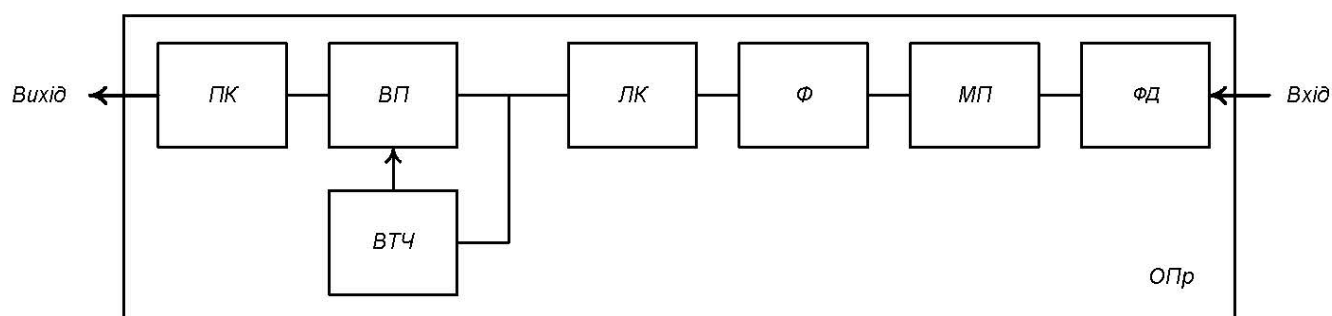


Рисунок 1.17. Структурна схема оптичного приймача

В цифрових мережах передачі ВОСП використовуються для ущільнення сполучних ліній, для яких характерна невелика довжина, що дозволяє відмовитися від устаткування регенераторів. Волоконно-оптичні системи передачі міських мереж будуються на базі стандартного каналоутворюючого устаткування ІКМ, що дозволяє легко модернізувати існуючі сполучні лінії для роботи по оптичному кабелю.

В якості лінійного коду ВОСП використовується код СМІ, який дозволяє виділяти послідовність тактових імпульсів, контролювати величину помилки. Число однойменних наступних один за одним символів не перевищує два-три, що позитивно позначається на стійкості роботи ВОСП.

Практично у всіх волоконно-оптичних системах передачі, розрахованих на широке застосування, в якості джерела випромінювання зараз використовуються напівпровідникові світловипромінюючі діоди і лазери. Для них характерні насамперед малі габарити, що дозволяє виконувати передавальні оптичні модулі в

інтегральному виконанні. Крім того, для напівпровідникових джерел випромінювання характерні невисока вартість і простота забезпечення модуляції.

В якості приймача випромінювання у волоконно-оптичних систем передачі застосовуються лавинні фотодіоди, перевагою яких є висока чутливість. Проте, при використанні лавинних фотодіодів потрібна жорстка стабілізація напруги джерела живлення і температурна стабілізація, оскільки коефіцієнт лавинного множення, а отже фотострум і чутливість ЛФД, сильно залежить від напруги і температури.

Передача оптичних сигналів у ВОСП здійснюється в багатомодовому режимі, оскільки сполучні лінії відносно короткі і дисперсійні процеси в оптичних волокнах незначні. На сьогоднішній день для міської мережі використовуються кабелі маркі ОК що мають чотири або вісім ступінчастих багатомодових волокон.

Найближчими роками потреба в збільшенні числа каналів ростиме. Найбільш доступним способом збільшення пропускної спроможності ВОСП в два рази є передача поодиночі оптичному волокну двох сигналів в протилежних напрямках. Сьогодні на міських мережах зв'язку знаходять застосування одноволоконні ВОСП з оптичними розгалужувачами та із спектральним розділенням.

1.10 Вибір методу побудови структурної схеми одноволоконної ВОСП

Як згадувалося вище, в мережах зв'язку знаходять широке застосування волоконнооптичні системи передачі із спектральним розділенням. Крім того, на низьких швидкостях передачі до 140 Мбіт/с, де спостерігається взаємодія між протинаправленими сигналами через зворотне розсіяння, можуть бути ефективно використані системи з розділенням за часом.

1.10.1 ВОСП на основі різних способів розгалуження оптичних сигналів

Дана група схем включає одноволоконні ВОСП з оптичними розгалужувачами, з оптичними циркуляторами, пристроями спектрального розділення, а також фільтрами розділення мод оптичного випромінювання. На рис. 1.19 показана схема оптичної системи передачі з модуляцією сигналу по інтенсивності, що містить блоки оптичного передавача (ОП), оптичного приймача

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		28

(ОПр), пристрою з'єднання станційного і лінійного кабелю (ПЗСЛК), роз'ємні з'єднувачі (РЗ), пристрої об'єднання і розгалуження оптичних сигналів (ПОРС).

Оптичний передавач (ОП) містить перетворювач коду (ПК), що перетворює стиковий код в код, використовуваний в лінії; підсилювач (ПС), що підсилює електричний сигнал до рівня, необхідного для модуляції напівпровідникового лазера (НЛ); лазерний генератор (ЛГ), що включає пристрій термостабілізації і прямий модулятор; пристрої погодження (ПП) напівпровідникового лазера з оптичним волокном.

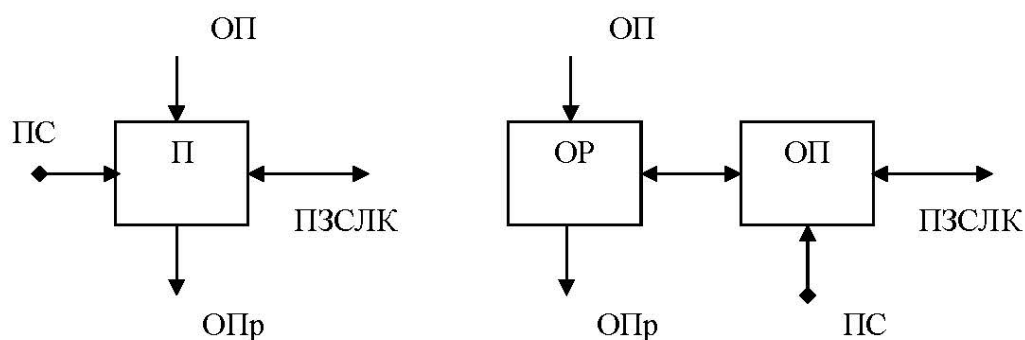


Рисунок 1.18. Пристрої оптичного перемикавання

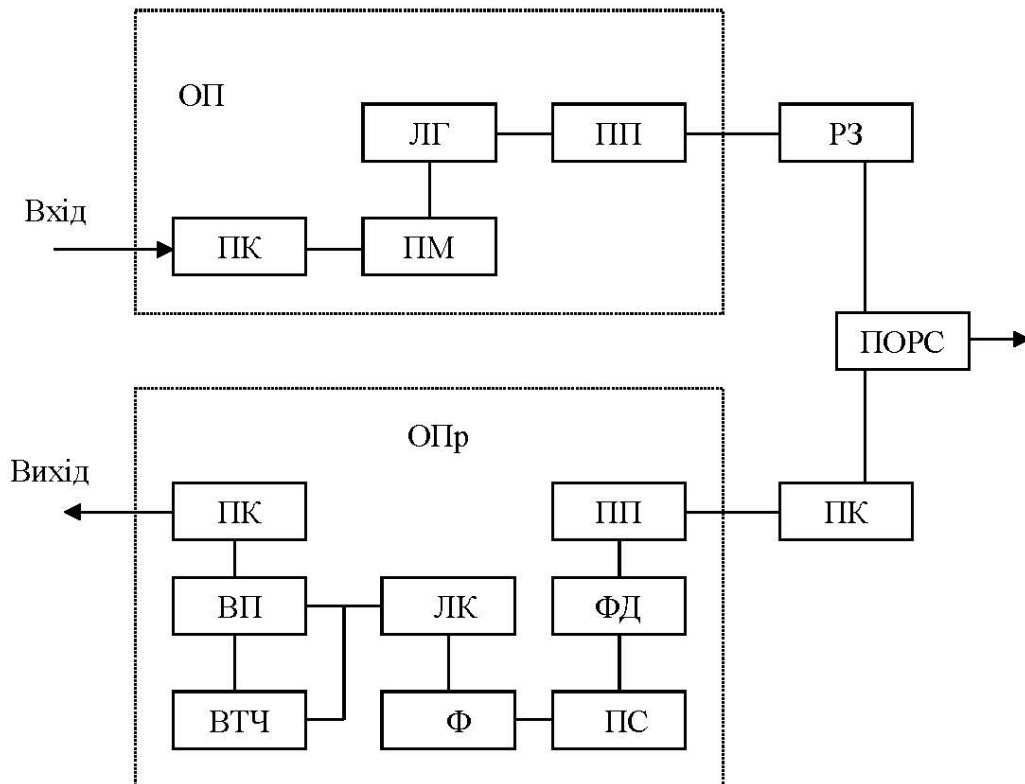


Рисунок 1.19. ВОСП з модуляцією по інтенсивності

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ

Оптичний приймач (Опр) містить пристрої погодження (ПП) оптичного волокна з фотодіодом; фотодетектор (ФД); малошумливий транзисторний підсилювач (ПС); фільтр (Ф), що формує частотну характеристику приймача, що забезпечує квазіоптимальний прийом сигналу; пристрій лінійної корекції (ЛК), компенсуючий частотні спотворення електричного ланцюга на стику фотодіода і першого транзистора підсилювача; вирішальний пристрій (ВП), пристрій виділення тактової частоти (ВТЧ) і перетворювач коду (ПК), що перетворює код лінії в стиковий код.

ПОРС, залежно від типу одноволоконної ВОСП, може бути: оптичний розгалужувач або циркулятор при роботі на одній оптичній частоті в обох напрямках; пристрій спектрального розділення при роботі на різних оптичних частотах; модовий фільтр при роботі на різних модах випромінювання оптичного волокна.

З метою оцінки основних характеристик одноволоконної ВОСП можна використовувати наближені співвідношення для розрахунку довжини регенераційної ділянки (РД).

Максимальна довжина РД волоконнооптичної системи передачі даного типу визначається співвідношенням:

$$l_1 = \frac{E_{mi} - 3e - 2 \cdot \alpha_{p3} - 2 \cdot \alpha_{пзслк} - 2 \cdot \alpha_{порс}}{\alpha_{ов} + \alpha_{нз} / l_6}, \quad (1.2)$$

де E_{mi} – енергетичний потенціал одноволоконної ВОСП, дБ;

$\alpha_{ов}$ – загасання сигналу на одному кілометрі оптичного волокна дБ/км;

$\alpha_{порс}$ – теж саме, в пристрої об'єднання і розгалуження сигналів, дБ;

$\alpha_{пзслк}$ – теж саме, в ПЗСЛК, дБ;

$\alpha_{p3}, \alpha_{нз}$ – теж саме, в роз'ємних і нероз'ємних з'єднувачах, дБ;

l_6 – будівельна довжина оптичного кабелю, км.

При цьому:

$$E_{mi} = E_{mi}' + 10 \lg \left(1 + \frac{P_{шзр}}{P_{ш}} \right), \quad (1.3)$$

де E_{mi} – енергетичний потенціал, дБ, ВОСП за відсутності шуму зворотного розсіяння випромінювання в ОВ;

					КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		30

$R_{шзр/рш}$ – частка шуму зворотного розсіяння в повному шумі на вході вирішального пристрою.

Розрахуємо довжину регенераційної ділянки одноволоконної ВОСП першого типу при наступних початкових даних:

$$E_{mi}=35 \text{ дБ}, Z_e=6 \text{ дБ}, \alpha_{OB}=1 \text{ дБ}, \alpha_{H3}=\alpha_{ПЗСЛК}=0.1 \text{ дБ}, \alpha_{P3}=1 \text{ дБ}, l_6=2 \text{ км}.$$

Так по формулі (1.3), при використанні оптичних розгалужувачів з $\alpha_{ПОРС}=4 \text{ дБ}$:

$$l_1 = \frac{35-6-2 \cdot 1-2 \cdot 0.1-2 \cdot 4}{1+0.1/2} = 17.9 \text{ км}$$

1.10.2 ВОСП, заснована на використанні розділення різноспрямованих сигналів за часом

У другій групі схем для розділення різноспрямованих сигналів за часом використовуються оптичні розгалужувачі, перемикачі і оптичні підсилювачі (ОП). У схемі одноволоконної ВОСП сигналу з модуляцією по інтенсивності, на відміну від першої групи схем, замість ПОРС використані пристрої оптичного перемикання ПОП (рис. 1.18).

Розглядатимемо пристрої оптичного перемикання двох варіантів – оптичні перемикачі (П) і з'єднання оптичного розгалужувача ОР з оптичним підсилювачем ОП. Управляючий сигнал поступає в першому випадку на вхід управляючого перемикача, а в другому – по ланцюгу управління напрямом оптичної хвилі накачування ОП.

Максимальна довжина регенераційної ділянки для другої групи схем визначається співвідношенням:

$$l_2 = \frac{E_{mi}'' - Z_e - 2 \cdot \alpha_{P3} - 2 \cdot \alpha_{ПЗСЛК} - 2 \cdot \alpha_{ПОП}}{\alpha_{OB} + \alpha_{H3}/l_6}, \quad (1.4)$$

де $\alpha_{ПОП}$ – загасання сигналу в ПОП, дБ;

E_{mi}'' – енергетичний потенціал одноволоконної ВОСП, визначуваний співвідношеннями:

- 1) $E_{mi}'' = E_{mi}'$ при використанні оптичних перемикачів (E_{mi}' – енергетичний потенціал звичайної ВОСП з урахуванням спеціального кодування).
- 2) $E_{mi}'' = E_{mi}' - 10 \lg(1 + P_{ШОП}/P_{Ш})$ при використанні ОР з ОП, де $P_{ШОП}$ і $P_{Ш}$ –

потужності еквівалентного шуму на вході оптичного приймача і шуму ОП на його виході, дБ.

Загасання сигналу в пристрої оптичного перемикаччя визначається співвідношеннями:

- 1) $\alpha_{ПОП} = \alpha_{П}$ при використанні оптичного перемикача, де $\alpha_{П}$ – загасання сигналу в оптичному перемикачі;
- 2) $\alpha_{ПОП} = \alpha_{ОР} - K_{ОП}$ при використанні оптичного розгалужувача з оптичним підсилювачем, де $K_{ОП}$ – коефіцієнт посилення ОП, дБ.

Довжина регенераційної ділянки l_2 для приведених вище значень параметрів апаратури і використанні оптичних перемикачів ($\alpha_{ПОП} = 3.5$ дБ), згідно формулі (1.4), складає:

$$l_2 = \frac{35 - 6 - 2 \cdot 1 - 2 \cdot 0.1 - 2 \cdot 3.5}{1 + 0.1/2} = 18.86 \text{ км}$$

На вартість одноволоконної ВОСП другої групи істотно впливає вибір типу пристрою оптичного перемикаччя, особливо у разі використання оптичних підсилювачів. Надійність ВОСП цієї групи, на відміну від розглянутої вище, істотно залежить від надійності ПОП у разі застосування оптичного підсилювача, оскільки для накачування таких підсилювачів застосовуються напівпровідникові лазери.

1.10.3 ВОСП на основі використання різних видів модуляції

Третя група схем одноволоконних ВОСП заснована на використанні різних видів модуляції оптичних і електричних сигналів та відповідних методів обробки сигналів з метою усунення взаємного впливу різноспрямованих сигналів.

У схемі цієї групи (рис. 1.20) застосовані когерентні методи передачі і прийому оптичного сигналу, амплітудна (для одного напрямку передачі) і частотна (для іншого напрямку) модуляція сигналу. На відміну від ВОСП першої групи (рис. 1.18), оптичні передавачі – когерентні (КОП) і містять системи стабілізації оптичної частоти і формування вузької лінії випромінювання (СЧВЛ) та блоки, що забезпечують обробку сигналів із заданою модуляцією.

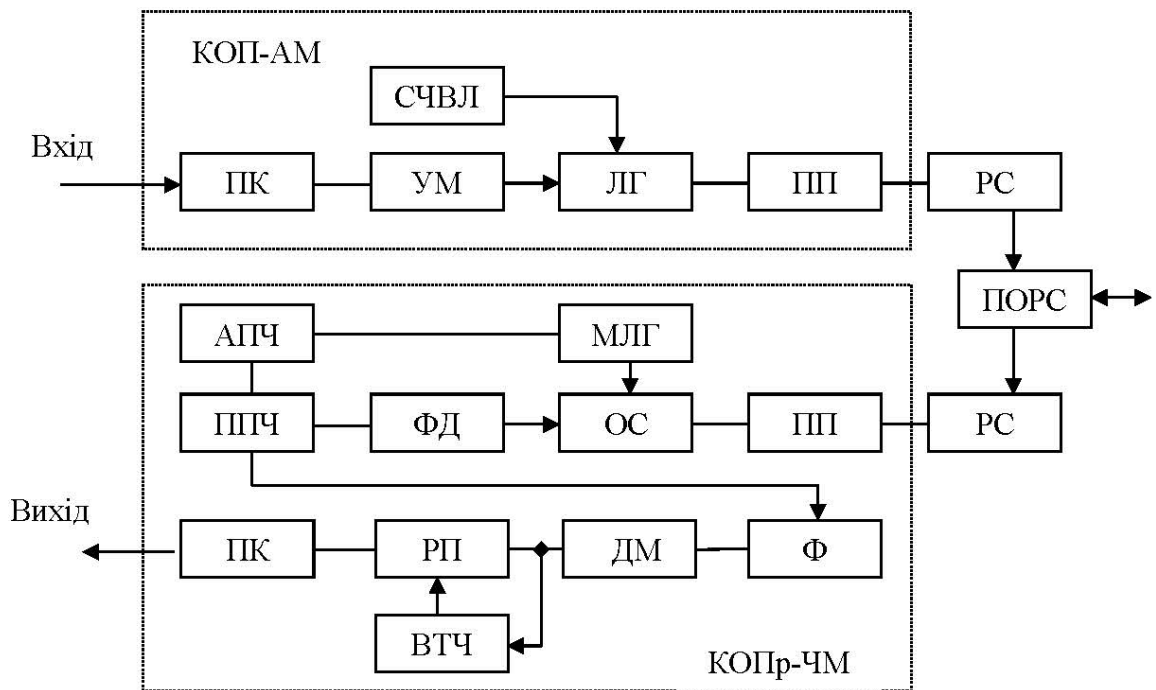


Рисунок 1.20. ВОСП з когерентними методами передачі і прийому

У когерентних оптичних приймачах (КОПр) використовується місцевий лазерний генератор (МЛГ) з вузькою лінією випромінювання і пристрій автоматичного підстроювання його частоти (АПЧ), оптичний суматор (ОС), підсилювач проміжної частоти (ППЧ), а також демодулятор (ДМ), амплітудний або частотний, залежно від виду модуляції сигналу, що приймається. У такій схемі досягається максимальна довжина регенераційної ділянки.

Крім того можлива інша схема одноволоконної ВОСП третьої групи, в якій в одному напрямі передачі використана модуляція по інтенсивності, а в іншому – когерентна модуляція (КОИ-АМ або КОИ-ЧМ) оптичного сигналу.

На рис. 1.21 приведена схема, в якій використана модуляція по інтенсивності оптичних сигналів електричними сигналами, описуваними ортогональними (на тактовому інтервалі) функціями. На відміну від ВОСП першої групи (рис. 1.19), оптичні передавачі таких систем містять генератори ортогональних сигналів (ГОС1 і ГОС2), а в оптичних приймачах використані кореляційні демодулятори (КДМ). Для підстроювання генератора ГОС2 використовується видільник ортогонального сигналу (ВОС) і компаратор (КОМ).

Для передачі інформаційного сигналу може бути використана несуча частота, розташована вище за діапазоном частот, де неістотний вплив зворотного розсіяння

в оптичному волокні на характеристики одноволоконної ВОСП (вище 200 МГц). Таким чином, усувається шум зворотного розсіяння і тим самим підвищується енергетичний потенціал. На відміну від ВОСП першої групи, в даній системі використовуються генератори несучої частоти, смугові фільтри і пристрої відновлення несучої частоти.

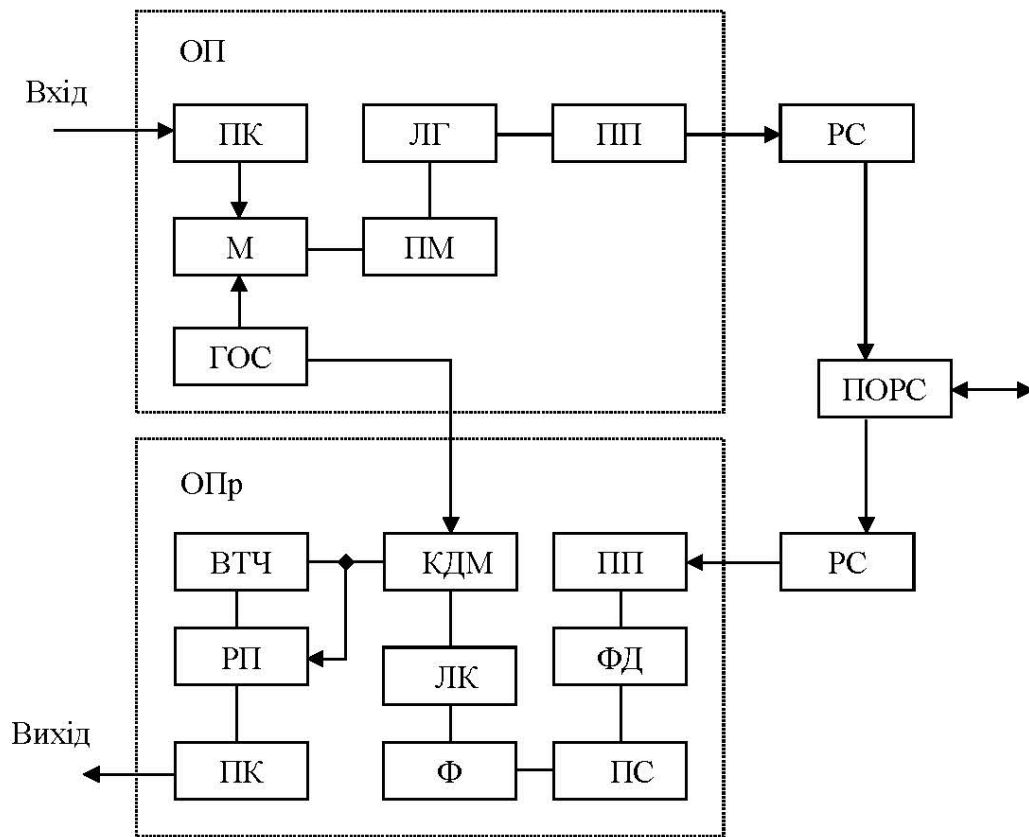


Рисунок 1.21. ВОСП з модуляцією по інтенсивності ортогональними електричними сигналами

Максимальна довжина регенераційної ділянки одноволоконної ВОСП третьої групи визначається виразом:

$$l_3 = \min_{(n)} l_n, \quad (1.5)$$

$$l_n = \frac{E n' - 3e - 2 \cdot \alpha_{РС} - 2 \cdot \alpha_{ПЗСЛК} - 2 \cdot \alpha_{ПОРС}}{\alpha_{ОВ} + \alpha_{НЗ} / l_6}, \quad (1.6)$$

де:

$n=11; 22; 33;$

$E11'$ = $E_{кои-ам}$, $E22'$ = $E_{кои-чм}$, $E33'$ = $E_{мі}$ – енергетичний потенціал когерентних ВОСП з амплітудною і частотною модуляцією і ВОСП з модуляцією по інтенсивності.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

34

На відміну від розглянутих вище одноволоконних ВОСП першої і другої груп, системи даної групи можуть бути несиметричними, а максимальні довжини регенераційних ділянок для передачі у різних напрямках – різними. Зокрема E11' більше E33' на 10..15 дБ, а E22' більше E11' на 3 дБ.

Довжина регенераційної ділянки для напрямку передачі, де використовується КОИ-АМ (E11'=45дБ) і апаратура, що має наведені вище параметри, складає:

$$l_3 = \frac{45-6-2 \cdot 1-2 \cdot 0.1-2 \cdot 4}{1+0.1/2} = 27.43 \text{ км}$$

Вартість когерентних напівпровідникових лазерів і систем стабілізації частоти лазерів, використовуваних у ВОСП третьої групи, поки що висока, що в значній мірі обмежує сферу застосування одноволоконних ВОСП з використанням когерентних методів передачі і обробки сигналу. Показники надійності визначаються головним чином надійністю роботи напівпровідникових лазерів і систем стабілізації їх частоти.

1.10.4 ВОСП з одним джерелом випромінювання

У особливих умовах експлуатації можуть бути використані методи побудови одноволоконних ВОСП по схемі на рис. 1.22. У оптичному передавачі на одному кінці лінії замість напівпровідникового лазера використовується модулятор відбитого випромінювання (МВВ), пристрій зняття модуляції (ПЗМ) і оптичний розгалужувач з великим відношенням потужності на виходах 1 і 2. Більша потужність поступає в МВВ, а менша – в оптичний приймач. У оптичному передавачі прийнятий сигнал піддається модуляції другим інформаційним сигналом і через ПОРС поступає в оптичний кабель і далі в оптичний приймач на іншому кінці лінії.

Такі ВОСП можуть бути використані в екстремальних умовах експлуатації на одному кінці лінії, оскільки напівпровідникові лазери надзвичайно чутливі до нестабільності умов експлуатації.

Максимальна довжина регенераційної ділянки одноволоконної ВОСП значно менше, ніж у систем, описаних вище, і визначається співвідношенням:

$$l_4 = 1/2 \frac{E_{mi}' - 3e - 4 \cdot \alpha_{PC} - 4 \cdot \alpha_{ПЗСЛК} - 4 \cdot \alpha_{ПОРС} - 4 \cdot \alpha_{OP1} - \alpha_{МВВ}}{\alpha_{OB} + \alpha_{H3}/l_6}, \quad (1.7)$$

					КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

де α_{OP1} , α_{MBB} – відповідне загасання сигналу в ОР на виході 1 і в МВВ, дБ.

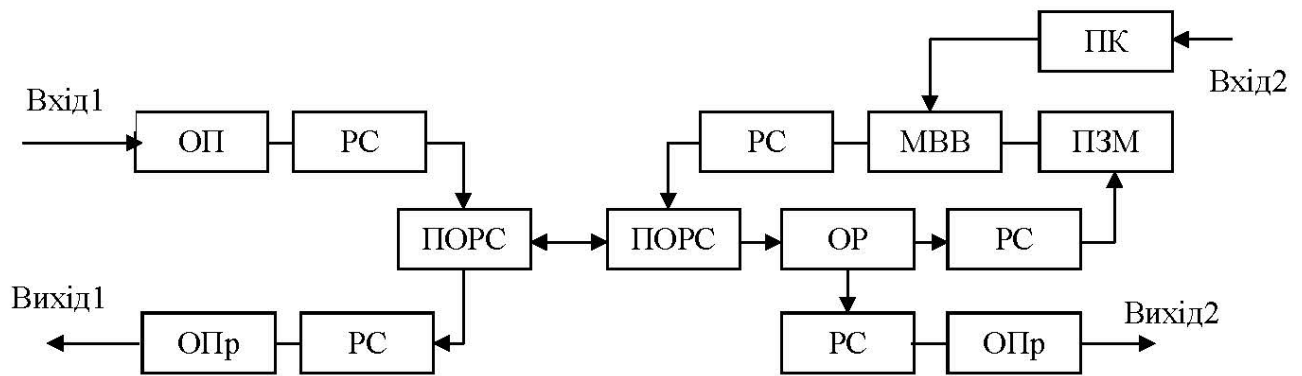


Рисунок 1.22. ВОСП з одним джерелом випромінювання

Довжина l_4 для $\alpha_{OP1}=1$ дБ, $\alpha_{MBB}=3$ дБ і наведених вище значень інших параметрів апаратури згідно формулі (1.7) складає:

$$l_4 = \frac{35-6-4\cdot 1-4\cdot 0.1-4\cdot 4-1-3}{1+0.1/2} = 4.38 \text{ км}$$

Показники надійності одноволоконної ВОСП в даному випадку визначаються головним чином надійністю оптоелектронних елементів устаткування, що знаходяться в екстремальних умовах експлуатації.

1.11 Розробка остаточної структурної схеми передавача

При проектуванні одноволоконних оптичних систем передачі з оптимальними характеристиками вибір структурної схеми системи і використовуваних технічних засобів визначається критеріями оптимальності. Якщо критерієм є мінімальна вартість, то в оптимальній системі повинні використовуватися оптичні розгалужувачі. Максимальна довжина регенераційної ділянки вимагає застосування оптичних циркуляторів, перемикачів, оптичних підсилювачів, когерентних методів передачі сигналу. Вимоги високої надійності і стійкості до зовнішніх дій визначають вибір системи з оптичним джерелом на одному кінці лінії, а вимога максимального об'єму передаваної інформації – системи із спектральним розділенням або з когерентними методами передачі.

З урахуванням того, що проектуваний оптичний передавач призначений для використання на сполучних лініях в цифровій багатоканальній системі, для нього характерні наступні критерії оптимальності:

- 1) Мінімальна вартість і простота реалізації;
- 2) Довжина регенераційної ділянки не менше 8 км.;

Якнайкращим варіантом реалізації одноволоконної ВОСП, з погляду приведених критеріїв оптимальності, є схема волоконнооптичної системи зв'язку з модуляцією по інтенсивності, із застосуванням оптичних циркуляторів. Дана схема відрізняється простотою реалізації оптичного передавача і приймача, невисокою вартістю пристроїв об'єднання і розгалуження оптичних сигналів (оптичних циркуляторів). Схема забезпечує довжину регенераційної ділянки до 18 км., що задовольняє наведеним вище критеріям оптимальності.

Структурна схема оптичного передавача представлена на рис 1.23. Сигнал у кодї HDB від цифрової системи розділення каналів надходить на перетворювач коду (ПК), в якому код HDB перетворюється в лінійний код оптичної системи передачі СМІ. Отриманий електричний сигнал поступає на підсилювач (ПС), що складається з двох каскадів: попереднього каскаду посилення (ПКП) і кінцевого каскаду посилення (ККП), де посилюється до рівня, необхідного для модуляції оптичної несучої. Посилений сигнал поступає на прямий модулятор (МОД), що складається з пристрою зсуву (ПЗ), що служить для завдання робочої точки випромінювача і, власне модулятора, зібраного по класичній схемі з напівпровідникового оптичного випромінювача і транзистора. Для забезпечення стабільності роботи випромінювача, в схему лазерного генератора (ЛГ) введені пристрій зворотного зв'язку (ПЗЗ) і система термостабілізації (СТС). З виходу модулятора оптичний сигнал, що модулюється по інтенсивності цифровим електричним сигналом в кодї СМІ, надходить на пристрій узгодження напівпровідникового випромінювача з оптичним волокном (ПУ).

У даному підрозділі був обраний спосіб організації одноволоконного оптичного тракту на основі критеріїв оптимальності і розроблено структурну схему оптичного передавача для обраного способу побудови ВОСП.

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		37

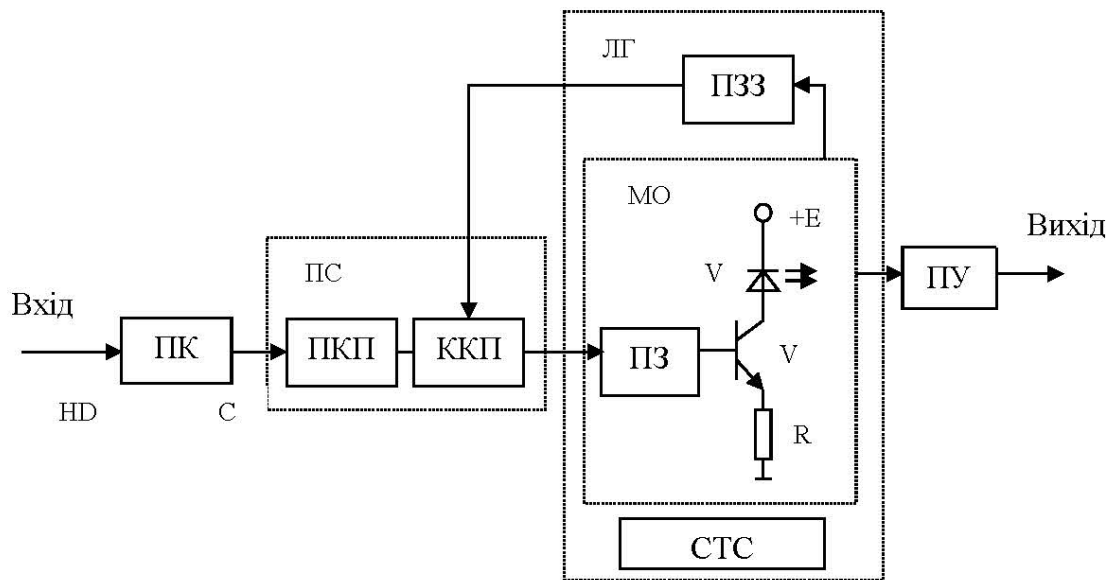


Рисунок 1.23. Остаточна структурна схема оптичного передавача

Найкращим варіантом реалізації одноволоконної ВОСП для сполучної мережі в цифровій багатоканальній системі, таким чином, є схема системи зв'язку з модуляцією по інтенсивності, із застосуванням оптичних розгалужувачів. Дана схема відрізняється простотою реалізації оптичного передавача і приймача, невисокою вартістю пристроїв об'єднання і розгалуження оптичних сигналів (оптичних розгалужувачів). Схема забезпечує довжину регенераційної ділянки до 18 км. Дана схема найкращим чином задовольняє вимогам, що пред'являються до проєктованого оптичного передавача:

- 1) Мінімальна вартість і простота реалізації;
- 2) Довжина регенераційної ділянки не менше 8 км.;

У наступному підрозділі на основі структурної схеми передавача розроблятиметься його принципова схема і буде проведено електричний розрахунок основних вузлів.

1.12 Визначення технічних вимог та формування функціональної схеми передавача

Першим етапом при проєктуванні принципової схеми передавального пристрою ВОСП є вибір типу і марки оптичного випромінювача виходячи з вимог, що пред'являються до його технічних характеристик. До основних технічних характеристик випромінювачів відносяться:

- потужність випромінювання;

- довжина хвилі випромінювання;
- ширина спектру випромінювання;
- частота модуляції;
- струм накачування;
- пороговий струм.

Для правильного вибору оптичного випромінювача насамперед слід задатися вірним значенням потужності випромінювання. Для цього необхідно визначити необхідну оптичну потужність на виході оптичного передавального пристрою. Остаточне рішення про вибір тієї або іншої марки випромінювача ухвалюється на підставі відповідності технічних характеристик приладу необхідній довжині хвилі випромінювання, ширині спектру випромінювання і часу наростання потужності оптичного сигналу.

Другим етапом є вибір транзистора V2 в схемі прямого модулятора (МОД) і розрахунок модулятора (рис. 1.24). Транзистор обирають виходячи з характеристик визначеного на попередньому етапі оптичного випромінювача, а саме струму накачування і порогового струму. При цьому необхідно враховувати максимально допустиму потужність транзистора і його граничну частоту. Потім задається робоча точка і проводиться розрахунок елементів схеми модулятора.

На третьому етапі необхідно розрахувати погоджувальний підсилювач (ППС). Тут представляється доцільним використання швидкодіючого операційного підсилювача, включеного по схемі перетворювача напруга-струм (рис. 1.24). Потрібно правильно вибрати тип операційного підсилювача відповідно до необхідної верхньої частоти і розсіюваної потужності, а також розрахувати елементи схеми перетворювача напруга-струм.

Четвертий етап – організація пристрою автоматичного регулювання рівня оптичного сигналу на виході передавального пристрою (АРР). Для цього використовуватиметься фотодіод V3, підключений до одного з полюсів направлено оптичного відгалужувача ОВ і детектор АРР, виконаний на інтегральній схемі К175ДА1 (рис. 1.24).

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

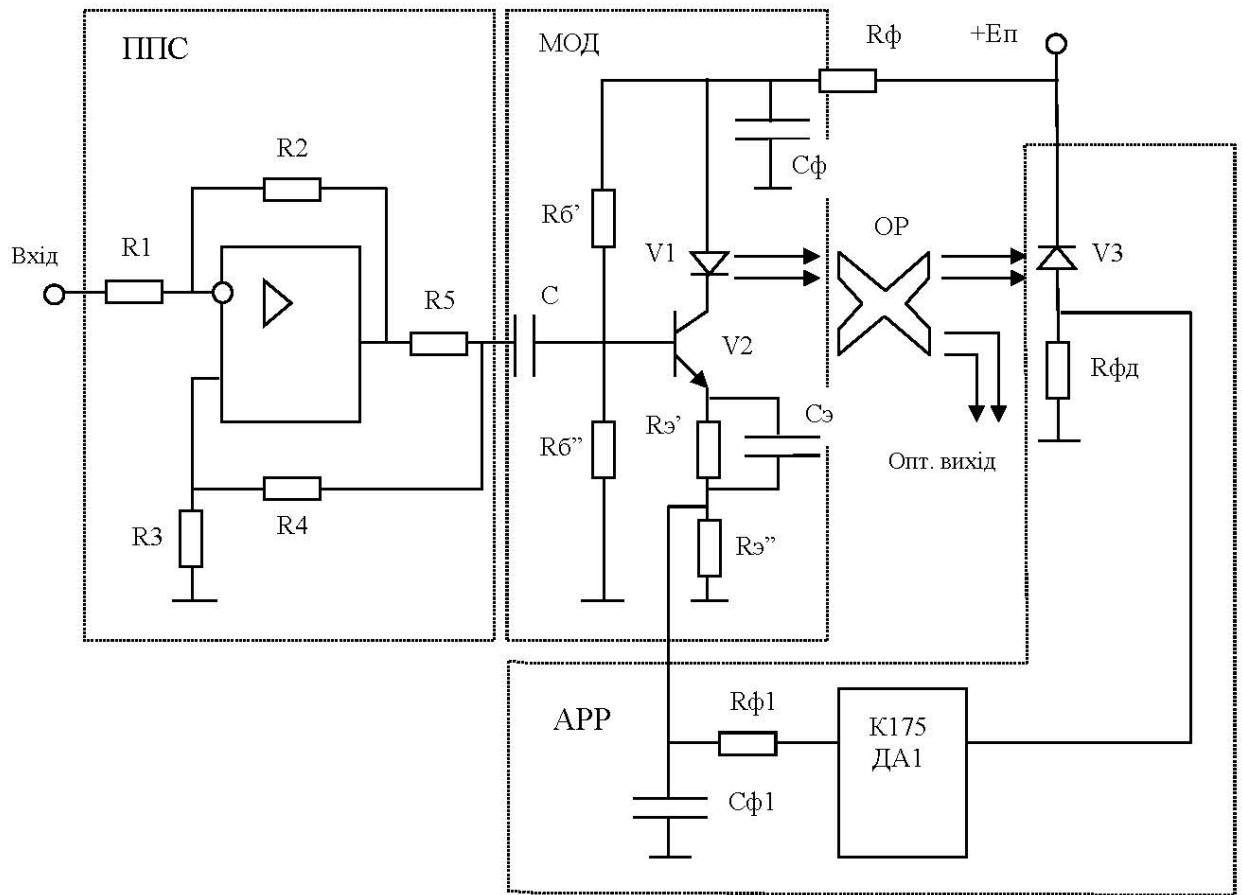


Рисунок 1.24. Функціональна схема оптичного передавального пристрою

1.13 Розрахунок потужності випромінювання передавача і вибір типу випромінювача

Значення різниці потужності на виході оптичного випромінювача і на вході оптичного приймача повинно перевищувати максимальне загасання, що вноситься станційними і лінійними спорудами на ділянці передавач – приймач. Приймальні оптичні модулі, що існують в даний час, забезпечують достатньо низький рівень прийому. Приймальний пристрій системи «Соната-2» забезпечує рівень прийому 10^{-2} мкВт (-50дБ). Надалі, для розрахунків, використовуватимемо це значення як типове.

Для проектованої одноволоконної системи зв'язку загасання ділянки складе:

$$\alpha = 1 \cdot \left(\alpha_{ОВ} + \frac{\alpha_{НЗ}}{l_6} \right) + 2 \cdot \alpha_{РЗ} + 2 \cdot \alpha_{ПЗСЛК} + 2 \cdot \alpha_{ПОРС} \quad (1.7)$$

де $l=8$ км – довжина ділянки;

$\alpha_{ОВ}=5$ дБ/км – загасання сигналу на одному кілометрі оптичного волокна;

$\alpha_{ПОРС}=2$ дБ – те ж саме, в пристрої об'єднання і розгалуження сигналів;

$\alpha_{ПЗСЛК}=1 \text{ дБ}$ – теж саме, в пристрої ПЗСЛК;

$\alpha_{РЗ}=1 \text{ дБ}$, $\alpha_{НЗ}=0.5 \text{ дБ}$ – теж саме, в роз'ємних і нероз'ємних з'єднувачах;

$l_6=1 \text{ км}$ – будівельна довжина оптичного кабелю.

$$\alpha = 1 \cdot \left(5 + \frac{0.5}{1}\right) + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 2 = 52 \text{ дБ.}$$

Тоді мінімальний рівень потужності:

$$P_{пер\text{}_{мін}} \text{ дБ} = P_{пр} + \alpha = -50 + 52 = 22 \text{ дБ}$$

або:

$$P_{пер\text{}_{мін}} = 10^{0.1 \cdot P_{пер\text{}_{мін}} \text{ дБ}} \cdot 1 \text{ мВт} = 10^{0.1 \cdot 22} \cdot 1 = 1.585 \text{ мВт}$$

де $P_{пр} = -50 \text{ дБ}$ – рівень оптичного сигналу на прийомі.

Тобто потужність випромінювання на виході передавального модуля повинна бути не менше 1.5 мВт. Крім того, джерело випромінювання повинне працювати на довжині хвилі 1.3 і 1.55 мкм і забезпечувати частоту модуляції не менше 8.5 МГц. Зважаючи на вищесказане, зупинимося на виборі напівпровідникового лазерного випромінювача 5С-1300, структури МОСVD. Його технічні характеристики:

Довжина хвилі λ :	1270 – 1300 Нм
Потужність випромінювання Р:	5 мВт
Струм накачування I_n :	50 мА
Робоча напруга U_p :	1,5 В
Пороговий струм I_n :	30 мА
Розходимість пучка:	$20^\circ - 35^\circ$
Ширина спектру:	3 нм
Діапазон робочих температур:	$-40^\circ - +60^\circ \text{ С.}$

1.14 Вибір транзистора і розрахунок опорів в схемі прямого модулятора

При виборі транзистора керуватимемося наступними вимогами до його технічних характеристик:

- Постійний струм колектору не менше 120 мА;
- Частота зрізу не менше 8.5 МГц;

Приведеним вимогам задовольняє кремнієвий n-p-n транзистор КТ660Б. Даний транзистор призначений для застосування в перемикальних і імпульсних пристроях, в ланцюгах обчислювальних машин, в генераторах електричних коливань і має наступні електричні параметри:

- Статичний коефіцієнт передачі $h_{21э}$ струму в схемі з спільним емітером при $U_{кб}=10В$, $I_{э}=2$ мА: $h_{21эмин} = 200$, $h_{21эмакс} = 450$;
- Напряга насичення колектор – емітер $U_{кэнас}$ при $I_{к}=500$ мА, $I_{б}=50$ мА, не більш: 0.5 В;
- Напряга насичення колектор – емітер $U_{кэнас}'$ при $I_{к}=10$ мА, $I_{б}=1$ мА, не більш: 0.035 В;
- Напряга насичення база – емітер $U_{бэнас}$ при $I_{к}=500$ мА, $I_{б}=50$ мА, не більш: 1.2 В;
- Ємкість колекторного переходу $C_{к}$ при $U_{кб}=10$ В, не більш: 10 пФ;
- Зворотний струм колектора $U_{кобр}$ при $U_{кб}=10$ В, не більш: 1 мкА;
- Зворотний струм емітера $U_{эобр}$ при $U_{бэ}=4$ В, не більш: 0.5 мкА;

Граничні експлуатаційні дані:

- Постійна напряга колектор – база $U_{кбмах}$: 30 В;
- Постійна напряга колектор – емітер $U_{кэмах}$ при $R_{бэ}<1$ кОм: 30 В;
- Постійна напряга колектор–емітер $U_{кэмах}$ при $I_{э} = 10$ мА: 25 В;
- Постійна напряга база–емітер $U_{бэмах}$: 5 В;
- Постійний струм колектора $I_{кмах}$: 800 мА;
- Постійна розсіювана потужність колектора $P_{мах}$: 0.5 Вт.

Далі треба задати режим роботи транзистора (робочу крапку). Для вибору режиму використовується сімейство вихідних характеристик транзистора для схеми із спільним емітером, параметром яких є струм бази. При цьому повинна виконуватися наступна умова для напруги спокою колектору: $U_{кэо} \leq 0.45 \cdot U_{кэмах}$. Нехай (з урахуванням приведеної умови) $U_{кэо}=6$ В. Оскільки для модуляції напівпровідникового лазера необхідний пороговий струм 40 мА, то $I_{ко}=40$ мА, тоді струм спокою бази $I_{бо}=0.135$ мА. Оскільки максимальний струм накачування лазера 120 мА, то максимальний струм колектору складе $I_{км}=120$ мА, тоді

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		42

$U_{кэм}=1.7$ В і $I_{бм}=0.47$ мА. По вхідних характеристиках транзистора визначимо напругу бази спокою $U_{бо}=0.71$ В і амплітудне значення $U_{бм}=0.74$ В.

Таким чином, режим роботи транзистора визначається наступними параметрами:

- напруга спокою колектору: $U_{кэо}=6$ В;
- струм спокою колектору: $I_{ко}=40$ мА;
- струм спокою бази: $I_{бо}=0.135$ мА;
- напруга спокою бази: $U_{бо}=0.71$ В;
- амплітуда струму бази: $I_{бм}=0.47$ мА;
- амплітуда напруги на колекторі: $U_{кэм}=1.7$ В;
- амплітуда струму колектору: $I_{км}=120$ мА;
- амплітуда напруги на базі: $U_{бм}=0.74$ В.

Задавши режим роботи транзистора, перейдемо до розрахунку елементів схеми модулятора (рис. 1.25). Тут транзистор включено по схемі із спільним емітером, а напівпровідниковий лазер знаходиться в ланцюзі колектору.

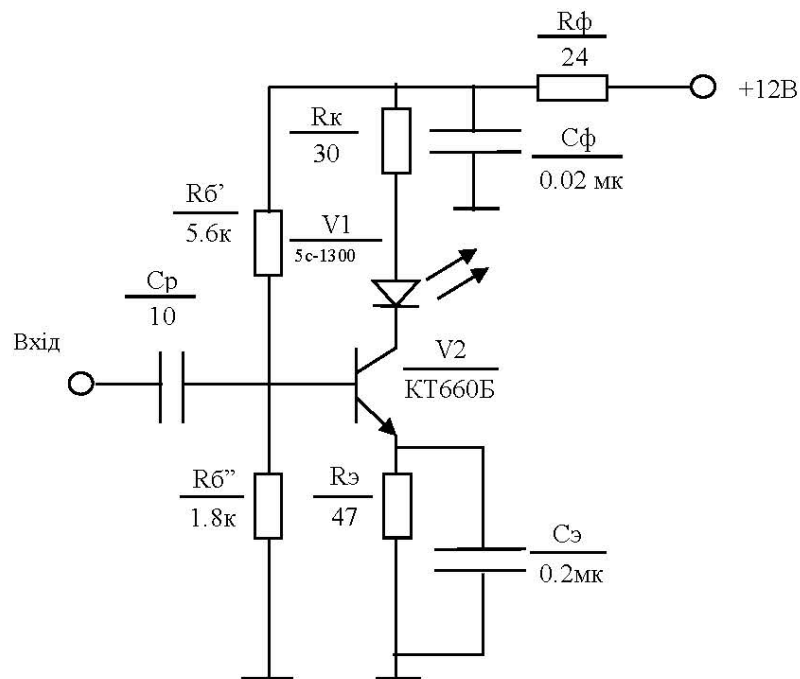


Рисунок 1.25. Принципова схема оптичного модулятора

Падіння напруги в емітерному ланцюзі повинне задовольняти умові:

$$U_{Rэ} = 0.15 \cdot E_{л}, \quad (1.8)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

43

де E_{II} – напруга живлення модулятора.

Заданою стандартною напругою живлення $E_{II}=12$ В, тоді:

$$U_{R_3} = 0.15 \cdot 12 = 1.8 \text{ В}$$

Опір R_3 розраховується по формулі:

$$R_3 = \frac{U_{R_3}}{I_{KO} + I_{BO}} = \frac{1.8}{(40 + 0.135) \cdot 10^{-3}} = 44.85 \text{ Ом}$$

Струм діляника I_D має не менше, чим в шість разів перевищувати струм спокою бази I_{BO} :

$$I_D = 10 \cdot I_{BO} = 10 \cdot 0.135 = 1.35 \text{ мА}$$

Співвідношення між напругою на емітерному опорі і опорі фільтру можна розподілити по-різному. Для забезпечення глибшої стабілізації режиму краще узяти $U_{R_3} \geq U_{\phi}$.

Нехай: $U_{R_{\phi}} = 1$ В.

Тоді опір фільтру визначається таким чином:

$$R_{\phi} = \frac{U_{R_{\phi}}}{I_{KO} + I_{BO} + I_D} = \frac{1}{(40 + 0.135 + 1.35) \cdot 10^{-3}} = 24.11 \text{ Ом}$$

Падіння напруги на опорі діляника $R_{\beta''}$ дорівнює сумі падіння напруги на опорі в ланцюзі емітера і напрузі зсуву на базі транзистора:

$$U_{R_{\beta''}} = U_{R_3} + U_{\beta_0} = 1.8 + 0.71 = 2.51 \text{ В}$$

Тоді опір діляника $R_{\beta''}$:

$$R_{\beta''} = \frac{U_{R_{\beta''}}}{I_D} = \frac{2.51}{1.35 \cdot 10^{-3}} = 1.86 \text{ КОМ}$$

Аналогічно знайдемо опір $R_{\beta'}$:

$$R_{\beta'} = \frac{E_{II} - U_{R_{\beta''}} - U_{R_{\phi}}}{I_D + I_{BO}} = \frac{12 - 2.51 - 1}{(1.35 + 0.135) \cdot 10^{-3}} = 5.72 \text{ КОМ}$$

Для схеми з емітерною стабілізацією напруга живлення розподіляється між трьома резисторами вихідного ланцюга (R_3 , R_k , R_{ϕ}), лазерним випромінювачем і транзистором:

$$E_{II} = U_{K_{\beta 0}} + U_{R_3} + U_{R_k} + U_{R_{\phi}} + U_{\Delta}, \quad (1.9)$$

де $U_{\Delta} = 2$ В – падіння напруги на напівпровідниковому лазері;

$U_{R_{\phi}}$ – падіння напруги на опорі в ланцюзі колектору.

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44

Звідси:

$$U_{R_k} = E_{II} - U_{кээ} - U_{Rэ} - U_{Rф} - U_{\phi} = 12 - 6 - 1.8 - 1 - 2 = 1.2 \text{ В}$$

Тоді опір в ланцюзі колектору рівний:

$$R_k = \frac{U_{R_k}}{I_{кО}} = \frac{1.2}{40 \cdot 10^{-3}} = 30 \text{ Ом}$$

1.15 Розрахунок погоджувального підсилювача

Тут в якості підсилювального елемента передбачається використовувати швидкодіючий операційний підсилювач, включений по схемі перетворювача напруга – струм (відомий також як підсилювач з комплексною крутизною передачі). Функціональна схема погоджувального підсилювача представлена на рис. 1.24 (функціональна група ППС). Резистор R5, що відбирає струм, призначений для забезпечення зворотного зв'язку на позитивний вхідний затиск.

Значення опору R5 визначається на основі наступної умови:

$$R_5 = \frac{R_H}{10}, \quad (1.10)$$

де R_H – опір навантаження підсилювача.

Опором навантаження підсилювача є вхідний опір прямого модулятора і він дорівнює паралельному з'єднанню опорів діляника R_d (з двох паралельно сполучених опорів в ланцюзі бази $R_{б'}$ і $R_{б''}$) і вхідного опору транзистора $R_{ВХЭ}$.

$$R_H = \frac{R_{ВХЭ} \cdot R_d}{R_{ВХЭ} + R_d}, \quad (1.11)$$

Опір входу транзистора визначається наступним співвідношенням:

$$R_{ВХЭ} = \frac{U_{БМ} - U_{БО}}{I_{БМ} - I_{БО}} = \frac{0.74 - 0.71}{(0.47 - 0.135) \cdot 10^{-3}} = 89.55 \text{ Ом}, \quad (1.12)$$

Опір діляника:

$$R_d = \frac{R'_B \cdot R''_B}{R'_B + R''_B} = \frac{5.72 \cdot 10^3 \cdot 1.86 \cdot 10^3}{(5.72 + 1.86) \cdot 10^3} = 1.40 \text{ КОм}$$

Тоді опір навантаження підсилювача дорівнює:

$$R_H = \frac{R_{ВХЭ} \cdot R_d}{R_{ВХЭ} + R_d} = \frac{89.55 \cdot 1.4 \cdot 10^3}{89.55 + 1.4 \cdot 10^3} = 84.18 \text{ Ом}, \quad (1.13)$$

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		45

Таким чином, опір R5:

$$R5 = \frac{R_H}{10} = \frac{84.18}{10} = 8.42 \text{ Ом}, \quad (1.14)$$

Амплітудне значення падіння напруги на опорі R5:

$$\Delta U_{R5} = (I_{BM} - I_{BO}) \cdot R5 = (0.47 - 0.135) \cdot 10^{-3} \cdot 8.42 = 3 \text{ мВ}$$

Потрібний від схеми коефіцієнт посилення дорівнює відношенню амплітуди вихідної напруги (напруга ΔU_{R5}) до амплітуди вхідної напруги. Оскільки на вхід погоджувального підсилювача сигнал поступає з перетворювача коду, зібраного на мікросхемах серії ТТЛ з рівнями логічного нуля і одиниці відповідно 0.7 і 5 В, то амплітуда вхідного сигналу складе $\Delta U_{ВХ} = 5 - 0.7 = 4.3 \text{ В}$.

Тоді коефіцієнт посилення схеми складе:

$$K = \frac{\Delta U_{R5}}{\Delta U_{ВХ}} = \frac{0.003}{4.3} = 6.56 \cdot 10^{-4}$$

Зазвичай номінали резисторів R1, R3 і R4 вибираються однаковими, при цьому кожен з них повинен перевищувати опір R5 не менше чим в 20 разів.

Набудемо відповідно до цієї умови наступних значень опорів:

$$R1 = R3 = R4 = 2000 \cdot R_H = 2000 \cdot 84.18 = 168.36 \text{ КОм}$$

Опір R2 задає коефіцієнт посилення схеми і визначається таким чином:

$$R2 = R1 \cdot K = 168.36 \cdot 10^3 \cdot 6.56 \cdot 10^{-4} = 110.41 \text{ Ом}$$

В даний час створений ряд швидкодіючих операційних підсилювачів (ОП). Якнайкращі якості з погляду автора має операційний підсилювач КР140УД11. Даний прилад виконаний за планарно-епітаксіальною технологією з ізольованим р-п переходом, має швидкість наростання вихідної напруги 50 В/мкс і частоту одиничного посилення 15 Мгц. Крім того, за рахунок оригінальної схеми ОП відрізняється високою стабільністю параметрів у всьому діапазоні живлячої напруги від ± 5 до $\pm 16 \text{ В}$.

Швидкодіючі підсилювачі менш стійкі в порівнянні з універсальними ОП, тому для запобігання генерації в схемі необхідно зменшити паразитну ємність між виходом ОП і його інвертуючим входом. Для зменшення вказаної ємності застосовують зовнішні ланцюги корекції, склад яких залежить від завдання, яке вирішує операційний підсилювач. У нашому випадку використовуватимемо

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

стандартну схему частотної корекції, призначену для збільшення швидкості наростання вихідної напруги.

1.16 Розрахунок пристрою автоматичного регулювання рівня оптичного сигналу

Пристрій автоматичного регулювання рівня оптичного сигналу на виході передавального пристрою повинен забезпечувати стабілізацію середньої потужності лазерного випромінювання. Пристрій АРР включає наступні основні елементи (функціональна група АРР на рис.1.24):

- фотодіод для перетворення оптичного випромінювання, що поступає з виходу лазерного випромінювача, в електричний струм.
- детектор автоматичного регулювання рівня і підсилювач постійного струму, виконаний на інтегральній мікросхемі.

Слід звернути увагу на те, що чутливість фотодіода в даному випадку ролі не грає, тому, при виборі типу фотодіода керуватимемося такими параметрами як надійність і низька вартість. Відповідно до приведених вимог в схемі АРР передбачається використання р-і-п фотодіода, оскільки даний тип фотодіодів володіє найвищою температурною стабільністю, невисокою вартістю і вимагає низької напруги живлення. Оскільки фотодіод вітчизняного виробництва ФД-227 володіє відносно невисокими якісними показниками, отже, має меншу вартість, то має сенс для побудови пристрою АРР використовувати саме даний фотодіод.

Розрахуємо середнє значення напруги, що поступає на вхід детектора АРР. Для цього визначимо середню оптичну потужність, що потрапляє на фотодіод:

$$P_{\text{ФД}} = 10^{0.1 \cdot (P_{\text{ПЕР}} - \alpha_{\text{УОРС}})} = 10^{0.1 \cdot (2.43 - 2)} = 1.1 \text{ мВт}$$

де $P_{\text{пер}} = 2,43 \text{ дБ}$ – середня потужність оптичного сигналу на виході випромінювача;

$\alpha_{\text{УОРС}} = 2 \text{ дБ}$ – загасання оптичного розгалужувача.

Тоді фотострум, що протікає в ланцюзі ФД під дією $P_{\text{ФД}}$:

$$I_{\text{д}} = S \cdot P_{\text{ФД}} = 0.3 \cdot 1.1 \cdot 10^{-3} = 331.22 \text{ мкА}$$

де $S = 0.3 \text{ А/вт}$ – монохроматична струмова чутливість використовуваного фотодіода.

					КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		47

Середнє значення напруги на вході мікросхеми дорівнює середньому значенню падіння напруги на опорі $R_{\text{фд}}$ в ланцюзі фотодіода:

$$U_{R_{\text{APP}}} = I_{\text{д}} \cdot R_{\text{фд}} = 331.22 \cdot 10^{-6} \cdot 200 = 66.25 \text{ мВ}$$

де $R_{\text{APP}} = 200 \text{ Ом}$.

В якості детектору APP і підсилювача постійного струму передбачається використання інтегральної схеми К175ДА1. Її основні характеристики:

- напруга живлення: $U_{\text{п}} = 6 \text{ В}$;
- коефіцієнт передачі APP: $K_{\text{APP}} = 20$;
- верхня гранична частота: $F_{\text{в}} = 65 \text{ МГц}$.

Значення напруги на виході мікросхеми:

$$U_{\text{ВИХМК}} = R_{\text{APP}} \cdot K_{\text{APP}} = 66.25 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 1.33 \text{ В}$$

Далі розрахуємо опір в ланцюзі емітера $R_{\text{э}}''$, що служить для введення напруги зворотного зв'язку, що поступає з пристроєм APP. Для цього треба задатися глибиною зворотного зв'язку 10 дБ ($F_{\text{ос}} = 3$), і визначимо крізну крутизну емітерного струму $S_{\text{э}}$:

$$S_{\text{э}} = \frac{1+h_{21_{\text{эСР}}}}{R_{\text{ВХэ}}+R_{\text{д}}} = \frac{1+300}{89.55+1.4 \cdot 10^3} = 0.202$$

де $h_{21_{\text{эСР}}} = \sqrt{h_{21_{\text{эМІН}}} \cdot h_{21_{\text{эМАКС}}}} = \sqrt{200 \cdot 450} = 300$ – середнє значення статичного коефіцієнта передачі транзистора.

Тоді опір в ланцюзі емітера:

$$R_{\text{э}}'' = \frac{F_{\text{ос}} - 1}{S_{\text{э}}} = \frac{3 - 1}{0.202} = 10 \text{ Ом}$$

Отже:

$$R_{\text{э}}' = R_{\text{э}} - R_{\text{э}}'' = 44.85 - 10 = 34.55 \text{ Ом}$$

Нехай падіння напруги на опорі фільтру $U_{R_{\text{ф1}}} = 1.2 \text{ В}$, тоді значення напруги APP U_{APP} на опорі $R_{\text{э}}''$:

$$U_{\text{APP}} = U_{\text{ВИХМК}} - U_{R_{\text{ф1}}} = 1.33 - 1.2 = 0.13 \text{ В}$$

Для збереження раніше розрахованого режиму роботи транзистора при введенні APP необхідно зменшити величину опору $R_{\text{э}}''$:

$$R_{\text{э}}'' = R_{\text{э}}'' - \frac{U_{\text{APP}}}{I_{\text{КО}}+I_{\text{БО}}} = 10 - \frac{0.13}{(40+0.135) \cdot 10^{-3}} = 6.81 \text{ Ом}$$

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		48

Тоді:

$$R_K = R_K + \frac{U_{APY}}{I_{KO} + I_{BO}} = 30 + \frac{0.13}{(40 + 0.135) \cdot 10^{-3}} = 33.11 \text{ Ом}$$

Опір фільтру $R_{\Phi 1}$ дорівнює:

$$R_{\Phi 1} = \frac{R_{\Sigma} \cdot U_{R\Phi 1}}{U_{APY}} = \frac{6.81 \cdot 1.2}{0.13} = 20.52 \text{ Ом}$$

1.17 Розрахунок ємностей в схемі оптичного передавального пристрою

1.17.1 Розрахунок емітерної ємності

Ємність емітера C_{Σ} визначається значенням крізної крутизни емітерного струму і періодом повторення імпульсів в інформаційному сигналі. Оскільки швидкість передачі проєктованого пристрою 8.5 Мбіт/с, то частота HDB сигналу на вході перетворювача коди $F_{HDB} = 8.5$ МГц. Оскільки в лінійному коді СМІ тривалість імпульсів в два рази коротша, ніж в HDB сигналі, то частота модулюючого сигналу $F_{СМІ} = 8.52 = 17$ МГц.

Звідси період проходження імпульсів: $T = \frac{1}{F_{СМІ}} = \frac{1}{8.5 \cdot 10^6} = 59 \text{ нс}$.

Тоді ємність емітера:

$$C_{\Sigma} = \frac{T \cdot S_{\Sigma}}{\Delta \Sigma} = \frac{59 \cdot 10^{-9} \cdot 0.14}{0.1} = 0.079 \text{ мкФ}$$

1.17.2 Розрахунок розділової ємності

Розділова ємність C_p повинна вносити мінімальні спотворення до фронту імпульсів. Для цього постійна часу ланцюга повинна задовольняти умові:

$$\tau_{\Sigma} = \frac{\tau_{и}}{15} = \frac{59 \cdot 10^{-9}}{15} = 3.93 \text{ нс}$$

де $\tau_{и} = T = 59 \text{ нс}$ – тривалість імпульсу (для сигналу СМІ дорівнює періоду сигналу).

Тоді значення розділової ємності:

$$C_p = \frac{\tau_{\Sigma}}{R_{и} + R_{ВИХ ППС}} = \frac{3.93 \cdot 10^{-9}}{84.18 + 308.16} = 10.02 \text{ пФ}$$

де $R_{и}$ – опір навантаження погоджувального підсилювача (вхідний опір прямого модулятора).

$R_{ВИХ ППС}$ – вихідний опір погоджувального підсилювача:

					КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		49

$$R_{ВИХ ППС} = R5 + R_{ВИХ ОП} = 8.4 + 300 = 308.4 \text{ Ом}$$

де $R_{ВИХ ОП} = 300 \text{ Ом}$ – вихідний опір операційного підсилювача.

1.17.3 Розрахунок ємностей фільтрів

Ємкість фільтру в ланцюзі модулятора C_{ϕ} визначимо по формулі:

$$C_{\phi} = \frac{100 \cdot \tau_{И}}{R_{к} \cdot \Delta \phi} = \frac{100 \cdot 59 \cdot 10^{-9}}{33.11 \cdot 10} = 0.02 \text{ мкФ}$$

де $\Delta \phi = 10\%$ – підйом плоскої вершини імпульсу.

Значення ємкості фільтру в ланцюзі АРР знайдемо по наступній формулі:

$$C_{\phi 1} = \frac{1}{2.18 \cdot F_{н} \cdot \left(\frac{R_{\phi 1} \cdot R_{\varepsilon}''}{R_{\phi 1} + R_{\varepsilon}''} \right)} = \frac{1}{2.18 \cdot 850 \cdot \left(\frac{20.52 \cdot 6.81}{20.52 + 6.81} \right)} = 105.6 \text{ мкФ}$$

де $F_{н} = F_{см} / 10000 = 850 \text{ Гц}$ – частота зрізу фільтру.

Далі номінали резисторів і конденсаторів схеми визначаються відповідно до існуючих стандартних номіналів, що випускаються промисловістю.

Таким чином, в схемі модулятора маємо наступні номінали резисторів:

- $R_{\delta}^{\gamma} = 5.6 \text{ КОм};$

- $R_{\delta}^{\gamma\gamma} = 1.8 \text{ КОм};$

- $R_{\varepsilon}^{\gamma} = 33 \text{ Ом};$

- $R_{\varepsilon}^{\gamma\gamma} = 10 \text{ Ом};$

- $R_{к} = 33 \text{ Ом};$

- $R_{\phi} = 22 \text{ Ом}.$

У схемі погоджувального підсилювача:

- $R1 = R3 = R4 = 180 \text{ КОм};$

- $R2 = 120 \text{ Ом};$

- $R5 = 10 \text{ Ом}.$

У схемі пристрою АРР:

- $R_{\phi д} = 220 \text{ Ом};$

- $R_{\phi 1} = 22 \text{ Ом};$

Номінали конденсаторів:

- $C_{\varepsilon} = 0.068 \text{ мкФ};$

- $C_{\rho} = 10 \text{ пФ};$

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		50

- $C\phi = 0.022 \mu\text{Ф}$;

- $C\phi 1 = 100 \mu\text{Ф}$.

Остаточний варіант принципової схеми оптичного передавального пристрою наведений на рис. 1.26. Перелік елементів наведений у Додатку А.

У схемі застосований лазерний випромінювач 5С-1300, що працює на довжині хвилі 1270 – 1300 нм і має вихідну оптичну потужність випромінювання 5 мВт. У схемі прямого модулятора застосований кремнієвий n-p-n транзистор КТ660Б, призначений для застосування в перемикальних і імпульсних пристроях. Для узгодження виходу перетворювача коду і входу модулятора введений погоджувальний підсилювач на швидкодіючому операційному підсилювачі КР140УД11. Для стабілізації середньої потужності лазерного випромінювання введений пристрій автоматичного регулювання рівня оптичного сигналу, що включає р-і-п фотодіод ФД-227 і інтегральну схему К175ДА1, використовувану в якості детектору АРР і підсилювача постійного струму.

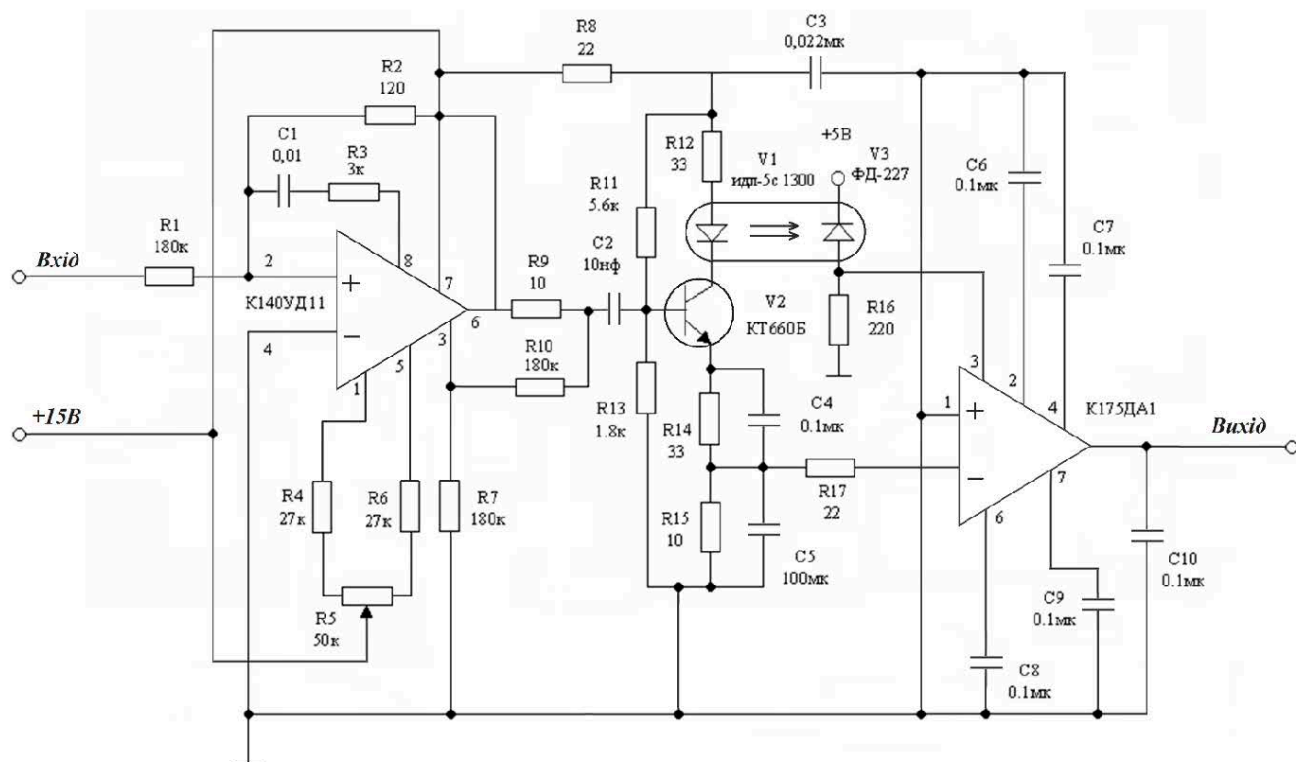


Рисунок 1.26. Принципова електрична схема передавального пристрою

Розроблений передавальний пристрій розрахований на роботу у складі цифрових багатоканальних систем передачі, що працюють із швидкістю до 1 Гбіт/с і призначених для роботи на сполучних лініях міських мереж.

2 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному дипломному проєкті виконана «Розробка оптичного передавача для цифрових багатоканальних систем». Розроблений оптичний передавач для цифрових багатоканальних систем є передавальним пристроєм, розрахованим на роботу у складі цифрових багатоканальних систем передачі, що працюють із швидкістю до 1 Гбіт/с і призначених для роботи на сполучних лініях міських мереж з довжиною регенераційних ділянок до 8 км. Розроблена схема пристрою є достатньо простою та може застосовуватися у складі оптичних трансиверів, зокрема у якості альтернативи відомим моделям, що випускаються промисловістю.

У даному розділі визначаємо вартісну оцінку розробленого пристрою. Спочатку визначаємо калькуляцію розробленого виробу укрупненим методом через вартість покупних комплектуючих елементів і виробів, для визначення якої складаємо перерахування елементів і виробів на основі відомості специфікацій (принципової схеми) по формі, приведених в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Розрахунок відомості покупних комплектуючих елементів

Найменування, тип, модель	Од.вим	Норма витрат	Ціна, грн.	Вартість комплектуючих
Мікросхема DA1	шт.	1	150.00	150.00
Діод V2	шт.	1	50.00	50.00
Транзистор	шт.	1	5.00	5.00
Мікросхема DA2	шт.	1	200.00	200.00
Резистор R1	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R2	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R3	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R4	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R5	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R6	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R7	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R8	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R9	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R10	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R11	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R12	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R13	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R14	шт.	1	20.00	20.00

Резистор R15	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R16	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R17	шт.	1	20.00	20.00
Конденсатор C1-C5	шт.	4	5.00	20.00
Конденсатор C16-C10	шт.	5	5.00	25.00
Загальна вартість покупних комплектуючих елементів				790,00
Транспортні витрати (10%)				79,00
Всього (Впк)				869,00

Калькуляцію планової собівартості розробленого виробу розраховуємо з використанням методу питомих ваг і структури собівартості аналогічної продукції:
 питома вага матеріалу $\rightarrow \alpha_m = 20\%$; питома вага покупних виробів $\rightarrow \alpha_{пк} = 62\%$;
 питома вага основної заробітної плати $\rightarrow \alpha_{озп} = 18\%$

Таблиця 2.2 Калькуляція планової собівартості

Найменування витрат	статті	Значення, грн.	Розрахунок
1. Сировина і матеріал		280,32	$V_m = \alpha_m * V_{пк} / \alpha_{пк} = 20 * 869,00 / 62$
2. Комплектуючі вироби і покупні напівфабрикати		869,00	$V_{пк} = \text{див.табл.2.1}$
3. Основна заробітна плата		252,29	$V_{оз} = \alpha_{озп} * V_{пк} / \alpha_{пк} = 18 * 869,00 / 62$
4. Додаткова заробітна плата		100,92	$V_{дз} = 0,4 * V_{оз} = 0,4 * 252,29$
5. Відрахування до єдиного соцфонду		77,7	$V_{ес} = (V_{оз} + V_{дз}) * 0,22 = (252,29 + 100,92) * 0,22$
6. Загально-виробничі витрати		353,2	$V_{заг.вир} = (1,2 \dots 1,5) * V_{оз} = 1,4 * 252,29$
7. Виробнича собівартість		1933,43	$S_{вир} = V_m + V_{пк} + V_{оз} + V_{дз} + V_{ес} + V_{заг.вир}$
8. Адміністративні витрати		75,68	$V_a = V_{оз} * 0,3 = 252,29 * 0,3$
9. Витрати на збут		38,67	$V_{зб} = S_{вир} * 0,02 = 1933,43 * 0,02$
10. Інші операційні витрати		19,34	$V_{оп} = S_{вир} * 0,01 = 1933,43 * 0,01$
Повна собівартість		2067,11	$S_{пов.} = S_{вир} + V_a + V_{зб} + V_{оп} = 1933,43 + 75,68 + 38,67 + 19,34$

Розмір планового прибутку, що включається в ціну, визначаємо по формулі:

$$\Pi = (S_{пов.} * p) / 100\% = (2067,11 * 20\%) / 100\% = 413,42 \text{ грн.}$$

де p - планова рентабельність продукції (10%...30%)

Оптову ціну виробу визначаємо по формулі:

$$C_o = S_{пов.} + \Pi = 2067,11 + 413,42 \text{ грн} = 2480,53 \text{ грн.}$$

					КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

Ціну реалізації виробу встановлюємо з урахуванням ПДВ:

$$Ц_p = Ц_o + П_z,$$

де $П_z$ - податкове зобов'язання з ПДВ:

$$П_z = Ц_o * 0,2 = 2480,53 * 0.2 = 496,11 \text{ грн.}$$

Звідси:

$$Ц_p = 2480,53 + 496,11 = 2976,64 \text{ грн.}$$

Отримана в таблиці 2.2 повна собівартість являє собою витрати виготовлення одиниці виробу для даного року виробництва. Запропонуємо прогноз обсягів продажів даного виробу на другій стадії життєвого циклу виробу «Виробництво» з розподілом по роках (прогноз продажів передбачаємо на 4 роки). Характерні зони промислового випуску виробу представлені на рисунку 2.1.

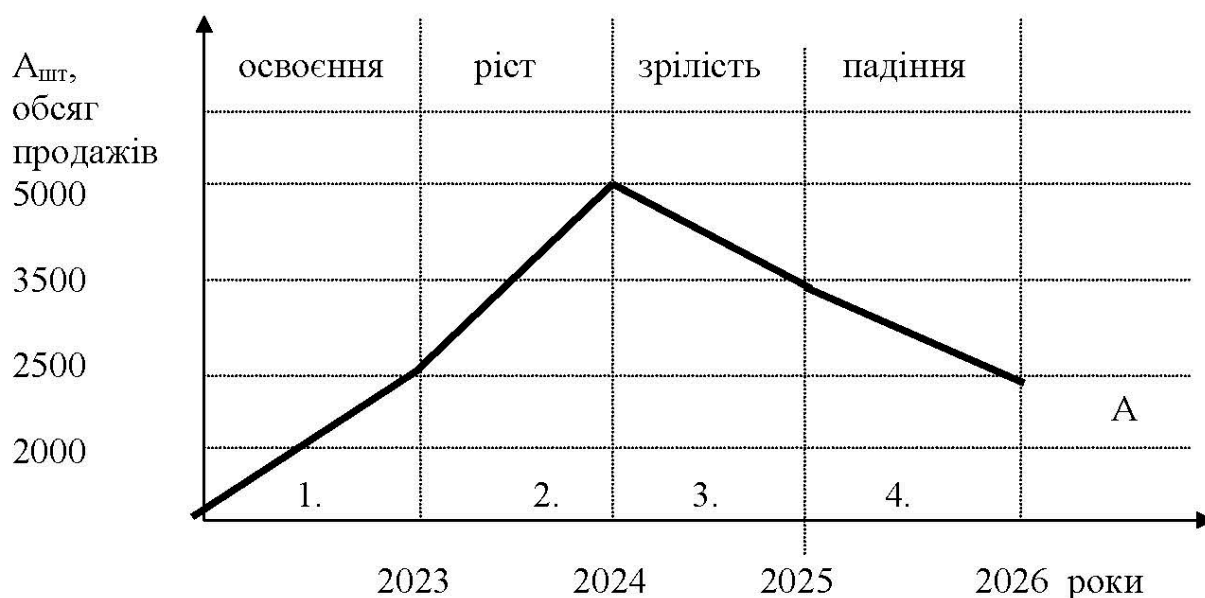


Рисунок 2.1. Прогноз обсягів продажу

В 2023 році обсяг продажів передбачається в розмірі 2500 шт під замовлення. В 2024 році прогнозується збільшення обсягу продажів, тому витрати виробництва визначаємо по формулі:

$$C_{\text{пов } i+1} = C_{\text{пов } i} \left(\frac{A_i}{A_{i-1}} \right)^{0.23},$$

де A_i – обсяг продажів (виробництва) у 1 рік розрахункового періоду, шт.;

i – обсяг продажів $(i+1)$ -ом року, шт.;

0,23 – показник ступеня, що характеризує вплив росту обсягів виробництва на собівартість продукції.

$$C_{пов2024} = 2067,11 * (2500/5000)^{0,23} = 1757,04 \text{ грн.}$$

В 2025 – 2026 роках обсяг продажів зменшується, витрати виробництва приймаються на рівні попереднього року.

$$C_{пов2025,2026} = 1757,04 \text{ грн.}$$

Плановий прибуток, що включається в оптову ціну підприємства, для наступного року при збільшенні обсягу продажів, визначаємо по формулі:

$$П_{i+1} = C_{n+1} * \frac{P}{100}$$

$$П_{2024,2025, 2026} = 1757,04 * 20/100 = 351,41 \text{ грн.}$$

Оптову ціну підприємства в наступні роки розрахункового періоду визначаємо по формулі:

$$Ц_{o_{i+1}} = C_{n+1} + П_{i+1}$$

$$Ц_{2024,2025, 2026} = 1757,04 + 351,41 = 2108,45 \text{ грн.}$$

Податкове зобов'язання визначається по формулі:

$$ПЗ_{i+1} = Ц_{o_{i+1}} * 0.2$$

$$ПЗ_{2024,2025, 2026} = 2108,45 * 0.2 = 421,69 \text{ грн.}$$

Ціну реалізації одиниці продукції в наступні роки визначаємо по формулі:

$$Ц_{p_{i+1}} = Ц_{o_{i+1}} + ПЗ_{i+1}$$

$$Ц_{p 2024,2025, 2026} = 2108,45 + 421,69 = 2530,14 \text{ грн.}$$

Вартісну оцінку результатів за розрахунковий період (P_T) визначаємо по формулі:

$$P_T = \sum_{i=t_p}^{t_k} A_i * Ц_{p_i} * \alpha_i$$

де t_p, t_k – відповідно розрахунковий і кінцевий рік розрахункового періоду;
 $Ц_{p_i}$ – ціна реалізації в i -тім році, грн.;

A_i – обсяг продажів у i -тім році, грн.;

α_i – коефіцієнт, що включає фактор часу, тобто коефіцієнт приведення різночасних витрат і результатів до розрахункового року.

					КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		55

Вартісну оцінку за розрахунковий період визначаємо по формі, приведеної в таблиці

Виробництво дає змогу одержати дохід за 4 роки 28,213 млн. грн.

Таблиця 2.3. Розрахунок вартісної оцінки результатів

Найменування показника	Позначення	Розрахунок виробничого періоду			
		1-й	2-й	3-й	4-й
Обсяг продажів, шт	A_i	2500	5000	3500	2500
Ціна реалізації, грн.	Π_{pi}	2976,64	2530,14	2530,14	2530,14
Вартісна оцінка результатів, млн грн.	$A_i * \Pi_{pi}$	7,441	12,650	8,855	6,325
Коефіцієнт, що враховує фактор часу	α_i	0.91	0.83	0.75	0.68
Вартісна оцінка результатів з урахуванням фактора часу, млн грн.	$A_i * \Pi_{pi} * \alpha_i$	6,771	10,500	6,641	4,301

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

Забезпечення здорових і безпечних умов праці покладається на адміністрацію підприємств, установ, організацій. Вона зобов'язана запроваджувати сучасні засоби безпеки праці, які мають попереджувати виробничий травматизм і забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань.

Умови праці впливають на здоров'я, працездатність і всебічний розвиток особи трудящого.

Розглядаючи питання розробки оптичного передавача для цифрових багатоканальних систем, потрібно врахувати основні види роботи, які при цьому виконуються. Тому до розгляду беремо робоче місце по виконання паяльних робіт.

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на програміста

При виконанні даних робіт робітники стикаються з рядом шкідливих та небезпечних факторів, пов'язаних із застосуванням спеціальних інструментів для виконання паяльних робіт

До факторів ризику відносяться: робота з комп'ютером, електрообладнанням, недостатнє освітлення, психоемоціональні загрузки, шум, недостатня вентиляція приміщення, порушення правил пожежної безпеки тощо.

3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища.

Для безпечного та якісного виконання паяльних робіт необхідно дотримуватися правил техніки безпеки та правильно організувати свою роботу, для чого необхідно всі інструменти та матеріали для паяння розміщувати у певному порядку, виконувати роботи у заздалегідь підготовлених місцях та зонах з мінімальним впливом зовнішніх факторів.

Параметри мікроклімату в межах робочої зони повинні відповідати вимогам Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99.

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		57

Рівень шуму на робочих місцях повинен відповідати нормам, встановленим Санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99.

Рівень вібрації на робочих місцях не повинен перевищувати норм, встановлених Державними санітарними нормами виробничої загальної та локальної вібрації ДСН 3.3.6.039-99.

Рівні електромагнітних полів на робочих місцях повинні відповідати вимогам Державних санітарних норм і правил при роботі з джерелами електромагнітних полів, затверджених наказом МОЗ України від 18.12.2002 року № 476.

3.3 Вимоги до організації робочого місця працівника

Згідно зі ст. 13 Закону України від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, організувати проведення лабораторних досліджень умов праці, з дотриманням вимог чинного законодавства.

Паяння забезпечує з'єднання заготовок зі сталі, кольорових металів і їх сплавів, а також поєднань цих матеріалів. Найбільш широко паяння застосовується при виконанні електромонтажних робіт, при монтажі контрольно-вимірювальних приладів, радіо і електроприладів, виготовленні посудин, радіаторів, а також інструментів, армованих пластинами твердого сплаву, і ряду інших робіт.

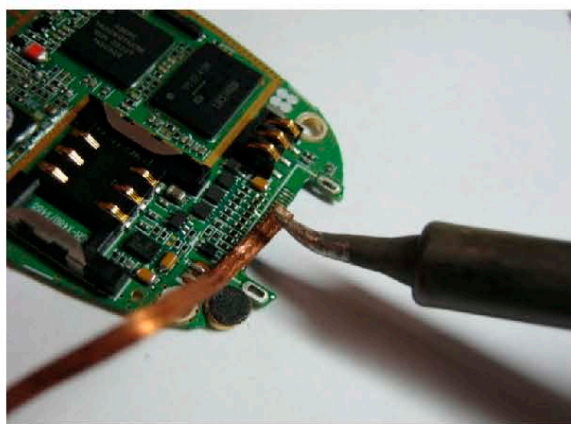


Рисунок 3.1. Процес паяння

В робочій зоні виробничих приміщень вміст шкідливих речовин не повинен перевищувати граничнодопустимих концентрацій, встановлених вимогами ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» (діючий).

Працівники, які виконують паяльні роботи, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту, профілактичними пастами або мазями, лікувально-профілактичним харчуванням.

Роботодавець повинен організувати:

– проведення медичних оглядів працівників певних категорій, а саме попередній медичний огляд (під час прийняття на роботу) та періодичні медичні огляди (протягом трудової діяльності), відповідно по вимог Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій, затвердженого наказом МОЗ України від 21.05.2007 № 246.

– проведення атестації робочих місць за умовами праці відповідно до вимог Порядку проведення атестації робочих місць за умовами праці, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 01.08.1992 № 442.

У разі потреби розробляють та впроваджують заходи щодо зниження шкідливого впливу виробничих факторів на працівників.

3.4 Електробезпека

Персональні комп'ютери, периферійні пристрої, інше устаткування (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники), електропроводи та кабелі за виконанням і ступенем захисту мають відповідати класу зони, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів..

Лінія електромережі для живлення персональних комп'ютерів і периферійних пристроїв виконується як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового робочого захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення електроприймачів. Не допускається використовувати нульовий робочий провідник як нульовий захисний провідник. Нульовий захисний провідник прокладається від стійки групового розподільного щита, розподільного

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59

пункту до розеток електроживлення. Не допускається підключати на щиті до одного контактної затискача нульовий робочий та нульовий захисний провідники.

Основною причиною отримання трав від електронапруги це

- Контакт з оголеними проводами;
- Взаємодія з комплектуючими комп'ютера;
- Використання не справного обладнання;
- Несправність захисних засобів, якими потерпілий стосувався струмоведучих частин;
- Несподіване виникнення напруги через пошкодження ізоляції там, де в нормальних умовах його бути не повинно.

Згідно з вимогами для попередження уражень струмом необхідно:

- чітко і в повному обсязі виконувати правила виконання робіт і правила технічної експлуатації;
 - виключити можливість доступу оператора до частин обладнання, що працює під небезпечною напругою, неізольованих частин, призначених для роботи при малій напрузі і не підключеним до захисного заземлення;
 - застосовувати ізоляцію, що служить для захисту від ураження електричним струмом, виконану із застосуванням міцного суцільного або багатошарового ізоляційного матеріалу, товщина якого обумовлена типом забезпечується захисту;
 - підводити електроживлення до ПК від розетки будівлі за допомогою спеціальної вилки з занулюючих контактом;
 - захистити від перевантажень по струму, розраховуючи на потужність, споживану від мережі;
 - надійно підключити до заземлюючих затискачів металеві частини, доступні для оператора, які в результаті пошкодження ізоляції можуть опинитися поза дією вимикачів і запобіжників.

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		60

3.5 Пожежна безпека

Будинки, споруди, приміщення, технологічні установки повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками, ящиками з піском, покривалами з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини чи повсті, іншим пожежним інструментом, які використовуються для локалізації і ліквідації пожеж у початковій стадії їхнього розвитку.

Норми належності первинних засобів пожежогасіння для об'єктів слід установлювати згідно з нормами технологічного проектування та НАПБ А.О1.001-2014) Правила пожежної безпеки в Україні.

Вогнегасники слід встановлювати у легкодоступних та помітних місцях (коридорах, біля входів або виходів з приміщень тощо), а також в пожежонебезпечних місцях, де найбільш вірогідна поява осередків пожежі. При цьому необхідно забезпечити їх захист від попадання прямих сонячних променів та безпосередньої (без загороджувальних щитків) дії опалювальних та нагрівальних приладів, навішування на висоті не більше 1,5 м від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника і на відстані від дверей, достатній для їх повного відчинення;

Пожежні щити (стенди), інвентар, інструмент, вогнегасники в місцях установлення не повинні створювати перешкоди під час евакуації.

- встановлення в пожежні шафи поруч з пожежними кранами, у спеціальні тумби або на пожежні щити (стенди).

Навішування вогнегасників на кронштейни, розміщення їх в тумбах або пожежних шафах повинні забезпечувати можливість зчитування маркувальних написів на корпусі.

Виробничі приміщення мають запасні виходи. Двері повинні мати освітлений надпис «Запасний вихід». План евакуації вивіщується на видному місці у основного виходу із приміщення.

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		61

ВИСНОВКИ

Розглянуті у даній дипломній роботі існуючі на сьогоднішній день методи організації волоконно-оптичних систем передачі дозволяють побудувати цифрову багатоканальну систему найбільш оптимальним чином навіть на основі одноволоконної лінії. Виконана у роботі порівняльна характеристика принципів побудови одноволоконних ВОСП та оптичних систем спектрального мультиплексування/демультиплексування із застосуванням оптичних циркуляторів дозволила зробити висновок, що найбільш прийнятним варіантом організації одноволоконної ВОСП є система передачі з модуляцією оптичного сигналу по інтенсивності і застосуванням оптичних циркуляторів.

З урахуванням того, що розроблений оптичний передавач призначений для використання на сполучних лініях міських цифрових мереж, для реалізації обрано схему з модуляцією по інтенсивності, із застосуванням оптичних циркуляторів. Дана схема відрізняється простотою реалізації оптичного передавача і приймача, невисокою вартістю пристроїв об'єднання і розгалуження оптичних сигналів (оптичних циркуляторів), забезпечує довжину регенераційної ділянки до 18 км. Для забезпечення стабільності роботи випромінювача, в схему лазерного генератора введені пристрій зворотного зв'язку і система термостабілізації. Розроблена функціональна та принципова електрична схема оптичного передавача і розрахунок її основних вузлів дозволили реалізувати пристрій передавача на простій і достатньо поширеній елементній базі. В якості оптичного випромінювача обрано лазерний випромінювач 5С-1300, застосовані напівпровідникові інтегральні схеми вітчизняного виробництва.

Розроблений у даній дипломній роботі оптичний передавач для цифрових багатоканальних систем є передавальним пристроєм, розрахованим на роботу у складі цифрових багатоканальних систем передачі, що працюють із швидкістю до 1 Гбіт/с і призначених для роботи на сполучних лініях міських мереж з довжиною регенераційних ділянок до 8 км. Розроблена схема пристрою є достатньо простою та може застосовуватися у складі оптичних трансиверів, зокрема у якості альтернативи відомим моделям, що випускаються промисловістю.

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		62

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Власов В.Е., Парфёнов Ю.А. Кабели цифровых сетей электросвязи. М.: Эко-Трендз, 2005. 216 с.
2. Парфёнов Ю.А. Кабели связи. М.: Эко-Трендз, 2003. 216 с.
3. Голь В.Д., Руденко Е.М. Технології монтажу оптичних кабелів зв'язку. К.: ВІТІ НТУУ „КПІ”, 2008. 84 с.
4. Каток В.Б. Волоконно-оптичні системи зв'язку. – К.: , 1999. – 483 с.
5. Голь В.Д. Хмельов К.П. Волоконно-оптичні системи передавання типу „Сопка-3М” та П-336. – К.: КВІУЗ, 1999. – 80 с.
6. Електроніка та мікросхемотехніка: підручник / Квітка С.О. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. – 223 с.
7. ITU-T Recommendation G.652. Characteristics of a single-mode optical fibre cable (Характеристики кабелю з одномодовими оптичними волокнами).
8. ITU-T Recommendation G.653 Characteristics of a dispersion-shifted single-mode optical fibre cable (Характеристики кабелю з одномодовими оптичними волокнами зі зміщеною дисперсією).
9. ITU-T Recommendation G.654 Characteristics of a cut-off shifted single-mode optical fibre and cable (Характеристики одномодових оптичних волокон та кабелів зі зміщеною довжиною хвилі відсікання).
10. ITU-T Recommendation G.655 Characteristics of a non-zero dispersion shifted single-mode optical fibre cable (Характеристики кабелю з одномодовими оптичними волокнами зі зміщеною ненульовою дисперсією).
11. Рудов Ю.К., Зингеренко Ю.А., Оробинский С.П., Миронов С.А. Применение оптических циркуляторов в волоконно-оптических системах передачи // Электросвязь, 1999, №6, с36-37.
12. Черемискин И.В., Чехлова Т.К. Волноводные оптические системы спектрального мультиплексирования / демультиплексирования // Электросвязь, 2000, №2, с23-29.

					<i>КГ 06. 17 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		63

ДОДАТОК А

Перелік елементів до схеми принципової електричної оптичного передавача

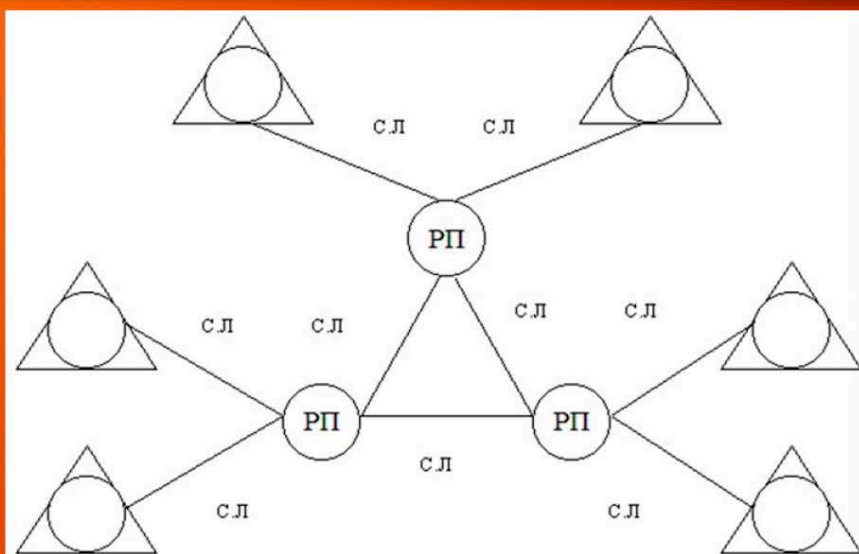
Позначення на схемі	Найменування та номінал	Кількість
DA1	Мікросхема К140УД11	1
DA2	Мікросхема К175ДА1	1
R1, R7	Резистор 180 кОм	2
R10	Резистор 180 кОм	1
R2	Резистор 120 Ом	1
R3	Резистор 3 кОм	1
R4, R6	Резистор кОм	2
R5	Резистор змінний 50 кОм	1
R8, R17	Резистор 22 Ом	2
R9, R15	Резистор 10 Ом	2
R11	Резистор 5,6 кОм	1
R12, R14	Резистор 33 Ом	2
R16	Резистор 220 Ом	1
C1	Конденсатор 0,01 мкФ	1
C2	Конденсатор 10 нФ	1
C3	Конденсатор 0,022 мкФ	1
C4	Конденсатор 0,1 мкФ	1
C6-C10	Конденсатор 0,1 мкФ	5
C5	Конденсатор 100 мкФ	1
V1	Діод 5С 1300	1
V3	Діод ФД-227	1
V2	Транзистор КТ660Б	1

Розробка оптичного передавача для цифрових багатоканальних систем

Гарашук Владислав, ОТФК ОНТУ

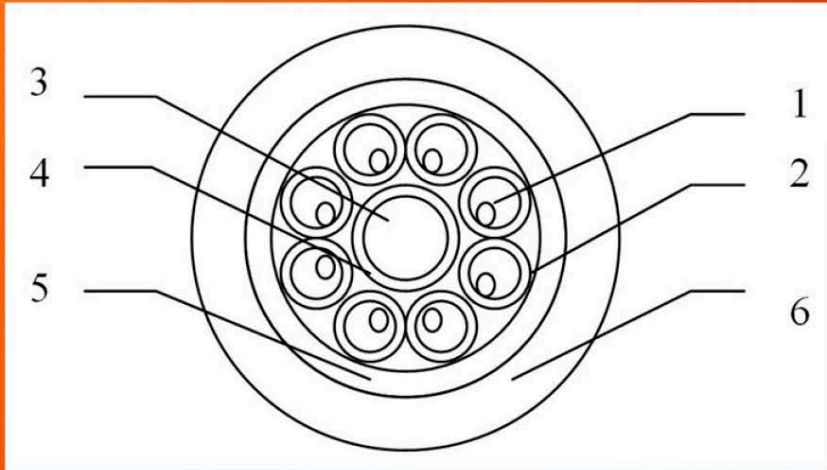
Топологія ВОСП міської мережі

2



Конструкція оптичного кабелю ОК-8

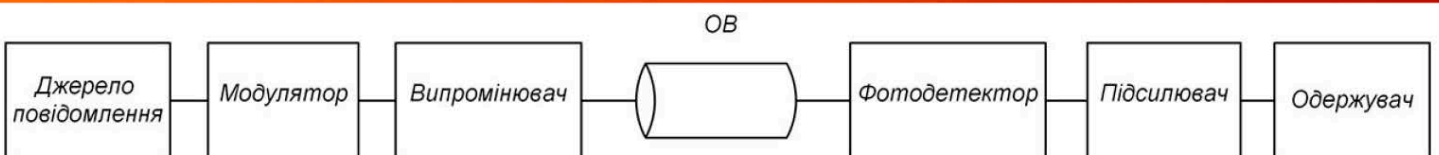
3



- 1 - оптичні волокна
- 2 - полімерні трубки
- 3 - силовий елемент з полімерних ниток
- 4 - пластмасова трубка
- 5 - поліетиленова стрічка
- 6 - оболонка

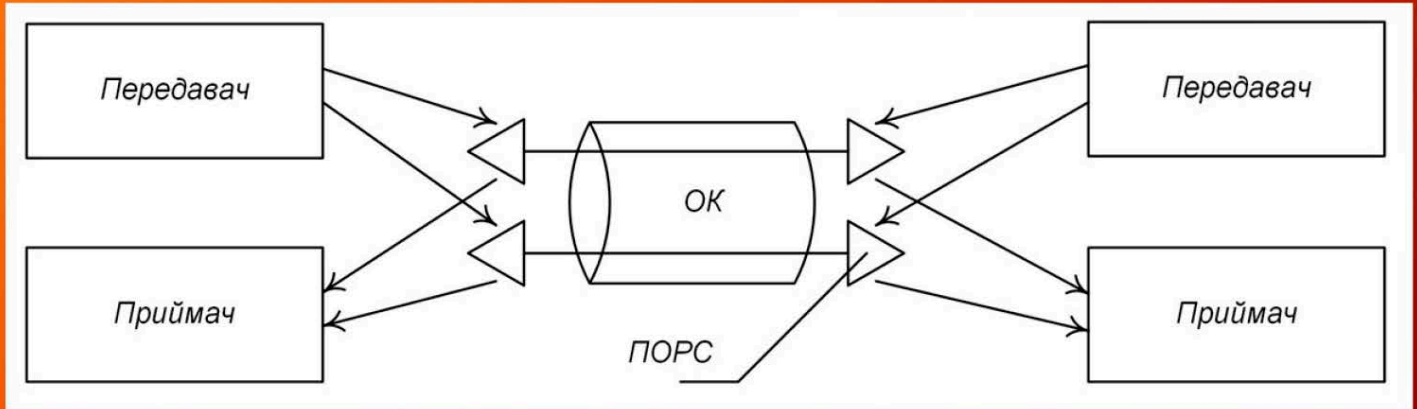
Принцип передачі інформації у ВОСЗ

4



Організація світловодного тракту одноволоконної системи передачі

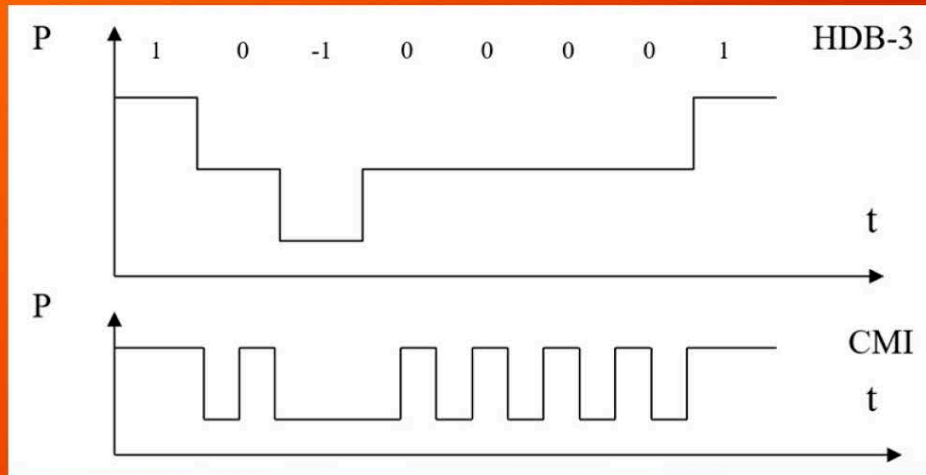
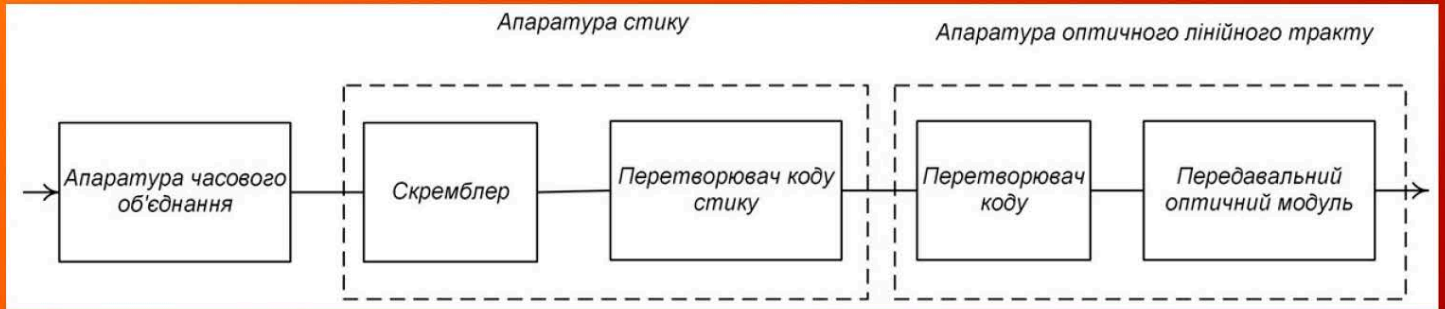
5



Порівняльна характеристика принципів побудови одноволоконних ВОСП

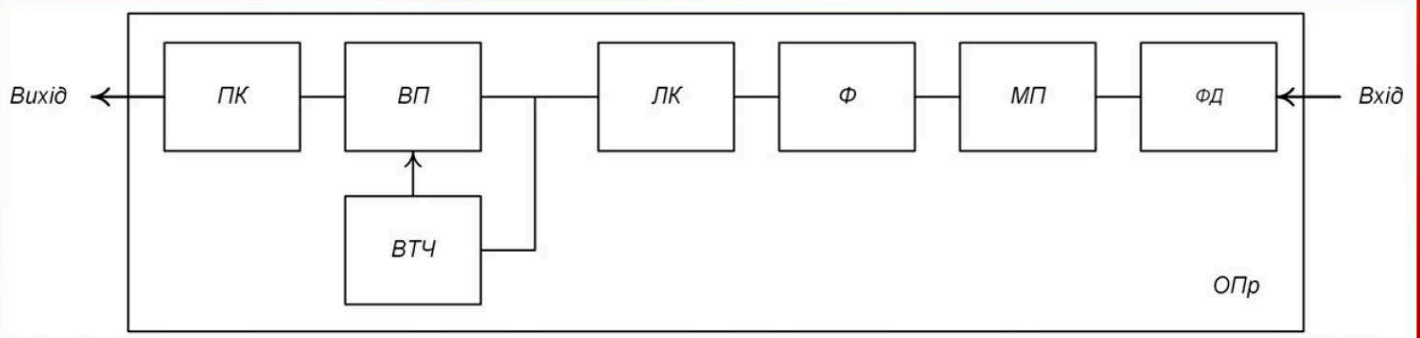
6

Тип ВОСП	Мінімальне загасання, максимальна довжина	Захищеність сигналів	Великий об'єм передаваної інформації	Відносно низька вартість	Висока надійність і стійкість до зовнішніх дій
З оптичними розгалужувачами				+	
З оптичними циркуляторами	+				
Із спектральним розділенням		+	+		
З розділенням за часом з використанням оптичних перемикачів		+			
З розділенням за часом з використанням оптичних підсилювачів	+	+			
З когерентним випромінюванням в одному напрямі і модуляцією інтенсивності в іншому		+	+		
З одним джерелом випромінювання				+	+
З модовим розділенням			+		
З когерентним випромінюванням для обох напрямів з різними видами модуляції	+	+	+		



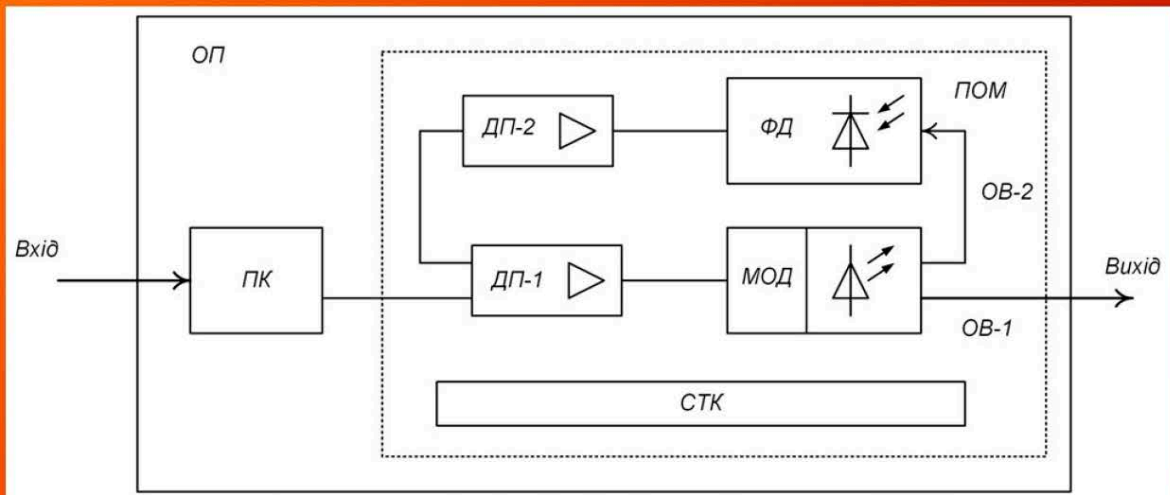
Структурна схема оптичного приймача

9



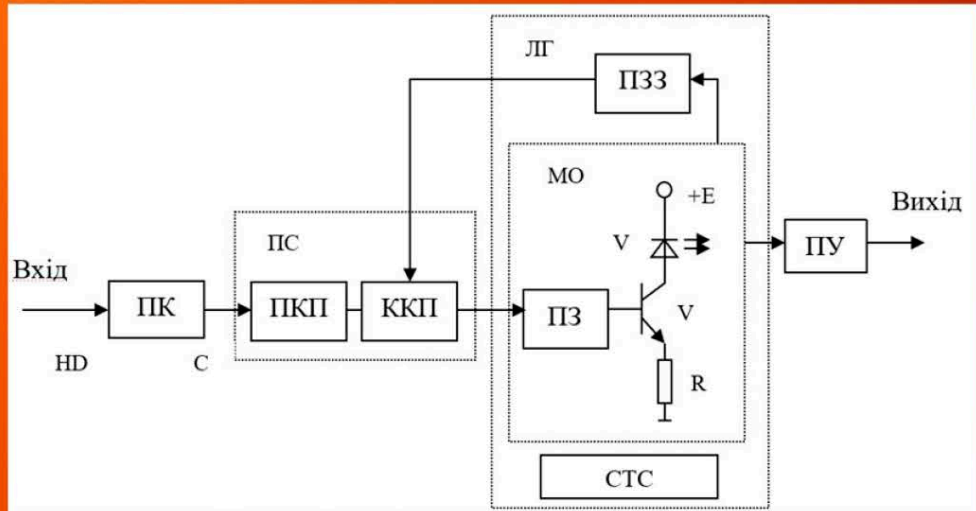
Узагальнена побудова оптичного передавача

10



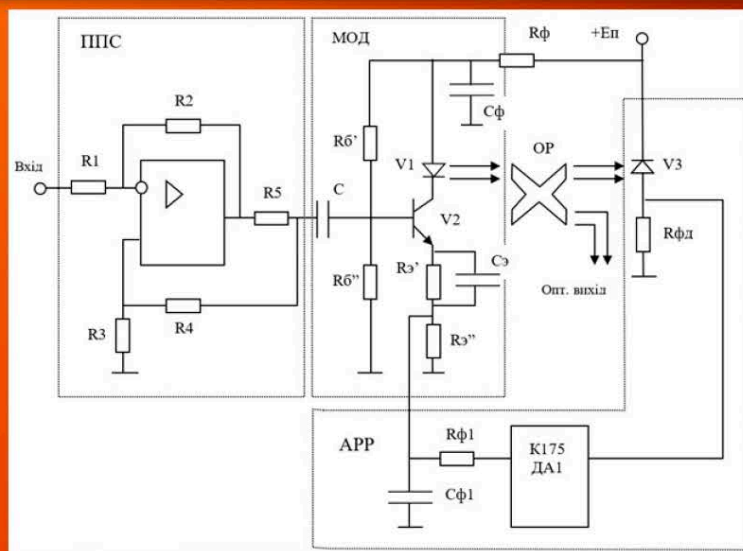
Структурна схема створюваного оптичного передавача

11



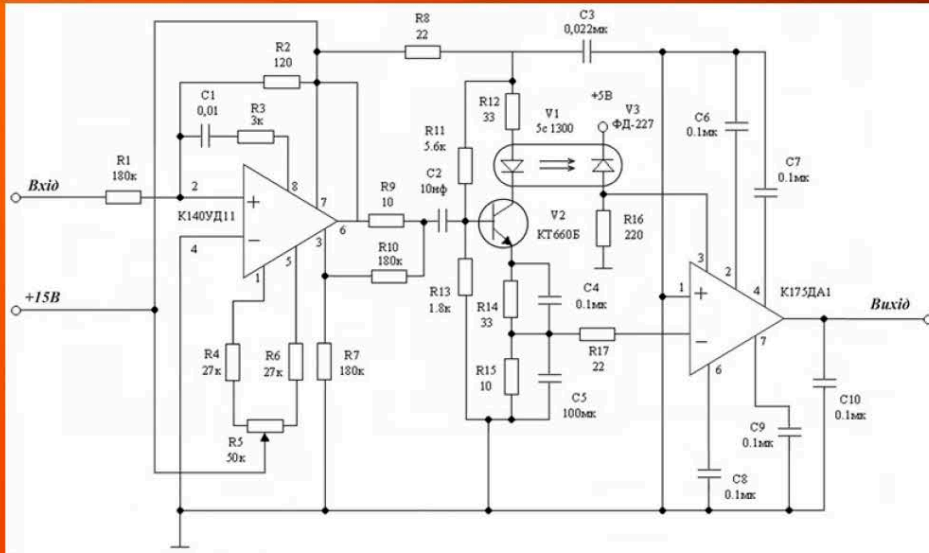
Функціональна схема оптичного передавача

12



Принципова електрична схема оптичного передавача

13



Оптичні трансивери FoxGate

14



Вимірювання вихідної оптичної потужності трансиверів

15



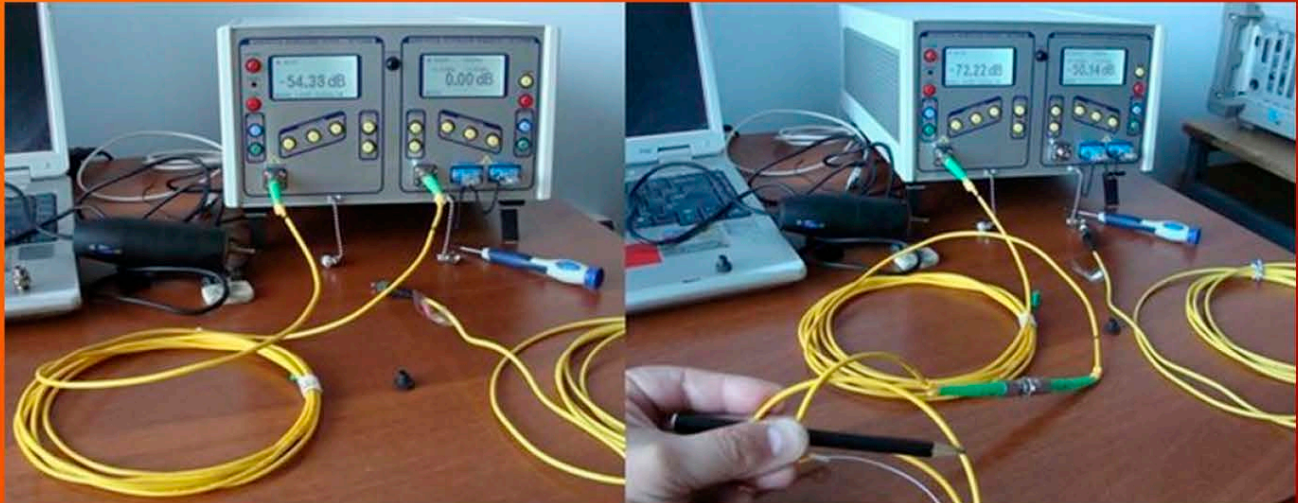
Вимірювання чутливості оптичного приймача

16



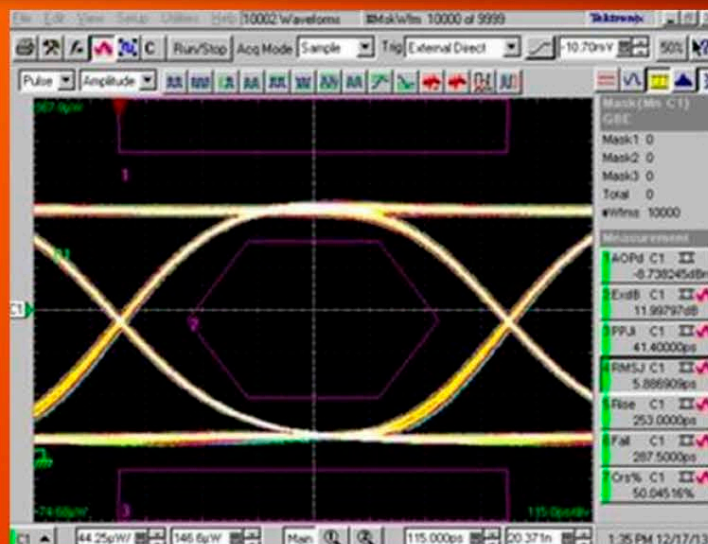
Вимірювання загасання відображення оптичного приймача

17



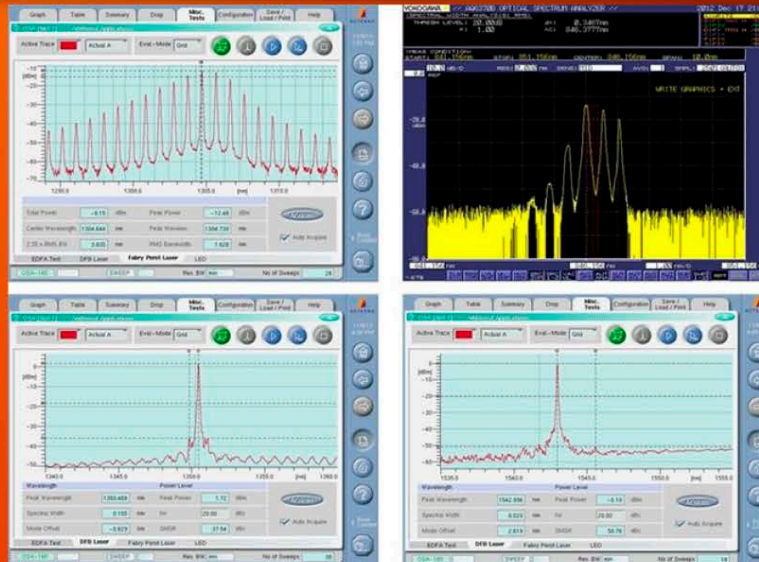
Вимірювання око-діаграми на виході оптичного передавача

18



Результати вимірювань спектрів оптичних випромінювачів

19



Вимірювання спектрів на виході оптичних передавачів

20



ВІДГУК

керівника на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти
відділення комп'ютерних систем

Гаращук Владислава Дмитровича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітня програма: «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн»

Тема дипломного проекту: Розробка оптичного передавача для цифрових багатоканальних систем

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка містить 74 сторінки. У пояснювальній записці наведено етапи розробки оптичного передавача для цифрових багатоканальних систем та оцінки їх параметрів. Графічна частина складається з 20 слайдів мультимедійної презентації, передбачених технічним завданням. Якість виконання пояснювальної записки та графічної частини добра, розробку виконано в повному обсязі.

б) самостійність роботи над проектом: Протягом всього строку дипломного проектування та переддипломної практики здобувач освіти Гаращук В.Д. поступово та послідовно виконував всі етапи розробки. Всі роботи студент виконував самостійно, з оглядом на рекомендації керівника

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): Здобувач освіти Гаращук В.Д. під час роботи над дипломним проектом вивчив достатню кількість літературних джерел та матеріалів за даною тематикою. Вважаю, що теоретична підготовка дипломника достатня і він готовий до захисту дипломного проекту

г) вміння розв'язувати виробничі та конструкторські питання

Під час дипломного проектування здобувач освіти Гаращук В.Д. мав змогу самостійно приймати окремі рішення з реалізації схеми пристрою та показав вміння організовано працювати над поставленим завданням, використовуючи сучасні програмні засоби розробки, зокрема NI Multisim

Оцінка розрахункової частини Добре

Оцінка графічної частини Добре

Загальна оцінка Добре

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту

Кривченко Анастасія Анатоліївна

Місце роботи і посада керівника дипломного проекту

ВСП "Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ", викладач

спецдисциплін комісії комп'ютерних технологій та програмної

інженерії, голова обл. метод. комісії викладачів комп'ютерної інженерії

Підпис

[Підпис]
« 12 » 06 2023 р.

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект (роботу) здобувача (здобувачки) освіти
відділення комп'ютерних систем

Гаращук Владислава Дмитровича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітня програма «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн»

Керівник дипломного проекту (роботи) Кривченко Анастасія Анатоліївна

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Розробка оптичного передавача для цифрових багатоканальних систем

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 74 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 20 аркушів (слайдів)

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту (роботи) завданню Представлений на рецензію дипломний проект повністю відповідає меті проектування та технічному завданню. Тематика дипломного проекту є актуальною та присвячена розробки оптичного передавача для цифрових багатоканальних систем та оцінки їх параметрів.

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту (роботи) Дипломний проект складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку використаних джерел. У технологічному розділі виконано огляд і аналіз оцінки побудови волоконно-оптичних мереж, застосування оптичних циркуляторів в устаткуванні волоконно-оптичних ліній зв'язку, розробка структурної схеми оптичного приймача, вибір методу побудови структурної схеми одноволоконної ВОСП, розробка остаточної структурної схеми передавача, розрахунок пристрою автоматичного регулювання рівня оптичного сигналу.

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проекту (роботи)

Графічна частина виконана на достатньо високому рівні у вигляді презентації із використанням офісного пакету Microsoft PowerPoint та Visio. Пояснювальна записка виконана акуратно та у відповідності до норм оформлення документів із використанням офісного пакету Microsoft Word. Загальна якість виконання документації – добра, академічного плагіату у роботі не виявлено.

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту (роботи) _____

Дана схема відрізняється простотою реалізації оптичного передавача і приймача, невисокою вартістю пристроїв об'єднання і розгалуження оптичних сигналів (оптичних циркуляторів), забезпечує довжину регенераційної ділянки до 18 км.

д) основні недоліки дипломного проекту (роботи) _____

Серед недоліків роботи варто вказати, відсутність посилань на перелік використаних джерел та недостатньо розглянуто принцип функціонування оптичного передавача.

Оцінка розрахункової частини _____ **відмінно**

Оцінка графічної частини _____ **відмінно**

Загальна оцінка _____ **відмінно**

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента Сідень Сергій Віталійович,

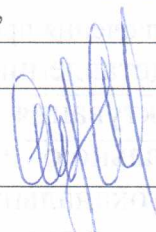
“

Місце роботи і посада рецензента _____

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку”,

к.т.н, в.о. зав. каф. радіоелектронних систем і технологій

Підпис: _____



« 16 » серпень 2023 р.

ПІДПИС ПОСВІАЧУ
НАЧАЛЬНИК ВІДДІЛУ
КАДРІВ ДУІТЗ



Сідень Сергій

**ДОЗВІЛ
НА РОЗМІЩЕННЯ
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

Гаращук Владислав Дмитрович,
здобувач освіти гр. 4КГ-06, та

Кривченко Анастасія Анатоліївна,
керівник дипломного проекту,

не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до випускної кваліфікаційної роботи молодшого спеціаліста на тему:

***«Розробка оптичного передавача для цифрових багатоканальних систем»
(автор роботи – Гаращук В.Д., керівник роботи – Кривченко А.А.)***

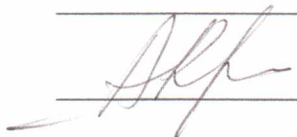
виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2023 році, у повному обсязі в електронному репозитарії ВСП «ОТФК ОНТУ» для вільного доступу через мережу Інтернет.

Несемо відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів випускної кваліфікаційної роботи, і даємо згоду на обробку персональних даних.

Виконавець

/ Гаращук В.Д. /

Керівник



/ Кривченко А.А. /

« 12 » червня 2023 р.

Ім'я користувача:
Наталія Вікторівна Копусь

ID перевірки:
1015286549

Дата перевірки:
27.05.2023 17:21:01 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
27.05.2023 17:25:49 EEST

ID користувача:
100011688

Назва документа: Гарашук В.Д. _4КГ-06

Кількість сторінок: 57 Кількість слів: 11752 Кількість символів: 87726 Розмір файлу: 1.28 MB ID файлу: 1014959008

10.9% Схожість

Найбільша схожість: 4.83% з Інтернет-джерелом (<http://uadoc.zavantag.com/text/31383/index-1.html>)

10.9% Джерела з Інтернету 378

Сторінка 59

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 414